

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**  
**INSTITUTO DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**



**EVALUACIÓN DEL POTENCIAL PRODUCTIVO DE SEIS ESPECIES DE  
ÁRBOLES FORRAJEROS PARA LA ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES EN LA  
ZONA CENTRAL DEL ESTADO DE SINALOA**

**TESIS**

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

**MAESTRO EN CIENCIAS EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ANIMAL**

**PRESENTA:**

**SAMUEL JESÚS CASTRO CAMACHO**

**Director de tesis**

**DR. LEONEL AVENDAÑO REYES**

**Co-director de tesis**

**DR. JUAN EULOGIO GUERRA LIERA**

**MEXICALI, B. C., MÉXICO**

**NOVIEMBRE DE 2017**

La presente tesis titulada “**Evaluación del potencial productivo de seis especies de árboles forrajeros para la alimentación de rumiantes en la zona central del estado de Sinaloa**”, fue realizada por el C. Samuel Jesús Castro Camacho, siendo revisada y aprobada por el Consejo Particular abajo indicado, como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN SISTEMAS  
DE PRODUCCION ANIMAL**

**Consejo Particular**

**Presidente** \_\_\_\_\_  
  
**Dr. Leonel Avendaño Reyes**

**Secretario** \_\_\_\_\_  
  
**Dr. Juan Eulogio Guerra Liera**

**Sinodal** \_\_\_\_\_  
  
**Dra. Noemí Guadalupe Torrentera Olivera**

**Sinodal** \_\_\_\_\_  
  
**Dr. Sergio Antonio Soto Navarro**

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo financiero recibido, sin el cual no hubiese sido posible la obtención de este Posgrado.

A la Universidad Autónoma de Baja California, en especial al Instituto de Ciencias Agrícolas.

Al Dr. Juan Eulogio Guerra Liera por su asesoría, paciencia en la revisión de mi tesis, disposición, consejos, y sobre todo la enseñanza integral. Gracias.

Así como también a mis asesores Ph.D. Leonel Avendaño Reyes, M.C. Juan Rodríguez García y Dra. Noemí Guadalupe Torrentera Olivera por su apoyo, disposición y sugerencias en el desarrollo de la investigación y elaboración de esta tesis.

A los profesores del Instituto de Ciencias Agrícolas (ICA) que me impartieron las materias asignadas para lograr mis estudios de maestría.

A Sandra, por su apoyo y amistad. Muchas gracias.

A mis amigos y compañeros y todas aquellas personas de quienes siempre recibí motivación para realizar y culminar mis estudios de posgrado.

## DEDICATORIAS

A mis padres por sus sacrificios, apoyo incondicional en todo momento, enseñanzas y consejos a lo largo de mi vida.

A mis hermanos por ese gran cariño que nos une, por todo su apoyo brindado, por impulsarme a lograr mis metas.

Verónica por su cariño por su amor y apoyo en los momentos felices y difíciles de la vida.

“Y finalmente, deseo dedicarme este momento tan importante e inolvidable; a mí mismo, por no dejarme vencer, que en ocasiones el principal obstáculo se encuentra dentro de uno”

## CONTENIDO

	Página
i. RESUMEN .....	1
ii. SUMMARY .....	2
iii. LISTA DE CUADROS.....	3
I. INTRODUCCIÓN .....	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	6
2.1 Importancia de las arbóreas forrajeras en sistemas de producción animal en pastoreo. ....	6
2.2. Principios ecológicos en los sistemas agroforestales y en el manejo de cuencas hidrológicas.....	9
2.3. Los árboles forrajeros y sus modelos de utilización.....	10
2.4. Descripción de los árboles forrajeros en estudio.....	10
2.4.1. <i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd. ....	11
2.4.2. Amapa ( <i>Tabebuia rosae</i> Bertol.) .....	14
2.4.3. Mauto ( <i>Lysiloma divaricata</i> (Jacq.) .....	16
2.4.4. Palo pinto ( <i>Chloroleucon mangense</i> Jacq.) .....	17
2.4.5. Guásima ( <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.).....	18
2.4.6. Ébano ( <i>Ebenopsis ebano</i> Berl.) Britton & Rose. ....	20
2.5. Nutrición energética de los rumiantes .....	22
2.6. Metabolismo basal en ayuno.....	23
2.7. Sistema de Energía Neta (EN) de California.....	23
2.8. Sistema del NDT (Nutrientes Digestibles Total) en rumiantes .....	24
2.9. Requerimientos energéticos del animal .....	25
2.10. Valor energético de los forrajes.....	26
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	26
3.1. Localización del área de estudio .....	26
3.2. Metodología experimental .....	27
3.3. Muestras.....	27
3.4. Especies identificadas .....	27
3.5. Colección de muestras .....	27
3.6. Análisis bromatológicos.....	28
3.7. Variables de interés.....	28
3.8. Grados Día Crecimiento .....	29

3.9. Análisis estadístico .....	29
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	30
4.1. Identificación de árboles forrajeros.....	30
4.2. Caracterización bromatológica de los árboles forrajeros en estudio .....	32
4.3. Caracterización energética de los árboles forrajeros en estudio .....	35
4.4. Grados día crecimiento (GDD) .....	37
V. CONCLUSIONES .....	42
VI. LITERATURA CITADA.....	43

## RESUMEN

Con el objeto de identificar las especies arbóreas de uso en la alimentación de bovinos, así como su densidad y valor nutricional en una zona de temporal del estado de Sinaloa, se realizó este estudio bajo condiciones de pastoreo extensivo que incluyó un muestreo mensual y una encuesta a productores. Las variables evaluadas fueron producción de forraje verde y materia seca, área foliar, consumo potencial de materia seca (CPMS) y de proteína cruda (CPPC), fibra detergente neutro y ácido (FDN y FDA) del forraje, así como grados día crecimiento (GDD). Los resultados de la encuesta indicaron el siguiente orden de preferencia de árboles forrajeros por el ganado: (T1) Mauto (*Lysiloma divaricata* Jacq.); (T2) Vinolo (*Acacia farnesiana* L. Wild); (T3) Ébano (*Ebenopsis ebano* Berl.); (T4) Amapa (*Tabebuia rosae* Bertol.); (T5) Guásima (*Guazuma ulmifolia* Lam.) y (T6) Palo Pinto (*Chloroleucon mangense* Jacq.). En el orden que son consumidos por los bovinos, se tuvo primero a Vinolo, seguido de Pinto, luego Guásima, en cuarto sitio Ébano, seguidos por Mauto y Amapa. En cuanto a la densidad, se tuvo el siguiente orden: la mayor presencia fue Vinolo, seguido del Mauto, después Guásima, luego Amapa, después Palo Pinto y por último Ébano. El contenido de FDN fue mayor ( $P < 0.05$ ) en Amapa (54.4%) que en Ébano (25.8%). En FDA, Amapa presentó el más alto contenido ( $P < 0.05$ ) con 42.8% y Ébano el más bajo con 19.3%. Ébano tuvo el mayor CPMS ( $P < 0.05$ ) con 4.9%, seguido de Vinolo (3.7%); Amapa fue el de menor CPMS con 2.45%. El contenido de  $EN_G$  fue mayor ( $P < 0.05$ ) en Amapa con 1.99 Mcal/kg MS, siendo el menor valor para Guásima con 1.26 Mcal/kg MS. Para  $EN_L$ , Ébano presentó el más alto contenido ( $P < 0.05$ ) con 1.86 y Amapa el más bajo con 1.22 Mcal/kg MS. La acumulación de GDD fue más alta ( $P < 0.05$ ) en junio con 621.2, seguido de julio 617 y agosto con 592.8; la menor ( $P < 0.05$ ) acumulación fue en noviembre con 442.7. En los 7 meses de muestreo se acumularon 3,853.60 GDD. Los GDD fueron mayores en verano (610) y menores en otoño (425.6), reflejando en diferencias en la calidad y cantidad de los árboles forrajeros estudiados.

**Palabras Clave:** árboles forrajeros, preferencias de consumo, densidad de árboles, nutrición de rumiantes

## SUMMARY

To identify the fodder tree species that can be used in the feeding of beef cattle, as well as their density and nutritional value in a temporary area of the state of Sinaloa, this study was conducted on under grazing conditions and included a survey applied to producers and a monthly sampling of tree species. The variables evaluated were green forage yield and dry matter ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), leaf area, potential consumption of MS and PC, neutral and acid fiber detergent (NDF and ADF) of the forage and growth degree days (GDD). The results of the survey indicated the following order of importance of fodder trees more consumed by livestock: (T1) Mauto (*Lysiloma divaricata* Jacq.); (T2) Vinolo (*Acacia farnesiana* L. Wild); (T3) Ébano (*Ebenopsis ebano* Berl.); (T4) Amapa (*Tabebuia rosae* Bertol.); (T5) Guásima (*Guazuma ulmifolia* Lam.) y (T6) Palo Pinto (*Chloroleucon mangense* Jacq.). The order in which fodder trees were consumed by cattle was: first Vinolo, then Palo Pinto, followed by Guásima, in fourth place Ebanó and then species Mauto and Amapa. Regarding their density, the order was: Vinolo, followed by Mauto, then Guásima, Amapa, Palo Pinto and finally Ebony. Amapa showed higher NDF content ( $P < 0.05$ ) than Ebony (54.4 vs 25.8%). For FDA, Amapa presented the highest content ( $P < 0.05$ ) with 42.8%, and the lowest Ébano with 19.3%. Ébano had the highest CPMS ( $P < 0.05$ ) with 4.9%, followed by Vinolo (3.73%), and Amapa had the lowest CPMS with 2.45%. The  $\text{EN}_G$  content was higher ( $P < 0.05$ ) in Ébano (1.93 Mcal/kg DM) and the lower Amapa with 0.99 Mcal/kg DM. For  $\text{EN}_L$ , Ébano presented the highest content ( $P < 0.05$ ) with 1.86 Mcal/kg DM, and Amapa the lowest with 1.22 Mcal/kg DM. June had the highest ( $P < 0.05$ ) GDD accumulation with 621.2, followed by July with 617 and August with 592.8; the lowest ( $P < 0.05$ ) GDD accumulation was registered in November (442.7). During the 7 months of sampling, there were 3,853.6 GDD. The GDD were higher in summer (average 610), meanwhile the lower

was in autumn (425.6), which reflected differences in the quality and quantity of the forage trees evaluated.

