



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales

Programa Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas



COMPOSICIÓN QUÍMICO-NUTRICIONAL DE FRUTOS DE
ESPECIES ARBÓREAS FORRAJERAS: CIRIÁN (*Crescentia alata*),
CAULOTE (*Guazuma ulmifolia*) Y BONETE (*Jacaratia mexicana*)
DEL MUNICIPIO DE CARÁCUARO, MICHOACÁN

Tesis

Que para obtener el grado de:

Maestra en Ciencias Biológicas

Área Temática: Producción y Salud Animal

Presenta

MVZ. Gloria Ibeth Hernández Maldonado

Morelia, Michoacán, marzo del 2012



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales

Programa Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas



COMPOSICIÓN QUÍMICO-NUTRICIONAL DE FRUTOS DE
ESPECIES ARBÓREAS FORRAJERAS: CIRIÁN (*Crescentia alata*),
CAULOTE (*Guazuma ulmifolia*) Y BONETE (*Jacaratia mexicana*)
DEL MUNICIPIO DE CARÁCUARO, MICHOACÁN

Tesis

Que para obtener el grado de:

Maestra en Ciencias Biológicas

Área Temática: Producción y Salud Animal

Presenta

MVZ. Gloria Ibeth Hernández Maldonado

Directora:

Dra. Ernestina Gutiérrez Vázquez

ASESORES:

Dr. Armín Javier Ayala Burgos

Dr. Rogelio Garcidueñas Piña

Dr. Guillermo Salas Razo

Dr. Aureliano Juárez Caratachea

Morelia, Michoacán, marzo del 2012

ÍNDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT	3
I INTRODUCCIÓN	4
II REVISIÓN DE LITERATURA	7
II.1 Importancia del sistema agroforestal	7
II.2 Azúcares solubles en la nutrición animal	11
II.3 Los minerales en la nutrición animal.....	14
II.4 Importancia de los metabolitos secundarios	18
II.5 Especies arbóreas forrajeras	20
II.5.1 <i>Crescentia alata</i> (cirián).....	20
II.5.2 <i>Guazuma ulmifolia</i> (caulote)	22
II.5.3 <i>Jacaratia mexicana</i> (bonete)	24
II.5.4 Otros frutos forrajeros utilizados para la alimentación animal.....	25
III HIPOTESIS	27
IV OBJETIVO	27
IV.1 Objetivos particulares	27
V MATERIAL Y MÉTODOS	28
V.1 Identificación de grados Brix en <i>Crescentia alata</i>	29
V.2 Determinación de fósforo	29
V.3 Determinación de carbohidratos solubles.....	30
V.4 Composición química y metabolitos secundarios	30
V.5 Análisis estadístico	31
VI RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
VI.1 Grados Brix en <i>Crescentia alata</i>	31
VI. 2 Contenido de fósforo en el fruto de <i>Guazuma ulmifolia</i>	33
VI.3 Contenido de fósforo en el fruto de <i>Jacaratia mexicana</i>	34
VI. 4 Contenido de fósforo en el fruto de <i>Crescentia alata</i>	36
VI. 5 Carbohidratos solubles.....	37
VI.6 Composición química de los frutos.....	38

VI. 7 Metabolitos secundarios.....	41
VII CONCLUSIONES	43
VIII BIBLIOGRAFÍA	44

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Concentraciones de fósforo en los frutos de especies arbóreas forrajeras.....	18
Cuadro 2. Concentración de grados Brix en <i>C. alata</i> , según etapa de maduración del fruto.....	32
Cuadro 3. Contenido de fósforo (%MS) en <i>G. ulmifolia</i> en localidades del municipio de Carácuaro, Michoacán.....	33
Cuadro 4. Contenido de fósforo (%MS) en el fruto de <i>J. mexicana</i> en el municipio de Carácuaro, Michoacán.....	35
Cuadro 5. Concentración de azúcares solubles (%MS) en los frutos de especies arbóreas forrajeras.....	38
Cuadro 6. Composición química (%MS) de los frutos de especies arbóreas forrajeras.....	38
Cuadro 7. Concentraciones (%MS) de fenoles totales y taninos condensados en frutos de especies arbóreas forrajeras.....	42

RESUMEN

Con el objeto de valorar el potencial alimenticio de los frutos de algunas especies arbóreas forrajeras (EAF) de la Región de Tierra Caliente, se dio seguimiento fenológico semanal a los frutos de las siguientes especies: *Guazuma ulmifolia*, *Crescentia alata* y *Jacaratia mexicana*. Los frutos de las tres EAF se colectaron en diferentes comunidades del municipio de Carácuaro, Michoacán y se les identificó para facilitar el seguimiento, luego se evaluaron los °Brix en los frutos de *Crescentia alata* en diferente etapa de maduración y; en las tres especies se determinaron la concentración de fósforo y los azúcares solubles (glucosa, fructosa y sacarosa). También se les determinó su composición química: proteína cruda, fibra detergente neutra, fibra detergente ácido y calcio; así como los metabolitos secundarios, taninos y fenoles. A través del análisis proximal se estimó la energía metabolizable de los frutos mencionados. Los resultados fueron los siguientes: el valor de ° Brix en *Crescentia alata* aumenta significativamente ($p < 0.05$), según avanza el estado de madurez del fruto: $9.74 \pm 1.29_a$, $11.57 \pm 1.48_c$ y $13.29 \pm 1.50_b$; para los frutos verdes, verde manchado y amarillo respectivamente. Los siguientes valores, expresados en base a materia seca, corresponden a contenido de fósforo de las diferentes localidades de muestreo, los cuales presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) como sigue: *Guazuma ulmifolia* $0.22 \pm 0.39_a$, $0.18 \pm 0.23_b$, $0.18 \pm 0.32_b$, *Jacaratia mexicana* con $0.51 \pm 0.63_a$, $0.42 \pm 0.52_c$, $0.46 \pm 0.69_b$; la concentración de P *Crescentia alata* fue $0.36 \pm 0.45_a$, $0.36 \pm 0.40_a$, para la etapa verde manchado y amarillo respectivamente. El contenido de azúcares solubles (glucosa, fructosa y sacarosa) muestra diferencias ($p < 0.05$), en cada uno de los frutos; los valores de glucosa fueron $0.77 \pm 3.98_a$, $2.03 \pm 6.98_b$, $3.35 \pm 8.79_c$; los de fructosa $1.67 \pm 5.25_a$, $0.73 \pm 3.94_b$ y $3.55 \pm 8.99_c$; para sacarosa $4.36 \pm 14.50_a$, $4.02 \pm 19.00_a$ y $0.59 \pm 4.52_b$, para *G. ulmifolia*, *C. alata* y *J. mexicana* respectivamente. Se discute, el posible efecto de los azúcares solubles en la dinámica ruminal, las diferentes variaciones de estos azúcares solubles debido al estado de madurez de los frutos. El porcentaje de proteína cruda en los frutos fue de 9.82, 14.29, 14.76; mientras que el valor de energía metabolizable estimada fue de 2.43, 3.34 y 3.24 Mcal/kg para *G. ulmifolia*, *C. alata* y *J. mexicana* respectivamente. *G. ulmifolia* contiene 47.99 FDN, las otras dos especies se encuentra dentro del rango reportado como optimo, esto es *C. alata* 25.38 y *J. mexicana* 22.81. Los frutos muestran concentraciones bajas de metabolitos secundarios; 0.20%, 0.21%, 0.81%, taninos condensados 0.73, 1.51 y 3.11 para *G. ulmifolia*, *C.alata* y *J.mexicana* respectivamente. Las diferencias de los valores determinados en las diferentes comunidades posiblemente son por efecto de las diferentes condiciones agroecosistemicas. Los frutos de las EAF cobran

importancia por sus valores de energía, fósforo y proteína disponible durante la época con mayor escasez de alimento.

Palabras clave

Carbohidratos solubles, fósforo, complemento, composición química

ABSTRACT

In order to assess the nutritional potential of the fruits of some fodder tree species (FTS) in the Tierra Caliente Region, weekly phenological monitoring was done to the fruits of the following species: *Guazuma ulmifolia*, *Crescentia alata* and *Jacaratia mexicana*. The fruits of the three FTS were collected in different communities of Carácuaro, Michoacán and to facilitate the monitoring, the following was identified: degrees Brix ($^{\circ}$ Brix) to the fruits of *Crescentia alata* at different stage of maturity; in the three species the concentration of phosphorus and soluble sugars (glucose, fructose and sucrose) were determined. Its chemical composition was also determined: crude protein, neutral detergent fiber, acid detergent fiber and calcium, as well as secondary metabolites, tannins and phenols. Through the proximate analysis, metabolized energy was estimated for the fruits previously mentioned. The results were as follows: the value of $^{\circ}$ Brix in *Crescentia alata* increased significantly ($p < 0.05$), with the advancing stage of maturity of the fruit, $9.74 \pm 1.29a$, $11.57 \pm 1.48c$ and $13.29 \pm 1.50b$; for green, green stained and yellow fruits respectively. The following values, all expressed on dry matter basis correspond to the phosphorus content of the different sites of collection, which show significant differences ($p < 0.05$) and were as follows: for *Guazuma ulmifolia*: $0.22 \pm 0.39a$, $0.18 \pm 0.23b$, $0.18 \pm 0.32b$; *Jacaratia mexicana*: $0.51 \pm 0.63a$, $0.42 \pm 0.52c$, $0.46 \pm 0.69b$; *Crescentia alata*: $0.36 \pm 0.45a$, $0.36 \pm 0.40a$, for green stain and yellow stages respectively. The content of soluble sugars (glucose, fructose and sucrose) show differences ($p < 0.05$) in each of the fruits. The values for glucose were: $0.77 \pm 3.98a$, $2.03 \pm 6.98b$ and $3.35 \pm 8.79c$; fructose: $1.67 \pm 5.25a$, $0.73 \pm 3.94b$ and $3.55 \pm 8.99c$; sucrose: $4.36 \pm 14.50a$, $4.02 \pm 19.00a$ and $0.59 \pm 4.52b$ for *G. ulmifolia*, *C. alata* and *J. mexicana*, respectively. We discuss the possible effect of soluble sugars in the rumen dynamics, the different variations of these soluble sugars due to the ripeness of the fruit. The percentage of crude protein in the fruits was 9.82, 14.29 and 14.76, while the estimated metabolizable energy value was 2.43, 3.34 and 3.24 Mcal / kg for *G. ulmifolia*, *C. alata* and *J. mexicana*, respectively. *G. ulmifolia* contains 47.99 NDF, the other two species is within the range reported as optimal, and this is 25.38 for *C. alata* and 22.81 for *J. mexicana*. The fruits show low concentrations of secondary metabolites: 0.20%, 0.21% and 0.81%; condensed tannins: 0.73, 1.51 and 3.11 for *G. ulmifolia*, *C. alata* and *J. mexicana*, respectively. The differences in the values determined in the different communities are possibly due to the effect of the different agroecosystem conditions. The fruits of the FTS become important for their values in energy, phosphorus and protein, available during the time of greater food shortages.

Keywords: soluble carbohydrates, phosphorus, complement, chemical composition

I INTRODUCCIÓN

La ganadería de la Región de Tierra Caliente (RTC) en el estado de Michoacán se ha desarrollado en un modelo agroforestal; donde, los pastos, especies arbóreas y arbustos nativos, los amplios agostaderos con terrenos escarpados, el clima cálido y una larga época de estiaje, son elementos característicos del sistema. En la Región sobresale el sistema ganadero vaca-becerro; seguido de los modelos doble propósito, producción de pie de cría y en menor proporción el sistema producción de leche. El ganado utiliza como principales alimentos, a los recursos forrajeros naturales o inducidos de los agostaderos, los esquilmos agrícolas y diferentes niveles de complementación sobre todo energética (Molina *et al.*, 2007).

En la RTC se registra una gran diversidad de especies arbóreas forrajeras (EAF). Ganaderos de 9 municipios han referido 160 EAF (Gutiérrez *et al.*, 2011). González *et al.* (2007) estudiaron la composición química de 80 especies arbóreas; de éstas el 50 % (40/80) contienen entre 16.6 y 19.6% de proteína; que contrasta con los bajos aportes de energía y proteína, que ofrecen los pastos y esquilmos agrícolas de la Región, insuficientes para cubrir las necesidades de los animales (Macedo *et al.*, 2007). Se señala que los frutos de las EAF pueden ser fuente de energía para el ganado y contribuir además en la disminución de los costos de producción y mejorar las condiciones del sistema.

Actualmente existe en Latinoamérica una competencia entre el hombre y las especies animales, por el consumo de algunos productos agrícolas. A esto, se añaden problemas de estacionalidad de los productos que se utilizan como ingredientes tradicionales para la elaboración de los piensos, lo que conduce a la importación de otras regiones, con un costo adicional (Savón *et al.*, 2008) por ello la importancia de buscar nuevas fuentes alimenticias dentro de los recursos naturales, como son los árboles.

Entre 45% y 78% de los productores agrícolas de América Central poseen ranchos de entre 3.5 y 10 ha, las cuales ocupan entre 0.4 y el 10.0% de la tierra cultivada. Además, las restricciones de tierra y capital, y la ubicación de una gran proporción de los pequeños ranchos en zonas no aptas para las actividades agropecuarias, limitan o imposibilitan la explotación bovina. En tales condiciones la energía presente en los alimentos disponibles en la mayoría de estos ranchos, apenas es suficiente para satisfacer los requerimientos de mantenimiento de los bovinos, por ello la importancia del estudio de estas posibles fuentes de alimentos presentes en los ranchos agrícolas (Benavides, 1994).

