



UNIVERSIDAD MICHOCANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

PRODUCCIÓN DE GAS Y DIGESTIBILIDAD *IN VITRO* DE FRUTOS Y SEMILLAS DE ÁRBOLES FORRAJEROS COMO ALIMENTOS EN RUMIANTES.

**TESIS QUE PRESENTA:
PMVZ: DAVID SORIANO MARROQUÍN**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**



Morelia, Michoacán a noviembre de 2016



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

PRODUCCIÓN DE GAS Y DIGESTIBILIDAD *IN VITRO* DE FRUTOS Y SEMILLAS DE ÁRBOLES FORRAJEROS COMO ALIMENTOS EN RUMIANTES.

TESIS QUE PRESENTA:
PMVZ: DAVID SORIANO MARROQUÍN

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

ASESOR

Dr. José Herrera Camacho.

CO-ASESOR

Dr. Karlos Edmundo Orozco Durán.

Morelia, Michoacán a noviembre de 2016.



Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia



Aprobación de Impresión del Trabajo

Morelia, Michoacán, 23 de agosto de 2016

C. DR. JOSÉ LUIS SOLORIO RIVERA

Director de la FMVZ-UMSNH

P R E S E N T E .

Por este conducto hacemos de su conocimiento que la tesis titulada: **"PRODUCCIÓN DE GAS Y DIGESTIBILIDAD IN VITRO DE SEMILLAS Y FRUTOS DE ÁRBOLES FORRAJEROS COMO ALIMENTOS EN RUMIANTES"**, forma parte del proyecto de investigación *"Evaluación del potencial metanogénico de gramíneas tropicales y mitigación de gases de efecto invernadero a nivel in vitro utilizando aceites y forrajes alternativos del trópico michoacano"*, aprobado por el Consejo de Investigación Científica de la UMSNH, como parte del Programa de Investigación 2015-2016, desarrollada por el P. MVZ. **DAVID SORIANO MARROQUIN**, dirigida por el asesor **DR. JOSÉ HERRERA CAMACHO**, fue **revisada y aprobada** por esta mesa sinodal, conforme a las normas de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

ATENTAMENTE

DR. MANUEL JAME TENA MARTÍNEZ
PRESIDENTE

MC. ISIDORO MARTÍNEZ BEIZA
VOCAL

DR. JOSÉ HERRERA CAMACHO
VOCAL (ASESOR)

www.vetzoo.umich.mx

UNIDAD ACUEDUCTO. Av. Acueducto esq. con Tzintzuntzan, S/N, Col. Matamoros, C.P. 58240, Morelia, Michoacán. Tel./Fax: 01(443) 314 14 63 y (443) 314 37 41
UNIDAD POSTA. Carretera Morelia - Zinapécuaro, Km. 9.5, Municipio Tarimbaro, Michoacán. Tel. 01 (443) 312 52 36, Fax: 312 41 76

A mis padres: Juan Antonio & Julia

&

A mis hijos:

David Luis & Arturo Vidal.

"Dados en armonía bajo la sombra de la religión, unidos en lazo fraterno, hacia la luz del saber, en la paz y en la victoria" Agradezco a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia en donde es y fue "Cuna de Héroes, Crisol de Pensadores"

"pis-pas, pis-pas, calis calás, calis calás, shhh ¡pummm! ¡San Nicolás!"

A las personas que han sido parte de mi vida que han apoyado y aportado para la obtención de un sueño más.

A Mis padres y hermanos: Hortensia, Diana, Iván y Juan A., que sin ellos saberlo han impulsado las ganas de salir adelante.

A mis asesores Dr. José Herrera Camacho y al Dr. Karlos Edmundo por brindarme su apoyo y la oportunidad de formar parte de su equipo.

A mis familiares: Alejandra C. que siempre estuvo al pendiente de este gran proyecto de vida, al Sr. Francisco C. por brindarme su apoyo.

A mis amigos: Eréndira Loya y José Roque mis hermanos también.

Y por último a mis hijos que serán siempre un gesto de bondad.

Loa al estudio

¡Aprende lo elemental!
Para aquellos cuyo tiempo ha llegado
nunca es demasiado tarde.

¡Estudia el abecedario!
No basta, pero estúdialo, ¡No te canses!
¡Empieza! ¡Tú tienes que saberlo todo!
Estás llamado a ser un militante.

Estudia marginado, hombre del campo,
estudia, hombre en la cárcel,
estudia, mujer atada a la cocina,
estudia, sexagenario.
Estás llamado a ser un militante.

¡Ve a la escuela, desamparado!
¡Persigue el saber, muerto de frío!
¡Empuña el libro, hambriento!
¡Es un arma!
Tú tienes que gobernar.

¡No temas preguntar, compañero!
¡No te dejes convencer!
¡Compruébalo tú mismo!
Lo que no sabes por ti, no lo sabes.

Repasa tú la cuenta,
que tú tienes que pagarla.
Apunta con tu dedo a cada cosa
y pregunta: «¿Y esto, qué es?»
Estás llamado a ser un dirigente.

Bertolt Brecht (1933)

ÍNDICE

DEDICATORIAS	iv
AGRADECIMIENTOS	v
CURRICULUM VITAE	vii
ÍNDICE DE CUADROS	13
ÍNDICE DE FIGURAS	13
RESUMEN	14
ABSTRACTAC	15
I. INTRODUCCIÓN	16
II. REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1. LOS ÁRBOLES FORRAJEROS MULTIPRÓSITO DEL TRÓPICO Y SU UTILIDAD	19
2.1.1. Aspectos nutricionales de especies arbóreas forrajeras del trópico	20
2.1.2. Factores antinutricionales de las especies arbóreas forrajeras del trópico	22
2.1.3. Especies arbóreas y arbustivas en la alimentación animales rumiantes	24
2.2. DESCRIPCIÓN, CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA Y DISTRIBUCIÓN ECOLÓGICA DE LAS ESPECIES EN EL ESTUDIO	27
2.2. Cascalote (<i>Caesalpinia coriaria</i>)	27
2.2.1 Descripción botánica	27
2.2.2 Distribución geográfica	27
2.2.3 Utilización en la alimentación animal	28
2.2.4 Valor nutritivo	28
2.2.5 Factores antinutricionales	28
2.2.6 Otros usos	29
2.3 Cirian (<i>Crescentia alata KUNTH</i>)	30
2.3.1 Descripción botánica	30
2.3.2 Distribución geográfica	30
2.3.3 Utilización en la alimentación animal	31
2.3.4 Valor nutritivo	32
2.3.5 Factores antinutricionales	32
2.3.6 Otros usos	33
2.4 Parota (<i>Enterolobium cyclocarpum</i>)	35
2.4.1 Descripción botánica	35
2.4.2 Distribución geográfica	37
2.4.3 Utilización en la alimentación animal	37
2.4.4 Valor nutritivo	37
2.4.5 Factores antinutricionales	38
2.4.6 Otros usos	38
2.5 Moringa (<i>Moringa oleífera</i>)	41
2.5.1 Descripción botánica	41
2.5.2 Distribución geográfica	42
2.5.3 Utilización en la alimentación animal	42

2.5.4	Valor nutritivo	43
2.5.5	Factores antinutricionales	44
2.5.6	Otros usos	46
3.	TÉCNICAS PARA ESTIMAR LA DIGESTIBILIDAD DE LOS FORRAJES	49
3.1.	Método <i>in situ</i>	51
3.2.	Técnica de la bolsa de nylon (<i>in sacco</i>)	51
3.3.	Método <i>in vitro</i>	52
3.3.1.	La técnica de Tilley y Terry (1963)	53
3.3.2.	Producción de gas <i>in vitro</i>	54
III.	HIPÓTESIS	57
IV.	OBJETIVOS	57
V.	MATERIAL Y MÉTODOS	58
5.1.	colecta y procesamiento de semillas	58
5.2.	tratamientos	59
5.3.	producción de gas <i>in vitro</i>	59
5.4.	preparación de saliva artificial	61
5.5.	Digestión <i>in vitro</i> de la materia seca (DIVMS)	64
5.6.	Variables y análisis estadístico	65
VI.	RESULTADO Y DISCUSIÓN	65
VII.	CONCLUSIONES	68
VIII.	BIBLIOGRAFÍA	69

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de (<i>Caesalpinia coriaria</i> JACQ)	27
Cuadro 2. Valores químico - nutricionales de frutos sin semilla de <i>C. coriaria</i> ..	28
Cuadro 3. Clasificación Taxonómica <i>Crescentia alata</i> KUNTH	30
Cuadro 4. Clasificación taxonómica de <i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.....	35
Cuadro 5. Clasificación Taxonómica <i>Moringa oleífera</i>	40
Cuadro 6. Preparación del medio de cultivo	62
Cuadro 7. Análisis bromatológico en semillas de distintos árboles forrajeros del trópico Michoacano y pasto llanero	65
Cuadro 8. Producción acumulada (cm ³) de gas <i>in vitro</i>	67
Cuadro 9. Digestibilidad in vitro de la materia seca (%)	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. CASCALOTE (<i>Caesalpinia coriaria</i> JACQ.....	29
FIGURA. 2. CIRIAN (<i>Crescentia alata</i> KUNTH).	34
FIGURA 3. PAROTA (<i>Enterolobium cyclocarpum</i>) (Jacq.) Griseb.	40
FIGURA 4. MORINGA (<i>Moringa oleífera</i>).	48
FIGURA 5. Procesamiento de semillas y frutos	59
FIGURA 6. Sondeo orogástrico para obtención del inculo	60
FIGURA 7. Proporción del inculo y medio de cultivo a los frascos.....	63
FIGURA. 8. Medición de acomulación de gas.	64

RESUMEN

Se evaluó la producción de gas acumulada (PG cm³) y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (% DIVMS) de semillas *Enterolobium cyclocarpum*, *Moringa oleífera*, *Crescentia alata*, y *Caesalpinia coriaria* que se adicionaron en cinco niveles de inclusión (5, 10, 15, 20 y 30 %) usando un sustrato de 0.99 g de MS de *Andropogon gayanus*. Todas las semillas se compararon contra un alimento comercial adicionado con las mismas proporciones. La inclusión de *E. cyclocarpum*, tuvo una mayor PG ($P < 0.005$) respecto al control, que produjo 126.3, 131.3, 128.4, 126.4 y 129.1 cm³ en los niveles de 5, 10, 15, 20 y 30% respectivamente. En el caso de *C. coriaria* se encontró una menor PG en todos sus niveles ($P < 0.005$). *C. alata* y *M. oleífera* se comportaron de manera similar control ($P < 0.05$) en la PG.