**Keywords:** *Fodder trees, intake preference, tree density, ruminant nutrition*

## LISTA DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Árboles forrajeros de mayor importancia como fuente de alimento para el ganado	<b>47</b>
<b>Cuadro 2.</b> Caracterización bromatológica de los árboles forrajeros de mayor importancia como fuente de alimento para el ganado	<b>50</b>
<b>Cuadro 3.</b> Caracterización energética de los árboles forrajeros de mayor importancia como fuente de alimento para el ganado	<b>53</b>
<b>Cuadro 4.</b> Promedio mensual y acumulado de grados día de crecimiento (GDD) durante el periodo de muestreo de las especies forrajeras	<b>54</b>
<b>Cuadro 5.</b> Grados día crecimiento (GDD) anual de las especies de árboles forrajeros	

## I. INTRODUCCIÓN

En la zona centro del estado de Sinaloa, la región ganadera basada en agricultura de temporal con zacates forrajeros presenta problemas topográficos, poca cobertura vegetal, serios problemas de erosión y el uso de tecnologías agropecuarias inadecuadas. La alimentación de los rumiantes es deficitaria como consecuencia de la baja calidad de los pastos tradicionalmente utilizados y por la presencia de un fuerte periodo de sequía que se extiende entre 7 y 8 meses al año. En esta época, el ganado consume gran cantidad de especies presentes en la vegetación nativa, principalmente árboles y arbustos en forma de forraje verde, frutos y hojas secas caídas (López *et al.*, 2008). Los árboles multipropósito son ejemplo de un inmenso potencial natural en las regiones tropicales y subtropicales del mundo. De ellos, los árboles forrajeros son un ejemplo importante de ese potencial natural que se magnifica en estas regiones, pero que paradójicamente ha sido pobremente investigado pese a la urgente necesidad de proteína para los animales domésticos que utiliza el hombre (Gómez *et al.*, 2002).

Como consecuencia, se carece de información generada bajo las condiciones de la región sobre la utilización de las plantas forrajeras que incluya todos los aspectos que determinan su valor nutritivo, su variación estacional y su disponibilidad, factores que son causantes de severos cambios en la fenología, morfología y composición química (Minson, 1990). Estos cambios afectan el aprovechamiento forrajero durante la fase de crecimiento y maduración.

Ante esta situación se hace necesario identificar los factores que facilitarían una reconversión del sistema de producción hacia el desarrollo sostenible de sistemas ganaderos mediante la implementación de estrategias y tecnologías de producción

congruentes con el uso racional de los recursos naturales. Entre ellas se encuentra la suplementación estratégica y la rehabilitación de pasturas con sistemas Agrosilvopastoriles (Solorio *et al.*, 2009).

Bajo la hipótesis que las especies forrajeras leñosas difieren en su fenología, contenido bromatológico, energético y en su potencial para ser utilizadas como alimento en los sistemas de producción de rumiantes en la ganadería de temporal, el objetivo del presente estudio fue determinar las características morfológicas, estructura, fenología y valor nutrimental de las especies leñosas con mayor potencial forrajero susceptibles a utilizarse en la alimentación de los sistemas de producción de rumiantes en la zona de temporal de la sindicatura de Jesús María, en el municipio de Culiacán, Sinaloa, México. Adicionalmente, se caracterizarán y diferenciarán los efectos fisiológicos causados por los grados día crecimiento (GDD) en las especies estudiadas.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Importancia de las arbóreas forrajeras en sistemas de producción animal en pastoreo.

En los últimos años se ha documentado sobre la capacidad forrajera de las especies arbóreas y de la importancia de su producción como alternativa para suplir del déficit de forraje que durante los meses secos ocurre en pastizales de secano árido y semiárido (Wagner, 2013). El mismo autor indica que la utilización de los árboles forrajeros presenta las siguientes ventajas en las zonas climáticas mencionadas:

1. Contribuyen a aumentar la disponibilidad de forraje verde durante el periodo de secas.
2. Proporcionan una mayor fertilidad del suelo subyacente.
3. Favorecen las plantaciones de arbustos forrajeros asociados.
4. Aportan materia orgánica y nutrientes al suelo superficial.
5. Los nutrientes devueltos al suelo por los arbustos, en gran medida, provienen de los estratos del suelo que las raíces de las plantas herbáceas no alcanzan a incursionar.
6. Mejoran las condiciones microclimáticas inmediatas a través de la sombra proyectada por sus copas.
7. Producen suficiente cantidad de materia seca por unidad de superficie.
8. Proveen una dieta más balanceada desde el punto de vista nutritivo.
9. La sombra protege a los animales de la radiación solar directa y les permite mantener su temperatura corporal en un rango confortable.

10. Los animales pueden consumir las plantas forrajeras y sus frutos, aprovechando sus nutrientes y escarificando las semillas que contienen y las dispersan por las heces, favoreciendo así la cobertura vegetal.

11. Se pueden recomendar como abono verde o como fuente de material vegetal que al degradarse proporciona nutrientes para la producción de forraje de alta calidad (formación del humus).

12. Al asociarse los árboles o arbustos con cultivos o pastos, existen interacciones económicas y ecológicas entre ellos y las otras especies del ecosistema.

En el caso de las zonas tropicales y subtropicales, los árboles son fuente importante de forraje, no solo porque mantienen su follaje por un período más prolongado en comparación con los forrajes convencionales (gramíneas), sino también porque en estas áreas se encuentra el 60% del total de la población de ganado mundial. En el período seco, los zacates tropicales se caracterizan por tener bajos niveles de proteína cruda, alto contenido de la fracción fibrosa con la consecuente baja en la digestibilidad y de la producción en general (Sánchez, 1999).

El potencial de los sistemas silvopastoriles para la producción animal es alto si se tiene en cuenta que las leñosas perennes, como componentes fundamentales de los sistemas, pueden estar constituidas por árboles forrajeros de gran diversidad biológica. El mayor potencial se encuentra en las especies de la familia de las leguminosas; sin embargo, casi cualquier especie de árbol es potencialmente apta dependiendo de las características ambientales y socioeconómicas locales, así

como de las especies a asociar, del arreglo de componentes y de la función para la cual se incluye (Giraldo, 1999).

Los ganaderos, en varias partes del mundo, suministran mezclas de hojas de árboles forrajeros a sus animales como un suplemento o como la ración entera. El uso de mezclas asegura un suministro más diverso de forrajes y, por lo tanto, reduce el riesgo de dependencia en una sola especie vegetal (Méndez, 1998). Los productores usan la diversidad genética como una forma de “seguro sobre el cultivo”, pues en ambientes marginales, la uniformidad puede llevar al fracaso total de un cultivo en circunstancias difíciles (Cooper, 1992). Nitis *et al.* (1990) describieron un sistema multiestrato de producción de forraje, el cual incluye pastos y leguminosas rastreras (primer estrato), leguminosas y arbustos (segundo estrato) y árboles forrajeros (tercer estrato), comparándolo con otro no estratificado, identificando que el sistema multiestrato (0.25 ha) produjo más forraje y soportó mayor carga animal que el sistema no estratificado (0.5 ha). Los mismos autores reportan otros efectos colaterales como una menor infestación de endoparásitos, menor erosión, mayor materia orgánica y nitrógeno en el suelo e incluso después de 5 años, una mayor producción de leña y mayores beneficios económicos. Méndez (1998) concluye que el estudio de los sistemas agroforestales es importante para los trópicos y su aplicación práctica requiere consideración en el contexto de la agricultura sostenible.

## **2.2. Principios ecológicos en los sistemas agroforestales y en el manejo de cuencas hidrológicas.**

Los árboles activan los ciclos de los nutrientes mediante las interrelaciones biológicas y químicas que se dan entre los vegetales y los demás individuos del ecosistema. Por tanto, la variación de la diversidad en las comunidades vegetales involucradas en los distintos sistemas de producción pecuaria se da en respuesta a los problemas ocasionados por los modelos dominantes de monocultivo de gramíneas para pastoreo (Murgueitio, 2001).

El impacto sobre los suelos, como la erosión en todas sus formas, así como los cambios en la textura y estructura son causados por la disminución en la cobertura vegetal, con la consecuente baja en la captación del agua y aumento de la pérdida de la misma en el proceso de evaporación. El aumento de la complejidad estructural de la vegetación ocurre por la invasión de nuevas especies y eliminación de las nativas. Otro aspecto es la reducción de los extremos de temperatura ambiental durante las épocas secas. Se pueden mencionar también otros aspectos básicos para mantener los sistemas agroforestales:

- Integración con otros sistemas de producción como el pastoreo mixto y el uso múltiple de la vegetación.
- Aplicación en el manejo de cuencas mediante la construcción de obras de captación y conducción del agua.
- Barreras vivas con formación lenta de terrazas para uso agrícola.
- Cortinas rompevientos.
- Cultivo mixto de especies arbóreas y agrícolas.

### **2.3. Los árboles forrajeros y sus modelos de utilización.**

La utilización de los árboles forrajeros en sistemas sostenibles de producción basa su desarrollo en cinco modalidades denominados de la siguiente manera: a) Agroforestales, concepto amplio que asocia herbáceas y árboles; algunos están asociados a producción de forrajes y cultivos agrícolas, b) Silvopastoriles asociados que implican el uso de praderas para pastoreo directo, c) Agrosilvopastoriles donde son mantenidos alternamente cultivos agrícolas y pasturas, d) Bancos de proteína en los que el ganado pastorea por tiempos limitados durante el día y e) Cercas vivas: línea de árboles o arbustos que sirven para delimitar propiedades y formar internamente potreros caminos en los ranchos. Además, se produce forraje, leña, madera, flores y frutos. Las ventajas de los sistemas silvopastoriles especializados para la producción pecuaria, cuando los comparamos con sistemas convencionales basados en el monocultivo de zacates, se basan en un incremento significativo de la calidad y cantidad del alimento disponible a los animales, lo que redundará en mejor rendimiento productivo del ganado (Botero y Russo, 1997, 1999; Sánchez, 1999).

### **2.4. Descripción de los árboles forrajeros en estudio**

A continuación se presenta una descripción general sobre los árboles forrajeros que se encuentran en la zona de estudio:

#### **2.4.1. *Acacia farnesiana* (L.) Willd.**

Es un árbol de la familia de leguminosas y subfamilia mimosoidea, conocido comúnmente en el Noroeste de México como vinolo, huizache o vinorama en el Noroeste de México (Sinaloa, Sonora y Baja California), y agavia en el estado de Durango. A escala mundial existen entre 800 y 1,200 especies de acacias; 700 son endémicas de Australia. En Europa este género no está representado.