En muchas regiones de América Central, la actividad ganadera está limitada por la escasez de forraje durante la época seca, que ocasiona bajos niveles de producción (leche y carne). Una alternativa para superar la falta de pastos y mejorar la producción ganadera es la incorporación de frutos de especies leñosas en la dieta del animal (Zamora *et al.*, 2001). Situación similar se observa en trópico seco mexicano. En los sistemas silvopastoriles tradicionales existen muchas especies leñosas de uso múltiple como caulote (*Guazuma ulmifolia*), parota (*Enterolobium cyclocarpum*) y cirián (*Crescentia alata*) que producen fruto o vainas ricos en energía digestible, proteína y minerales durante la época de secas.

Las investigaciones sobre frutos forrajeros se realizan en aquellas zonas donde los productores refieren algunos de estos frutos y además son consumidos por el ganado. En Venezuela, Cecconello *et al.* (2003) señalan el uso de 7 especies utilizadas en la alimentación del ganado: *Chloroleucon manguense*, *Pithecellobium saman*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Acacia macracantha*, *Senna atomaria*, *Caesalpinia granadillo* y *Caesalpinia coriaria*, por tal motivo se le realizan estudios para dar a conocer su composición química, estructural y contenido de minerales.

Gutiérrez *et al.* (2009) mencionan que en el estado de Michoacán los productores han referido 38 especies productoras de fruto que consume el ganado. Esta lista

contrasta con los escasos estudios que se han realizado para valorar, el significado real alimenticio de estos frutos.

En Michoacán, en las zonas agrícolas de la Región de Tierra Caliente, el 92 % de los ganaderos complementan a su ganado en época de estiaje con el uso de alimentos concentrados, donde 59 % de los productores utilizan alimento balanceado, 19% maíz molido, 17% aprovecha la melaza y 18% gallinaza (Sánchez y Sánchez, 2005), lo que demuestra la diversidad de insumos alimenticios alternativos para el desarrollo de dietas complementarias. Sin embargo, algunos de estos insumos deben de ser llevados a la región lo que incrementa los costos de producción; por lo que deben de tomarse en cuenta los insumos locales en la alimentación del ganado. Los frutos de las especies mencionadas posiblemente contienen cantidades considerables de fósforo y carbohidratos solubles, que se traducen en aporte energético para el ganado; principal limitante en los rumiantes del trópico seco durante la época de escasez de alimentos. Además, los frutos de las EAF están disponibles para el ganado en el momento más álgido de la época crítica.

II REVISIÓN DE LITERATURA

II.1 Importancia del sistema agroforestal

Los recursos naturales se utilizan de forma sostenible para la subsistencia de las poblaciones indígenas desde hace milenios. Sin embargo, la situación ha cambiado radicalmente en tiempos recientes, debido principalmente a la demanda constante de productos para alimentar a la creciente población humana. Aproximadamente 1100 millones de personas viven actualmente dentro de las 25 áreas críticas de biodiversidad, descritas por los ecólogos como las regiones “ricas en especies” más amenazada del mundo (Scherr y McNeely, 2008) y la población en áreas silvestres tropicales está creciendo, a una tasa anual de 3.1%, más del doble de la tasa promedio mundial (World Resources, 2000).

El incremento de la población ocasiona presión por la obtención de alimentos la cual se agrava por una pobre distribución global de fuentes de alimentos, procesos de desertificación acelerados para la pérdida de cubiertas arbóreas protectoras, erosión y pérdida de suelos por uso de sistemas productivos agrícolas inadecuados, a la condición del suelo y disminución de la superficie boscosa por quemas, sobrepastoreo, rozas, y pérdida de suelos fértiles por expansión de las ciudades, construcción de caminos y otros tipos de urbanización (Sotomayor, 1989).

Además de que los usuarios de la tierra, llámense campesinos, granjeros o pequeños productores, han percibido una incompatibilidad entre el componente forestal, árbol o bosque, y el uso agropecuario. Para ellos los árboles han representado un competidor, creyendo que las especies forestales reducirán o reemplazarán los cultivos agrícolas. Otra de las actividades económicas importantes después de la agricultura es la ganadería (Sotomayor, 1989).

La ganadería se inició en América aprovechando los ecosistemas de sabanas naturales presentes en varias regiones del Caribe, poco a poco avanzaría acompañando los desmontes de los bosques de los ecosistemas secos y húmedos, así como las laderas de las montañas y los altiplanos (Murgueitio, 2003). La ganadería basada en pastoreo ha realizado el mayor cambio en los paisajes rurales, hasta llegar a una escala continental y, debe reconocerse como un proceso de enormes repercusiones ambientales y sociales (Bennett y Hoffmann, 1992).

No obstante, los indicadores de producción han permanecido prácticamente invariables en las últimas décadas, teniendo repercusiones negativas sobre la economía de los productores; esto está asociado principalmente a la baja oferta cuantitativa y cualitativa de forrajes, al establecimiento del monocultivo de gramíneas, las sequías periódicas y la pérdida de las características fisicoquímicas y biológicas de los suelos (Izaguirre y Martínez, 2008).

Cambiar la percepción de los campesinos, en cuanto al componente árbol y las bajas ofertas en la ganadería, requiere un largo proceso de educación ya que el uso tradicional de la tierra y el manejo de los recursos naturales, a menudo están firmemente establecidos y socialmente aceptados en las comunidades.

Una forma de lograr este cambio dentro de las comunidades es el uso de la agroforestería; se refiere a sistemas y tecnologías de uso del suelo, en los cuales las especies leñosas perennes (árboles, arbustos, palmas, entre otros) se utilizan, en el mismo sistema de manejo de cultivos agrícolas y/o producción animal, en algún arreglo espacial o secuencia temporal (Nair, 1993).

En los sistemas agroforestales existen interacciones tanto ecológicas como económicas entre los diferentes componentes. El propósito es lograr un sinergismo entre los componentes que conduzca a mejoras en algunas

características, tales como productividad y sostenibilidad, así como también a diversos beneficios ambientales y no-comerciales (Murgueitio, 2003).

La utilización de arbustos y árboles forrajeros ha recibido considerable atención, destacándose las siguientes ventajas: disponibilidad en las granjas; proporcionan variedad a la dieta; influencia laxativa en el tracto digestivo; reducen costos de alimentación y son fuente de nitrógeno, energía, minerales y vitaminas (Urbano y Dávila, 2005).

El uso de árboles y arbustos, especialmente leguminosas, puede hacer más productivos los pastizales y potreros. Especies arbóreas como *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulminifolia*, *Caliandra caltirus*, *Gleditsia triacanthos*, *Chamaecytisus palmensis*, *Eritrina falcata*, *Eritrina spp.*, *Acacia ansura*, *Geijera spp.*, *Crachy chitón popuineus*, *Salix spp.*, *Populus spp.*, *Morus spp.*, *Ceretonia siligua*, *Acacia mellifera*, *Acacia brevispica*, *Acacia albida*, *Prosopis sp.*, *Castanea sativa*, *Quercus spp.*, y muchas otras, pueden tener excelentes resultados si son usadas como especies forrajeras. En el caso de *Castanea sativa*, *Quercus spp.*, *Prosopis sp.* (mezquite), *Gleditsia triacanthos* (acacia negra), los frutos pueden ser utilizados en la crianza de cerdos, ovinos, caprinos y aves. Estas especies pueden ser sembradas en diversos ordenamientos, a fin de obtener un óptimo rendimiento de ellas (Izaguirre y Martínez, 2008).

Pinto (2004) realizó estudios con el objetivo de conocer las especies arbóreas del Valle Central de Chiapas que, por sus usos y características, puedan ser consideradas potencialmente forrajeras, así como su contribución al sistema de alimentación de bovinos de carne en silvopastoreo. El primer trabajo contempló el conocimiento local de especies arbóreas de mayor uso como forraje en la ganadería y sus usos, predominancia regional y condiciones edafoclimáticas en las que se desarrollan, destacándose 14 especies arbóreas potencialmente

forrajeras (EAPF) de un total de 65, donde la familia *Fabaceae* es la más importante.

Pinto (2004), estudió las EAPF por sus características nutricionales: proteína cruda (PC), materia orgánica (MO), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA), fenoles totales (FT) y taninos condensados (TC) y degradabilidad *in situ* de la materia seca (MS), PC y MO, así como el efecto de componentes fenólicos en su degradabilidad, cuantificado mediante la producción de gas *in vitro* y la adición de polietilenglicol. Se encontraron diferencias en calidad nutricional entre especies y sus componentes (follaje y fruto), y un efecto de los compuestos antinutricionales sobre la degradabilidad del follaje, pero no de los frutos.

Ávila *et al.* (2007) precisan la composición química de la necromasa foliar de 40 especies de la selva baja caducifolia, que son consumidas por el ganado en la época de sequía. El contenido de PC varía desde 4.91% para *Euphorbia sp.* hasta 22.48% para *Pithecellobium unguis - cati*, con un promedio de $10.01 \pm 3.11\%$. El 77.5% de las especies contiene valores superiores a 8% de PC. Lo anterior demuestra que las especies arbóreas y arbustivas presentes en la selva baja caducifolia representan un potencial como fuente de alimento y suplementación proteica para la ganadería.

Los ganaderos refieren 80 árboles con potencial forrajero. González *et al.* (2007) refieren la composición química de 67 especies arbóreas con potencial forrajero de la Región de Tierra Caliente, Michoacán, les determinó PC, FDN, FDA, MO, cenizas, calcio y fósforo. La PC, del follaje verde de los árboles analizados varió desde 7.0% para *Diphysa minutifolia*, hasta 27.1 % en *Jacaratia mexicana*. El 97.01 % de las especies evaluadas contienen niveles del 8 % de PC. El 46.26 % de las especies tuvieron valores de FDN entre 20 y 30%.

González *et al.* (2007), mencionan que, el mayor porcentaje de FDN se encontró en *Stemmademia obovata* (62.07 %). *Acacia macilenta* contiene el valor más elevado (48.58 %) de FDA. *Cordia elaeagnoides* posee las concentraciones más bajas de FDN (16 %) y FDA (10%). El contenido químico de las especies evaluadas aporta información nutricional preliminar para su uso en la alimentación de rumiantes. La diversidad de especies y de composición química muestra el gran potencial de estos recursos nativos como alternativa para la ganadería de la Región de Tierra Caliente del estado de Michoacán.

II.2 Azúcares solubles en la nutrición animal

El grupo de nutrientes llamados carbohidratos incluyen los azúcares, almidón, celulosa, goma y sustancias afines. Las formas más solubles sirven a los sistemas de la planta para la transformación energética y para la síntesis tisular, los menos solubles, como el almidón, actúan como reserva energética, mientras que las fracciones relativamente insolubles (celulosa, hemicelulosa) forman las entidades estructurales de la planta (Maynard *et al.*, 1987).

Todos esos nutrientes se encuentran en los forrajes que consume el ganado, pero además de los forrajes hay infinidad de especies arbóreas forrajeras que también proporcionan estos nutrientes. Por eso es necesario disminuir la presión de los sistemas de pastoreo sobre los ecosistemas donde están localizadas las zonas ganaderas, así como la recuperación de la asociación natural de especies vegetales en las áreas de pastoreo; esto permitirá, además de contribuir a la conservación de la capacidad productiva de los ecosistemas, contar con árboles productores de azúcares (Roncallo *et al.*, 1996) y proteínas (Botero y Botero, 1996; Cardona y Suárez, 1995), nutrientes costosos y altamente restrictivos para el incremento de la productividad de los sistemas de producción bovina en el trópico.

En las regiones ganaderas ubicadas en zonas de bosque seco tropical hay varias especies de leguminosas arbóreas tales como el árbol de la lluvia o Samán (*Pithecellobium saman*), mezquite (*Prosopis juliflora*) y parota (*Enterolobium cyclocarpum*) los cuales, adicional a los servicios ambientales de provisión de sombra, control de vientos y aporte de nutrientes a las plantas asociadas, ofrecen hasta 70 toneladas de azúcar y 24 de proteína por hectárea por año (Roncallo *et al.*, 1996).

Por otro lado en rumiantes que consumen altos niveles de lignocelulosa, la complementación con bajos niveles de carbohidratos solubles tiene un efecto positivo sobre la degradación de la fibra, en tanto que los niveles altos causan reducciones drásticas en su digestión (AMRC, 1984). Estudios tanto *in vitro* como *in vivo* han mostrado fuertes reducciones en el nivel de degradación de la fracción fibrosa cuando se han incorporado dosis altas (30 y 45% del consumo de MS) de azúcar en la dieta (Piwonka y Firkins, 1993). Estas reducciones están en parte explicadas por la disminución del pH en el rumen por debajo de 6.2, nivel en el cual la actividad celulolítica puede reducirse hasta un 40 por ciento (Mould *et al.*, 1982).

Navas *et al.* (1999) encontraron que la complementación con frutos de árbol de lluvia en niveles del 30% del consumo de MS causó reducciones en la digestibilidad de la MS del forraje (heno de gramíneas) de 35.8 a 31.9% y de 59.7 a 54.3% con respecto a los animales que no consumieron fruto ($p < 0.05$). Esta reducción estuvo asociada principalmente con el grado y momento de reducción de pH en rumen, el cual estuvo por debajo de 6.2 post-alimentación.