La DIVMS resulto similar entre la mayoría de las semillas y el alimento testigo ($P < 0.05$) con valores promedio de 70.04 % en el control. 67.1% en *E. cyclocarpum*, 68.2 % en *M. oleífera*, y 68. 5 % para *C. alata*, mientras que *C. coriaria*, presento una menos DIVMS respecto al control ($P < 0.005$) con un promedio de 58.9%.

En conclusión, las semillas y frutos de árboles forrajeros tuvieron una PG y una DIVMS similar a la de una alimento concentrado comercial excepto en el caso de *C. coriaria*, siendo una alternativa para la nutrición de rumiantes en trópico Michoacano.

Palabras claves: arboles forrajeros, nutrición, rumiantes, trópico.

SUMMARY

The accumulative gas production (GP. Cm^3) and *in vitro* digestibility of dry matter (% IVDDM) was evaluate in *Enterolubium cyclocarpum*, *Moringa oleífera*, *Crescentia alata* and *Caesalpinia coriaria* sedes, in five levels (5, 10, 15, 20 y 30%) using 0.99 of *Andropogon gayanus* grass as subtrate. All seeds was compared versus commercial concntrate in the same inclusion levels. *E. cyclocarpum*, showed the same high GP ($P < 0.005$) respect to control (149.36, 147.75 and 147.82 vs 131.16, 128.48 and 129.19) in the levels of 5, 10, 15, 20 and 30%, respectively. The lower GP was observed in all levels of *C. coriaria* used ($P > 0.05$). while, *C. alata* and *M. oleífera*, was similar in all seeds used and the control ($P > 0.05$).

The IVDDM was similar in all seeds used and the control ($P > 0.05$), were observed 70.4 %, 67.1 % in *E. cyclocarpum* 68.02%, in *M. oleífera* and 68.5 % in *C. alata*. In contrast, *C. coriaria* have a les IVDDM respect to the control ($P < 0.005$), with an average of 58.9 %. In conclusion, seeds of fodder trees were a GP and IVDDM, similar of the commercial concentrate exept *C. coriaria* represente an alternative for feed of the ruminants in the Mexican tropics.

<Key words: Tree seeds, concentrated, *in vitro* digestibility.

I. INTRODUCCIÓN

La ganadería del trópico mexicano abarca una gran extensión significativa siendo una fuente importante de alimento, sustento y desarrollo de millones de familias aportando cerca del 40% del requerimiento de proteína a la población en forma de leche y carne, además de generar más de un millón de empleos permanentes (SAGARPA, 2011).

Sin embargo, la ganadería en estas regiones enfrenta serios problemas en lo que se refiere a la alimentación de los rumiantes, ya que los forrajes del trópico tienden a poseer bajos niveles de nitrógeno (N) con altos niveles de lignificación, además de depender en gran medida de pasturas basadas en monocultivo, que en su gran mayoría se encuentran en procesos moderados a severos de fragmentación, (Cárdenas *et al.*, 2003). Aunado a la temporada de estiaje, que se caracteriza por la escasez y mala calidad de los forrajes, situación que provoca un bajo consumo de materia seca (MS), lo que repercute negativamente en los parámetros productivos y reproductivos del ganado (Benavides, 1984).

Lo anterior, frecuentemente obliga a los productores a la importación y compra de granos y alimentos concentrados, incrementando los costos de producción, ya que el 55% de los costos se destinan a la compra de alimentos balanceados, por lo que tienden a buscar nuevas áreas para extender las zonas de pastoreo y en monocultivos, siendo una de las causas principales de la deforestación (Bacab y Solorio, 2011; Solorio *et al.*, 2014).

Esto ha obligado y motivado a la búsqueda de nuevas fuentes de alimentación suplementaria que no compitan en lo fundamental con el hombre, que sean de

buena calidad y resulten accesibles por su bajo costo, trayendo consigo la evaluación de recursos alternos, eficientes y viables desde el punto de vista económico (Coss, *et al* 2015; Sosa, *et al* 2015).

Entre las fuentes alternativas se encuentran los árboles, ya que estos han tomado parte importante en la alimentación de los rumiantes pudiendo contribuir con sus frutos, follaje y semillas a reducir las restricciones de alimento que sufren los animales en las épocas de baja precipitación en los trópicos (Olivares *et al.*, 2013), sin restar importancia al aporte de nutrientes como proteína y energía (Seresinhe *et al.*, 2012). Así mismo, tienen usos en el medio rural, pudiendo ser maderables, medicinales, funcionar como cercos vivos, incrementan el reciclaje de nutrientes, ayudan al control y prevención y erosión del suelo mejorando las condiciones edafológicas de los potreros y proveen de sombra al ganado en pastoreo (Sosa *et al.*, 2004; González *et al.*, 2006).

En el trópico michoacano las especies arbóreas moringa (*Moringa oleífera*), parota (*Enterolobium cyclocarpum*), cirian (*Crescentia alata*), y cascalote (*Caelsapinia coriaria*) se encuentra dispersas en potreros y en arreglo de cercos vivos donde los rumiantes consumen sus frutos para alimentarse en la época de secas de acuerdo a las posibilidades del propio animal (Olivares *et al.*, 2011).

Sin embargo, es necesario determinar la respuesta animal, ya que mayoría de veces se les adiciona de manera empírica ocasionando efectos negativos en el consumo de materia seca, digestibilidad de la materia orgánica y en la productibilidad del animal, esto por la presencia de metabolitos secundarios (saponinas y taninos) (González *et al.*, 2006).

Para ello se han desarrollado estudios para evaluar el recurso arbóreo como fuente alimento en animales con resultados alentadores que demuestran que los árboles pueden contribuir con follaje, frutos y semillas para incrementar la palatabilidad de la dieta, la digestibilidad y la respuesta animal (Palma, 2005). En este sentido, las pruebas de digestibilidad *in vitro* nos permiten conocer una aproximación sobre su degradabilidad, toxicidad y sus posibles efectos en la digestibilidad de la materia.

La técnica de producción de gas es un método *in vitro* que permite determinar la extensión y la cinética de degradación del alimento a través del volumen de gas producido durante el proceso fermentativo (Theodorou *et al.*, 1994). Una de las ventajas de este procedimiento es que el curso de la fermentación y el papel de los componentes solubles del sustrato puede ser cuantificado y como un indicador del consumo de MS digestible (Posada y Noguera, 2005), aunado a las importantes ventajas de la técnica: el bienestar animal, tamaño de la muestra, costo y descripción de la cinética de fermentación (Williams, 2000).

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. LOS ÁRBOLES FORRAJEROS MULTIPROPÓSITO DEL TRÓPICO Y SU UTILIDAD.

Los árboles han acompañado al hombre desde tiempos muy remotos. En las zonas tropicales húmedas o secas, se encuentran la mayor diversidad de especies arbustivas y arbóreas, debido a que estas regiones reúnen las condiciones climáticas óptimas para su desarrollo vegetativo; estos son quizás el ecosistema terrestre en cuanto a conservación de la biodiversidad y al mantenimiento del equilibrio ambiental del planeta, esto por su papel crucial en ciclos tan importantes como el hidrológico, el carbono y el nitrógeno; también se les considera reservorio mundial de una alta riqueza de fauna silvestre y materias primas para posibles productos industriales, de tipo farmacológico, alimento y demás. Asimismo son muy importantes para la industria maderera y más reciente como atractivo como el turismo alternativo (Román, 2007; Jiménez y Mantilla, 2008; Altafuya y Chong, 2015).

Existen también las interacciones o servicios brindados por los árboles y animales, tales como sombra, disminución del viento, reciclaje de nutrientes, disminución de la pérdida de energía. (Palma, 2005). El productor del sector agropecuario puede utilizar los árboles nativos y combinarlos con el sistema de producción, para así obtener beneficios en el ambiente y el suelo, al mismo tiempo que puede obtener diversos productos gracias a las interacciones de sus componentes biológicos (Simón, 1996).

Un caso común son las pasturas abandonadas en el trópico húmedo, aunado a la función de promover y mantener la biodiversidad, ayudar al control de la erosión del suelo, ser útiles como cercos vivos, presentar una gran diversidad bioquímica, proporcionar alimento para el ganado y para la fauna silvestre, ser fuente rica de néctar y polen para la industria apícola (Román y Palma, 1996).

Mejoradora de suelos. Mejoran las propiedades físicas y fertilidad del suelo generando nitrógeno fijado por las bacterias del género *Rhizobium*. La fijación se hace por bacterias que hacen simbiosis con las plantas. Ellas toman los carbohidratos de las plantas y transforman el nitrógeno en forma asimilable por las plantas. Sus hojas por el alto contenido en nitrógeno y otros nutrientes, son utilizadas como una fuente renovable y barata de fertilizante, sombra en cultivos permanentes, hacen los sistemas más estables, protegen contra la erosión, contra las pérdidas de agua, mantienen y mejoran la fertilidad del suelo.