Origen y distribución: El Vinolo es un árbol nativo de América tropical, naturalizada en todas las zonas tropicales, subtropicales y en el Mediterráneo, entre las latitudes 30° N y 40° S. Es la especie de *Acacia* de más extensa distribución (Seigler *et al.*, 1986), pues se encuentra desde el sur de Estados Unidos hasta Argentina. En México se ubica en la vertiente del pacífico, desde el sur de Sonora hasta Chiapas, en Baja California y de forma discontinua en la vertiente atlántica, principalmente en el bosque tropical caducifolio, en los climas cálidos y semicálidos, desde 36 a 2500 msnm con precipitaciones de hasta 900 mm y temperaturas que van de 5 a 30 °C (Ochoa-Ruíz *et al.*, 2012; Rzedowski, 2001). Crece en una gran variedad de suelos, desde muy arcillosos hasta muy arenosos (Vibrans, 2009). Es una especie útil para la reforestación de tierras secas degradadas; de manera extensa para combustible, en la industria maderera para obtener postes pequeños, y en el sur de Francia se utiliza en la industria del perfume. En algunos lugares se le considera como una plaga debido a su habilidad para colonizar pastizales y otros hábitats perturbados (El-Lakany, 1987; Gill *et al.*, 1986).

Características botánicas: Es un árbol o arbusto perennifolio de 8 m y diámetro del tallo de hasta 40 cm, tronco recto cuyas ramas se originan cerca de la base,

ascendente y a veces horizontal o péndulas, copa redondeada. Su corteza externa es lisa cuando joven y fisurada cuando vieja, de color gris plomizo a gris pardo oscuro; con abundantes lenticelas conspicuas, pequeñas y suberificadas, dispuestas en líneas transversales. La corteza interna es color crema amarillento, fibrosa, con marcado olor y sabor a ajo. El grosor total de la corteza es de 5 a 6 mm. Su madera es color albura crema amarillenta, con bandas conspicuas y coalescentes de parénquima paratraqueal. Las ramas jóvenes son de color gris plomizo a gris pardo oscuro, glabras a ligeramente hirsutas en las partes más jóvenes, con numerosas espinas muy agudas de hasta 4 cm de largo, dispuestas en pares en la base del nacimiento de las hojas y abundantes lenticelas conspicuas moreno claro. Las hojas poseen yemas de 2 mm de largo, ovoides, rodeadas por varias espinas pequeñas, grisáceas e hirsutas. Estípulas 2, espinosas, acrescentes, persistentes. Hojas dispuestas en espiral frecuentemente aglomeradas en las axilas de cada par de espinas, bipinadas, de 2 a 8 cm de largo incluyendo el pecíolo, con 2 a 7 pares de folíolos primarios opuestos, cada folíolo primario formado por 10 a 18 pares de folíolos secundarios opuestos, de 3 x 1.5 a 7 x 1.5 mm lineales, con el margen entero, ápice agudo, base obtusa a truncada, a veces asimétrica; verde grisáceo y glabros en ambas superficies, con abundantes puntos escamosos blancos y con escasos pelos en el margen; raquis de la hoja y de los folíolos ligeramente hirsutos; en la parte media del pecíolo se encuentra una glándula cóncava y otra más pequeña entre el último par de folíolos; pecíolo y peciólulos pulvinados. Sus flores son en forma de cabezuelas originadas en las axilas de las espinas, solitarias o en grupos de dos a tres, sobre pedúnculos hirsutos de hasta 1.5 cm de largo, la cabezuela de 8 a 10 mm de diámetro, muy

perfumadas, actinomorfas, de 5 mm de largo; cáliz verde de hasta 1.5 mm de largo, angostamente infundibuliforme, expandido en la parte superior en cinco dientes ovados, pubescentes en la superficie externa; corola verdosa, de 2 a 2.5 mm de largo, infundibuliforme con 5 a 6 dientes ovados o redondeados, glabra; estambres amarillos numerosos de 6 a 7.5 mm de largo, libres, largamente exertos, glabros; ovario súpero, alargado, unilocular, multiovular, glabro, terminado en un estilo torcido exerto, del mismo largo que los estambres. Florece durante todo el año, especialmente en diciembre a mayo. Sus frutos son vainas que están solitarias o agrupadas en las axilas de las espinas, de 2 a 10 cm de largo, casi cilíndricas, terminadas en una punta aguda, tardíamente dehiscentes, verde rojizas a moreno rojizas, oscuras, glabras, de olor y sabor dulzones; contienen numerosas semillas reniformes de 6 a 8 mm de largo, de color pardo amarillento, con una marca linear en forma de c, de olor dulzón. Los frutos permanecen en la planta mucho tiempo después de madurar (Figura 2B).

Contenido nutricional: Carranza *et al.* (2003), al estudiar la calidad y potencial forrajero de especies del bosque tropical caducifolio, reportan para el género *Acacia* un contenido de 21.12% de proteína cruda, 2.36% de cenizas, 34.07% de fibra cruda y 17.21% de PC en hojas, en tanto los tallos contienen 2.72 % de cenizas y 16.7% de fibra cruda en frutos. Los árboles y arbustos forrajeros de las zonas tropicales húmedas o subhúmedas, sean leguminosas o no, producen niveles altos de proteína cruda y biomasa estacional más que otros forrajes, como gramíneas y leguminosas rastreras. Esta calidad y producción está en función de la especie, la etapa fisiológica de la planta y la frecuencia de corte (Wagner, 2013).

#### **2.4.2. Amapa (*Tabebuia rosae* Bertol.)**

Conocida comúnmente como Amapa prieta o mapate (Sinaloa); primavera (Jalisco, Colima, Nayarit), guayacán (Tabasco, Chiapas) y palo de rosa, rosa morada o masculis rosa (Rep. Mex.).

Origen y distribución: Es una especie originaria de América tropical, extendiéndose desde el sur de México, a través de América Central y las Antillas hasta Venezuela, Colombia y Ecuador. En México se encuentra en la vertiente del Golfo desde el sur de Tamaulipas y el norte de Puebla y Veracruz hasta el norte de Chiapas y sur de Campeche; en la vertiente del Pacífico, desde Sinaloa, Nayarit y Chiapas a altitudes que van desde 0 a 1,450 msnm y temperatura entre 20 y 27 °C y una precipitación anual entre 1500 a 2500 mm (Miranda, 1963). Se adapta a una gran variedad de suelos, desde calcáreos, arcillosos y cenagosos con pH neutro, ácido, alcalino es abundante en suelos abandonados, bosques húmedos de tierras bajas a montañas interiores secas, aunque soporta inundaciones ocasionales.

Características botánicas: La amapa prieta o masculis rosa pertenece a la familia Bignoniaceae, es una especie arbórea caducifolia que tira las hojas de marzo a junio (temporada seca), alcanza alturas de 15 a 30 m, con tronco recto, algunas veces ligeramente acanalado, con diámetros que llegan alcanzar hasta un metro. Es un árbol con copa redonda y densa, umbelada o en parasol, follaje abierto con ramas grandes cilíndricas y ascendentes. Es una especie caducifolia que presenta hojas decusadas, dígito compuestas de 10 a 35 cm de largo, incluyendo

el pecíolo y de 8 a 12 cm de ancho; cada hoja se divide en 5 foliolos, de los cuales los 2 inferiores son más pequeños, de 3 por 1.5 a 8 por 4 cm, el terminal más grande de 7.5 x 4 a 16 x 8 cm; son lanceolados o elípticos, con el margen entero, ápice agudo o acuminado, base cuneada, redondeada o truncada; por el haz son de color verde oscuro y por el envés son de color verde claro y con abundantes y pequeñas escamas en ambas superficies. Los pecíolos son de 4 a 14 cm de largo, pulvinados, escamosos; pecíolos pulvinados, muy cortos en los foliolos basales, hasta de 6 cm de longitud en los otros foliolos de forma escamosa (Flores *et al.*, 2011). Herrera-Canto (2015) menciona que la inflorescencia es en panículas terminales, con brácteas subuladas, en tanto las flores poseen cáliz cupular, bilabiado, de 11 a 21 mm de largo, densamente lepidoto. La corola tubular, infundibuliforme, de 5 a 10 x 1.5 a 3.2 cm en la garganta, rosado lavanda a magenta, incluso blanquecina, con la garganta amarilla al abrir la flor y más tarde blanca, glabra externamente y pubescente en su interior. Los estambres con las tecas de 2.5 a 3.5 mm largo, divaricadas. El ovario es lineal, de 5 a 8 mm de largo y densamente escamoso. El fruto una cápsula linear-cilíndrico, de 22 a 35 x 0.9 a 1.5 cm, atenuado hacia ambos extremos, lepidoto con cáliz persistente. El mismo autor indica que las semillas miden 7 a 10 x 28 a 44 mm, con alas laterales hialino-membranáceas, bien diferenciadas del cuerpo de la semilla.

Usos: No existe información sobre su valor como forraje dado que es un árbol para la industria maderera, para las artesanías rurales, como combustible (leña y carbón) y en la construcción rural; es además de interés en la alimentación de las abejas (Herrera-Canto, 2015). En Sinaloa forma parte de los árboles que el ganado consume en la época de secas.

### **2.4.3. Mauto (*Lysiloma divaricata* (Jacq.).**

Recibe además los nombres de palo blanco, quebracho y falso tamarindo en algunas regiones de Norteamérica, desde sonora hasta Oaxaca y de Huaxis en San Luis Potosí.

Origen y distribución: Es un árbol originario de México de la familia leguminosa que habita en regiones con clima cálido, semicálido y semiseco, entre 10 y 800 msnm. Es una planta silvestre, asociada a bosques tropicales caducifolio y subcaducifolio, además del matorral xerófilo. Es abundante en la zonas de bosque deciduos del Noroeste de México. Pueden crecer hasta 12 m de altura cuando están exentos del pastoreo, de lo contrario se mantiene achaparrado (Breceda *et al.*, 2005).

Características botánicas: El Mauto es árbol sin espinas que alcanzan un tamaño de 3 a 15 m de alto, corteza grisácea, escamosa, ramas glabras a esparcidamente canescente-tomentulosas. Las hojas miden de 5 a 15 cm de largo. Producen piñas de 5 a 15 pares, foliolos de 15 a 40 pares, de 3 a 6 mm de largo, ciliado puerulento, glabros en el envés o densamente pubescente cuando son muy jóvenes; el pecíolo es corto, con un hectóreo grande arriba de la mitad de los caquis y también se origina un hectóreo más pequeño en el par distal de espina. Las flores son blancas en cabezuelas globosas compactas. En tanto sus frutos son muy aplanados, oblongo haelíptico y adelgazado en ambas terminaciones, de 10 a 22 cm de largo; semillas aplanadas de color café-olivo, oblonga ovoide de 8 a 9 mm de largo y de 4 a 5 mm de ancho.

Usos: Se usa para postes de madera para la construcción (Shreve y Wiggins,

1964). Es un indicador del grado de deterioro de la vegetación en las áreas de pastoreo abierto.

#### **2.4.4. Palo pinto (*Chloroleucon mangense* Jacq.).**

Tiene nombres comunes como Palo pinto, cucharo o ébano blanco, carbonero y vainillo.