Al suplementar animales con frutos de árbol de lluvia se encontró que la concentración de zoosporas del rumen tendió a aumentar con niveles bajos de complementación (10% de fruto molido); (Navas *et al.*, 1999), lo cual sugiere un efecto positivo de los azúcares sobre la zoesporogénesis, similar al reportado

para los almidones (Orpin, 1977). El efecto positivo de la inclusión de niveles medios de azúcar sobre la digestibilidad y el consumo voluntario de forrajes podría estar parcialmente asociado con una mayor actividad de la población de hongos.

Los hongos ruminales son los primeros microorganismos que atacan la fibra por medio de su sistema rizoidal, para que luego suceda la digestión enzimática de las bacterias celulíticas (Varga y Kolver, 1997). Se ha encontrado que los hongos degradan hasta el 50 por ciento de la fibra (Joblin, 1981), las variaciones en el tamaño de su población pueden afectar la digestión de la fibra.

Los ácidos grasos volátiles (AGV) el balance entre AGV glucogénicos (propiónico y valérico) y cetogénicos (acético y butírico) resultan de particular importancia en el trópico ya que, en animales en pastoreo, entre 90 y 100 por ciento de la tasa de entrada de glucosa está explicado por proceso de neogénesis a partir, principalmente, de ácido propiónico y aminoácidos glucogénicos (Navas y Restrepo, 2000).

Los AGV representan 70 por ciento de la EM (Van Soest, 1982) mientras los ácidos acético y butírico constituyen 85% de los AGV producidos en el rumen. De esta forma, 60% de la EM está representado por la posibilidad de la neosíntesis de ácidos grasos de cadena larga a partir de acetyl-CoA y de la oxidación de este metabolito. Estos dos procesos requieren de glucosa como precursor de NADPH u oxalacético, respectivamente.

La melaza y los frutos de las especies arbóreas son fuentes de energía para los rumiantes en los trópicos. La melaza es la fuente de azúcar más común, la cual tiene alrededor de 65% MS de azúcar (Feedstuffs, 2000). En la complementación con frutos de leguminosas como fuente de azúcar, presenta la ventaja de no incrementar la proporción de butírico en el total de AGV (Navas *et al.*, 1992), como ocurre cuando los animales que son suplementados con melaza (Clark *et al.*,

1972; Preston, 1972; Pérez *et al.*, 1981). En animales suplementados con frutos la relación entre nutrientes gluco y cetogénicos sería entonces superior que en aquellos suplementados con melaza.

II.3 Los minerales en la nutrición animal

Los minerales son importantes para un buen funcionamiento del rumen, en particular, el fósforo, magnesio, azufre y micronutrientes. Las deficiencias y/o imbalances minerales tiene efecto directo sobre la respuesta animal, ya que afecta la reproducción, las tasa de ganancia de peso, la producción de leche y la mortalidad predestete (McDowell *et al.*, 1997; Chicco y Godoy, 2002).

Para el ganado en pastoreo, el movimiento supone un aumento de las necesidades energéticas de mantenimiento de 10 a 20% o más respecto a los animales en reposo. Las necesidades de minerales para la reproducción en mamíferos suele equipararse al contenido mineral del feto y los productos de la concepción (placenta, útero y fluidos fetales) y por tanto, incrementa exponencialmente hasta alcanzar un pico máximo al final de la gestación. Para la producción se calculan a partir del contenido mineral de cada unidad de producción, ya sea ganancia de peso, producción de leche. Sin embargo, para elementos como el calcio y el fósforo, presentes en abundancia en hueso y tejido blando, las necesidades para el crecimiento disminuyen a medida que los animales maduran (Underwood y Suttle, 2003).

El contenido de fósforo de los forrajes varía ampliamente y depende principalmente del equilibrio del fósforo en el suelo, el estado de maduración de la planta y el clima. Las concentraciones de fósforo incrementan un 0.03 a 0.05 g/kg en materia seca por cada mg de fósforo extractable del suelo (Minson, 1990; Jumba *et al.*, 1995). La distribución del fósforo entre la hoja y el tallo es uniforme, aunque a medida que el forraje madura, sobre todo durante la estación seca,

aparece una marcada reducción de las concentraciones de fósforo en toda la planta.

El fósforo es un mineral esencial para el metabolismo del organismo animal; juega un papel muy importante en el desarrollo y mantenimiento de las estructuras óseas. Es un componente del ATP y los ácidos nucleicos y forma parte de los fosfolípidos que integran y dan flexibilidad a las membranas celulares (McDowell, 1997). Es considerado el segundo mineral más abundante en el organismo animal, en los rumiantes, son muy importantes las necesidades del rumen y de la microflora del colon y ciego, por ello en raciones pobres en fósforo la síntesis de proteína microbiana puede verse perjudicada.

El fósforo debe estar presente en los alimentos en cantidades tales que la relación calcio fósforo sea de 1.0 a 1.3: 1.0. Un exceso de calcio con respecto al fósforo puede originar problemas de deficiencia de zinc o absorción intestinal y posterior deficiencia de fósforo. De la misma manera, un exceso de fosfato en la dieta puede interferir en la absorción y el metabolismo de calcio y también disminuir la disponibilidad de otros minerales (Shimada, 2003).

La carencia o desequilibrio de minerales, como el fósforo en el suelo se refleja en el valor nutritivo de los pastos y esto es una de las causas de la baja productividad y de los problemas de reproducción del ganado vacuno; la deficiencia de minerales se manifiesta en una tasa de concepción no mayor a 45%, un porcentaje de abortos que puede alcanzar al 10% y una edad y peso al primer servicio y primer parto que están fuera de los valores eficientes para una ganadería productiva (Garmendia, 2006). Además, puede causar aberraciones en el apetito como la pica o malasia e incrementar el riesgo de ciertas enfermedades infecciosas como el botulismo (Reinoso y Silva, 2010).

Las semillas de las plantas almacena 70% de su fósforo como ácido fítico, el cual es de escasa disponibilidad para el no rumiante, por carecer de la enzima específica para su desdoblamiento. En contraste, los microbios ruminales producen una fitasa que libera al elemento para que el rumiante lo aproveche por completo (Shimada, 2003).

La deficiencia de fósforo es predominantemente una situación crónica del ganado vacuno en pastoreo, debido a una combinación de efectos del suelo y climáticos sobre las concentraciones de fósforo en los vegetales (Karriolge *et al.*, 1990). Salamanca (2010) menciona que la mayoría de los pastos de las regiones tropicales no satisfacen completamente las necesidades de minerales en los animales que los pastan.

Los rumiantes utilizan fuentes orgánicas de fosforo, mediante la hidrólisis enzimática, a partir de las fitasas producidas por los microorganismos del rumen y, en menor proporción, por las fitasas propias de las fuentes de origen vegetal. Sin embargo, los costos de estos ingredientes limitan su utilización. Es por ello que en los países latinoamericanos se han realizado numerosas investigaciones tratando de incorporar otros sustratos nutritivos como estrategias de alimentación, para incrementar la producción animal en condiciones tropicales; específicamente ofreciéndole al ganado una mayor cantidad de proteína, energía y minerales que, en sentido general, se encuentran de forma deficitaria en los pastos (Pizzani *et al.*, 2006).

El calcio mantiene determinadas actividades, como mantenimiento, crecimiento y producción de leche. Los forrajes son una fuente importante de calcio para el ganado en pastoreo sobre todo cuando contienen leguminosas. Minson (1990) señala, valores medios de calcio de 10.1 y 14.2 g/kg de la materia seca para leguminosas tropicales y valores de 3.7 y 3.8 g/kg de la materia seca para las gramíneas. Las influencias del tipo de cultivo pueden ser notables, pero lo que

realmente influye sobre el contenido de calcio es el estado de maduración de las especies vegetales. Los niveles de calcio en los vegetales aumentan al reducirse el crecimiento vegetal debido a inundaciones o por un descenso en la temperatura del suelo por factores estacionales.

El calcio es el mineral más abundante en el organismo y 99% se encuentra en el esqueleto. Por lo tanto, la función básica del calcio es proporcionar un armazón fuerte para soportar y proteger los órganos más delicados, para articular y permitir el movimiento y para ser maleable y así permitir el crecimiento (Underwood y Suttle, 2003).

En muchas ocasiones los ganaderos suministran suficiente cantidad de minerales para suplir los requerimientos de los animales pero la deficiencia se sigue presentando; diferentes factores propician que un mineral pueda interferir en el metabolismo de otro, y que el mineral no pueda ser utilizado por el animal. Estas interferencias se presentan en el suelo, en la planta, en los alimentos y en el animal, aspecto al que se le resta importancia en la nutrición mineral en el trópico (Salamanca, 2010).

El uso de sales minerales en la Región de Tierra Caliente es una práctica no generalizada, ya que el inventario ganadero del 2004 reportó que solo el 64% de los productores suministran a su ganado algún tipo de sales minerales. Considerando que debido al origen geológico del Valle de Apatzingán y la Cuenca del Balsa los suelos tienden a ser muy alcalinos, con un pH (potencial hidrogeno) que va del 7.5 al 9.0, por lo que la disponibilidad del fósforo en suelo y planta se reduce significativamente, situación que puede estar afectando la fertilidad de los hatos de la región, ya que estos elemento es esencial en la reproducción del ganado bovino (Sánchez y Sánchez, 2005).

En el Cuadro 1 se muestran los diferentes valores de fósforo en frutos de especies arbóreas estudiados por varios autores en América latina y México. Los datos resaltan la importancia de estos frutos como insumos locales, en la alimentación animal.

Cuadro 1. Concentraciones de fósforo en los frutos de especies arbóreas forrajeras.

Nombre común (científico)	Fósforo
Quiebra Jacho (<i>Chloroleucon mangense</i>)	0.12% ¹
Caro-caro (<i>Enterolobium cyclocarpum</i>)	0.25% ² , 0.29% ¹
Cañafistolillo (<i>Senna atomaria</i>)	0.25% ² 0.13% ¹
Granadillo (<i>Caesalpinia granadillo</i>)	0.09% ¹ , 0.13% ²
Samán (<i>Pithecellobium saman</i>)	0.25% ¹ , 0.27% ²
Cují hediondo (<i>Acacia macracantha</i>)	0.29% ² , 0.32% ¹
Cañafistolillo (<i>Cassia emarginata</i>)	0.14% ²
Caruto (<i>Genipa americana</i>)	0.15% ²
Dividive (<i>Caesalpinia coriaria</i>)	0.08% ¹ , 0.12% ²
Guamacho (<i>Pereskia guamacho</i>)	0.38% ²
Tiamo (<i>Acacia glomerosa</i>)	0.12% ²
Guácimo (<i>Guazuma ulmifolia</i>)	0.22% ² , 0.30% ³
Merecure (<i>Licania pyrifolia</i>)	0.08% ²
Cují blanco (<i>Prosopis juliflora</i>)	0.16% ²
Pijiguao (<i>Bactris gassipaes</i> Kunth en H.B.K)	0.11% ⁴

Cecconello et al. (2003)¹, Pizzani et al. (2006)², Román et al. (2008)³, Pizzani et al. (2008)⁴

II.4 Importancia de los metabolitos secundarios

El uso de árboles y arbustos forrajeros está limitado en muchas especies, por compuestos secundarios de las plantas. Entre estos se encuentran los

aminoácidos no proteicos, alcaloides, terpenos, saponinas, glucósidos cianogénicos y los compuestos fenólicos. El consumo excesivo de estas sustancias puede afectar negativamente el bienestar y salud de los herbívoros. Por ejemplo, los taninos, que son compuestos fenólicos, son sustancias conocidas por sus propiedades anti-nutricionales ya que pueden ocasionar una disminución del consumo alimento o una reducción de la digestibilidad de esas plantas, y un funcionamiento inadecuado del rumen (Díaz, 2003).

Los taninos son compuestos secundarios de elevado peso molecular (500 a > 20000) presentes en la naturaleza, que se encuentran frecuentemente en frutas, árboles, en forrajeras templadas principalmente leguminosas, y otras especies como sorgo y maíz utilizadas comúnmente en la alimentación del ganado (Otero e Hidalgo, 2004).

Los taninos condensados (TC) son sustancias de naturaleza compleja con capacidad de reaccionar con macromoléculas y proteínas del forraje, según su concentración, estructura química y peso molecular. Se encuentran comúnmente en las especies forrajeras de la zona templada utilizadas en los sistemas de producción pastoril (Kim *et al.*, 2003; Otero e Hidalgo, 2004).

La capacidad de los TC para unirse a otras moléculas constituye el aspecto más importante para comprender los efectos que se les atribuyen sobre los procesos de digestión. Debido a su estructura química se unen a diferentes compuestos como proteínas, polisacáridos, minerales, carbohidratos, celulosa, células de las membranas bacterianas y enzimas involucradas en la digestión de los compuestos antes mencionados. Durante estos procesos, los taninos pueden tener efectos positivos y negativos sobre el valor nutritivo de los forrajes según la concentración en la que se encuentren. Las concentraciones entre 6 y 10% de la MS, deprimen el consumo voluntario y la palatabilidad de las especies forrajeras. También reducen la digestibilidad: de la materia seca, materia orgánica, fibra, proteína, y de

los carbohidratos y por consiguiente afectan negativamente el desempeño productivo de los animales (Barry *et al.*, 1986; Reed *et al.*, 1990).