2.1.1. ASPECTOS NUTRICIONALES DE ESPECIES ARBÓREAS FORRAJERAS DEL TRÓPICO.

Una de las mayores expresiones del largo proceso de evolución de la vida, es la diversidad genética de las plantas tropicales, cuyo número y taxonomía todavía no acaba de completar la ciencia. Los árboles multipropósito son ejemplo de un inmenso potencial natural en las regiones tropicales del mundo. Los árboles forrajeros son un ejemplo importante de ese potencial natural, que se magnifica en las regiones tropicales del mundo y 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).

Las especies arbóreas poseen características importantes que las hacen deseables para ser utilizados con un alto potencial como forraje en la alimentación de rumiantes:

- Fuente principal de proteína vegetal concentrada en semillas (alimentación humana).
- Forraje
 - Producciones estables y altas
 - Selección de especies con alto valor proteico y bajo contenido de principios tóxicos para ganado.

Los sistemas productivos donde se involucran especies perennes leñosas combinadas con cultivos agrícolas y/o animales en un espacio y un tiempo establecido se denominan Sistemas Agroforestales. En estos sistemas se enfatiza la utilización de árboles y arbustos rústicos de múltiple uso, que se adapten a condiciones difíciles y ecosistemas frágiles bajo condiciones de una agricultura de bajos insumos (Gómez *et al.*, 2002).

La utilización de especies arbóreas y arbustivas leguminosas como suplemento de dietas basales de pastos y residuos de cosecha es una actividad común en América latina, África y Australia. Las concentraciones de proteína de los árboles utilizados tradicionalmente en la alimentación de rumiantes presentan niveles de 12 a 30%, valores altos en comparación con pastos maduros que oscilan entre 3 y 10% (Devendra, 1995).

La digestibilidad de estos materiales está muy relacionada con la proporción y grado de lignificación de las paredes celulares (FND) así como de la presencia de compuestos secundarios, principalmente taninos (Norton, 1994). El follaje de árboles con uso forrajero se caracteriza por tener un alto contenido de proteína cruda (hasta 35%), el doble o aún más del de las gramíneas tropicales y además contienen fibra larga, nitrógeno no proteico (NNP), proteína y grasa. Sin embargo, su digestibilidad es relativamente baja (entre 50-60%) comparada con los forrajes herbáceos. Cabe mencionar que la fibra larga, el NNP y una cantidad variable de la proteína, consumidos en el forraje arbóreo, son fermentados y utilizados como nutrimentos por la flora ruminal. Una parte de la proteína puede estar ligada a compuestos antinutricionales, llamados taninos y fenoles condensados, que le permiten escapar, con la grasa, a la fermentación ruminal, por lo cual su forraje puede ser fuente importante de proteína y de energía sobrepasantes, siempre que se logre un balance apropiado de nutrimentos en el ecosistema ruminal (Preston y Leng, 1989).

2.1.2. FACTORES ANTINUTRICIONALES DE ESPECIES ARBÓREAS FORRAJERAS DEL TRÓPICO.

En los últimos años se han redescubierto las ventajas del consumo de semillas y frutos de árboles del trópico por sus propiedades benéficas para la salud animal como son la gran cantidad de proteínas, minerales, vitaminas, antioxidantes, folatos, fibras solubles e insolubles que contienen, y por su alto índice de energía. Sin embargo, también presentan factores antinutricionales, los que abundan en la naturaleza y que son sustancias no fibrosas que al ingerirse pueden intervenir con

la absorción y utilización de nutrientes, afectando el crecimiento y la salud conocidas como metabolitos secundarios o antinutricionales (Jaffe, 1980; Martínez y Larralde, 1984).

Algunos productos del metabolismo secundario de las plantas y los árboles tienen funciones ecológicas específicas como atrayentes o repelentes de animales. Muchos son pigmentos que proporcionan color a flores y frutos, jugando un papel esencial en la reproducción atrayendo a insectos polinizadores, o atrayendo a animales que van a utilizar los frutos como fuente de alimento, contribuyendo de esta forma a la dispersión de semillas. Otros compuestos tienen función protectora frente a predadores, actuando como repelentes, proporcionando a la planta sabores amargos, haciéndolas indigestas o venenosas. También intervienen en los mecanismos de defensa de las plantas frente a diferentes patógenos, actuando como pesticidas naturales (Ávalos y Pérez, 2009).

Se agrupan en cuatro clases principales.

- Terpenos. Entre los que se encuentran hormonas, pigmentos o aceites esenciales.
- Compuestos fenólicos. Cumarinas, flavonoides, lignina y taninos.
- Glicósidos. Saponinas, glicósidos cardíacos, glicósidos cianogénicos y glucosinolatos.
- Alcaloides.

2.1.3. ESPECIES ARBÓREAS TROPICALES FORRAJERAS EN LA ALIMENTACIÓN DE ANIMALES RUMIANTES

Los árboles tropicales están representados por una gran variedad de tipos de vegetación, los cuales son utilizados desde la antigüedad por su versatilidad y naturaleza de ser multipropósitos (Clavero, 1996), presentan una excelente composición química con un nivel de proteína hasta de un 34% en muchos de ellos, la solubilidad, la degradabilidad de proteína y el comportamiento digestivo el cual varía según el tipo de animal que lo consuma, las hace atractivas como fuente de alimento suplementario en áreas tropicales (Brewbaquer, 1976; Flebes *et al.*, 1995; Palma, 1993).

Algunos frutos con tejido carnoso o pulpa que recubre total o parcialmente las semillas sirve de alimento para ciertos animales, denominados frugívoros, entre las especies silvestres que consumen frutos se encuentran hormigas, aves, ardillas, pecaríes, tejones, venados, ratones, murciélagos (Barreto *et al.* 1997; Palma y Roman 2005). También puede haber especies domésticas como caballos, vacas, cabras, entre otros, quienes al aprovechar estos recursos realizan depredación de los mismos, pero también funcionan con dispersores de semillas, por la resistencia de la testa o cubierta a la acción gástrica (Jensen, 1981).

En los frutos se acumulan nutrimentos en forma de carbohidratos, minerales, proteínas (Roncallo *et al.*, 1996), así como compuestos secundarios (Granados *et al.*, 1989) metabolitos que permiten relacionar a las plantas con microorganismos para su polinización, competencia y principalmente para su defensa.

Asimismo, esta concentración de nutrimentos se realiza con la finalidad de desarrollar procesos vitales como la floración, fructificación y la germinación de las semillas producidas (Rathcke y Lacey, 1985) Los frutos de especies nativas pueden implicar una estrategia para ser incorporadas en los sistemas silvopastoriles de corte y acarreo. Entre ellos se presenta resultados de tres leguminosas tepame, vainillo, cascalote, guácima y asmol *Zizyphus mexicana*.

Los productores han observado que suplementar con frutos ayuda a mantener la producción de leche durante la época seca y mejora el estado físico, el desarrollo y la reproducción de los animales (las vacas tienen mayor frecuencia de celo y un mayor porcentaje de preñez). Un estudio en Colombia encontró que la producción de leche fue mayor en vacas suplementadas con frutos molidos de genízaro, en relación con vacas no suplementadas, con incrementos de producción de leche de 0.5 a 1.1 litros animal día (Fandiño, 1998).

Además la leche presentó incrementos en el contenido de sólidos totales, grasa y proteína. Las vacas suplementadas con frutos molidos también tuvieron mayores incrementos de peso.

México es un país que, por sus características edáficas, topográficas y climáticas, presenta una riqueza importante en recursos naturales, principalmente por su diversidad en especies vegetales; sin embargo, el uso y aprovechamiento de estas especies es limitado, siendo necesario el estudio sobre el manejo y adecuada utilización de estas especies, las cuales son fuente valiosa de alimento para el ganado y la fauna silvestre, sobre todo durante la época seca.

Otras especies no leguminosas han reportado valores nutricionales similares y en muchos casos superiores a los de las leguminosas; dentro de ellas destacan (*Moringa oleífera*), parota (*Enterolobium cyclocarpum*), cirian (*Crescentia alata*), y cascalote (*Caesalpinia coriaria*) (Benavides 1994; Gómez *et al.*, 1995). Sin embargo, existe poca información sobre la degradabilidad ruminal de estas especies, aspecto que se considera importante para formular estrategias de alimentación.

Como un recurso obtenido de los árboles, los frutos son en muchos casos fuente de alimento directo para el humano, mediante el uso de su pulpa o semillas. Estrategia similar se intenta con los animales, con la utilización en forma completa de algunos frutos carnosos, posibilidad que a continuación se discute.

2.2. DESCRIPCIÓN, CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA Y DISTRIBUCIÓN ECOLÓGICA DE LAS ESPECIES ARBÓREAS EN EL ESTUDIO.

2.2. CASCALOTE (*Caesalpinia coriaria* JACQ)

Cuadro 1. Clasificación Taxonómica

Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Orden	<i>Fabales</i>
Familia	<i>Fabaceae</i>
Género	<i>Caesalpinia</i>
Especie	<i>Caesalpinia coriaria</i> (JACQ) Willd

(Román, 2001)

2.2.1. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

Es un árbol de 3 a 9 m de alto, el tronco algunas veces de 40 cm de diámetro, corteza rugosa y áspera, gris, hojuelas numerosas de 4 a 8 mm de largo, glabras, dotadas de glándulas negras, flores blancas o amarillentas en cortos racimos; fruto corto de 1.5 a 2 cm de ancho, café oscuro, curvados y lustrosos, la savia, de un color ligero naranja amarillento (Figura 1). La madera es amarillenta oscura, algunas veces cercano al negro, muy dura y pesada (Standley, 1926).

Nombres comunes: cascalote (Oaxaca, Michoacán, Guerrero, Chiapas, Colima) nacascolotl (Altamirano, Guerrero) nacascul (Oaxaca y Guerrero), nacascol (Nicaragua, Costa Rica), nacasolo (Nicaragua), nacascolote (Guatemala), agallo (Panamá); dividivi (Cuba, Santo Domingo, Colombia y Venezuela).