Origen y distribución. Es un arbusto o pequeño árbol redondeado de 5 a 6 m de alto, perteneciente a la familia de las leguminosas. Nativo de América del Norte y Centroamérica (México, Panamá, Colombia y Venezuela), que habita en la selva baja caducifolia, selva baja inundable, selva mediana subcaducifolia y selva mediana subperenifolia. Se presenta en los climas cálidos húmedos y subhúmedos y en temperaturas superiores a 18 °C (CICY, 2010).

Características botánicas: El palo pinto se caracteriza por su crecimiento bifurcado y corteza lisa de color gris-café. Tiene ramas glabras apevolurentas. Las hojas con espinas estipulares principalmente nulas, peciolo de 1.5 a 2.5 cm de largo, con una glándula sésil pequeña cerca de la mitad; pinas de 3 a 5 pares, de 3 a 10 cm de largo. Foliolos de 5 a 12 pares, oblongos de 5 a 18 mm de largo, redondeados u obtusos al final. Florece y fructifica de abril a junio. Flores blancas sus frutos son en forma de vaina lineal de 6 a 10 mm de ancho y de 1 a 2.5 dm de largo curvado y márgenes ondulados, verdes, tornándose amarillos o negros al madurar. Sus semillas ampliamente ovoideas de 6 a 7 mm de largo, de color verde pálido a lisas. Regularmente se utiliza para postes y como forraje para el ganado (STRI, 2005; Mc Vaugh, 1987).

Contenido nutricional: La composición química del palo pinto varía según el tamaño de la planta desde 14 a 23% de PC; puede contener de 27 a 46% FDA, en tanto la digestibilidad de la materia seca oscila desde 69 hasta 84%.

#### **2.4.5. Guásima (*Guazuma ulmifolia* Lam.)**

Guásima, guásimo (nombres más comúnmente usados en toda su área de distribución); cuaulote (del náhuatl *cuauolotl*, Guerrero, Oaxaca, Chiapas); ajillá (guarijío, Sonora, Sinaloa).

Origen y distribución: Es un árbol mediano o arbusto multipropósito, originario de América tropical y presente en todos los estados costeros de México, Centroamérica y Norte de Sudamérica (Noroeste de Argentina, Ecuador, Perú, Paraguay, Bolivia, Brasil). Es una especie de fácil adaptación (CICY, 2010) porque crece bien en zonas cálidas con temperaturas promedios de 24 °C, con precipitaciones anuales que van de 700 a 1500 mm y desde el nivel del mar a 1200 msnm. Se da en suelos de texturas livianas y pesadas, con buen drenaje, no pedregosos y pH superior a 5.5 tanto en zonas áridas como a zonas húmedas. Es muy abundante en la vegetación secundaria derivada de diversos tipos de vegetación, especialmente en zonas con la temporada seca bien marcada o en zonas con vegetación sabanoide o potreros de casi toda el área cálido-húmeda.

Características botánicas: La Guásima es un árbol que mide hasta 25 m de altura y diámetro del tallo de 70 cm, normalmente de menor talla; tronco derecho que a veces produce chupones, frecuentemente ramificado desde la base; con copa dispersa. Su corteza externa ligeramente fisurada que se desprende en pequeños pedazos, pardo grisáceo. La interna de color amarillento que cambia a pardo rojizo

o rosado, fibrosa, dulce a ligeramente astringente. El grosor total de la corteza es de 5 a 10 mm. Sus ramas jóvenes son verdes a pardo verdosas, con abundantes pelos estrellados especialmente en las partes más jóvenes. Las hojas emergen de yemas irregulares de hasta 5 mm de largo, rodeadas por varias estípulas agudas, más cortas que las yemas, pardas. Estípulas dos, de hasta 5 mm de largo, agudas, a veces persistentes. Hojas alternas, simples; láminas de 3 x 1.5 a 13 x 6.5 cm, ovadas, oblongo-lanceoladas o lanceoladas, con el margen aserrado, ápice agudo o acuminado, base truncada a cordada, a veces muy asimétrica; de color verde oscuro en la haz y verde grisáceo o amarillento en el envés, con pelos estrellados cortos más abundantes en el envés; nervios 3 a 5, que salen desde la base; rasposas en la haz y sedosas en el envés; pecíolos de 5 a 15 mm de largo, pubescentes, con un engrosamiento en la mitad superior. Los árboles de esta especie son caducifolios. Inflorescencia en panículas de 2 a 5 cm de largo, con flores actinomorfas pequeñas, blancas y amarillas con tintes castaños, con olor dulce, de 5 mm de diámetro; cáliz veloso de dos a tres lóbulos, sépalos verdosos y pétalos de color crema. Es una especie que florece casi todo el año, especialmente de abril a octubre.

Sus frutos son una cápsula de 3 a 4 cm de largo, en infrutescencias de hasta 10 cm, ovoide, valvada, que se abre tardíamente, con numerosas protuberancias cónicas en la superficie, oscura a negra cuando está totalmente madura, de olor y sabor dulce; contiene numerosas semillas de 2 a 2.5 mm de largo, redondeadas, pardas; maduran casi todo el año, especialmente de septiembre a abril y permanecen durante largo tiempo en el árbol.

Usos: Los frutos se utilizan como alimento para el ganado, pero también lo comen las personas. La madera se usa en ocasiones para producir carbón o para herramientas de campo. No se conocen datos de utilización industrial de la madera.

Contenido nutricional: La guácima contiene un promedio de MS que va de 38 a 46%, lo que está influenciado directamente por el tamaño y edad del forraje de la planta, en tanto el nivel de proteína cruda depende de factores como el tamaño y densidad de la planta en la zona variando desde 10.44 hasta 18.30%. Los porcentajes de FDA y FDN son 31.4 y 49.5%, respectivamente (Giraldo, 1999).

#### **2.4.6. Ébano (*Ebenopsis ebano* Berl.) Britton & Rose**

Nombres comunes: Ébano o ébano texano (nombre más usado en toda su área de distribución); acte, ajcte (huasteco, San Luis Potosí); guaypinole (Sinaloa); ya'ax-k' iik (maya, Yucatán).

Origen y distribución: El ébano es una especie arbórea leguminosa que es nativa de las llanuras costeras del sur de Texas en Estados Unidos y los planos costeros del oeste y este de México. Su hábitat se extiende desde el nivel del mar hasta 1000 m, en zonas con temperatura promedio de 20 a 27°C y precipitación promedio anual de 900 mm. Se presenta en suelos derivados de materiales calcáreos, muy arcillosos y frecuentemente con una capa de arcilla impermeable a poca profundidad y con problemas de drenaje. Se encuentra asociada con *Acacia pringlei*, *A. farnesiana*, *Prosopis laevigata* y *Phyllostylon brasiliense*.

Características botánicas: Es un árbol de hasta 15 m de altura y diámetro del tallo de 80 cm, con el tronco derecho; pocas ramas, gruesas y ascendentes; copa

densa y oscura dispuesta a lo largo de ellas. Su corteza es externa, fisurada y escamosa en piezas largas y gruesas, moreno oscuro. Interna de color crema amarillento, fibrosa, amarga. El grosor total de la corteza es 11 a 15 mm. Sus ramas jóvenes tienen pares de espinas en el punto de inserción de las hojas, de 3 a 10 mm de largo, de color pardo grisáceo, con abundantes lenticelas muy conspicuas transversales, parda, glabra. Las hojas emergen de yemas de 1 a 2 mm de largo, obtusas, rodeadas por numerosas estípulas espinosas, verdes, pubescentes, dispuestas en espiral, aglomeradas encima de cada par de espinas, bipinadas, de 2.5 a 6 cm de largo incluyendo el pecíolo, compuestas por dos a tres pares de folíolos primarios opuestos. Son de un color verde muy oscuro en el haz, verde pálido o amarillento en el envés, glabros en ambas superficies; raquis pubescente con una glándula cóncava entre cada par de folíolos primarios en la haz. Los árboles de esta especie son caducifolios. Las flores son de color amarillo pálido con aroma dulce dispuestas en espigas axilares de cuatro a seis cm de largo, pubescentes, actinomorfas; cáliz verdoso, de 1 mm de largo, con 5 o 6 dienteillos, pubescentes, su floración es de enero a septiembre. Su fruto es una vaina tardíamente dehiscente, un poco aplanada, de 12 a 17 cm de largo y 3 a 3.5 de ancho, muy leñosa, morena, muy finamente pubescente; contiene 6 a 12 semillas ligeramente ovoides, de 1.5 a 2 cm de largo, morenas, brillantes, con una marca linear en forma de herradura (ILDIS, 2014).

Valor nutricional: En las zonas de pastoreo su valor nutricional varía en los diferentes componentes de la biomasa arbórea y es conocido que las hojas presentan mayor concentración de nutrientes que las ramas y los tallos; la

variación también se ha relacionado con la edad y con la posición en el árbol: las hojas jóvenes son más ricas en proteínas que las viejas y éstas además presentan porcentajes de digestibilidad bajos debido a las altas concentraciones de lignina y posiblemente de taninos (Benavides, 1991).

## **2.5. Nutrición energética de los rumiantes**

En la actualidad se han estimado los requerimientos de energía en los rumiantes domésticos, así como la composición energética de los alimentos y su disponibilidad metabólica. Esto permite un aprovechamiento racional en la alimentación animal y un aumento en la eficiencia económica, así como evaluar las diferencias en los sistemas de producción (NRC, 2007; NRC, 2001; Blaxter, 1980). Los primeros ensayos realizados con el objetivo de estimar el valor relativo de los diferentes alimentos para rumiantes se le atribuyen a Albrecht Thaer, científico alemán que publicó una tabla de henos equivalentes en 1809.

La información sobre el metabolismo animal se incrementó rápidamente durante la mitad del siglo XIX, principalmente con los resultados obtenidos en Alemania. De igual forma, John Bennett Lawes y Joseph Henry Gilbert, en Rothamsted, instalaron la primera estación agrícola experimental, teniendo notables avances, mostrando acertadamente en pruebas alimenticias con el sacrificio de los animales y su posterior análisis en canal y finalmente comprobar que la grasa era sintetizada a partir de los carbohidratos. Así mismo, se determinó que el valor energético de las grasas en términos biológicos es 2.5 veces mayor que el de los carbohidratos (Blaxter, 1980).

## **2.6. Metabolismo basal en ayuno**

El metabolismo basal generalmente es definido como el calor de producción en completo reposo de un animal en un estado post-absortivo y en un medio ambiente termo neutral (Orskov y Ryle, 1990). Para la medición del metabolismo en ayuno, los animales normalmente son mantenidos en una cámara de respiración y con una actividad metabólica mínima. Aunque un problema en rumiantes es que toma mayor tiempo alcanzar la verdadera fase post-absortiva o estado de ayuno, y que se logra usualmente a los cinco días sin alimento para realizar las mediciones, pero aun hacia el final del periodo de fermentación éste puede presentarse en el rumen o intestino grueso.