Con la moderada y baja concentración de taninos (2 a 4 % de la MS), su efecto es beneficioso, previenen infecciones y aumentan la distribución de nitrógeno no amónico y de los aminoácidos esenciales desde el rumen (Barry y Manley, 1984; McNabb *et al.*, 1993). La concentración de los taninos en la dieta, con un rango de valores medidos que variaron entre 0 a 12 % de MS, presentaron respuesta lineal y positiva en la formación de complejos taninos-proteínas (Barry y McNabb, 1999).

La presencia de TC en leguminosas puede disminuir el consumo de las mismas por actuar sobre la palatabilidad de estas especies, afectando la digestión. Altas concentraciones de TC 5 a 10% de la materia seca deprimen el consumo y digestibilidad del forraje. La formación de complejos entre las proteínas salivales y taninos provoca una sensación de astringencia que puede aumentar la salivación disminuyendo la palatabilidad de las especies (Waghorn *et al.*, 1994).

Sin embargo, estos efectos parecen estar más sujetos a los efectos propios del funcionamiento del rumen y del intestino. Los TC parecen reducir la tasa de fermentación provocando efectos sobre el llenado del rumen hasta situaciones más severas en las que se reduce la digestión de la fibra y del nitrógeno. También pueden reducir la digestibilidad de las células de la pared por adherirse a enzimas bacterianas o por formar complejos indigestibles con carbohidratos estructurales (Reed, 1995).

II.5 Especies arbóreas forrajeras

***II.5.1 Crescentia alata* (cirián)**

Taxonomía

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Asteridae

Orden: Lamiales

Familia: Bignoniaceae

Género: *Crescentia*

Especie: *alata*

El árbol de *C. alata* está distribuido en toda América intertropical desde la Florida hasta Brasil, África y Asia tropical, pertenece a la familia bignoniácea, originario de América; crece entre 3 y 8 metros de altura, copa amplia e indefinida, ramas gruesas retorcidas y muy flexibles, tronco torcido con sus frutos esféricos, ovalados o semicilíndricos de un tamaño que fluctúa entre los 3 y 40 centímetros de diámetro dependiendo de la variedad; el pericarpio es duro y su pulpa carnosa con abundantes semillas, de color blanco hasta café dependiendo el estado de madurez del fruto (Gómez, 2011) .

Desde los años 80 los productores e investigadores reportaban como una alternativa de alimentación tal es el caso de *C. alata*. Mendieta (1988) en un estudio realizado sobre la composición química y nutricional de este fruto, menciona que el cirián puede ser un recurso natural importante para la alimentación de los rumiantes por su contenido de proteína entre 0.6 y 0.8g, y de algunos minerales como el fosforo, magnesio, zinc y potasio.

La harina del cirián contiene 31.3% de carbohidratos totales. De esta concentración el 28.2% corresponde a los azúcares solubles totales. Luego a través de análisis cromatográficos se precisó que el 57% corresponde a fructosa y glucosa, por lo que existe 43% de otros azúcares solubles distribuidos entre la pulpa y las semillas del fruto que no fueron identificados en este estudio (Mendieta, 1988).

Zamora *et al.* (2001) mencionan que en muchas regiones de América Central, la actividad ganadera está limitada por la escasez de forraje durante la época seca,

lo que ocasiona bajos niveles de producción. Como una alternativa para superar la falta de pastos y mejorar la producción ganadera se refiere a la incorporación de frutos de especies leñosas en la dieta animal. Uno de estos es jicaro o cirián (*C. alata*) este fruto contiene el 17% de proteína cruda y 32% de digestibilidad *in vitro* de materia seca (Benavides, 1994). Un bovino adulto puede consumir entre 3.6 a 4.4 kg por día, con un periodo de aceptación de 8 a 10 días, con consumo 1.8 a 2.2 kg al día.

La pulpa del fruto con la semilla triturada contiene 14% de proteína y 60% de carbohidratos. Sus semillas tienen alto porcentaje de aceites de una digestibilidad del 90% comparable al aceite de soya o el de oliva, con 26% de ácidos grasos poli-insaturados, que son fuente de energía.

En silvopastoreo; sembrando el árbol de *C. alata* en la forma adecuada con alta población y dejando árboles a libre crecimiento, y en asociación con gramíneas, puede producir, independientemente de lo que producen las pasturas, entre 14 y 16 toneladas de forraje/hectárea cada 30 días, este forraje es cosechado directamente por los animales; como es natural en época seca se reduce la capacidad de rebrote en un 40% y mantienen su capacidad de producir frutos debido a sus raíces profundas, tronco y hojas tienen la capacidad de retener agua (Gómez, 2011).

II.5.2 *Guazuma ulmifolia* (caulote)

Taxonomía

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsidae

Subclase: Dilleniidae

Orden: Malvales

Familia: Sterculiaceae

Género: *Guazuma*

Especie: *ulmifolia*

Guazuma ulmifolia es un árbol originario de América Tropical. Se extiende desde México hasta América del sur (noroeste de Argentina, Perú, Paraguay, Brasil) y en el Caribe. Esta especie es muy abundante en zonas con la temporada de secas muy marcada o en zonas con vegetación sabanoide o potreros en casi toda el área cálido – húmeda. En México se encuentra en los estados de Campeche, Colima, Chiapas, Chihuahua, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Tamaulipas, Tabasco Veracruz, Yucatán (Ayala, 2006).

G. ulmifolia es un árbol de porte pequeño a mediano, que puede alcanzar hasta 15 m de altura. De copa redonda y extendida. Su tronco es torcido y ramificado, con hojas simples, alternas, ovaladas a lanceoladas. Sus flores pequeñas y amarillas, se agrupan en panículas en la base de las hojas. Sus frutos son cápsulas verrugosas y elípticas, negras cuando están maduras, con numerosas semillas pequeñas y duras (Giraldo, 1998).

Las especies arbóreas en los trópicos son fuente importante de alimento para el ganado y la fauna silvestre, principalmente durante la época seca. Un gran número de estas especies son árboles multipropósitos, aportan alimento de buena calidad la mayor parte del año, mejoran la dieta del animal y reducen el uso de concentrados en las explotaciones pecuarias (Baumer, 1992). Además de los frutos que estos árboles proporcionan como es el caso de la *G. ulmifolia* el cual es un árbol multipropósito utilizado en sistemas silvopastoriles. El follaje y los frutos que este árbol son consumidos por el ganado; sin embargo, no se han utilizado adecuadamente como alimento, tal vez por desconocer sus propiedades nutritivas y forrajeras (Contreras *et al.*, 1995).

Román (2008), evaluó la degradabilidad *in situ* de la materia seca de la harina del fruto de guacima (*G. ulmifolia*), con dietas de frutos de especies arbóreas donde encontraron que *G. ulmifolia* contiene 85.17% de MS, 7.95% de PC y 49.23% de FDN. En el estudio se mezcló la harina de *G. ulmifolia* con la harina de otros frutos por tal motivo concluyen que existió efecto positivo en la degradación *in situ* de la materia seca de la harina de fruto de *G. ulmifolia* cuando se ofertaron con frutos de asmol (*Zizyphus mexicana*) y cascalote (*Caesalpinia coriaria*).

Zamora *et al.* (2001) mencionan el uso de guácimo (*G. ulmifolia*) y árbol de lluvia (*Pithecellobium saman*) aunque el potencial de los frutos en la alimentación del ganado es bien conocida por los productores, pocos manejan los frutos en forma sistemática para la alimentación de sus animales. Esto se atribuye en parte a la falta de tradición en la utilización de frutos y por la escasa información sobre el manejo y el valor nutritivo de los frutos producidos por las leñosas de uso múltiple. Los citados autores señalan que el fruto de guácimo tiene una producción de 20 kg por árbol al año, contienen de 7 a 13% de proteína cruda y 82% de digestibilidad *in vitro* de materia seca y del fruto de genízaro se registra una producción de 50 a 150 kg por árbol, estos tienen de 13 a 28% de proteína cruda y 74% de digestibilidad *in vitro* de materia seca.

II.5.3 *Jacaratia mexicana* (bonete)

Taxonomía

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Brassicales

Familia: Caricaceae

Género: *Jacaratia*

Especie: *mexicana*

J. mexicana (Caricaceae) es una especie arbórea nativa del neotrópico (Caballero, 1992) y originaria de México (Rzedowski y Equihua, 1987; López y Xolalpa, 1997) considerada como un componente particular y distintivo de la selva baja caducifolia que puede estar presente en selva media subperennifolia y subcaducifolia (perturbadas) (Barrera, 1981) y/o formar parte de las asociaciones transicionales, en los puntos de la vegetación templada y tropical de selva baja caducifolia, y del bosque de coníferas y encino (INE/CONABIO, 1995).

En cuanto a la distribución geográfica, esta especie es particularmente característica de la vertiente del pacífico mexicano, pudiéndose encontrar en el extremo sur de Baja California y desde el sur de Sonora y suroeste de Chihuahua hasta Chiapas, también se reporta para la cuenca del Balsas, Morelos y Puebla (Pennington y Sarukhán, 1998).

En esta especie son pocos los estudios en cuanto a valor nutricional, se tiene datos de PC de 27.1% y concentraciones de calcio y fósforo de 3.1% y 0.2% respectivamente en follaje verde de árboles provenientes de la Región de Tierra Caliente (González *et al.*, 2007)

II.5.4 Otros frutos forrajeros utilizados para la alimentación animal

Las investigaciones sobre frutos forrajeros se han realizado en zonas donde los productores reportan su existencia y además son consumidos por el ganado. En Venezuela, Cecconello *et al.* (2003) señalan el uso de 7 especies utilizadas en la alimentación del ganado: *Chloroleucon manguense*, *Pithecellobium saman*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Acacia macracantha*, *Senna atomaria*, *Caesalpinia granadillo* y *Caesalpinia coriaria*, por tal motivo se le realizan estudios para dar a conocer su composición química, estructural y contenido de minerales.

Cecconello *et al.* (2003) consideran que debido al elevado contenido de PC y extracto libre de nitrógeno de los frutos de las especies leguminosas arbóreas cují (*Acacia macracantha*), cascalote (*Caesalpinia coriaria*), quiebra jacho (*Chloroleucon mangense*), parota (*Enterolobium cyclocarpum*), cañafistolillo (*Senna atomaria*), árbol de lluvia (*Pithecellobium saman*) y ebano (*Caesalpinia granadillo*) pueden ser considerados como un alimento importante para la dieta de los rumiantes que pastorean en el bosque deciduo tropical durante los períodos de verano.

Silva *et al.* (2000) en el trabajo realizado con frutos de algarrobo blanco (*Prosopis chilensis*) encontraron que contiene de 1.3 a 3.5% de EE, 9 a 17% de PC, 22 a 30% de FC, 3 a 4.9% de cenizas, 40 a 55% de carbohidratos (Becker *et al.*, 1980; Silva *et al.*, 1988; Ibrahim, 1988; Pak *et al.*, 1997) además de una alta digestibilidad cuyos valores están comprendidos entre 57 a 66% sobre la composición química de *P. chilensis* se observó variación de la calidad forrajera entre especies entre sitios y aun dentro de la misma especie.

Navas *et al.* (1999), mencionan que la suplementación con frutos de leguminosas arbóreas en épocas de verano, como aramo (*Acacia farnesiana*) y samán (*Pithecellobium saman*) ha sido una tradición en los productores de la Costa Atlántica colombiana. Sin embargo, el volumen de producción (50 a 150 kg./árbol/cosecha), su alta calidad nutritiva (45% azúcares y 13-17% proteína bruta), costo (\$80 - 100/kg), y la característica de ser un insumo producido en finca, sugieren un alto potencial de uso durante el período de mayor oferta de forraje en las praderas.

Gutiérrez *et al.* (2009) mencionan que actualmente en el estado de Michoacán los productores han referido 111 EAF; de éstas, 38 especies producen fruto que consume el ganado: parota (*Enterolobium cyclocarpum*), guayabo (*Psidium guajava*), mezquite (*Prosopis laevigata*), asinchete (*Pithecellobium acatlense*),

corongoro (*Ziziphus amole*), chucumpu (N/C), querengue (*Vitex hemsleyi*), quindiral (N/C), capulin (*Ayenia sp.*), zapotillo (*Bumelia zacorrensis*), nanche amarillo (*Byrsonima crassifolia*), tábula (*Gyrocarpus jatrophiifolius*), cazahuate (*Ipomoea murocoides*), mango (*Mangifera indica*), capire (*Mastichodendron capiri*), cacámica (*Muntingia calabura*), arumbilla (*Pithecellobium arboreum*), encino (*Quercus magnoliifolia*), ciruelo (*Spondias purpurea*), querengue (*Vitex hemsleyi*), nanche rojo (*Buncosia sp.*), chirimo (*Cordia sp.*), puchote (*Ceiba aesculitolia*), cirián (*Crescentia alata*), ceiba negra (*Ficus cotinifolia*), ceiba caballona (*Ficus sp.*), ceiba güicha (*Ficus sp.*), pinzán (*Pithecellobium dulce*), escobetillo (*Pseudobombax ellipticum*), chacua (*Randia echinocarpa*), crusillo (*Randia sp.*), tecuche (*Randia watsoni*), chiquilillo (*Stemmadenia obovata*).

III HIPOTESIS

Los frutos de las especies arbóreas forrajeras aportan energía, fósforo y otros nutrimentos para el ganado de la Región de Tierra Caliente.