2.2.2. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

Se localiza en los estados de Sinaloa, Nayarit, Jalisco, México, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Centro de América, Oeste de India, Las

Antillas y Sudamérica. Actualmente distribuido en todo el mundo tropical crece hasta los 1000 m. s. n. m.

2.2.3. UTILIZACIÓN EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL

El cascalote es de una gustocidad media, son frutos altamente energéticos. En un estudio sobre gustocidad con harina de cascalote no fue consumida adecuadamente, mas sin embargo en agostaderos son una fuente importante de alimento en la época de estiaje (Román, 2001).

2.2.4. VALOR NUTRITIVO

Armín (2006) en su estudio sobre composición nutricional de los frutos del cascalote encontró los siguientes valores:

Cuadro 2. Valores químico - nutricionales de frutos sin semilla de *Caesalpinia coriaria*

Materia seca (%)	94.40
Proteína cruda (%)	5.5
Extracto etéreo (%)	6.47
Cenizas (%)	1.93
Fibra cruda (%)	49.0
FDN (%)	18.9
FDA (%)	14.9
DIVMS (%)	52.97

(Armín, 2006)

2.2.5. FACTORES ANTINUTRIONALES

El Cascalote es una especie en altos contenidos de taninos. Armín, (2006) señaló en su estudio un 2.6 % en los frutos y la semilla y un 1.8 % en lo que respecta al follaje. Los taninos son tóxicos para rumiantes, los signos clínicos son enteritis severa, daño renal, en las últimas fases de la intoxicación la cola y el perineo se ven cubiertos de heces de color muy oscuro; en casos severos, los animales

afectados excretan membranas diftéricas junto con las heces (González, *et al.*, 2006).

2.2.6. OTROS USOS

Por su alto contenido en las semillas son usadas como curtientes y para la fabricación de tinta, puede producir en promedio hasta 30 Kg de vainas al año, la cual ha sido exportada en grandes cantidades de México a otras partes de América tropical para ese propósito, bajo el nombre de divi-divi. En México fueron usadas para curtir pieles por los primeros habitantes, las vainas cosechadas dan un tinte negro y la madera se dice da un colorido rojo (Standley, 1926).

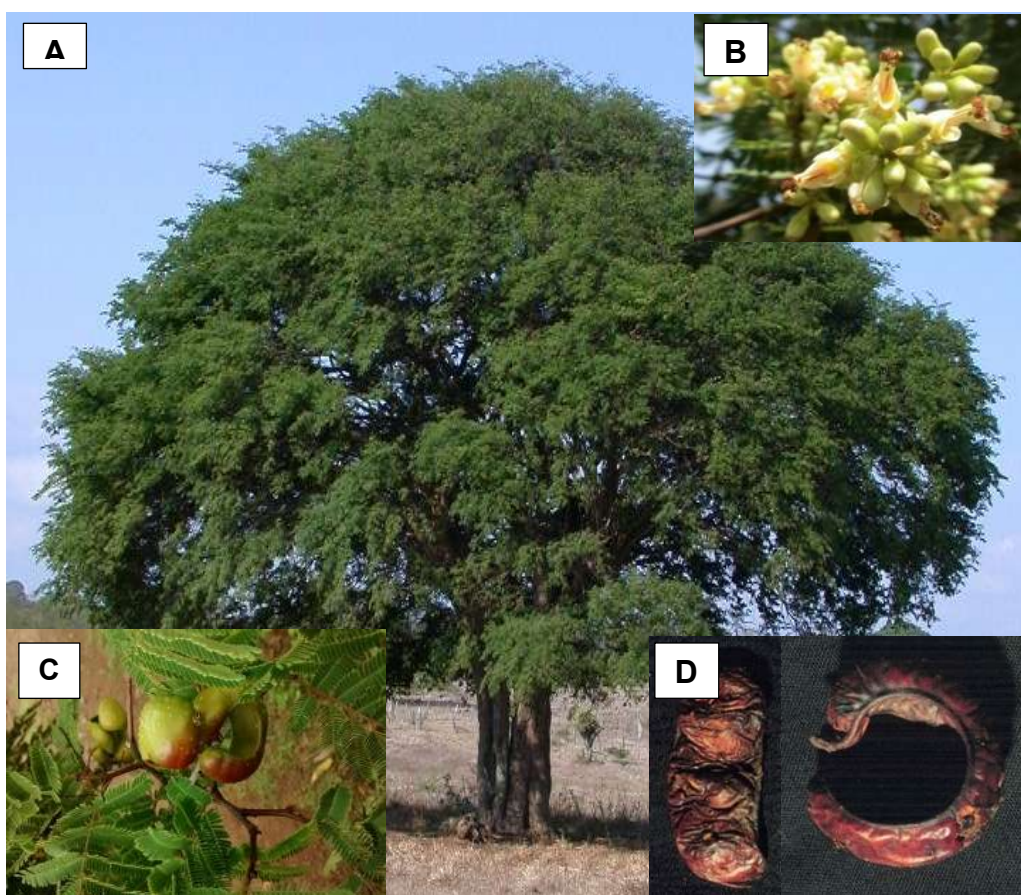


Figura 1. CASCALOTE (*Caesalpinia coriaria* JACQ) A) árbol, B) flor, C) hojas y fruto verde, D) fruto maduro. (Nacional Museum of Natural History, 2015).

2.3. CIRIAN (*Crescentia alata* KUNTH)

Cuadro 3. Clasificación Taxonómica

Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Sub-clase	<i>Asteridae</i>
Orden	<i>Lamiales</i>
Familia	<i>Bignoniaceae</i>
Género	<i>Crescentia</i>
Especie	<i>C. alata</i> KUNTH

(Peralta, 2012)

Nombres comunes. Cuatecomate (México, Morelos); cirián (Morelos, Guerrero, Michoacán y Sinaloa); gua (lengua chinanteca, Oaxaca); ciriani (lengua tarasca, Michoacán); sam-mu, cham-mu (Chontal, Oaxaca); tecomate (Guerrero).

2.3.1. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

Es un árbol de entre 6 a 14 metros, y un diámetro promedio de 40.4 cm. Es una planta silvestre presente en ecosistemas de mangle, bosque tropical caducifolio y subcaducifolio, matorral xerófilo, bosque espinoso, bosque mesófilo de montaña, bosques de encino, pino mixto de pino-encino (Martínez, 1959 y Argueta y Gallardo 1994).

Su corteza es delgada de color café claro, con hendiduras longitudinales; tiene ramas largas y colgantes. Sus hojas tienen forma de cruz de 2 a 9 cm, enteras, coriáceas, glabras y se componen de tres hojuelas angostas de 3 a 9 cm con un periodo alargado y alado. Las flores son hermafroditas y despiden un olor desagradable la corola mide de 5 a 8 cm de largo y son de color amarillo-verdoso y morado -café, con líneas púrpuras y pétalos rizados.

La fenología de la planta (descrita para especies de Centroamérica) se define de la siguiente forma: presencia de brotes de hojas nuevas, de enero a abril, con el inicio de la temporada de lluvia; floración, de marzo a junio; y fructificación, de junio a septiembre (Peralta, 2012).

Los árboles empiezan a producir al quinto año de vida; a partir de entonces, se tienen dos cosechas por año la primera entre agosto y octubre y el segundo entre diciembre y abril, llegando a producir hasta 27 kg por año. Las semillas maduras y secas son grises; aplanadas y acorazadas. Cuando los rumiantes o caballos comen la pulpa, no destruyen toda la semilla, si no que algunas salen al estiércol, donde se conservan durante la época seca. Al pasar al tracto digestivo son tratadas por ácidos estomacales las cuales facilitan la germinación (Barrance, 2003).

2.3.2. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

C. alata es un elemento constitutivo de selvas bajas subperennifolias y caducifolias, en ocasiones de sabanas secas. En estos tipos de vegetación se localiza en los estados de Morelos (zona sur-oriente), Puebla (Mixteca poblana), Estado de México, Guerrero y Michoacán (cuenca del Balsas), Baja California, Sonora, Sinaloa, Colima, Oaxaca, Veracruz y Jalisco (Peralta, 2012).

2.3.3. UTILIZACIÓN EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL

Los frutos del cirian contienen cantidades importantes de proteína, carbohidratos y otros elementos que, según los productores, tienen un efecto directo en el aumento de la producción de leche (entre 25 y 50%).

Además autores indican que el uso de frutos de cirian disminuye los costos de producción, porque no es necesario comprar concentrados o melaza (Zamora *et al.*, 2001).

Olivares *et al.* (2013) observaron en corderos alimentadas con una dieta basada en heno de avena y con frutos de cirian observando una ganancia de peso 409 g/día en comparación con una a base de heno de avena (*ad libitum*) y 50 gramos de maíz molido obteniendo una ganancia diaria de peso de 400 g/día.

2.3.4. VALOR NUTRITIVO

Ávila *et al.* (2007), en un estudio sobre composición química de especies arbóreas en la selva baja caducifolia del municipio de la Huacana Michoacán encontró los siguientes resultados para los frutos de *C. alata*: MS 93.60%, Cenizas 9.17%, PC 8.49, FDN 29.86 y FDA 0.91.

2.3.5. FACTORES ANTINUTRICIONALES

El fruto de *C. alata* contiene compuestos tales como cianuro que podrían interactuar negativamente con el consumo de alimento. También en otros estudios de aceptabilidad variaciones en el consumo de materia seca fueron asociados con la composición química, compuestos secundarios que confieren propiedades organolépticas de los alimentos que interactúan con factores fisiológicos intrínsecos en el animal.

2.3.6. OTROS USOS

El aprovechamiento que se hace de esta especie es intensivo y de tipo tradicional.