## **2.7. Sistema de Energía Neta (EN) de California**

Este sistema energético producto de las pruebas experimentales realizadas en la Universidad de California, en Davis (Lofgreen y Garrett, 1968), sentaron definitivamente las bases para conocer la distribución energética de los bovinos de engorda en corral, donde la retención de energía corporal de los animales fue determinada utilizando la técnica de sacrificio comparativo, a través de un sistema de alimentación que permitió reconocer la eficiencia de la utilización de la energía metabolizable, dividiéndola en energía neta de mantenimiento y ganancia o producción. A partir de esto, el aprovechamiento de los alimentos se divide en estas dos formas de energía, energía neta de mantenimiento (EN<sub>m</sub>) y neta de ganancia (EN<sub>G</sub>).

## **2.8. Sistema del NDT (Nutrientes Digestibles Total) en rumiantes**

Es un sistema energético que se utiliza para valorar el contenido energético de los alimentos y las necesidades energéticas de los animales a partir del análisis proximal de los compuestos orgánicos de los alimentos (FC, grasas, proteínas y ELN) y su digestibilidad. Es la proporción de las fuentes energéticas del alimento que no son excretadas. Los requerimientos energéticos se determinan en ensayos de digestión similar a la ED, excepto que el alimento consumido y las heces producidas se analizan químicamente para su contenido de fibra, proteína, azúcares, almidón y extracto libre de nitrógeno y grasas. El NDT es calculado entonces por la suma de las fuentes energéticas que no son excretadas en las heces y divididas por la cantidad en el alimento consumido. El NDT se usa en la práctica como un equivalente de la ED, ya que ambos se ajustan por la digestibilidad de la fibra, pero no por gas producido, orina o pérdidas calóricas corporales. El mayor factor que afecta al NDT y su variación es su contenido de fibra.

El método consiste en tomar los valores de los componentes orgánicos del análisis proximal (PC, EE, FC, ELN) y multiplicarlos por el coeficiente de digestibilidad correspondiente, y a partir de los valores obtenidos del NDT derivar los valores de ED y EM. Para su aplicación se parte de la valorización que un kilogramo de NDT equivale a 4.409 Mcal de ED y 3.62 Mcal de EM (NRC, 1996; Schneider y Flatt, 1975). Se ha observado que, para rumiantes, el valor de EM representa alrededor del 82% de la ED (NRC, 1984). Diversos autores indican que el promedio es 80% con un rango que va de 77 al 83% (NRC, 1996; Zinn, 1996; Minson, 1990).

## **2.9. Requerimientos energéticos del animal**

Los requerimientos de energía en rumiantes son expresados en términos de energía metabolizable (EM) o energía neta (EN). La medida de EM es necesaria para determinar la producción de metano. Las necesidades de energía de los bovinos varían con el sexo, edad, estado fisiológico y los efectos del medio ambiente. El animal obtiene energía a partir del catabolismo de los alimentos que consume, mediante procesos de oxidación que se rigen por las leyes fundamentales de la termodinámica (Riquelme, 1987). En términos simples, la energía contenida en el alimento (Energía Bruta, EB), sufre una serie de transformaciones mediante el proceso de digestión y absorción (Energía Digestible, ED), y metabolismo celular post-absortivo (Energía Metabolizable, EM), para llegar finalmente a formar parte de tejidos y productos (Energía Neta, EN). Durante este flujo y transformaciones se generan diversas pérdidas o desechos que aparecen en las heces (EH), orina (EO), gases (EG) y pérdida de calor por ineficiencia metabólica e intercambio ambiental (IC). La EN, como último eslabón o destino de la energía ingerida total, es el resultado de tres niveles de eficiencia en el uso de la EM ingerida (de acuerdo al estado fisiológico del animal, mantenimiento, crecimiento y/o lactancia), primeramente, la destinada para mantenimiento (EN<sub>m</sub>), la cual tiene “preferencia” para ser utilizada porque su requerimiento debe ser llenado antes que cualquier otro requerimiento de energía. Posteriormente se tienen la energía neta para ganancia de peso (EN<sub>G</sub>) y la energía neta para lactancia (EN<sub>L</sub>).

## **2.10. Valor energético de los forrajes**

Los estudios del valor energético de los forrajes se ven limitados a la medición de la pérdida de la materia seca de los forrajes en las heces, expresando los resultados como coeficiente de digestibilidad de la materia seca (DMS). En pocos estudios el coeficiente de digestibilidad de la materia orgánica (DMO), energía digestible (ED), energía metabolizable (EM) y energía neta (EN) son medidos y reportados como tal.

## **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1. Localización del área de estudio**

La presente investigación se llevó a cabo en parte de la zona centro del estado de Sinaloa, que incluye la región de Jesús María en Culiacán, ubicada en longitud  $107^{\circ} 23'$  y latitud  $24^{\circ} 55'$  Norte, a una altura de 88 msnm (Fig. 13). La temperatura media anual de  $25.1^{\circ}\text{C}$ , presentando la mínima temperatura en el mes de enero con  $19.3$  y  $30.3^{\circ}\text{C}$  como máxima durante el mes de julio. El clima se define como BS1 (h') w (e) cálido y semi-seco y extremoso, con precipitación anual de 724.4 mm, con 24.1 como máxima para el mes de agosto y mayo con el menor índice correspondiendo 1.6 mm (Köppen modificado por García, 1987).

### **3.2. Metodología experimental**

El trabajo se desarrolló durante el periodo comprendido de mayo a noviembre de 2006. Se evaluaron seis árboles forrajeros como resultado de haber aplicado la siguiente metodología:

- a) Aplicación de una encuesta a productores (Kish, 1975).
- b) Observación directa del comportamiento animal.
- c) Revisión de la literatura existente.

### **3.3. Muestreos**

Siguiendo la metodología de Scheaffer y Mendenhall (1987), se realizó un muestreo aleatorio estratificado (MAE) para identificar en campo las unidades representativas de cada especie y su posterior clasificación taxonómica. Se realizó un muestreo mensual para las especies forrajeras, usando la técnica de muestreo del forraje descrita por Shinozaki *et al.* (1964), procediendo a cortar y pesar el forraje del árbol determinado.

### **3.4. Especies identificadas**

El presente estudio se centró en 6 especies identificadas que fueron: Mauto (*Lysiloma divaricata* Jacq.), Vinolo (*Acacia farnesiana* L. Wild), Ébano (*Ebenopsis ebano* Berl.), Amapa (*Tabebuia chrysantha* Jacq.), Guásima (*Guazuma ulmifolia* Lam.) y Palo Pinto (*Chloroleucon mangense* Jacq.).

### **3.5. Colección de muestras**

Una vez colectadas las muestras se pesaron en el momento para posteriormente identificarlas y depositarlas en bolsas de papel en estufa de secado a 65 °C durante 48 h para determinar el porcentaje de Materia Seca Aparente (MSA) y calcular la producción de forraje por hectárea. Se estimó el tamaño de muestra

óptimo (Scheaffer y Mendenhall, 1987) por especie forrajera para estimar la producción en base seca. Se realizaron siete muestreos mensuales los días finales de cada mes, recolectándose material vegetativo consistente en hojas, vainas y frutos; las muestras fueron procesadas en el Laboratorio de Bromatología y Nutrición Animal de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa.

### **3.6. Análisis bromatológicos**

Las muestras previamente secadas fueron procesadas en un molino tipo Willey # 4, utilizando un cedazo con malla de 1 mm y almacenadas en depósitos de vidrio cerrados herméticamente para su análisis posterior. Las muestras de cada árbol forrajero se sometieron a los siguientes análisis: materia seca aparente (MSA, desecado a 60°C por 48 h), materia seca residual (MSR, desecado a 105°C por 24 h), proteína cruda (PC) por el método Kjeldhal, cenizas (AOAC, 1975), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) (Goering y Van Soest, 1970), contenido celular (CC) y materia orgánica (MO). Los análisis bromatológicos se realizaron en el Laboratorio de Bromatología y Nutrición Animal de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa.

### **3.7. Variables de interés**

Las variables de interés fueron producción de forraje verde ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) y producción de forraje en base materia seca ( $\text{kg MS ha}^{-1}$ ), composición bromatológica, área foliar, consumo potencial y grados día crecimiento (GDD). Se estimó el consumo potencial de MS y proteína (CPMS) como porcentaje del peso vivo del rumiante para cada especie forrajera, estimado a partir del contenido de FDN del forraje.

### 3.8. Grados Día Crecimiento

Los grados día crecimiento (GDD) se obtuvieron de acuerdo a lo señalado por Frank (1996), estimando los umbrales mínimo y máximo en 10 y 35 °C (Salisbury y Ross, 1994) y restando a los GDD del día los grados Celsius que excedían del umbral máximo. Los registros de temperaturas se obtuvieron del Servicio Meteorológico Nacional. El modelo para la determinación de los GDD fue el siguiente:

$$\left[ \frac{(T_{\max} + T_{\min})}{2} - T_{\text{base}} \right] - ^\circ\text{C} > \text{UM}$$

Donde:

GDD = Grados Día Crecimiento

Tmax = Temperatura máxima diaria

Tmin = Temperatura mínima diaria

Tbase = Temperatura inicial fisiológica

°C > UM = Grados centígrados por encima del Umbral Máximo fisiológico.

La temperatura inicial fisiológica (Tbase) se estableció en 10 °C (Guerra y Calderón, 1997), y el umbral máximo fisiológico en 35 °C (Guerra *et al.*, 1999).

### 3.9. Análisis estadístico

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) para las variables de respuesta: MS, FDN, FDA, CC, CPMS, ED, ENm, ENg, EMI, NDT y GDD mensual (Barreras *et al.*, 1999). Los datos se analizaron con el procedimiento ANOVA (SAS, 2004) y para compararla las medias de los tratamientos se usó la prueba de

Tukey considerando 5% de error. El diseño utilizado fue representado por el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable dependiente

$\mu$  = Media poblacional

$T_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$B_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo bloque

$E_{ij}$  = Error aleatorio

Supuestos: Los errores se  $\sim N I (0, \sigma^2)$ .