IV OBJETIVO

Identificar el valor nutricional y composición química de los frutos de algunas especies arbóreas forrajeras.

IV.1 Objetivos particulares

1. En los frutos del cirián (*Crescentia alata*), caulote (*Guazuma ulmifolia*) y bonete (*Jacaratia mexicana*):
 - Cuantificar la concentración de azúcares solubles (glucosa, fructosa y sacarosa) y fósforo.
 - Determinar otros compuestos químicos: fibra detergente neutra, fibra detergente ácido, calcio.
 - Estimar la energía metabolizable a partir de análisis bromatológico o proximal.

2. Determinar en frutos de *C. alata* en diferente grado de maduración sus grados Brix.
3. Identificar la composición química (proteína cruda, fibra neutro detergente, fibra ácido detergente, calcio y fósforo) de los frutos de árboles multipropósito.
4. Cuantificar los metabolitos secundarios (taninos y fenoles) de los frutos multipropósito.

V MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el municipio de Carácuaro ubicado en la Región de Tierra Caliente en el estado de Michoacán, México. El municipio posee alturas que varían de los 300 a los 1900 msnm, su clima pertenece al grupo de climas cálidos húmedos (Aw_0), con una temperatura media anual mayor de 22 °C, y la de invierno oscila en torno a los 18°C, con una precipitación anual de 800 a 1000 mm (INEGI, 2000).

Los frutos se recolectaron en las siguientes localidades y coordenadas del municipio de Carácuaro, Mich: 1) Paso de Nuñez (N 18° 56' 2.12'' W 100° 56.13.4''), 2) Zapote de Cuendeo (N 18° 58'42.6'' W 100° 53' 31.4''), 3) La Cañada de la Ortiga (N 18° 54' 19.2'' W 101° 00' 29.8'') y 4) El Rancho Zacapungamio, este último ubicado en N 18° 57' 46'' W 101° 03' 39''.

A los frutos de bonete (*Jacaratia mexicana*) y caulote (*Guazuma ulmifolia*) se les dio un seguimiento fenológico semanal, para determinar el momento exacto en que los frutos estuvieran maduros, en tanto que para el caso del cirrián (*Crescentia alata*) se hizo un seguimiento fenológico para la determinación de azúcares totales en cada una de las etapas de corte realizando 3 muestreos mensuales que correspondieron a tres diferentes etapas de maduración.

V.1 Identificación de grados Brix en *Crescentia alata*

Para cuantificar los grados Brix de *C. alata* se identificaron 30 árboles para el muestreo en comunidades del municipio de Carácuaro, Michoacán, luego se recolectaron 3 frutos por árbol (según la técnica usada por Bayuelo *et al.*, 2006), con intervalo de un mes entre muestreos, lo que corresponde a diferente grado de maduración del fruto: verde, 50 % de la superficie con manchas oscuras (verde manchado) y completamente amarillo, clasificados para el presente estudio como verdes, semimaduros y maduros. Para la determinación de los grados Brix se usó un refractómetro (Hand Refractometer N-1α Bx 0-32%).

V.2 Determinación de fósforo

Para la determinación de P, los frutos se mantuvieron en una estufa de desecación a 70°C por el tiempo necesario, para después procesarlos en un molino de bolas (Fritsch pulverisette 5), luego se almacenaron en bolsas herméticas hasta el momento del análisis. Ya para su análisis, se pesaron 70 mg de muestra y se colocaron en viales para calcinación en una mufla (MAS 7000), a temperatura de 500°C por 8 horas. Antes de calcinar la muestras se les agregó 3 gotas de ácido clorhídrico a cada una, con la finalidad de acelerar la combustión, una vez calcinadas las muestras se les agregó 8 ml de ácido clorhídrico 100 mM, se dejaron reposar por 15 minutos para después filtrar las muestras al vacío. Las muestras fueron analizadas mediante el método colorimétrico con un espectrofotómetro UV/VIS Perkin Elmer Lambda 40.

V.3 Determinación de carbohidratos solubles

La extracción de carbohidratos solubles se realizó según el método propuesto por Gómez *et al* (2002). A 15 mg de muestra liofilizada se le agregaron 4 ml de metanol: agua (1:1, v/v) y 1 ml de cloroformo. Las muestras se agitaron 2 minutos en vortex y 30 minutos en un agitador horizontal (Labline, 4638), a velocidad media (ambas agitaciones a 4°C), se centrifugaron 30 minutos (5000 rpm, 4°C) y 2.8 ml del sobrenadante se llevaron a un evaporador centrifugo, con trampa de frio (Labconco, 7810000) y la pastilla se conservaron a 4 °C. Un día después se les agregó 2 ml de agua destilada a la pastilla y se agitaron en vortex (20 minutos 4 °C). El extracto acuoso se colocó en un tubo con 15 mg de polyvinylpyrrolidona (PVP, Sigma, cat.P6755) para eliminar los residuos fenólicos. Se agitó en vortex (20 minutos 4 °C) y se centrifugó a 5000 rpm, 60 min. Se recuperaron 1.5 ml del sobrenadante y se congelaron a -20 °C para la medición de glucosa, fructuosa y sacarosa. Previo a la medición, se realizó la dilución 1:20 (v/v) del extracto, con agua desionizada. La determinación se realizó por el método enzimático, en una placa Elisa de 96 pozos (Gómez *et al.*, 2007), en un fotómetro (Multiskan Ascent, Thermolabsystem, 354), a 340 nm. Se utilizó una curva de calibración de 0.0 a 0.2 g L⁻¹ de glucosa (Baker, cat.201916-01) y controles de fructuosa (Sigma, cat. F0127) y sacarosa (Sigma, cat.S7903).

V.4 Composición química y metabolitos secundarios

Para los análisis de proteína cruda (PC), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente acida (FDA), calcio, taninos condensados y fenoles totales, se tomó una alícuota del total de las muestras de cada uno de los frutos, los cuales se analizaron en el Laboratorio de Nutrición Animal en el *Campus* de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Yucatán. Taninos condensados y fenoles totales se

analizaron por la técnica de Price y Butler (1997). Las fracciones de FDN y FDA por medio de la técnica descrita por Van Soest *et al.* (1991). PC, cenizas y calcio según los métodos descritos en por AOAC (1990). La energía metabolizable se estimó mediante la fórmula de regresión de McDowell *et al.* (1974) utilizando los valores reportados de FC, EE, PC y extracto libre de nitrógeno.

V.5 Análisis estadístico

Las variables que se investigaron fueron grados Brix, contenido de fósforo e identificación de la cantidad de glucosa, fructosa y sacarosa. La información recabada se procesó mediante técnicas de estadística descriptiva y análisis de varianza en las diferentes formas de muestreo para los tres tipos de frutos forrajeros de acuerdo al modelo general lineal:

$$\text{Modelo } Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} representa el valor de la j ésima observación en el i ésimo muestreo

μ representa un efecto común general a todas las observaciones

T_i representa el efecto del i ésimo muestreo; $i = 1, 2, 3$

ε_{ij} representa un efecto aleatorio asociado a cada observación

VI RESULTADOS Y DISCUSIÓN

VI.1 Grados Brix en *Crescentia alata*

Los datos de grados Brix de los frutos del cirián en diferente etapa de maduración se incluyen en el Cuadro 2. En las etapas madura y semimadura se registraron los valores más altos de grados Brix. En la literatura disponible no se encontró información de otros estudios sobre grados Brix *Crescentia alata*.

Mientras más grados Brix, contenga un insumo es mayor la concentración de azúcares totales. Cañizares *et al.*, (2003) mencionan que esta medida indica la presencia de la sacarosa (disacárido de fructosa y glucosa) y, es el azúcar que más determina las propiedades organolépticas. Se menciona que cuando el fruto es cortado del árbol los grados Brix siguen en aumento hasta llegar al momento en que las concentraciones de grados Brix decrecen, cuando presente una coloración café oscuro la cascara (Gómez, 2011). Zamora *et al.* (2001), refieren que productores de Nicaragua seleccionan los frutos que tienen un color amarillo o con indicios de amarillamiento; después los frutos son guardados bajo sombra sobre un plástico o dentro de sacos para evitar que se deshidraten y pierdan su calidad nutritiva. A los 5 días después de cortados estos presentan un color café oscuro, indicativo que la pulpa se encuentra lista para la alimentación animal.

Cuadro 2. Concentración de grados Brix en *C. alata*, según etapa de maduración del fruto

Color de la corteza del fruto	Etapas de maduración	Grados Brix
Verde	Verde	9.74 ± 1.29 _a
Verde manchado	Semimaduro	11.57 ± 1.48 _c
Amarillo	Maduro	13.29 ± 1.50 _b

Literales distintas en la misma columna muestran diferencia estadística ($p < 0.05$).

Zamora *et al.* (2001) mencionan que *C. alata* es un árbol componente de los sistemas silvopastoriles, donde, además de proporcionar sombra, los frutos maduros son comidos por el ganado. Los frutos verdes empiezan a madurar y a tomar un aspecto manchado, después de varias semanas se tornan amarillos, así mismo, los azúcares de la pulpa comienzan a fermentarse, la pulpa se vuelve negra, pegajosa y dulce.

Por la información anterior sobre los frutos de *C alata*, se sugiere que este recurso local, sea valorado como alimento energético para los rumiantes y que los frutos destinados, para el consumo de los animales sean recolectados cuando la corteza tenga un color verde manchado o en etapa de semimaduración.

VI. 2 Contenido de fósforo en el fruto de *Guazuma ulmifolia*

El Cuadro 3 contiene el valor del fósforo en los frutos de caulote (*G. ulmifolia*), colectado en varias localidades del municipio de Carácuaro, Michoacán. La mayor concentración se observa en los frutos de la Comunidad Paso de Núñez. El dato (0.22%) coincide con el reportado por Pizzani *et al.* (2006) en un estudio realizado en Venezuela. Se señala que, los frutos de especies tropicales pueden contener mayor concentración de fósforo que el follaje (Pizzani *et al.* 2006); aspecto que coincide con las descripciones generales realizadas por Godoy (2005) y García *et al.* (2008). La afirmación coincide con González *et al.* (2007) quienes encontraron el 0.1 % de fósforo en el follaje verde de *G. ulmifolia* colectada en Carácuaro, Mich.

Román *et al.* (2008) encontraron en *G. ulmifolia* 0.30% de fósforo afirmando que esta especie proporciona cantidades adecuadas de fósforo en la dieta para los animales. Los datos de fósforo en frutos de *G. ulmifolia* colectados en Carácuaro son similares a los requeridos por el NRC (2000) en la concentración de las dietas para becerros y vacas maduras gestantes (0.18 a 0.24% en la ración), pero inferiores a los que requiere una vaca amamantando (0.34 a 0.38). Cabe señalar que en la RTC, las etapas de producción, más comunes de los sistema bovino doble propósito y sistema bovino productor de carne son: vaca madura gestante, vaca amamantando, vaquilla, y becerro (Molina *et al.*, 2007).

Cuadro 3. Contenido de fósforo (%MS) en *G. ulmifolia* en localidades del municipio de Carácuaro, Michoacán

Muestreos	Contenido de fósforo
Paso de Núñez	0.22 ± 0.39 _a
Zapote de Cuendeo	0.18 ± 0.23 _b
Cañada de la Ortiga	0.18 ± 0.32 _b

Literales distintas en la misma columna muestran diferencia estadística ($p < 0.05$).

La diferencia del contenido de fósforo en el fruto de *G. ulmifolia* colectada en diferentes localidades, puede deberse a varios factores como los que señalan Sánchez *et al.* (2003). Ellos mencionan que, las condiciones del terreno, asociación de especies arbóreas y el uso del terreno afecta el tamaño de los frutos y contenido mineral en pasturas. En estos sistemas se mantienen estratos de plantas productoras de follaje y frutos, estos estratos pueden estar constituidos por árboles que proporcionan sombra y setos vivos para las cercas, las cuales generalmente, se conforman por plantas con sistema radicular profundo y desarrollado; características que les permiten mejorar la calidad nutritiva y producir forraje en periodos secos.

Algunas fincas ganaderas de Centro América muestran como estrategia utilizar follaje y frutos de los arboles dispersos en potreros en la alimentación animal; especialmente en la época seca, que es cuando se reduce la calidad y disponibilidad del recurso pasto en el que destaca en uso de *G. ulmifolia* (Ibrahim *et al.*, 2007). También en los agostaderos de la RTC, cuando los frutos de *G. ulmifolia* caen al suelo son aprovechados por los animales.

VI.3 Contenido de fósforo en el fruto de *Jacaratia mexicana*

El contenido de fósforo del fruto de bonete (*J. mexicana*) presenta diferencias significativas ($p < 0.05$) en cada uno de las zonas del Rancho, donde se realizaron los muestreos (Cuadro 4). Este Rancho tiene un inventario de aproximadamente

420 árboles de esta especie. En la literatura disponible sobre *J. mexicana*, no se encontraron datos del contenido de fósforo, ni otros compuestos nutricionales. Sin embargo es evidente la importancia de este insumo local en la alimentación de ganado y su aporte del mineral más costo en la industria alimentaria.

González *et al.* (2007) registran 0.2 % de fósforo en el follaje verde de *J. mexicana*, valor inferior al encontrado en los frutos; esto coincide entre Pizzani *et al.* (2006) y Crespo (2008), quienes mencionan que los valores de fósforo de los frutos es mayor a lo encontrado en el follaje (Crespo, 2008).