- **Artesanal** [fruto, madera]. La cáscara dura del fruto con frecuencia se decora tallándola (grabados), puliéndola o pintándola en su exterior de manera artística. Se elaboran maracas y otros instrumentos musicales.
- **Combustible** [madera]. Leña.
- **Comestible** (bebidas, aceite) [semilla]. Las semillas secadas al sol y molidas se utilizan para elaborar aguas frescas de sabor dulce y agradable o se comen cocidas como complemento alimenticio. La semilla contiene 2.64 % de azúcar, 36.9 % de un aceite vegetal parecido al de cacahuete y de olivo.
- **Construcción** [madera]. Usos múltiples en la construcción.
- **Implementos de trabajo** [madera]. Implementos agrícolas (yugos) y mangos para herramientas.
- **Maderable** [madera]. Mazas, fustes de sillas de montar.
- **Medicinal** [fruto, hoja, raíz, flor]. Disentería, mal de orín, dolor de cabeza, problemas de la dentición. La infusión de la raíz se usa para el tratamiento de la diabetes y la infusión de las hojas como astringente para la diarrea y para tratamientos del cabello. Flor: se usa para retardar el parto. La pulpa del fruto cruda es emética, purgante y febrífuga, hervida se usa contra asma, bronquitis (dolores de los bronquios), expectorante, fortalece pulmones, para golpes internos, emoliente para curar heridas. También es

antimicrobiana y antiinflamatoria. La pulpa del fruto es venenosa para el ganado y los pájaros.

- **Melífera** [flor]. Apicultura.
- **Tutor** [toda la planta, corteza, madera]. Se han usado pedazos de la corteza y de la madera, así como el individuo completo para sostén de plantas de orquídea.
- **Uso doméstico** [fruto]. El fruto, una vez seco y vaciado de semillas, sirve como utensilio casero (jícaras o higüeros, vasos, cucharas, tazas) (Solares, 2004; CONABIO, 2010 y Peralta, 2012).

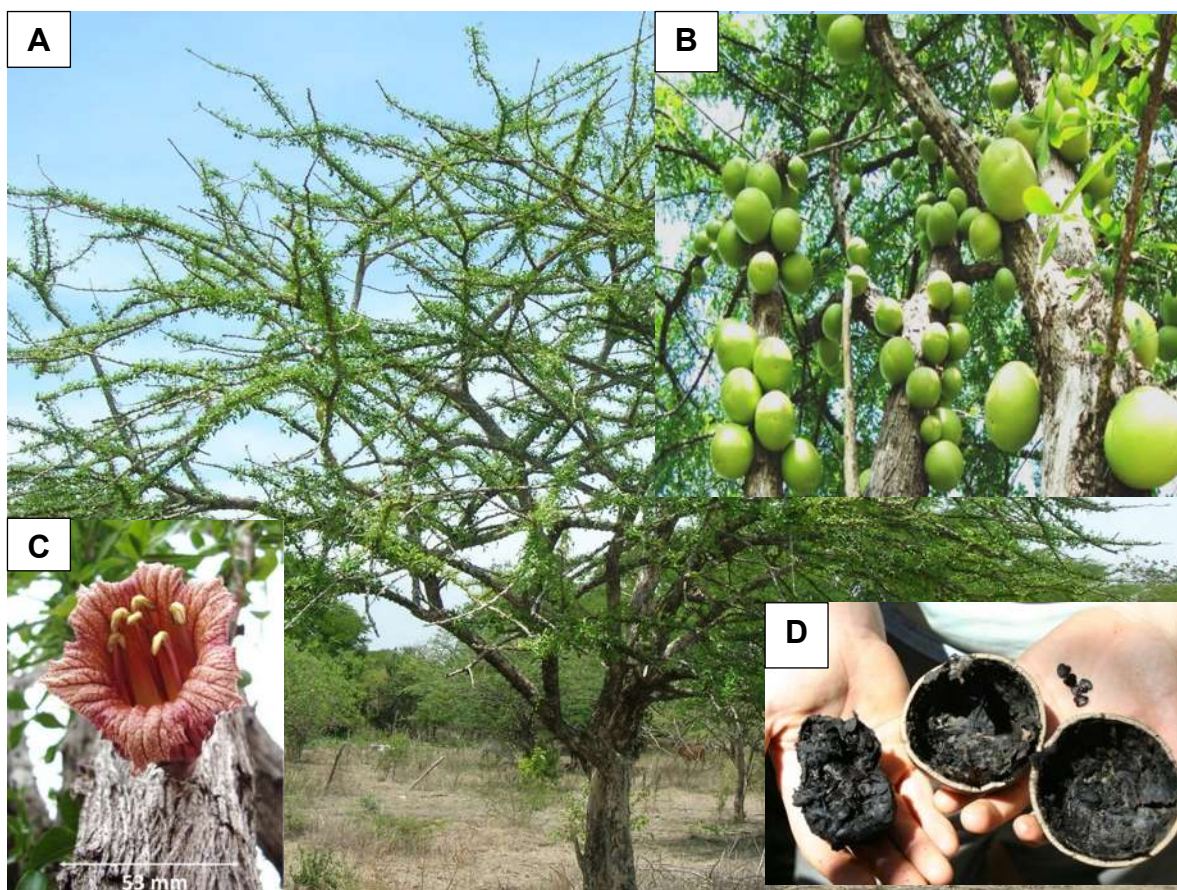


FIGURA. 2. CIRIAN (*Crescentia alata* KUNTH). A) Árbol B) frutos verdes C) flor D) Fruto maduro y semilla, (Peralta, 2012).

2.4. PAROTA (*Enterolobium cyclocarpum*) (Jacq.) Griseb.

Cuadro 4. Clasificación Taxonómica

Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Fanerógama</i>
Sub-división	<i>angiosperma</i>
Clase	<i>Dicotiledónea</i>
Familia	<i>Leguminosae</i>
Sub-familia	<i>Mimosoideae</i>
Género	<i>Enterolobium</i>
Especie	<i>cyclocarpum</i>
Nombre común	<i>parota</i>

Palma, (2005).

2.4.1. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA.

Forma. Árbol grande y llamativo, caducifolio, de 20 a 30 m (hasta 45 m) de altura, con un diámetro a la altura del pecho de hasta 3 m. **Copa / Hojas.** Copa hemisférica. El follaje es abundante, dando a la amplia copa una forma más ancha que alta. Libre de competencia por luz y puede alcanzar grandes diámetros. Hojas bipinnadas con 4 a 15 pares de pinnas opuestas, miden de 15 a 40 cm de largo; folíolos numerosos, de color verde brillante que se pliegan durante la noche.

Tronco / Ramas. Tronco derecho y a veces con pequeños contrafuertes en la base. Ramas ascendentes.

Corteza. *Externa* lisa a granulosa y a veces ligeramente fisurada, gris clara a gris pardusca, con abundantes lenticelas alargadas, suberificadas, dispuestas longitudinalmente. *Interna* de color crema rosado, granulosa, con exudado pegajoso y dulzón. Grosor: 2 a 3 cm.

Flor(es). En pequeñas cabezuleas pedunculadas axilares, de 1.5 a 2 cm de diámetro, sobre pedúnculos de 1.5 a 3.5 cm de largo. Flores actinomorfas, cáliz verde y tubular; corola verde clara, de 5 a 6 mm de largo.

Fruto(s). Fruto característico de la especie. Consiste en una vaina circular indehiscente, de 7 a 15 cm de diámetro, aplanada y enroscada, leñosa, moreno oscura, brillante, de sabor dulce. Contiene de 10 a 15 semillas.

Semilla(s). Semillas grandes, ovoides y aplanadas, de 2.3 por 1.5 cm, morenas y brillantes con una línea pálida con la forma del contorno de la semilla, rodeadas por una pulpa esponjosa y fibrosa de olor y sabor dulce. Presentan una testa extremadamente dura que impide la germinación hasta que una modificación estructural permita la hidratación del embrión.

Raíz. Sistema radical extenso y profundo.

Nombres comunes en México. Agucastle, Ahuacashle, Cuanacastle, Nacaste, Nacastillo, Nacastle (Oax.); Cascabel, Cascabel sonaja (Tamps.); Cuanacastli, Cuaunacastli (l. náhuatl); Juana costa (nombre comercial); Nacastle, Orejón (Ver.); Pich (Yuc.); Piche (Tab.); Orejón (S.L.P.); Cuytátsuic (l. popoluca, Ver); Guanacaste, (Sin.); Lash-matz-zi (l. chontal, Oax.); Ma-ta-cua-tze, Mo-cua-dzi. Mo-ñi-no (l. chinanteca, Oax.); Shma-dzi (l. chontal, Oax.); Nacascuahuitl; Parota (Mich., Gro., Jal.); Tutaján (l. mixteca, Oax.); Ya-chibe (l. zapoteca, Oax.); Tiyuhu (l. huasteca, S.L.P.) (CONABIO, 2015).

2.4.2. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

Se encuentra ampliamente distribuida en la vertiente del Golfo desde el sur de Tamaulipas hasta la Península de Yucatán y en la vertiente del Pacífico desde Sinaloa hasta Chiapas. Altitud: 0 a 800 m.

2.4.3. UTILIZACIÓN EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL

A esta planta entre abril y junio se le desprenden los frutos (semillas envueltas en su vaina) que son consumidos por los rumiantes, pero la mayor parte de las semillas son excretadas completas debido a la cutícula protectora que las envuelve (Velasco *et al.*, 1996).

Moscoso *et al.* (1995), cuando alimentaron borregos con dietas de 30% de pasto y con un concentrado con 0%, 12%, 24% y 36% del fruto de parota, logró un consumo de MS de 5.1% del peso vivo, ganancia de peso (GP) de 229 g por día y rendimiento de la canal de 49.5% similares en todos los tratamientos. Esto aprueba que el fruto de parota se les puede proporcionar en niveles de hasta un 40% en base a MS; sin embargo, la digestibilidad se afecta negativamente con niveles superiores, por lo que es probable que este fruto contenga factores que limiten la digestión de la proteína y el comportamiento alimentario (Álvarez *et al.*, 2003).