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Identificación de árboles forrajeros

Los resultados de la encuesta aplicada indicaron el siguiente orden de importancia para la identificación de los árboles forrajeros que más consume el ganado como alimento en la zona de estudio: 1) Mauto (*Lysiloma divaricata* Jacq.); 2) Vinolo (*Acacia farnesiana* L. Wild); 3) Ébano (*Ebenopsis ebano* Berl.); 4) Amapa (*Tabebuia rosae* Bertol.); 5) Guásima (*Guazuma ulmifolia* Lam.) y 6) Palo Pinto (*Chloroleucon mangense* Jacq.). Se encontró además que los usos diversos que se dan a las especies forrajeras por los nativos del lugar varían desde leña, madera, postes y aplicación medicinal (Cuadro 1). Con una escala ordinal se

estableció en forma jerárquica el orden en que son consumidos por los bovinos del lugar los árboles forrajeros previamente identificados (Cuadro 1), destacando en primer lugar el Vinolo (*Acacia farnesiana* L. Wild), seguido del Palo Pinto (*Chloroleucon mangense* Jacq.), en tercero Guásima (*Guazuma ulmifolia* Lam.), en cuarto Ébano (*Ebenopsis ebano* Berl.) y en quinto sitio las especies Mauto (*Lysiloma divaricata* Jacq.) y Amapa (*Tabebuia rosae* Bertol.). Con el mismo tipo de escala se logró priorizar de acuerdo a la densidad de los árboles un orden de importancia donde el árbol con mayor presencia que fue (1) Vinolo (*Acacia farnesiana* L. Wild), seguido del Mauto (*Lysiloma divaricata* Jacq.) (2), posteriormente Guásima (*Guazuma ulmifolia* Lam.) (3), Amapa (*Tabebuia rosae* Bertol.) (4), Palo Pinto (*Chloroleucon mangense* Jacq.) (5) y por último, Ébano (*Ebenopsis ebano* Berl.) (6). Estos resultados permiten identificar el potencial de los árboles forrajeros para ser utilizados en sistemas sostenibles de producción, teniendo como ventaja su repercusión significativa en el incremento de la calidad y cantidad del alimento que el animal consume, además de desarrollar micro ambientes que favorecen a los animales, incrementando la biodiversidad, garantizando la estabilidad del entorno, así como la conservación de las cuencas y la producción de otros rubros (Sánchez, 1999).

**Cuadro 1. Árboles forrajeros de mayor importancia como fuente de alimento para el ganado**

<b>Material recolectado</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Tipo</b>	<b>Uso</b>	<b>Orden en Consumo</b>	<b>Orden en Densidad</b>
Hoja y ejote	Vinolo	<i>Acacia farnesiana</i> L. Wild	Árbol	Leña	1	1
Hoja y ejote	Amapa	<i>Tabebuia rosae</i> Bertol.	Árbol	Mueble Madera	6	4
Hoja y ejote	Mauto	<i>Lysiloma</i> <i>divaricata</i> Jacq.	Árbol	Postes	5	2
Hoja y ejote	Palo pinto	<i>Chloroleucon</i> <i>mangense</i> Jacq.	Árbol	Poste Madera	2	5
Hoja y fruto	Guásima	<i>Guazuma</i> <i>ulmifolia</i> Lam.	Árbol	Medicinal	3	3
Ejote y hojas	Ébano	<i>Ebenopsis</i> <i>ebano</i> Berl.	Árbol	Madera	4	6

#### **4.2. Caracterización bromatológica de los árboles forrajeros en estudio**

Los resultados de los análisis bromatológicos de los árboles forrajeros se muestran en el Cuadro 2. En contenido de FDN, se encontró que T3 (Amapa) tuvo el mayor ( $P<0.05$ ) promedio con 54.42 % y el menor ( $P<0.05$ ) fue en T1 (Ébano) con 25.79%, estando dentro de estos extremos el resto de las medias de tratamiento (34.27, 41.63, 46.5 y 38.27 %, para T2, T4, T5 y T6, respectivamente). El mayor contenido de FDA fue para T3 con 42.83 %, seguido de T5 (Guásima) con 33.54% ( $P<0.05$ ); los tratamientos T6 (Palo Pinto) con 31.03% y T4 (Mauto) con 28.69%, no difirieron y con menor contenido T2 (Vinolo) con 24.79% y T1 con 19.33%. Para FDA, T3 (Amapa) presentó el más alto contenido ( $P<0.05$ ) con

42.83 % y T1 (Ébano) el más bajo con 19.33%. El resto obtuvieron: T2=24.79, T4=31.03, T5=33.54 y T6=28.69%. T1 (Ébano) tuvo el mayor CPMS ( $P < 0.05$ ) con 4.89%, seguido de T2=3.73, y T3 el de menor CPMS (2.45%), T4=3.06, T5=2.64 y T6=3.28%. En general, el mayor potencial entre las arbóreas se encuentra en las especies leguminosas. Giraldo (1996) encontró que *Gliricidia sepium* contiene 35% de MS, 25% de PC y 2.0 Mcal de EM/Kg de MS. Por su parte, *Erythrina poeppigiana* contiene valores similares (23% de MS, 25% de PC y 2.0 Mcal EM/kg), mientras que el Pasto Guineo (*P. maximum*) tuvo 19.5% de MS, 10.7% de PC y 2.0 Mcal de EM/kg. Se reconoce que los forrajes de los árboles y arbustos muestran valores de PC relativamente altos, dependiendo de la especie y tipo de árbol. En Costa Rica se reportan contenidos de PC por encima de 14% en varias especies consideradas como promisorias para incluirlas en sistemas silvopastoriles. Sin embargo, el valor nutritivo de los árboles varía en los diferentes componentes de la biomasa arbórea, ya que las hojas presentan mayor concentración de nutrientes que las ramas y los tallos. La variación también se ha relacionado con la edad y con la posición en el árbol: las hojas jóvenes son más ricas en proteínas que las viejas y éstas además presentan porcentajes de digestibilidad bajos debido a las mayores concentraciones de lignina y posiblemente también de taninos (Benavides, 1991).

**Cuadro 2. Caracterización bromatológica de los árboles forrajeros de mayor importancia como fuente de alimento para el ganado**

<b>Especie</b>	<b>Consumo</b>	<b>Densidad</b>	<b>MS (%)</b>	<b>FDN (%)</b>	<b>FDA (%)</b>	<b>CC (%)</b>	<b>CPM S (%)</b>
Ébano	4	6	91.81	25.79 <sup>c</sup>	19.33 <sup>d</sup>	74.22 <sup>a</sup>	4.89 <sup>a</sup>
Vinolo	1	1	91.44	37.27 <sup>b</sup>	24.79 <sup>d</sup>	65.73 <sup>b</sup>	3.73 <sup>b</sup>
Amapa	6	4	91.12	54.42 <sup>a</sup>	42.83 <sup>a</sup>	45.59 <sup>e</sup>	2.45 <sup>e</sup>
Mauto	5	2	91.60	41.63 <sup>b</sup>	31.03 <sup>c</sup>	58.37 <sup>c</sup>	3.06 <sup>cd</sup>
Guásima	3	3	90.69	46.51 <sup>a</sup>	33.54 <sup>b</sup>	53.50 <sup>d</sup>	2.64 <sup>de</sup>
Palo Pinto	2	5	90.44	38.27 <sup>b</sup>	28.69 <sup>c</sup>	61.73 <sup>c</sup>	3.28 <sup>bc</sup>
Coef. Var.			2.55	7.18	17.96	4.77	4.00

**MS (%)=** Materia Seca, **FDN (%)=** Fibra Detergente Neutra, **FDA (%)=** Fibra

Detergente Ácida, **CC=** Contenido Celular, **CPMS=** Consumo Potencial de Materia Seca como porcentaje del peso vivo.

Recientemente ha surgido un creciente interés en la búsqueda de recursos alimenticios que puedan sustituir parcialmente el uso de costosos concentrados y agroecológicamente distanciados de la realidad ambiental que permitan proveer, de una manera eficiente y económicamente viable, energía, proteína y minerales a los animales herbívoros. Al respecto, las plantas arbóreas y arbustivas tienen un papel preponderante por su elevado valor nutritivo y naturaleza multipropósito. En este sentido existen muchas especies con buenas propiedades forrajeras, entre las cuales se destacan las leguminosas por excelencia (Simón, 1998). No obstante, existen otras leñosas perennes con gran potencial que no han sido empleadas de

manera extensiva y su uso ha estado limitado a sistemas de alimentación específicos y aislados. Dentro de ese numeroso grupo se pueden citar al Nacedero o Naranjillo (*Trichantera gigantea*), la Moringa (*Moringa oleifera*), el Árbol del Neem (*Azadirachta indica*), las especies de *Ficus* y *Tethonia*, la Morera (*Morus alba*), el Chicasquil, Chaya o Lechosa de Jardín (*Cnidocolus* sp.) y la Guásima (*Guazuma ulmifolia* Lam.), principalmente por su gran versatilidad, rápido crecimiento y recuperación después del corte, además de presentar considerables producciones de biomasa en el período seco. Debido a la importancia en el estudio de estas especies para la ganadería tropical, se precisa conocer, de manera integrada, los principales indicadores de su composición bromatológica, así como la presencia de posibles compuestos tóxicos y los niveles de metabolitos secundarios presentes en su biomasa.

#### **4.3. Caracterización energética de los árboles forrajeros en estudio**

Se caracterizó la energía en  $\text{Mcal kg}^{-1}$  de MS, la energía neta de ganancia ( $\text{EN}_G$ ), energía neta de lactación ( $\text{EN}_L$ ) y en porcentaje el total de nutrientes digestibles (% NDT) de los árboles forrajeros bajo estudio. Para el contenido de  $\text{EN}_G$ , T1 y T3 (1.99 y 1.93  $\text{Mcal/kg}$  respectivamente) son iguales y los que mayor contenido tienen, seguidos y diferentes ( $P < 0.05$ ) al T2 (1.65  $\text{Mcal/kg}$ ), diferenciando de T6 y T4 (1.53 y 1.42 ( $\text{Mcal/kg}$ ) respectivamente); y por último T5 (1.26  $\text{Mcal/kg}$ ).

El T1 presentó el mayor contenido de  $\text{EN}_L$  (1.86  $\text{Mcal/kg}$ ), superior ( $P < 0.05$ ) al resto de los árboles: T2, T6 y T4 con (1.71, 1.60 y 1.54  $\text{Mcal/kg}$ , respectivamente), seguidos del T5 con 1.47  $\text{Mcal/kg}$  y con el menor contenido T3 con 1.22  $\text{Mcal/kg}$ . T1 tuvo el mayor contenido de NDT ( $P < 0.05$ ) con 80.81%, seguido de T2=74.72,

T6=70.38, T4=67.78, T5=64.98 y T3=54.64. La  $EN_G$  es la energía de los forrajes utilizada para crecimiento o ganancia de peso (Cuadro 3). La  $EN_L$  es la energía contenida en los forrajes para producir leche. En términos generales, la energía se utiliza en 70 a 80 % mantenerse, y de 40% a 60% para reproducción y producción de leche (Shirley, 1986). Lofgreen y Garrett (1968) elaboraron un sistema de alimentación que permite reconocer la eficiencia de la utilización de las diferentes energías metabolizables, como la de mantenimiento y producción. Para el aprovechamiento de los alimentos se toman dos valores, energía neta de ganancia ( $EN_G$ ) y energía neta de mantenimiento ( $EN_m$ ). La retención de energía fue estimada en 75 kcal multiplicada por el peso vivo elevado a la potencia 0.75 de energía neta,  $W^{0.75}$ , indicando el metabolismo en ayuno del animal, llamada energía neta de mantenimiento del animal. Para cada nivel de  $EN_m$  corresponde un nivel de  $EN_G$  (NRC, 2007).