La cantidad de fósforo que aporta *J. mexicana* (expresado en % de MS) es superior a la concentración requerida en las raciones para el ganado de la Región. NRC (2000) precisa necesidades de 0.18 a .38% para el ganado en las diferentes etapas, becerros, vacas maduras gestantes y vacas amamantando. Por lo anterior, *J. mexicana* funciona bien como complemento para los bovinos.

Hay pocas investigaciones relacionadas con los costos de producción de los frutos de las EAF. Durante los muestreos se observó que el árbol de *J. mexicana* produce de 5 a 20 frutos por árbol y cada fruto con variación de peso de 500g a 1000g. Casasola *et al.* (2006) encontraron en la región del pacífico seco de Nicaragua, que los productores mantienen árboles de carbón (*Acacia pennatula*) en pasturas, los cuales mostraron una producción de frutos que varió entre 28 y 35 kg árbol⁻¹ en época seca. Dichos frutos son utilizados en la alimentación animal cuando la pastura de *Hyparrhenia rufa* decae en su producción y calidad.

En la comunidades de la RTC es común ver árboles de *J. mexicana*, en los patios de las casas. El fruto lo consumen las personas, los rumiantes y los cerdos (Gutiérrez *et al.* 2009), pero la mayor producción de este fruto no es aprovechado por las personas de estas comunidades, la mayoría de esto frutos son consumidos por infinidad de aves del lugar, son estos los que ocasionan que algunos de estos

frutos caigan y puedan ser aprovechados por los bovinos. También se percibe que escasas personas lo comercializan a la orilla de la carretera.

Cuadro 4. Contenido de fósforo (%MS) en el fruto de *J. mexicana* en el municipio de Carácuaro, Michoacán.

Zonas muestreadas	Contenido de fósforo
1	0.51 ± 0.63 _a
2	0.42 ± 0.52 _c
3	0.46 ± 0.69 _b

Literales distintas en la misma columna muestran diferencia estadística ($p < 0.05$).

VI. 4 Contenido de fósforo en el fruto de *Crescentia alata*

Los valores de fósforo en *C. alata*, no mostraron diferencias estadística ($p > 0.05$), para cada una de las etapas de maduración. La concentración de 0.36 ± 0.45 y 0.36 ± 0.40 de fósforo fue el fruto verde manchado y amarillo respectivamente, lo que sugiere que puede ser un complemento alimenticio que aporte fósforo a la ración. Mendieta (1988), en su estudio de la composición química y nutricional de la pulpa del morro o *C. alata*, indica que el contenido de fósforo (4.35mg) es similar al de algunos cereales como la avena y el centeno.

Cabe señalar que en las regiones donde la falta de minerales en el suelo produce pastizales pobres en minerales, ocasiona una serie de alteraciones funcionales como la infertilidad por ejemplo (Salamanca, 2010). Por lo que resalta la importancia de los frutos como complemento alimenticio. Además, en la Región de Tierra Caliente la ganadería es de tipo extensiva con poca tecnificación con un sistema de alimentación basada en pastoreo, lo que la hace vulnerable a los efectos estacionales. El pasto disponible es nativo y temporada de secas reduce en cantidad y calidad (Molina, 2008). En la región la complementación mineral es proporcionada por sal común, pocos productores tiene el manejo adecuado de

sales minerales que proporcionen los minerales necesarios; por lo que, los frutos *G. ulmifolia*, *C. alata* y *J. mexicana*, disponibles en la época crítica, son un aporte de fósforo importante para el ganado.

VI. 5 Carbohidratos solubles

Las concentraciones de los carbohidratos solubles totales (glucosa, fructosa y sacarosa) en los frutos, muestran variación para cada uno de los azúcares (Cuadro 5). Paull y Goo (1983) y Arenas *et al.* (1995) mencionan que la composición de los azúcares varía ampliamente en los frutos de guayaba con diferentes grados de madurez. La fructosa es el principal azúcar y otros como la glucosa y la sacarosa son menos abundantes. La fructosa es el carbohidrato más abundante en frutos maduros, mientras que la sacarosa en frutos muy maduros. Información que coincide en el presente estudio, donde *C. alata* y *J. mexicana* fueron evaluados en frutos maduros; mientras que *G. ulmifolia* se recolectó y evaluó en una etapa muy madura, momento en que el fruto cae al suelo.

El consumo de los frutos parte de los bovinos y su aporte de azúcares solubles cobra importancia, porque la complementación con bajos niveles de carbohidratos solubles tiene un efecto positivo sobre la degradación de la fibra, mientras niveles altos causan reducciones drásticas en su digestión (AMRC, 1984). Estudios *in vitro*, e *in vivo* han mostrado fuertes reducciones, en el grado de degradación de la fracción fibrosa cuando se han incorporado altas dosis de azúcar (30 y 45 por ciento del consumo de MS) en la dieta (Navas y Leng, 1991; Piwonka y Firkins, 1993). Estas reducciones están en parte explicadas por la disminución del pH por debajo de 6.2, nivel en el cual la actividad celulolítica puede reducirse hasta 40 por ciento (Mould *et al.*, 1982).

Los azúcares solubles incorporados en la dieta de rumiantes, proveen de energía rápidamente asimilable a los microorganismos ruminales. De esta manera, favorecen la biosíntesis de proteína microbiana a partir de la utilización del amoníaco liberado por hidrólisis de la proteína y del nitrógeno no proteico de la dieta. Existen pequeñas cantidades de monosacáridos (glucosa, fructosa, xilosa) y disacáridos (sacarosa, principalmente), que pueden ser utilizados por varios tipos de bacterias (Pechín, 1999).

Navas *et al.* (1999) encontraron que la suplementación con frutos de samán en niveles de 30 por ciento del consumo de MS causó reducciones tanto en la digestibilidad efectiva como en la digestibilidad potencial de la MS del forraje (heno de gramíneas) de 35.8 a 31.9 % y de 59.7 a 54.3 % con respecto a los animales que no consumieron fruto ($P < 0,05$). Esta reducción estuvo asociada principalmente con el grado y momento de reducción de pH, el cual estuvo por debajo de 6.2 entre las 2 y 6 h post-alimentación.

Cuadro 5. Concentración de azúcares solubles (%MS) en los frutos de especies arbóreas forrajeras

	<i>G. ulmifolia</i>	<i>C. alata</i>	<i>J. mexicana</i>
Glucosa	0.77±3.98 _a	2.03±6.98 _b	3.35±8.79 _c
Fructosa	1.67±5.25 _a	0.73±3.94 _b	3.55±8.99 _c
Sacarosa	4.36±14.50 _a	4.02±19.00 _a	0.59±4.52 _b

Literales distintas en la misma fila muestran diferencia estadística ($p < 0.05$).

VI.6 Composición química de los frutos

Los valores de la composición química de cada uno de los frutos se muestran en el Cuadro 6. La PC de los frutos de *C. alata* (14.92%) es similar al de *J. mexicana* (14.76%). Aunque el de *G. ulmifolia* es menor su contenido (9.82%) el valor es

similar al requerido en la dieta para el ganado de aquella Región (NRC, 2000). La concentración de PC de los frutos forrajeros supera los valores de los esquilmos agrícolas como el rastrojo de maíz que tiene 5.9% de PC. El rastrojo es un insumo que los productores destinan a la alimentación del ganado en la época seca del año, cuando hay menos alimento en la región (González *et al.*, 2007). El rastrojo también se lleva de otras regiones como el Bajío a la RTC.

Cuadro 6. Composición química (%MS) de los frutos de especies arbóreas forrajeras.

Componente (%)	<i>G. ulmifolia</i>	<i>C. alata</i>	<i>J. mexicana</i>
Cenizas	2.16	6.59	7.32
PC	9.82	14.29	14.76
FC	29.61	10.96	12.40
EE	2.16	13.99	14.21
EM (Mcal/kg)	2.43	3.34	3.24
ELN	56.5	54.17	51.31
FDN	47.99	25.38	22.81
FDA	32.84	9.24	17.56
Ca	0.52	0.25	0.45

PC-Proteína cruda, FC-Fibra cruda, EE-Extracto etéreo, EM-Energía metabolizable, ELN-Extracto libre de nitrógeno, FDN-Fibra detergente neutra, FDA-Fibra detergente acida, Ca-Calcio

Zamora *et al.* (2001) observaron concentraciones de PC en *G. ulmifolia* de 7 a 13% y *C. alata* 17%. Román *et al* (2008) mencionan que *G. ulmifolia* tiene 7.95% de PC y 85.2 de materia seca. Los valores anteriores difieren en relación a los encontrados en esta investigación. Al respecto Sosa *et al.* (2004) mencionan que las diferencias de PC pueden atribuirse, en términos generales, a diferentes factores como: tipo de suelo, estado fenológico del fruto y cercanías a fuentes de agua, entre otros.

Respecto al extracto libre de nitrógeno (ELN), se observan valores elevados en los frutos de las especies arbóreas estudiadas (Cuadro 6). Estos valores son inusuales en materiales vegetales comestibles por los rumiantes en el trópico. Este ELN está representado principalmente por los azúcares solubles, de fácil digestión (Relling y Mattioli 2003).

El ELN disponible en estos frutos es importante para el balance de energía y proteínas en el rumen, ya que representa una fuente de energía fácilmente fermentable, la cual aprovecha rápidamente la masa microbiana para todos los procesos de síntesis (Bondi, 1998). Cecconello *et al.* (2003) presentan concentraciones de ELN en otros frutos: *Chloroleucom manguense* (35.59%), *Pithecellobium saman* (43.29%), *Enterolobium cyclocarpum* (49.42%) y *Caesalpinia coraria* (65.05%). Solo la última especie supera a los tres frutos analizados en este estudio.

Los valores de FDN y FDA de los frutos de *G. ulmifolia* presentan las concentraciones más altas en comparación con los otros dos frutos (Cuadro 6). En general, la digestibilidad del material vegetativo en el rumen está relacionado con la proporción de paredes celulares y se considera que, valores de FDN de 20 a 35%, tienen altos niveles de digestibilidad (Sosa *et al.*, 2004). Los frutos de *C. alata* y *J. mexicana* tienen concentraciones debajo de estos niveles, por lo que, se esperarían niveles aceptables de digestibilidad.

Investigaciones previas refieren valores parecidos de FDN y FDA en frutos de *G. ulmifolia*. Román *et al.* (2008) encontraron concentraciones de 49.34% y 32.26 % para FDN y FDA, observando una digestibilidad media para este fruto.

El calcio, es un mineral que se considera en el momento de formular raciones. El contenido de calcio en los frutos de (*G. ulmifolia*, *C. alata* y *J. mexicana*) es un

aporte valioso en el momento que los frutos se incorporan en la ración base del ganado, de los agostaderos de la selva baja caducifolia.

En relación a la energía metabolizable (EM) estimada, *G. ulmifolia* es el fruto de los estudiados, el que menos EM aporta (Cuadro 6). Sin embargo, su valor es de 2.43 Mcal valor similar a varios alimentos de buena calidad, disponibles en la RTC como calabaza (*Cucurbita pepo melopepo*), caña de azúcar integral (*Saccharum officinarum*) y pasto maralfalfa (*Pennisetum purpureum*). Mientras que los frutos de *J. mexicana* y *C. alata* poseen valores altos de EM estimada, que conjugado con los valores de fibra permitirían calificar a estos dos frutos como alimentos concentrados energéticos (Mc Dowell, 1974) y por lo tanto formar parte de la dieta de manera complementaria.

VI. 7 Metabolitos secundarios

En el Cuadro 7 se muestran las concentraciones de fenoles totales (FT) y taninos condensados (TC) de los frutos de las especies en estudio. Los taninos son definidos como fenoles poliméricos, solubles en agua que precipitan las proteínas. Sin embargo, algunos fenoles solubles que presentan estructuras análogas y propiedades químicas a los taninos, no precipitan proteínas. La alta presencia de fenoles, no indica que la producción de taninos se incremente, ya que pueden derivar en otros componentes (Romero *et al.* 2000).

Las concentraciones de FT y TC en el fruto de *G. ulmifolia* encontrados por Pizzani *et al.* (2006) señalan valores mayores de FT (0.86) y, menor el de TC (0.21 vs 0.73). Para los otros frutos en estudio, no se encontró literatura disponible para comparar los resultados.

Se requieren concentraciones menores de 5% para obtener un efecto benéfico de estos compuestos, los tres frutos se encuentran dentro del rango necesario. Estos niveles tienen efectos positivos sobre el pasaje ruminal de las proteínas, reciclaje de urea y sobre la producción y sanidad animal. Los taninos afectan el metabolismo proteico, precipitando las proteínas provenientes de la ingesta y aumenta su pasaje hacia el intestino delgado, donde son absorbidas; de igual manera, aumenta la eficiencia del reciclado de urea en el rumen, por disminución de la degradación y desaminación de proteínas, disminuyendo el amonio ruminal. La concentración de nitrógeno ureico, de amonio ruminal y la pérdida de nitrógeno es menor en animales que consumen niveles moderados de taninos en su dieta (Reed, 1995, Martínez, *et al.* 2001).

Cuadro 7. Concentraciones (%MS) de fenoles totales y taninos condensados en frutos de especies arbóreas forrajeras

Frutos	Fenoles totales	Taninos condensados
<i>Guazuma ulmifolia</i>	0.20	0.73
<i>Crescentia alata</i>	0.21	1.51
<i>Jacaratia mexicana</i>	0.81	3.11

VII CONCLUSIONES

Los valores más altos de grados Brix en el fruto de *Crescentia alata*, se observaron en las etapas semimaduro (11.565) y maduro 13.183 vs 9.73 en su estado verde. Por lo que se sugiere que el fruto sea cortado en etapa semimaduro y, ofrecido en su estado maduro, para un mayor aprovechamiento de los azúcares solubles.