2.4.4. VALOR NUTRITIVO

E. cyclocarpum es mencionada por distintos autores acerca de la utilización como potencial alimenticio por sus componentes nutritivos para la formulación de dietas para humanos y animales.

Velasco *et al.* (1996), informan que la materia seca (MS) de la semilla con la vaina tienen concentraciones de 31.1%; (PC) 15.84%; de fibra cruda (FC) 57.3% y de extracto etéreo (EE) ,6.00 %, por lo que el fruto completo puede contenes más de 22 % de proteína y de 2.5 de EM por kg.

Por otro lado, tiene una digestibilidad *in vivo* de 69.47%, y se encontró que todo el fruto la semilla representa 35.6 %, y la vaina 63.1 % (García *et al.*, 2011).

2.4.5. FACTORES ANTINUTRICIONALES

De la semilla de *E. cyclocarpum*, se aisló ácido 2-3 diaminopropiónico, de la pulpa y cáscara las saponinas triterpénicas, que poseen propiedades ictiotóxicas y bactericida. En otros estudios se encontraron algunos carbohidratos en la exudación de la goma del tronco de *E. cyclocarpum*; después de la hidrólisis, éstos se identificaron como enlace alfa (1-3)-galactosa, L-arabinosa, rhamnosa y D-ácido glucurónico.

En lo que se refiere a la fracción de compuestos fenólicos (CF), Ojeda *et al.*, (2013), en su estudio han encontrado un total de 4.50 % en CF, taninos totales (TT) de 3.1%, taninos condensados (TC) 0.6% y una astringencia de 2.00%.

2.4.6. OTROS USOS

En relación a sus características agroindustriales, la madera de *E. cyclocarpum* se emplea en la fabricación de vigas y tablas para canoas, carretas, carpintería, ebanistería y para la producción industrial de tablas y lambrines.

También se obtiene pulpa para papel, aunque se indica que el aserrín de la madera es picante, causando irritación de la mucosa nasal y alergias en algunos individuos (Serratos *et al.*, 2008).

- **Adhesivo [exudado (látex)].** Gomas.
- **Artesanal [madera].** Especie maderable de importancia artesanal. Se elaboran juguetes y artículos torneados.
- **Combustible [madera, fruto].** Carbón. Los frutos maduros contienen un jugo gomo-resinoso que mezclado con la pulpa del mismo previamente macerada sirve para fabricar aglomerados de carbón. Produce buena leña muy usada en los hogares e industrias rurales. Uno de los beneficios más importantes es la leña. Tiene un poder calórico de 18 556 kJ/kg, lo que la ubica como especie recomendada como fuente energética.
- **Medicinales:** la goma que desprende el tronco tiene aplicaciones terapéuticas en casos de bronquitis, resfriados y hemorroides. En Costa Rica, parte de la corteza de este árbol se utiliza en la elaboración de jarabe para tratamientos de males respiratorios (Brook, 2000).

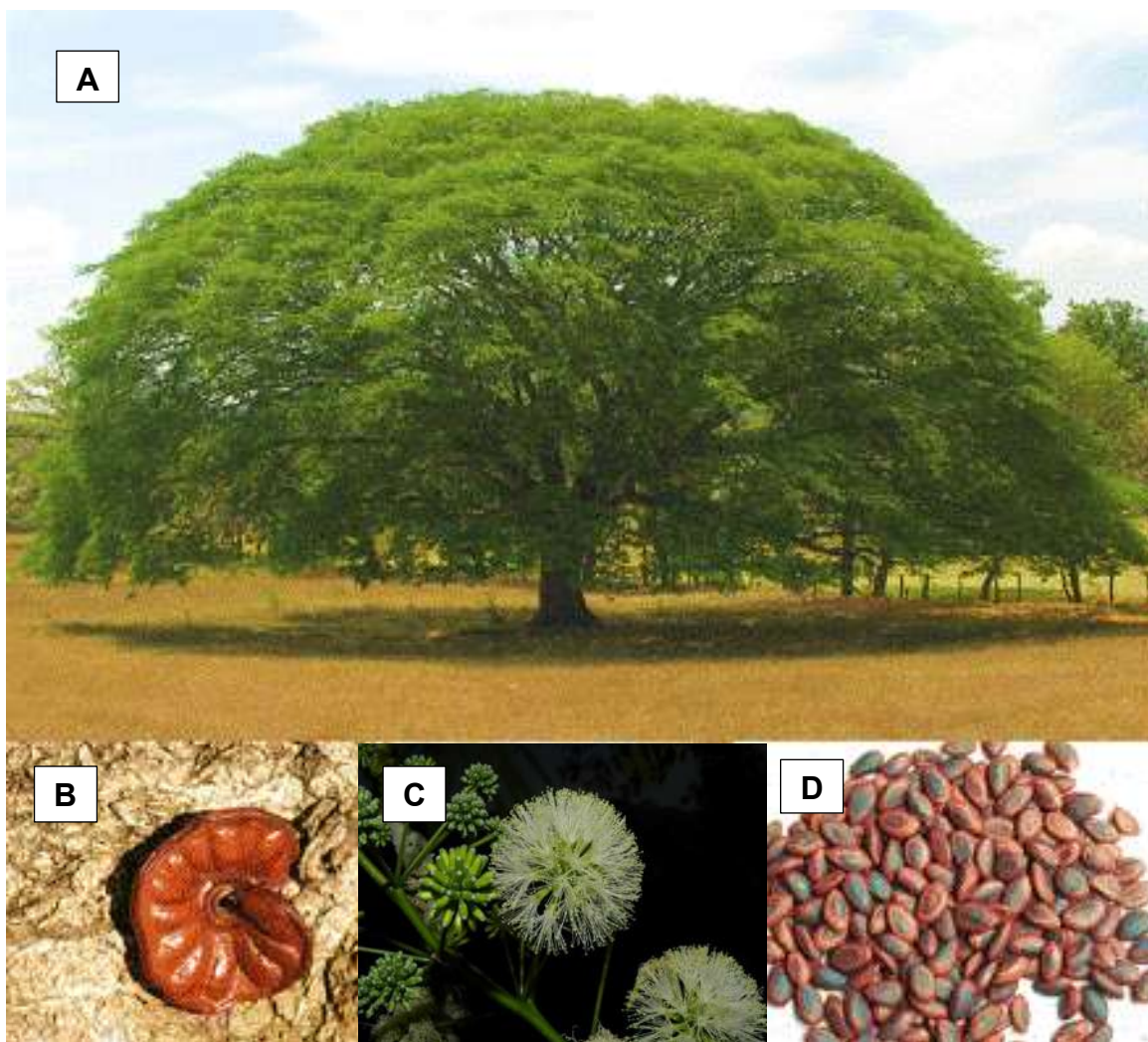


FIGURA 3. PAROTA (*Enterolobium cyclocarpum*) (Jacq.) Griseb. **A)** Árbol, **B)** fruto, **C)** flor, **D)** semillas. (Las plantas tropicales útiles, 2016).

2.5. MORINGA (*Moringa oleífera*)

Cuadro 5. Clasificación Taxonómica

Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Sub-división	<i>angiosperma</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Orden	<i>Brasicales</i>
Familia	<i>Moringaceae</i>
Género	<i>Moringa</i>
Especie	<i>Oleífera</i>
Nombre común	<i>Moringa</i>

(Foidl. 1999)

2.5.1. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

Se trata de un árbol perenne pero poco longevo, que a lo sumo puede vivir 20 años, aunque se han obtenido variedades en la India que son anuales. Es una especie de muy rápido crecimiento. Aporta una elevada cantidad de nutrientes al suelo, además de protegerlo de factores externos como la erosión, la desecación y las altas temperaturas, puede crecer hasta una altura de 10-12 m. Las raíces son profundas. El fuste es torcido, generalmente de un solo tallo, pero a veces se bifurcó desde la base. La corteza es de color gris. Las ramas son frágiles y caída, con un follaje plumoso (Pérez *et al.* 2010).

Las ramitas y brotes están cubiertos de pelos cortos, densos de color violeta o blanco verdoso en color.

Las hojas de moringa son alternas, compuestas 7-60 cm de largo, entrepinadas que lleva 4-6 pares de folíolos que son de color verde oscuro, elípticas a obovadas, y 1-2 cm de longitud. Las inflorescencias son de 10-20 cm de largo,

extendiéndose panículas que llevan muchas flores fragantes. Las flores de moringa son pentámeras, 7-14 mm de largo y de color blanco a crema en color. El fruto es de color verde cuando son jóvenes y se vuelve marrón en la madurez. Las divisiones de frutas maduras se abren a lo largo de cada ángulo para exponer las semillas. La cápsula contiene 15-20 redondeadas semillas aceitosas, de 1-1,5 cm de diámetro rodeado de 3 alas parecidas al papel, de hasta 2,5 cm de largo. Semillas de Moringa contienen una gran cantidad de aceite (Bosch, 2004; Orwa *et al.*, 2009 y FAO, 2014).

2.5.2. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

M. oleífera es la especie más conocida del género Moringa. Es un árbol originario del sur del Himalaya, el nordeste de la India, Bangladesh, Afganistán y Pakistán. Se encuentra diseminado en una gran parte del planeta, y en América Central fue introducida en los años 1920 como planta ornamental y para cercas vivas. (Foidl, 1999).

2.5.3. UTILIZACIÓN EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL

García *et al.* (2009) evaluaron a *M. oleífera* en la fase de vivero y en la producción de biomasa para ofrecerlo a los animales como complemento alimentario, y señalaron que es un recurso filogenético que se debe considerar en los sistemas ganaderos en las condiciones de trópico seco.

Las hojas de moringa son una valiosa fuente de proteínas para los rumiantes, pero tienen un sabor moderado. Se utilizan en la cría de conejos en varios países africanos.