**Cuadro 3. Caracterización energética de los árboles forrajeros de mayor importancia como fuente de alimento para el ganado**

Tratamiento	Consumo	Densidad	ED	ENm	EN <sub>G</sub>	EN <sub>L</sub>	NDT
Ébano	4	6	3.55 <sup>a</sup>	2.34 <sup>a</sup>	1.93 <sup>a</sup>	1.86 <sup>a</sup>	80.81 <sup>a</sup>
Vinolo	1	1	3.29 <sup>ab</sup>	2.11 <sup>b</sup>	1.65 <sup>b</sup>	1.71 <sup>ab</sup>	74.72 <sup>ab</sup>
Amapa	6	4	2.40 <sup>d</sup>	2.56 <sup>a</sup>	1.99 <sup>a</sup>	1.22 <sup>d</sup>	54.64 <sup>d</sup>
Mauto	5	2	2.98 <sup>bc</sup>	1.91 <sup>c</sup>	1.42 <sup>c</sup>	1.54 <sup>bc</sup>	67.787 <sup>bc</sup>
Guásima	3	3	2.86 <sup>c</sup>	1.77 <sup>d</sup>	1.26 <sup>d</sup>	1.47 <sup>c</sup>	64.98 <sup>c</sup>
Palo Pinto	2	5	3.09 <sup>bc</sup>	2.00 <sup>c</sup>	1.53 <sup>c</sup>	1.60 <sup>bc</sup>	70.38 <sup>bc</sup>
CV			8.63	4.03	6.33	9.28	8.63

a,b, c, d. Medias dentro de una misma hilera que difieren entre sí (P<.05).

ED = Energía Digestible (Mcal kg<sup>-1</sup> MS)

ENm = Energía Neta de mantenimiento (Mcal kg<sup>-1</sup> MS)

EN<sub>G</sub> = Energía Neta de ganancia (Mcal kg<sup>-1</sup> MS)

EN<sub>L</sub> = Energía Neta de lactación (Mcal kg<sup>-1</sup> MS)

NDT (%) = Nutrientes Digestibles Totales

#### 4.4. Grados día crecimiento (GDD)

Existió diferencia significativa (P<0.05) en la acumulación de GDD promedio por día por tratamiento (Cuadro 4), mientras que el CV para esta variable fue 10.65%. La mayor cantidad (P<0.05) de GDD se observó en junio con 621.2, seguido de julio (617) y agosto (592.8), y en el mes de noviembre se presentó la menor acumulación con 442.7. Durante el tiempo de muestreo que consistió en siete meses, se acumuló un total de 3,853.60 GDD, con un promedio poblacional de 550.51.

La acumulación de los GDD en forma anual (Cuadro 5) reflejó la diferencia en la eficiencia fisiológica de los árboles forrajeros en estudio para producir sistemas de hojas y raíces, ya que a mayor cantidad de área foliar existe mayor eficiencia para utilizar los recursos de luz y agua para la fotosíntesis, lo que provoca un incremento en la intercepción de la luz y como consecuencia un crecimiento acelerado bajo condiciones ambientales favorables. La producción de hojas es uno de los procesos de mayor importancia económica en la producción de forraje, en virtud de ser la estructura básica que determina la intensidad o velocidad de crecimiento y de su alto aporte a la calidad del forraje. Se acepta que el índice de área foliar óptimo (IAFO) en los forrajes es aquel que implica una máxima tasa de crecimiento considerándose (Pearce *et al.*, 1965) que un IAF óptimo es de 5.5 a 7. Pearson e Ison (1997) señalan que la absorción de la energía está determinada por el índice de área foliar y los zacates pueden interceptar un 95% de la radiación con un índice de área foliar de 6 a 9. La fotosíntesis influye en la calidad del forraje producido, existiendo rutas fotosintéticas importantes. Los cálculos de Grados Día Crecimiento (Growth Degree Days o GDD) representan uno de los modelos simples de estimación (Frank, 1996). Para el valor nutritivo de los forrajes, se han desarrollado funciones con buen grado de ajuste que relacionan el valor nutritivo del forraje con la temperatura o GDD acumulados durante el rebrote (Onstand y Fick, 1983). Guerra y Calderón (1977) estimaron que el crecimiento y desarrollo de los forrajes son afectados por los grados día crecimiento (GDD), que es la temperatura necesaria para producir un determinado número de hojas (Frank, 1996). Cada especie vegetativa requiere un determinado número de GDD para completar su desarrollo, presentando ciertas temperaturas críticas (algunas veces

llamadas temperaturas cardinales) que definen los requerimientos de calor necesarios para su crecimiento y desarrollo (Wilson y Barnett, 1983). Estas temperaturas cardinales incluyen la mínima (máxima), la temperatura más baja (más alta) a la cual la planta crece y la óptima, la temperatura a la cual el crecimiento y desarrollo son mayores; además de las temperaturas cardinales existen las temperaturas letales, las cuales provocan la muerte de la planta (García *et al.*, 1994). La temperatura fisiológicamente efectiva (GDD) influyó en los árboles forrajeros estudiados, reflejándose en diferencias en la cantidad y calidad del forraje producido. Es necesario determinar el reloj fenológico en base a los GDD para cada una de las especies forrajeras.

**Cuadro 4. Promedio mensual y acumulado de GDD durante el periodo de muestreo de las especies forrajeras**

<b>Mes</b>	<b>Promedio GDD Dia<sup>-1</sup></b>	<b>GDD Acumulado mensual</b>
Mayo	16.27 <sup>d</sup>	504.50 <sup>d</sup>
Junio	20.04 <sup>a</sup>	621.24 <sup>a</sup>
Julio	19.90 <sup>ab</sup>	617.00 <sup>ab</sup>
Agosto	19.12 <sup>ab</sup>	592.80 <sup>ab</sup>
Septiembre	18.64 <sup>bc</sup>	577.84 <sup>bc</sup>
Octubre	17.76 <sup>c</sup>	550.60 <sup>c</sup>
Noviembre	14.28 <sup>e</sup>	442.68 <sup>e</sup>
<b>CV=</b>	<b>10.65%</b>	<b>TOTAL: 3,853.60; μ: 550.51</b>

a,b,c,d. Medias en columna con distinta literal difieren (P<.05).

**Cuadro 5. Grados día crecimiento (gdd) anual de las especies de árboles forrajeros**

<b>Mes</b>	<b>GDD Anual</b>
Enero	258.40
Febrero	273.40
Marzo	315.80
Abril	403.10
Mayo	504.50
Junio	601.20
Julio	617.00
Agosto	592.80
Septiembre	559.10
Octubre	550.60
Noviembre	428.40
Diciembre	298.40

## V. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos indican que Vinolo (*Acacia farnesiana* L. Wild) es el árbol forrajero de mayor consumo por los animales y el de mayor densidad en el área muestreada. Palo Pinto (*Chloroleucon mangense* Jacq.) es la segunda especie en importancia, a pesar de su baja densidad en la zona de estudio. Sin embargo, el Ébano resultó el árbol de mejor caracterización energética, ya que sus valores de las distintas energías calculadas (ED, NDT, EN<sub>m</sub>, EN<sub>G</sub>, EN<sub>L</sub>) fueron más elevadas y consistentes que las del resto de los árboles. Los GDD fueron mayores en la época de verano con un promedio de 610, en tanto que la menor cantidad se presentó en otoño con 425.6, lo que se reflejó en diferencias en la calidad y cantidad de los árboles forrajeros estudiados. Sin embargo, se requieren de estudios adicionales para determinar la cantidad que se puede ofrecer a los animales, determinar la cantidad de agentes anti-nutricionales que pudieran contener, así como su digestibilidad *in vivo*; así también, incluir el estudio de un mayor número de árboles con potencial forrajero.

## VI. LITERATURA CITADA

- A.O.A.C., 1975. Official Method of Analysis (12th. ed.). Official Analytical Chemist. Washington, D. C.
- Barreras, S. A., Herrera, H. J. G., y Guerra, L. J. E. 1999. Análisis Estadístico de Experimentos Agropecuarios Utilizando el Sistema SAS (*Statistical Analysis System*). Universidad Autónoma de Sinaloa. pp 71-74. Sinaloa, México.
- Benavides, J. E. 1991. Integración de árboles y arbustos en los sistemas de alimentación para cabras en América Central: un enfoque agroforestal. *El Chasqui* (C.R.) No. 25:6-35.
- Blaxter, K. L, 1980. Feeds as sources of energy for ruminant animals. Massey-Ferguson. United Kingdom. 60 p
- Botero, R. y R. Russo. 1999. Utilización de árboles y arbustos fijadores de nitrógeno en sistemas sostenibles de producción animal en suelos ácidos tropicales. *En: III Seminario, Manejo y Utilización de Pastos y Forrajes en Sistemas de Producción Animal*. UNELLEZ – Barinas. pp 49 – 63. Venezuela.
- Botero, R. y R. Russo. 1997. Utilización de árboles y arbustos fijadores de nitrógeno en sistemas sostenibles de producción animal en suelos ácidos tropicales. *En: Agroforestería para la producción animal en América Latina*. FAO Roma. pp 171 – 192.
- Breceda, A., V. Ortiz, and R. Scrosati. 2005. Mauto ( *Lysiloma Divaricatum*, Fabaceae) Allometry as indicator of cattle grazing pressure in a tropical dry forest in northwestern Mexico. *Rangeland Ecol Manage*, 58:85-88.
- Carranza, M. M. A., Sánchez, V. L. R., Pineda, L. M. R., Cuevas, G. R. 2003. Calidad y potencial forrajero de especies del bosque tropical caducifolio de la sierra de Manantlán, México. *Agrociencia*, 37(2): 203-209.
- CICY, 2010. Flora Digital: Península de Yucatán. Herbario CICY, Un. de Recursos Naturales. [http://www.cicy.mx/sitios/flora%20digital/ficha\\_virtual.php?especie=1514](http://www.cicy.mx/sitios/flora%20digital/ficha_virtual.php?especie=1514)
- Cooper, D. S. 1992., “Recursos fitogenéticos” (en línea). Ed. Geneflow. Dirección:<http://www.colciencia.gov.co/Amazonia/Corpoinca/inter62.htm> (consulta: 25 Mar. 2015).