Las concentraciones de fósforo en los frutos de *Jacaratia mexicana* (0.51%, 0.42%, 0.46%) y *Guazuma ulmifolia* (0.22%, 0.18%, 0.18%) provenientes de diferentes localidades; evidencia su importancia como alimento local, disponible además durante la época crítica, cuando hay menos recursos alimenticios.

Los grados Brix identificados en *Crescentia alata*; la concentración de azúcares solubles y el % de ELN estimado en *Crescentia alata*, *Guazuma ulmifolia* y *Jacaratia mexicana*; permiten identificar el papel que pueden jugar los frutos mencionados en la digestibilidad de la fibra, y el consumo voluntario en general.

La concentración de 9.82 de PC en *Guazuma ulmifolia* y de 14.29 y 14.76 para *Crescentia alata* y *Jacaratia mexicana* son nutrimentos adicionales por que permiten valorar el potencial real de los frutos de los árboles mencionados.

VIII BIBLIOGRAFÍA

- AMRC. 1984. Australian Meat Research Council. Report.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. Association of Analytical Chemistry 15th Ed. Washington, D.C. USA
- Arenas, L., Marín M., Castro C. y Sandoval L. 1995. Determinación por HPLC de los azúcares en los frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.) de una plantación comercial del Municipio Mara. Revista Facultad Agronómica (LUZ) 12(4): 467-487.
- Ávila, R., Ayala, B., Gutiérrez, V., Herrera, C., Madrigal, S., y Ontiveros, A. 2007. Taxonomía y composición química de la necromasa foliar de las especies arbóreas y arbustivas consumidas durante el estiaje en la selva baja caducifolia en el municipio de La Huacana, Michoacán México. Livestock Research for Rural Development. Colombia, 19 (6):1-11. <http://www.lrrd.org/lrrd19/6/avil19073.htm> [Consulta 10 de enero 2010]
- Ayala, E. 2006. "Composición química y nutricional de árboles forrajeros". UADY-FMVZ. Departamento de Nutrición Animal.
- Barrera, A. 1981. Sobre la unidad de habitación tradicional campesina y el manejo de recursos bióticos en el área maya yucatanense. Biótica 5(3): 115-129.
- Baumer, M. 1992. Trees as browse and to support animal production. In: Andrew S. and Pierre-Luc P. (Eds.). Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock. FAO. pp. 1-10.
- Barry, T. and Manley, T. 1984. The role condensed tannins in the nutritional value of *Lotus pedunculatus* for sheep. 2. Quantitative digestion of carbohydrates and proteins. British Journal of Nutrition 51:493-504
- Barry, T., Manley, T. and Duncan, S. 1986. The role condensed tannins in the nutritional value of *Lotus pedunculatus* for sheep. 4. Sites of carbohydrate and protein digestion as influenced by dietary reactive tannin concentration. British Journal of Nutrition 55:123-137.
- Barry, T. and Mc Nabb, W. 1999. The effect of condensed tannins in temperate forages on animal nutrition and productivity. In tannins in livestock and human nutrition, pp 30-35 [J D Brooker, editor]. Canberra Australian Center for International Agricultural Research. www.aciar.gov.au [Consulta 13 de febrero 2012]

- Bayuelo, J., Lozano, R. y Ochoa, I. 2006. Caracterización morfológica de *Byrsonima crassifolia* (L.) kunth nativa de Churumuco, Michoacán, México. Revista Fitotecnia Mexicana. 29(2): 31-36.
- Becker, R. y Grosjean, O. 1980. A compositional study of pods of two varieties of Mesquite (*Prosopis glandulosa*, *P. velutina*) Journal of Agricultural and Food Chemistry 28: 22-25.
- Benavides, J.E. 1994. La investigación en árboles forrajeros. CATIE, Serie Técnica, Informe técnico. 236(1): 3-28.
- Bennett, D. y Hoffman, R. 1992. La ganadería en el nuevo mundo. En: Semillas de Cambio. ED: Hernán Viola y Carolin Margolis. Instituto Smithsonian, Washington y Londres, pp. 90-110.
- Bondi, A. 1988. Nutrición animal. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España. pp 544
- Botero, R. y Botero, L. 1996. Manejo de praderas y cobertura arbórea con ganado doble propósito en la costa caribe. En: II Seminario Internacional Silvopastoreo: Alternativa para una Ganadería Moderna y Competitiva. Valledupar, Neiva y Villavicencio. pp. 125-140.
- Caballero, J. 1992. Maya homegardens: past, present and future. Etnoecologica. 1(1): 35-54.
- Cañizares, A., Laverde, D. y Puesme, R. 2003. Crecimiento y desarrollo del fruto de guayaba (*Psidium guajava*) en Santa Barbara. Estado Monagas, Venezuela. Revista UDO Agrícola. 3(1):34-38.
- Cardona y Suárez. 1995. Utilización de *Leucaena* en bancos de proteína y en asocio con gramíneas. En I Seminario Internacional: Sistemas Silvopastoriles Casos Exitosos y su Potencial en Colombia. Bogotá, pp 91-108.
- Casasola, F., Ibrahim, M., Ramírez, E. y Villanueva, C. 2006. Influencia del pago de servicios ambientales en los cambios de uso de la tierra en fincas ganaderas: la experiencia del proyecto GEF-Silvopastoril en Costa Rica y Nicaragua. Agroforestería en las Américas 45: 86-92.
- Cecconello, C., Benezra, M. y Obispo, E. 2003. Composición química y degradabilidad ruminal de los frutos de algunas especies forrajeras leñosas de un bosque seco tropical. Zootecnia Tropical. 21(2): 149-165.

- Chicco, F. y Godoy, S. 2002. Nutrición mineral de los bovinos de carne en Venezuela. En: XVIII Cursillo sobre Bovinos de Carne. Romero R., Arango J. y Salomón J. (Eds.). Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias Veterinarias, Maracay, Venezuela. CIPAV, Cali, Colombia. pp. 139-168.
- Clark, J., Preston, T. y Zamora, A. 1972. Final molasses as an energy source in low-fibre diets for milk production 2: Effect of different level of grain. Revista Cubana Ciencia Agrícola. 6: 27-34.
- Clavero, T. 1996. Las leguminosas forrajeras arbóreas: Sus perspectivas para el trópico americano. En: Leguminosas forrajeras arbóreas en agricultura tropical. Ed. Tyrone, Clavero. Universidad de Zulia, Maracaibo, Venezuela. pp. 49-63.
- Contreras, D., Gutiérrez, C., Ramírez, C. y López, R. 1995. Mejoramiento del valor nutritivo de frutos secos de guasima (*Guazuma ulmifolia*) con urea e hidróxido de sodio. Archivo Zootécnico. 44:49-53.
- Crespo, G. 2008. Importancia de los sistemas silvopastoriles para mantener y restaurar la fertilidad del suelo en las regiones tropicales. Revista Cubana de Ciencias Agrícolas. 42(2): 329-335.
- Sánchez, R. y Sánchez, M. 2005. La ganadería bovina del estado de Michoacán, más de cuatro siglos de tradición y cultura ante los retos del nuevo milenio. Fundación Produce Michoacán AC, Morelia, México. P. 48 -53.
- Díaz, R. 2003. Efectos de diferentes niveles de cobertura arbórea sobre la producción acumulada, digestibilidad y composición botánica del pastizal natural del Chaco árido Argentina. Agricentia. 20:62.
- Feedstuffs, 2000. Ordinance by federal minister for agriculture and forestry issuing provisions implementing the feedstuff. Bundesgesetzblatt für die republik-sterreich. Parte II. 93 655-690.
- García, C., Martínez, T., Montañez, V., Sánchez, O., Posada, C. y Izaguirre, F. 2008. Evaluación de diecinueve ecotipos de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit basada en la calidad nutritiva del forraje. Zootecnia Tropical. 26(1): 1
- Garmendia, J. 2006. Los minerales en la reproducción bovina. [En línea]:<http://www.avpa.ula.ve/docuPDFs/xcongreso/minerales.pdf> [Consulta 20 de febrero 2012]

- Giraldo, A. 1998. Potencial de la arborea guácimo (*Guazuma ulmifolia*), como componente forrajero en sistemas silvopastoriles. En: Conferencia Electrónica FAO-CIPAV. Editado por: Rosales M., Sánchez M., Murgueitio E., Osorio H., y Speedy A. CIPAV, Cali, Colombia. Agroforestería para la producción animal en América Latina.
- Godoy, S. 2005. Phytic phosphorus and phytase activity of animal feed ingredients. *Interciencia*. 30-24.
- Gómez, L., Rubio, and Auge, M. 2002 A new procedure for extraction and measurement of soluble sugars in ligneous plants. *Journal of the Science of Food and Agriculture*.12:369-386.
- Gómez, G. 2011. Explotación del totumo (*Crescentia cujete* y *Crescentia alata*) en silvopastoreo, producción de forraje, frutos para alimentación animal y farmacopea consulta en línea: <file:///C:/Users/usuario/Documents/Crescentia%20cujete,%20Crescentia%20alata%20tolera%20cambio%20clim%C3%A1tico%20en%20el%20tr%C3%B3pico%20%20C2%AB%20silvopastoreo.htm> [Consulta 13 de diciembre 2011]
- Gómez, L., Bancel, D., Rubio, E. y Vercambre, G. 2007. The microplate reader: an efficient tool for the separate enzymatic analysis of sugars in plant tissues – validation of a micro-method. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 87:1893-1905.
- González, G., Ayala, A. and Gutiérrez, V. 2007. Chemical composition of tree species with forage potential from the region of Tierra Caliente, Michoacán, México. *Cuban Journal of Agricultural Science*. 41(1):81-86.
- Gutiérrez, V., Madrigal, S., Salas, R., Villalba, S., Hernandez, M., Rojas, S., Juárez, C. 2009. Frutos de las especies arbóreas forrajeras (EAF) que consumen los cerdos en el municipio de Carácuaro, Mich., México. X Encuentro Internacional de Monogástricos y IV Encuentro de Cerdo Criollo. Colombia.
- Gutiérrez, V. Juárez, C., Salas, R., Villalba, S., Rojas, S. y Gutiérrez, M. 2011. Servicios Ecosistémicos en los agostaderos del trópico mexicano: El caso de las especies arbóreas nativas forrajeras multipropósito en Carácuaro, Mich. II Congreso Internacional Servicios Ecosistémicos en los Neotrópicos. Asunción, Paraguay. 26 de noviembre al 2 de diciembre. p 22.

- Ibrahim, A. 1988. *Prosopis chilensis* in Sudan A Nonconventional Animal Feed Resource. In: The Current stage of knowlege on *Prosopis juliflora*. pp. 371-375.
- Ibrahim, M., Villanueva, C., Casasola, F. 2007. Sistemas silvopastoriles como una herramienta para el mejoramiento de la productividad y rehabilitación ecológica de países ganaderos en centro América. Archivo Latinoamericano de Producción Animal. (15): 11 73-87.
- INE. (Instituto Nacional de Ecología) y CONABIO. (Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad). 1995. Reservas de la biosfera y otras áreas naturales protegidas de México. Obtenido en la Red Mundial el 20 de marzo de 1999. <http://www.conabio.gob.mx/biodibersidad/chichina.htm#acerca>. [Consulta 25 de noviembre 2010]
- Instituto Nacional de Estadísticas Geográfica e Información (INEGI). 2000. XII Censo general de población y vivienda. Resultados preliminares. Michoacán, México. p. 167-171.
- Izaguirre, F. y Martínez, T. 2008. El uso de árboles multipropósito como alternativa para la producción animal sostenible. Tecnología en Marcha. 21(1): 28-40.
- Joblin, K. 1981. Isolation enumeration and maintenance of rumen anaerobic fungi in roll tubes. Applied and Environmental Microbiology. 42: 1119-1122.
- Jumba, I., Suttle, N., Hunter, E. and Wandiga, S.1995. Effects of soil origin and composition and herbage species on the mineral composition of forages in the mount Elgon region of Kenya. I calcium, phosphorus, magnesium and sulphur. Tropical Grasslands. 29, 40-46.
- Karriolge, P., Gilbert, M. and Coates, D. 1990. Phophorus and beef production in north Australia. 8. The status and management of soil phosphorus in relation to beef production. Tropical Grasslands. 24, 221-230.
- Kim, N., Preston, T., Van, B. and Duy, N. 2003. Effects of tree foliages compared with grasses on growth and intestinal nematode infestation in confined goats. Livestock Research of Rural Development. 15(6): 1-11. <http://www.lrrd.org/lrrd15/6/lin156.htm> [Consulta 20 de febrero 2012]
- López, V. y Xolalpa, M. 1997. Remedios; padecimientos y plantas medicinales. En: Aranda T. (Ed.). Guía número 34 de México Desconocido. Editorial Jilguero. p. 19-70.