El uso de hojas de moringa para la alimentación de aves de corral, cerdos y peces es factible, pero sólo en cantidades limitadas debido a la presencia de fibra y factores antinutricionales. La torta de Moringa, el subproducto de la extracción del aceite, no es muy apetecible para el ganado y se utilizan principalmente como abono verde o un agente floculante en la purificación del agua. Las hojas de moringa son típicamente ofrecidas en fresco a los rumiantes. Sin embargo, han sido ensilado solo, o en mezclas con caña de azúcar, para aumentar el valor nutritivo del ensilaje (Mendieta *et al.*, 2009).

Moringa oleifera es un importante producto alimenticio que ha tenido una enorme atención principalmente en la nutrición de los trópicos. Las hojas, flores y frutos, vainas inmaduras de este árbol se utilizan como un alto valor nutritivo vegetal en muchos países, sobre todo en la India, Pakistán, Filipinas, Hawai y muchas partes de África. En Filipinas, se le conoce como 'la mejor amiga de la madre ', debido a su utilización para aumentar la producción de leche de la mujer y es puede ser prescrito para la anemia (Anwar *et al.*, 2005).

2.5.4. VALOR NUTRITIVO

Los frutos tienen cualidades nutritivas sobresalientes, que están entre las mejores de todos los vegetales perennes. El contenido de proteína es del 27%; además tienen cantidades significativas de calcio, hierro y fósforo, así como vitamina A y C. Este valor nutricional es particularmente importante en áreas donde la seguridad alimentaria se puede ver amenazada por períodos de sequía, pues las hojas de moringa pueden cosecharse durante las épocas secas, cuando no hay otros vegetales frescos disponibles (Folkard, 1996).

Las hojas de moringa son una buena fuente de proteína digestible, MO digestible y energía para los rumiantes y, por lo tanto, un suplemento de proteínas de alto valor. Además, son un complemento mineral valioso cuando los minerales son limitados o no están disponibles. La palatabilidad del forraje moringa se ha informado de que sólo la media. Las hojas de moringa podrían complementar con éxito las dietas de forraje de baja calidad y mejorar el rendimiento de los animales. Sin embargo, cuando se incluye en rumiantes dietas para reemplazar concentrados (comercial, harina de girasol, harina de soya), el rendimiento del animal tendía a reducirse (Bosch, 2004; FAO, 2014).

2.5.5. FACTORES ANTINUTRICIONALES

Muchas plantas contienen una buena cantidad de proteína o vitaminas, pero las sustancias antinutritivas que también pueden llegar a tener vuelven su consumo desagradable o hasta peligroso. Por ejemplo, el mezquite contiene cantidades importantes de ciertas proteínas, pero también inhibidores de tripsina.

La tripsina es un tipo de proteasa, es decir, una enzima que digiere proteínas. Los inhibidores de las proteasas interfieren con la digestión y su presencia en las plantas podría servir para ahuyentar a los herbívoros en el ambiente natural de la planta (Olson y Fahey, 2011).

Otras sustancias antinutritivas incluyen los taninos, las sustancias amargas que tiñen la corteza de los árboles de color café. Los taninos son compuestos que se unen fuertemente a las proteínas, convirtiéndolas en no digeribles. Por su parte, las saponinas, sustancias de comportamiento "jabonoso" que también son

amargas y a veces tóxicas, son glucósidos que disminuyen la tensión superficial en soluciones acuosas, produciendo una espuma estable y también son capaces de hemólisis (desintegración de los glóbulos rojos).

Finalmente, las lectinas son glicoproteínas que se unen a los mucopolisácaridos de la pared intestinal y se pueden considerar como auténticas enterotoxinas. La moringa se destaca porque, a pesar de su alto contenido de proteínas y vitaminas, contiene muy bajos niveles de sustancias antinutritivas.

Makkar y Becker (1996) mostraron que las hojas de moringa contenían cantidades despreciables de taninos; asimismo, sus análisis no arrojaron indicios ni de lectinas ni de inhibidores de tripsinas. Encontraron saponinas, pero en cantidades bajas, más o menos equivalentes a los niveles registrados en los frijoles de soya, es decir, en niveles inocuos y no encontraron actividad hemolítica, además de contar con altos niveles de aminoácidos esenciales, vitaminas y antioxidantes, los estudios indican que el consumo de la moringa no presenta riesgo, pues contiene niveles bajos de factores antinutritivos.

Es necesario mencionar que algunos glucosinolatos pueden ser bociógenos al interferir con la función de la tiroides. En *Moringa* los glucosinolatos parecen ser elementos clave en la prevención del cáncer, por lo que resulta esencial saber si la planta contiene glucosinolatos bociógenos. Es ampliamente conocido que las plantas de la familia Brassicaceae, parientes no tan lejanas de Moringaceae, contienen el glucosinolato progoitrina que, al hidrolizarse, libera la sustancia bociógena oxazolidonetiona.

Además, muchos de los glucosinolatos formados alrededor de la molécula indola presentan actividad bociógena. Sin embargo, en todos los estudios del contenido fitoquímico de la moringa, se ha encontrado que no contiene progoitrina y que los niveles de glucosinolatos indola son bajísimos, por lo tanto, no existe actualmente información que apunte a un riesgo bociógeno de la moringa. Sin embargo, existe la posibilidad de que algunos de los tiocianatos que contiene podrían presentar actividad bociógena en cantidades muy altas y mucho más allá de lo que se encontraría en una dieta normal, otra área potencial de investigación (Anwar *et al.*, 2005).

2.5.6. OTROS USOS

El aceite de semilla de moringa se valoró en la fabricación de perfume en el antiguo Egipto, la antigua Grecia y el Imperio Romano (Orwa *et al.* 2009; Bosch, 2004).

El aceite de Moringa tiene diversas aplicaciones industriales. Se utiliza en la industria del perfume, ya que conserva fácilmente su fragancia y no es propenso a la rancidez, y en la fabricación de pinturas y lubricantes (Bosch, 2004; Foid *et al.* 2001).

El aceite de Moringa tiene cualidades necesarias para una materia prima del biodiesel (Rashid *et al.*, 2008). La torta de aceite resultante de la extracción de aceite de semilla contiene aproximadamente 1% de las proteínas que se unen a las partículas minerales y materia orgánica en la purificación del agua potable. Son una alternativa natural a la alúmina tóxica utilizada generalmente para el tratamiento de agua.

Estas proteínas también se utilizan para ayudar a la sedimentación de las fibras en las industrias de jugo y de la cerveza. La madera Moringa es suave y sólo se puede utilizar para construcciones ligeras, pero puede producir fibra para cuerdas y esteras, así como pulpa para la industria del papel. Su corteza es una fuente de colorante (Bosch, 2004; Foidl *et al.*, 2001). Se han extraídos Fitohormonas de hojas de moringa se ha demostrado que tienen un efecto potenciador del crecimiento en varias plantas, incluyendo negro gramo, cacahuete, soja, caña de azúcar y café. Rociar el extracto de hoja de moringa en las hojas aumento de la producción de plantas en un 20-35% (Foidl *et al.*, 2001)

Uso medicinal: Las semillas de Moringa contienen Pterygospermin, un potente antibiótico y fungicida eficaz contra *Staphylococcus aureus* y *Pseudomonas aeruginosa*. En las Filipinas, debido a su alto contenido de hierro, hojas de moringa se utilizan en el tratamiento de anemia. La raíz y corteza moringa se utilizan en problemas cardíacos y circulatorios (Orwa *et al.*, 2009).

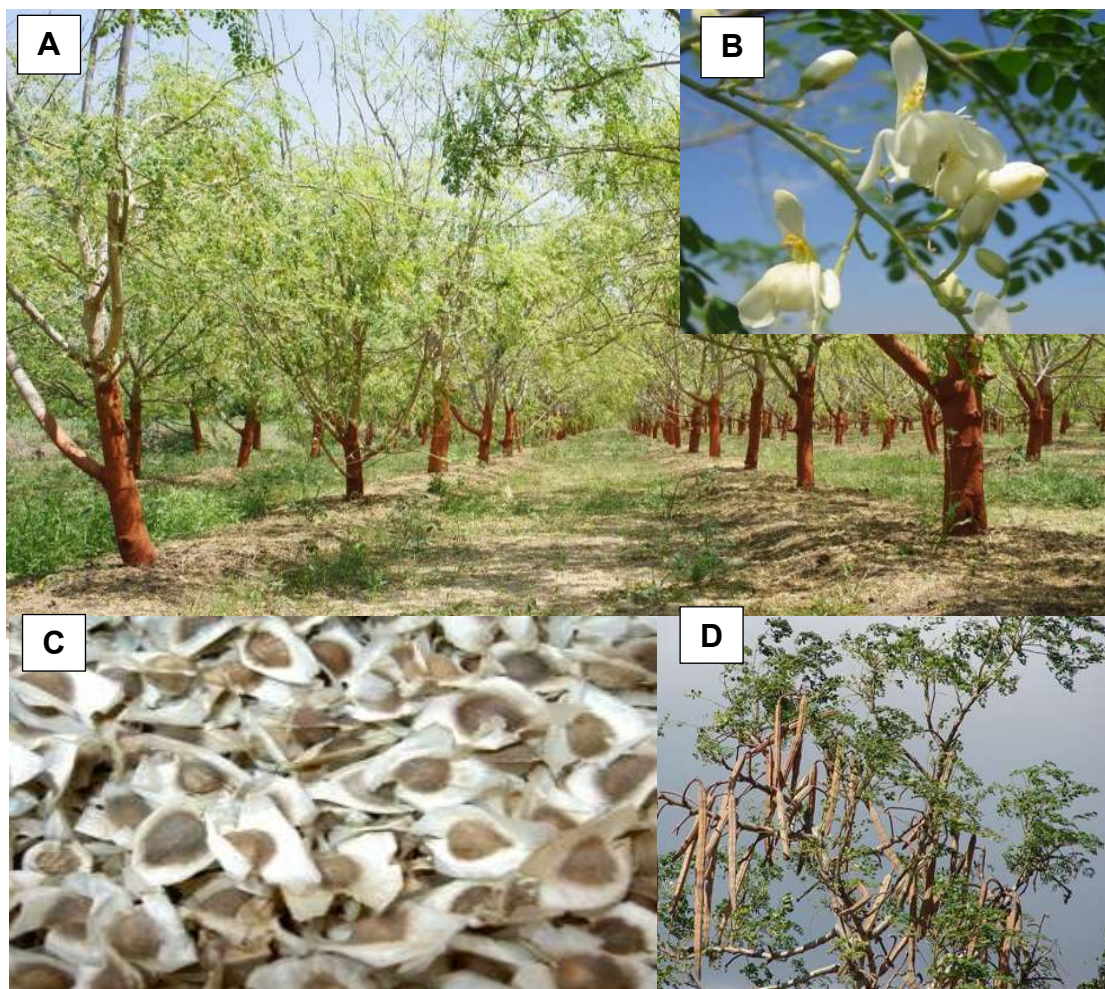


FIGURA 4. MORINGA (*Moringa oleifera*). A) Árbol, B) flor. C) semillas, D) vainas. (Feedipedia, 2012)