- El-Lakany, M. H. 1987. Use of Australian acacias in north Africa. Actas de ACIAR. Canberra, Australia: Australian Centre for International Agricultural Research. 16: 116-117.
- Frank, A. B. 1996. Evaluating grass development for grazing management. Rangelands 18 (3):106.
- Frank, A. B., Bedahl, J. D. and Baker, R. E. 1985. Morphological development and water use in clonal lines of four forage grasses. Crop Sci. 25:339-344.
- García, C. R., M. G. Contreras y E. D. González. 1994. Índices agroclimáticos derivados de la temperatura para el Valle de Mexicali, B. C., México. Universidad Autónoma de Baja California. Instituto de Ingeniería. Mexicali, B.C., México.
- García, E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen. Cuarta Edición. Inst. de Geografía. pp. 75-217. U. N. A. M. México, D. F.
- Gill, L. S.; Jagede, R. O.; Husaini, S. W. H. 1986. Studies on the seed germination of *Acacia farnesiana* L. Wild ) Journal of Tree Sciences, 5(2): 92-97.
- Giraldo, L. A. 1999. Potencial del Guácimo (*Guazuma ulmifolia*) en sistemas silvopastoriles. En M.D. Sánchez y M. Rosales, eds., Agroforestería para la producción animal en América Latina. Estudio FAO Producción y Sanidad Animal 143, pp 295-310. Roma, Italia.
- Giraldo, L. A. 1996. Estandarización de la técnica de la biodegradación ruminal *in situ*, para evaluar forrajes tropicales. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 9(Suppl.) 59-63.
- Goering, H. K. And Van Soest, P. J. 1970. Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications) Agric. Handbook. 379. ARS. USDA. Washington, D. C.
- Gómez M. E., L. Rodríguez, E. Murgueitio, C. I. Ríos, M. Rosales M., C. H. Molina, C. H. Molina, E. Molina, J. P. Molina. 2002. Árboles y Arbustos Forrajeros Utilizados en la Alimentación Animal Como Fuente Proteica. Eds. Centro Para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Pecuaria. Cali, Colombia.
- Guerra, L. J. E. y D. Calderón. 1997. Crecimiento comparativo y grados días calor (GDD) en ryegrass (*Lolium multiflorum* L.) solo y asociado. *En: Memoria del*

- Simposium Internacional y IV Reunión de Nutrición Animal. 22-24 octubre. Universidad Autónoma de Nuevo León. pp.158-160. Marín, N. L. México.
- Guerra, L. J. E., A. U. Salcedo, J. H. Moreno, J. L. Corrales y L. E. Soto. 1999. Efecto de los grados días crecimiento (GDD) en índice de área foliar y producción de hojas en zacate Bermuda (*Cynodon spp*). *En: Memoria del XX Congreso Nacional y Simposium Internacional de la Ciencia de la Maleza*. 29-30 de septiembre y 1 de octubre. Universidad Autónoma de Sinaloa-ASOMECEMA, pp 204-209. Culiacán Sinaloa, México.
- Guerra, L. J. E., T. Meza y S. Baca. 1998. Fistulación y canulación ruminal en bovinos. *En: Memoria de la 8va Reunión Anual Internacional de Carne y Leche en Climas Cálidos*. 24-25 septiembre. Universidad Autónoma de Baja California. pp 111-112. Mexicali, B.C. México.
- Herrera-Canto, E. E. 2015. *Tabebuia rosea* (Bertol) DC., un árbol de color rosa y sus usos tradicionales. Desde el Herbario CICY, 7: 52–54
- ILDIS, 2014. World Database of Legumes. Catalogue of Life: Annual Checklist. (Eds). Roskov Y., Zarucchi J., Novoselova M. & Bisby F.(†) (eds). <http://www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2015/details/database/id/15%7C>
- Kish, L. 1975. Muestreo de Encuestas. Ed. Trillas. México.
- Lofgreen, G. P. and Garrett, W. N. 1968. A system for expressing net energy-requirements and feed values for growing and finishing beef cattle. *J. Anim. Sci.* 27:793.
- López, H. M. A., J. A. Rivera L., L. Ortega R., J.G. Escobedo M., M. A. Magaña M., J. R. Sanguinés G. y A. C. Sierra V. 2008. Contenido nutritivo y factores antinutricionales de plantas nativas forrajeras del norte de Quintana Roo. *Téc. Pecu. Méx.* 46(2):205-215
- Mc Vaugh, R. 1987. *Flora Novo-Galiciana: A descriptive account of the vascular plants of western Mexico*. Vol. 5. The University of Michigan Press. Ann Arbor, MI.
- Méndez, R. M., 1998. "Mezclas forrajeras: uso de la diversidad forrajera tropical en sistemas agroforestales", (en línea). Conferencia electrónica de la FAO. Dirección: <<http://www.fao.org/ag/aga/agap/FRG/AGROFOR1/Rosales9.htm>>
- Minson, D. J. 1990. *Forage in Ruminant Nutrition: Protein*. Academic Press, Inc. 201.

- Miranda F. y Hernández E. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. Bol. Soc. Bot. México. 28:29-179.
- Murgueitio, E. 2001. Sistemas Agroforestales para la Producción Ganadera en Colombia. Intensificación de la Ganadería en Centroamérica, beneficios económicos y ambientales. Cap. 4. Conf. 13. En: [http://www.fao.org/DOCREP/004/X6107E/x610713.htm#P0\\_0](http://www.fao.org/DOCREP/004/X6107E/x610713.htm#P0_0)
- Nitis, I., K. Lana, W. Sukanten y M. Suarna. 1990. The concepts and development of the three-strata forage system. In: Shrubs and tree fodders for farm animals. Pp. 92-102. Edited by Devendra. Indonesia.
- NRC. 1976. Nutrient Requirements of Beef Cattle. National Academy Press. Washington, D. C.
- NRC. 1984. Nutrient Requirements of Beef Cattle. Sixth Revised Edition. National Academy Press. Washington, D. C.
- NRC. 1996. Nutrient Requirements of Beef Cattle. Seventh Revised Edition. National Academy Press. Washington, D. C.
- NRC. 2001. Nutrient Requirements of Beef Cattle. Seventh Revised Edition. National Academy Press. Washington, D. C.
- NRC. 2007. Nutrient Requirements of Beef Cattle. Seventh Revised Edition. National Academy Press. Washington, D. C.
- Ochoa-Ruiz, H. G., Barrientos-Ramírez, L., Rodríguez-Rivas, A., Zorrilla, J., Vargas-Radillo, J. J., Navarro-Arzate, F. 2012. Evaluación de las características del fruto de huizache (*Acacia farnesiana* (L.) Willd.) para su posible uso en curtiduría o alimentación animal. Madera y Bosques <http://148.215.1.176/articulo.oa?id=61725074003>
- Onstad, D. W. And G. W. Fick. 1983. Predicting crude protein, “*in vitro*” true digestibility and leaf proportion in alfalfa herbage. Crop Sci. 23:961-964.
- Orskov, E. R., and M. Ryle. 1990. Energy nutrition in ruminants. Elsevier Science Publishers LTD. England.
- Pearson, C.J. and R.L. Ison. 1997. Agronomy of Grasslands Systems. p. 75-76. 2<sup>nd</sup> Ed. Cambridge University Press.

- Riquelme, V. E. 1987. Suplementación energética para bovinos en pastoreo. *En: Memoria del Seminario Internacional "Suplementación para Bovinos en Pastoreo"*. Colegio de Postgraduados, Centro de Ganadería. Chapingo, México.
- Rzedowski, G. C. y J. Rzedowski. 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. 2a ed. Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro, Michoacán, México.
- SAS. 2004. SAS User's Guide (Release 9.1): Statistics SAS Inst. Inc., Cary. N. C.
- Salisbury, B. F., y C. W. Ross. 1994. Fisiología Vegetal. Grupo Editorial Iberoamérica. México.
- Scheaffer, R. L., y W. Mendenhall. 1987. Elementos de Muestreo. Grupo Editorial Iberoamerica. México.
- Shinozaki, K., Yoda, K., Hozumi, K. and Kira, T. 1964. A quantitative analysis and its application in forest ecology. *Jpn. J. Ecol.* 14, 133-139.
- Shirley, R.L. 1986. Nitrogen and energy nutrition of ruminants. Academic Press. Orlando, Fl. USA. 358p. 179-185
- Schneider, B. H. and W. P. Flatt. 1975. The Evaluation of Feeds Through Digestibility Experiments. Athens Ga.: University of Georgia Press.
- Schroeder, J. W. 1996. Quality forage for maximum production and return. North Dakota State University. Available at:<http://www.ext.nodak.edu/extpubs/ansci/range/as1117w.htm> Accessed May, 30, 2016.
- Seigler, D. S., S. Seilheimer, J. Keesy, and H.F. Huang. 1986. Tannins from four common *Acacia* species of Texas and northeastern Mexico. *Economic Botany*, 40(2): 220-232.
- Shreve, F. and Wiggins, I. L. 1964. Vegetation and flora of the Sonoran Desert. Stanford University Press. Vol 1.
- Simón L. 1998. Del monocultivo de pastos al silvopastoreo. La experiencia de la EEPF IH. *En* Simón L. (Ed) Los Árboles en la Ganadería. Tomo I. Silvopastoreo. EEPF "Indio Hatuey" Matanzas, Cuba pp. 9-14
- Solorio, F. J.; Bacab, H.; Casanova, F.; Castillo, J. B. y Ramírez, L. (2009). Potencial de los Sistemas Silvopastoriles en México. *En: // Congreso sobre Sistemas*

- Silvopastoriles*. Fundación Produce Michoacán, A. C., Morelia Michoacán, México. p. 21-30.
- STRI, 2005. *Chloroleucon mangense*. Smithsonian Tropical Research Institute. <http://biogeodb.stri.si.edu/bioinformatics/sarigua/species/29>
- Van Soest, P. J. 1982. Nutritional ecology of the ruminant. Ed. O & B Books, Inc.
- Vibrans H. 2009. Malezas de México. *Casuarina equisetifolia* L. Disponible en: [http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/casuarinaceae/casuarina\\_equisetifolia/fichas/ficha.htm](http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/casuarinaceae/casuarina_equisetifolia/fichas/ficha.htm) (18 de agosto de 2011).
- Wagner. J. B., 2013. Las arbóreas Una alternativa nutricional en la producción animal. [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/manejo\\_%20silvopastoril/163- arboreas.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/manejo_%20silvopastoril/163- arboreas.pdf)
- Wilson, L. T., and W. W. Barnett. 1983. Degree-days: an aid in crop and pest management. *California Agriculture*, 37 (1): 3-7
- Young, A. 1989. *Agroforestry for Soil Conservation*. Oxford. Reino Unido. Cab 276 p.
- Zinn, R. A. 1996. *Apuntes del curso: Metabolismo Energético*. Anim. Sci. Dept., Imperial Valley Agric. Center. University of California. El Centro, U.S.A.