- Macedo, A., Gutiérrez, E. y Salas, G. 2007 Efecto de la suplementación con bloques multinutricionales de melaza urea en vacas anéstricas en Carácuaro, Michoacán, México. *Livestock Research for Rural Development*. Colombia, 18 (11):1-13. <http://www.lrrd.org/lrrd18/11/macc18156.htm>. [Consulta 18 de febrero 2010]
- Martínez, S., Pedraza, R. y García, Y. 2001. Influencia del método de secado del follaje y el solvente de extracción en la cuantificación de polifenoles extractables totales. *Pastos y Forrajes*. 24(4):353-356
- Maynard L., Loosli J., Hintz H. y Warner R. 1987. *Nutricional animal Séptima edición*. Ed. Mc Graw-Hill. México, D.F. p. 78-82.
- McDowell, L., Conrad J., Thomas J. and Harris E. 1974. *Latin American of Feed Tables Composition*. University of Florida. Gainesville, Florida. p XI-XVI
- McDowell, L., Velásquez, P. y Valle, G. 1997. *Minerales para Rumiantes en Pastoreo en Regiones Tropicales*. Boletín. 3ra edición. Departamento de Zootecnia, Centro de Agricultura Tropical, Universidad de Florida, Gainesville, USA. p. 84.
- McNabb, W., Waghorn, G., Barry, T. and Shelton, I. 1993. The effect of condensed tannins on *Lotus pedunculatus* on the digestion and metabolism of methionine, cystine and inorganic sulphur in sheep. *British Journal of Nutrition*. 70:647-661.
- Mendieta, S. 1988. Evaluación química y nutricional de la pulpa y semilla del fruto de morro, sometido al proceso de secado en horno. Tesis Magister Scientifcae. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. p. 20-50.
- Minson, D. 1990. Phosphorus. In: *forage in ruminant nutrition*. Academic press, New York. pp. 230-264.
- Molina, M., Gutiérrez, V., Herrera, C., Gómez, R., Ortiz, R. y Santos, F. 2008. Caracterización y modelación grafica de los sistemas silvopastoriles de producción bovina en Tierra Caliente, Michoacán: 1 Bovinos productores de carne. *Livestock Research for Rural Development*. Colombia , 20(2): 1-9. <http://www.lrrd.org/lrrd20/12/moli20195.htm>. [Consulta 20 de octubre 2010]
- Mould, F.L., Saadullah, M., Haque, M., Davis, C., Dolberg, F. y Orskov, E.R. 1982. Investigation of some of the physiological factors influencing intake and

- digestion of rice straw by native cattle of Bangladesh. *Tropical Animal Production*. 7:147-181.
- Murgueitio, E. 2003. Impacto ambiental de la ganadería de leche en Colombia y alternativas de solución. *Livestock Research for Rural Development*. Colombia. 15(10). <http://www.lrrd.org/lrrd15/10/murg1510.htm> [Consulta 2 de diciembre 2010]
- Nair, 1993. An introduction to agroforestry. Books.google.com. http://books.google.com.mx/books?id=mPgV37g8ox8C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false [Consulta 22 de diciembre 2010]
- National Research Council. 2000. Nutrients requeriments of beef cattle. Seventh revised edition. The National Academic Press. Washignton, D.C. http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=11653. [Consulta 28 de febrero 2012]
- Navas, A., Laredo, M.A., Cuesta, A., Anzola, H. y León, J.C. 1992. Evaluation of *Enterolobium ciclocarpum* as dietary alternative to eliminate protozoa from the rumen. *Livestock Research for Rural Development* 4(1): 55-63. <http://www.lrrd.org/lrrd4/1/orejero.htm> [Consulta 20 de noviembre 2010]
- Navas, A., Restrepo, C. y Jiménez, G. 1999. Funcionamiento ruminal de animales suplementados con frutos de *Pithecellobium saman*. IV Seminario Internacional sobre Sistemas Agropecuarios Sostenibles. CIPAV, Cali. *Nutrition and Dietetics*. 17: 280-311.
- Navas, C. y Restrepo, S. 2000. Frutos de leguminosas arbóreas: una alternativa nutricional para ganaderías en el trópico. II Conferencia electrónica sobre agroforestería para la producción animal en América latina. <http://www.fao.org/DOCREP/006/Y4435S/Y4435S00.HTM> [Consulta 15 de mayo 2010]
- Orpin, C. 1977. On the induction of zoosporogenesis in the rumen phycomycetes *Neocallimastix frontalis*, *Pyromyces communis* and *Sphaeromonas communis*. *Journal of General Microbiology*. 101:181-189.
- Otero, M.J. e Hidalgo, L.G. 2004. Taninos condensados en especies forrajeras de clima templado: efectos sobre la productividad de rumiantes afectados por paracitos gastrointestinales. *Livestock Research of Rural Development*. 16(2). <file:///C:/Users/usuario/Documents/taninos%20oter1602.htm> [Consulta 22 de febrero 2012]

- Pak, N., Araya, H., Villalon, R. y Tagle, M.A. 1997. Analytical Study of Tamarugo (*Prosopis tamarugo*) on Autoethonous Chilean Feed. Journal of the Science of Food and Agriculture. 28: 59-62.
- Price, M. and Butler, L. 1997 Radip visual estimation and spectrophotometric determination of sorghum grain. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 25:1268-1273.
- Paull, R. y Goo, T. 1983. Relationship of guava (*Psidium guajava*) fruit detachment force to the stage of fruit and chemical composition. Hort Science. 18(1): 65-67.
- Pechín, G. 1999. Metabolismo de los hidratos de carbono y lípidos. Anuarios de la Facultad de Ciencias Veterinarias. p 179-190.
http://www.biblioteca.unlpam.edu.ar/publicaciones/pub-anu_veter.htm
[Consulta 13 de febrero]
- Pennington, T.D. y Sarukhán, J. 1998. Árboles Tropicales de México; Manual para la identificación de las principales especies. (2ª ed.) . México: UNAM/FCE p. 521.
- Pérez, M., Harrison, D. y Elliot, R. 1981. Rumen fermentation and kinetics on diets of sugar cane juice and molasses. Tropical Animal Production. 6: 359.
- Pinto, R. (2004). Árboles y arbustos con potencial forrajero del Valle Central de Chiapas. Tropical and Subtropical Agrosystems. 8(002): 1-11
- Piwonka, E. and Firkins, J. 1993. Effect of glucose fermentation on fibre digestion and particle-associated carboxymethylcellulase activity *in vitro*. Journal of Dairy Science. 76:129-139.
- Pizzani, P., Matute, I., Martino, G., Arias, A., Godoy, S., Pereira, I., Palma, J. y Rengifo, M. 2006. Composición fitoquímica y nutricional de algunos frutos de árboles de interés forrajero de los llanos centrales de Venezuela. Revista Ciencia Veterinaria. 47(2): 105-113.
- Pizzani, P., Zambrano, E., Domínguez, C., Obispo, N.E. y Prieto, J. 2008. Estimación energética y degradabilidad de la harina integral y del almidón de frutos de pijiguao (*Bractris gasipaes* Kunht en HBK) para la alimentación de los rumiantes. Zootecnia Tropical. 26(3): 239-242.
- Preston, T. 1972. Molasses as an energy source for cattle. World Review on Nutrition and Dietetics. 17: 280-311.

- Reed, J. 1995. Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forage legumes. *Journal of Animal Science*. 73:1516-1528
- Reed, J., Soller H. and Woodward A. 1990. Fodder tree and straw diets for sheep: intake, growth, digestibility, and the effects of phenolics on nitrogen utilization. *Animal. Feed Science and Technology*. 30:39-50.
- Reinoso, O. y Silva, S. 2010. El uso de sales minerales Suplementación mineral en ganado de carne. <http://vademecum.com.uy/articulos-tecnicos/bovinos-articulostecnicos/el-uso-de-sales-minerales-suplementacion-mineral-enganado-de-carne.html>. [Consulta 12 de enero 2010]
- Relling, A. y Mattioli, G. 2003. Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes. Actualización de las ediciones 2002 y 2003. Editorial Edulp. Universidad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de la Plata. p. 28-32
- Román, M., Mora, S., Gallegos, R. y Godínez, H. 2005. Frutos de leguminosas arbóreas en la alimentación de rumiantes en un bosque tropical caducifolio de la costa de Jalisco. *Avances de la investigación científica en el CUCBA. XVI Semana de la Investigación Científica*. ISBN: 970-27-0770-6.
- Román, M., Palma, J., Zorrilla, J., Mora, A. y Gallegos, A. 2008. Degradabilidad *in situ* de la materia seca de la harina del fruto de guacima *Guazuma ulmifolia* con dietas de frutos de especies arbóreas. *Zootecnia Tropical*. 26(3): 227-230.
- Romero, L., Palma, G. y López, J. 2000. Influencia del pastoreo en la concentración de fenoles y taninos condensados en *Gliricidia sepium* en el trópico seco. *Livestock Research for Rural Development* 4(12):1-9 <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd12/4/rome124.htm> [Consulta 22 de febrero 2012]
- Roncallo, B., Navas, A. y Garibella, A. 1996. Potencial de los frutos de plantas nativas en la alimentación de rumiantes. En *silvopastoreo: Alternativa para mejorar la sostenibilidad y competitividad de la ganadería colombiana*. CORPOICA. Santa fe de Bogota, Colombia. pp. 231-244.
- Rzedowski, J. y Equihua, M. 1987. Atlas Cultural de México; Flora. México: Secretaria de Educación Pública/Instituto Nacional de Antropología e Historia/Grupo Editorial Planeta. p. 222.
- Salamanca, A. 2010. Suplementación de minerales en la producción bovina. REDVET Revista Electrónica de Veterinaria. 11(09).

<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090910.html> [consulta 20 de febrero 2012]

- Sánchez, R. G., Sánchez, M. R. 2005. La ganadería bovina del estado de Michoacán, más de cuatro siglos de tradición y cultura ante los retos del nuevo milenio. Fundación Produce Michoacán AC, Morelia, México. P. 48 - 53.
- Sánchez, M., Rosales, M. y Murgueitio, E. 2003. Agroforestería pecuaria en América Latina. En: Agroforestería para la producción animal en América Latina. Eds. D.M Sánchez y M. Rosales. FAO. Roma. 10 p.
- Savón, L., Mora, L. M., Dihigo, L. E., Rodríguez, V., Rodríguez, Y., Scull, I., Hernández, Y., Ruiz, T. E. 2008. Efecto de la harina de follaje de *Tithonia diversifolia* en la morfometría del tracto gastrointestinal de cerdos en crecimiento-ceba. Zootecnia Tropical. 26(3): 391-394.
- Scherr, J. y McNeely. 2008. Biodiversity conservation and agricultural sustainability: towards a new paradigm of "ecoagriculture" landscapes. Philosophical Transactions the Royal Society Biological Sciences. 363: 477-494.
- Silva, L., Farías, G., Leite, E., Nascimento, C., Lima, C., Negreiros, A., Lima, D. y Flores, H., 1988. *Prosopis juliflora* Pod Flour and Syrup Processing and Nutritional Evaluation in The Current State of the Knowledge on *Prosopis juliflora*; Habit, M. A.; Saavedra, J. C.; Ed. FAO. Plant Production and Protection Div. Roma (Italy). p.p. 355-359
- Shimada, M. 2003. Nutrición animal. (Primera edición). Editorial trillas, México D.f. p. 187-204
- Silva, M., Martínez, M., Coirini, R., Brunetti, M., Balzarini, M. y Karlin, U. 2000. Valoración nutritiva del fruto del algarrobo blanco (*Prosopis chilensis*) bajo distintos tipos de almacenamiento. Multequina 9: 65-74.
- Sotomayor, G. 1989. Modelos agroforestales y desarrollo rural sustentable. Agroforestería en las Américas. 9 (31): 10-14.
- Sosa, E., Pérez, R., Ortega, R., Zapata, B. 2004. Evaluación del potencial forrajero de árboles y arbustos tropicales para la alimentación de ovinos. Técnica Pecuaria en México. 42(2): 129-144.
- Underwood, J. y Suttle, N. 2003. Los Minerales en la Nutrición del Ganado. 3ª edición. Editorial Acriba. Zaragoza, España. p 67-149.

- Urbano, D. y Dávila, C. (2005). "Leguminosas arbóreas para optimizar la producción de leche y carne". En González C. y Soto E. (eds.). Manual de Ganadería Doble Propósito. Fundación GIRARZ. Editorial Astro Data, Maracaibo, Venezuela, pp. 213-218.
- Van Soest, P.J. 1982. Nutritional Ecology of the Ruminant. O & B Books Oregon USA. p. 15-20
- Van Soest, P.J., Roberson J.B. y Lewis B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science. 74:3583
- Varga, G. y Kolver, E. 1997. Microbial and animal limitations to fibre digestion and utilisation. Journal of Nutrition. 127:819-823.
- Waghorn, C., Shelton, I., McNabb, W. and McCutcheon, S. 1994. Effects of condensed tannins in *Lotus pedunculatus* on its nutritive value for sheep. 2. Nitrogenous aspects. Journal of Agricultural Science, Cambridge 123:109-119.
- World Resources Institute 2000. All rights reserved. ISBN 1-56973-440-2. Library of Congress Catalog Card No. 00-101076 Institute printed in Canada on recyclep paper.
<http://www.globalforestwatch.org/common/canada/report.pdf>
[Consulta 23 de septiembre 2010]
- Zamora, S., García, J., Bonilla, G., Aguilar, H., Harvey, C.A. y Muhammad, I. 2001. Uso de frutos y follaje arbóreo en la alimentación de vacunos en la época seca en Boaco, Nicaragua. Agroforestería en las Américas. 8 (31): 1-8