3. TÉCNICAS PARA ESTIMAR LA DIGESTIBILIDAD DE LOS FORRAJES EN RUMIANTES.

Los animales rumiantes poseen una característica que los hace únicos: la capacidad de aprovechar los componentes fibrosos de los vegetales que para el resto de los mamíferos (con excepciones, como aquellos que fermentan la fibra en el colon, ciego o recto) resultan indigeribles. Esta capacidad de los rumiantes se produce gracias a la simbiosis que se establece entre ellos y ciertos grupos de microorganismos en el complejo ecosistema que constituye el rumen. En esta asociación, la mayor parte del alimento ingerido por el rumiante es fermentado por los microorganismos antes de pasar a tramos posteriores del tracto digestivo, modificándose considerablemente; debido a ello, la cuantificación de estos procesos constituye un punto clave para la valoración nutritiva de los alimentos, aspecto que resulta especialmente complejo en los rumiantes (Martínez, 2009).

Por otra parte, el conocimiento del valor nutritivo de los alimentos es de vital importancia, pues de él depende la producción y en gran medida el bienestar de estos animales, esto debido a que la calidad nutritiva de los forrajes está en función de la proporción y el nivel de consumo, de la digestibilidad, del contenido de nutrientes y la eficiencia en que estos pueden ser metabolizados y utilizados por los animales (Barnes y Marten, 1979).

Durante el proceso digestivo, una porción de los carbohidratos estructurales pueden ser hidrolizados, fermentados y degradados por los microorganismos ruminales, lo que permite al animal aprovechar los productos finales como los ácidos grasos y el amoníaco principalmente, así como una parte de la proteína

dietética; además, parte de los microorganismos ruminales son también el origen de proteínas y aminoácidos que son aprovechadas en el tracto digestivo del rumiante como proteína de origen microbiano. Una vez degradados los nutrientes de los forrajes, la digestibilidad hace referencia a la cantidad de alimento que desaparece en el tracto digestivo o en un procedimiento de laboratorio debido a su solubilización o ataque por los microorganismos anaerobios ruminales. La digestibilidad de los forrajes permite estimar la proporción de nutrientes presentes en el alimento, que tienen potencial de ser absorbidos por el tracto digestivo (Giraldo *et al.*, 2009).

El conocimiento de la degradabilidad y la digestibilidad de los alimentos son fundamentales para establecer su valor nutritivo y por tanto, para la formulación de raciones para rumiantes (Bochi-Brum *et al.*, 1999).

Las características de fermentación de los alimentos en el rumen pueden ser estudiadas por métodos: *in vivo*, *in situ* e *in vitro*.

En los estudios *in vivo* los alimentos sólo pueden ser evaluados en raciones totales, incluyendo la degradabilidad *in situ* o *in vivo* parcial, o de la bolsa de nylon son consideradas las más exactas, este es un proceso laborioso y costoso que requiere el empleo de altas cantidades de alimento, uso de alta mano de obra y la disposición de instalaciones para su cuidado, por lo tanto se han propuesto distintos métodos alternativos, entre ellos los procedimientos *in vitro* para la estimación de la digestibilidad, los que pueden realizarse cuando se dispone de pequeñas cantidades de muestra. (Bochi-Brum *et al.*, 1999; Giraldo *et al.*, 2009).

En los últimos años varias técnicas *in vitro* han sido desarrolladas, las cuales tuvieron su auge en el mundo a partir de la década del 60 con el desarrollo de la técnica de Tilley y Terry, (1963) para medir la digestibilidad *in vitro* de la materia seca. Posteriormente la evaluación se enriqueció en la década siguiente con la técnica de Van Soest para cuantificar la fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA) y lignina. Desde entonces estos parámetros, conjuntamente con la determinación de proteína bruta (PB), constituyeron el pilar de la evaluación de recursos forrajeros en el mundo y en el país. Sin embargo existen otros criterios para evaluar la calidad de los forrajes y cada laboratorio usa el que considera más conveniente (Giraldo *et al.*, 2009).

3.1. TÉCNICA *IN SITU*

El estudio de los procesos digestivos de los rumiantes ha estado tradicionalmente ligado al uso de individuos fistulados en diferentes niveles del tubo digestivo (rumen, abomaso, duodeno o íleon, principalmente).

Estas técnicas que implican intervenciones quirúrgicas invasivas son cada vez más difíciles de justificar. Existen directivas que ya regulan y acota la utilización de animales experimentales desde hace más de dos décadas, y es de esperar que en los próximos años se endurezcan aún más las limitaciones, atendiendo a razones éticas y de bienestar animal (Martínez, 2009).

3.2. BOLSA DE NYLON (*IN SACCO*)

Otra de las formas de estimar la degradabilidad ruminal es el método de la bolsa de nailon o dacron, también llamado *in situ* o *in sacco*, que consiste en la introducción del alimento a estudiar en bolsas de poliéster o de nailon de tamaño

de poro conocido, situando un número determinado de horas en el interior del rumen, para posteriormente ser retiradas. La desaparición del sustrato se calcula por diferencia de peso seco de las bolsas antes y después de haber sido incubadas, y proporciona una útil manera de predecir las tasas y el grado de desaparición de los constituyentes del alimento, así como el consumo voluntario, dado que la incubación se realiza en el interior del animal, la técnica de la bolsa de nailon no puede ser considerada un método *in vitro*, aunque su uso continúa estando muy extendido. Martínez, (2009).

3.3 MÉTODO *IN VITRO*

Los métodos *in vitro* que han sido utilizados más ampliamente desde su introducción en 1963 son el de Tilley y Terry y el de Van Soest *et al.* (1966) considerados los procedimientos más exactos para la predicción de la digestibilidad en rumiantes (Martínez, 2009).

El método de Tilley y Terry se considera un método referente para calcular la digestibilidad en alimentos para rumiantes, el cual ha sido modificado y adaptado según el tipo de alimento a analizar, al igual que se han desarrollado y probado diferentes tampones de dilución para ajustar el pH del inóculo (Aufrere y Michelet, 1988).

Pese a su exactitud y a todas las modificaciones y adaptaciones, este método sigue siendo un procedimiento que consume mucho tiempo y trabajo, además cada alimento debe incubarse por separado, limitando el número de muestras a ser analizadas por corrida o tanda.

Cuando se introdujo el sistema estadounidense ANKOM (ANKOM 2000 Automated Fiber Analyzer) en el mercado, se buscaba simplificar la estimación de digestibilidad *in vitro*. El método consiste en digerir muestras de alimentos en pequeñas bolsas dentro de moldes de plástico que rotan permanentemente dentro de una cámara aislada y mantenida a 39° C. Esta técnica aporta predicciones relativamente precisas de degradabilidad aparente y verdadera. Esta técnica presenta algunos inconvenientes similares a los descritos para la técnica de la bolsa de nailon, es decir, la eventual pérdida de partículas solubles o muy pequeñas del alimento, factor que limita el tipo y el procesamiento de las muestras a analizar. Además, los posibles efectos asociativos entre alimentos incubados en un mismo frasco de fermentación podrían influenciar los resultados, aunque no encontró evidencias de ello. A pesar de esto, la técnica ANKOM representa un medio rápido y conveniente para determinar la tasa y extensión de la degradación de alimentos *in vitro* (Martínez, 2009).

3.3.1 LA TÉCNICA DE TILLEY Y TERRY (1963)

En el año 1963, Tilley y Terry publicaron un trabajo en el que se describía una sencilla técnica para la determinación *in vitro* de la degradabilidad de la materia seca y de la materia orgánica de pequeñas cantidades de sustrato incubadas en recipientes (tubos o botellas) de vidrio en presencia de inóculo ruminal, pepsina, distintas cantidades de solución amortiguadora, minerales y una solución reductora. La fermentación se estimaba por desaparición gravimétrica del sustrato.

3.3.2 TÉCNICA DE PRODUCCIÓN DE GAS *IN VITRO*

Como se ha mencionado previamente, cuando se incuba en el laboratorio un alimento con fluido ruminal en condiciones de anaerobiosis y a una temperatura similar a la del rumen, los carbohidratos son fermentados por los microorganismos, produciéndose ácidos grasos volátiles (AGV) (principalmente de cadena corta, acético, propiónico y butírico y gases (fundamentalmente CO₂, CH₄ e H₂; y células microbianas, al igual que ocurre *in vivo* en el rumen (Wolin *et al.*, 1997) Por lo tanto, la medida de la producción de gas *in vitro* puede ser (y tradicionalmente ha sido) utilizada para estimar la tasa y extensión de la digestión de los alimentos y el estudio de la cinética de fermentación, ya que la producción de gas depende de la composición del sustrato, de las comunidades microbianas que se establezcan en el cultivo y de la utilización de los nutrientes por parte de las bacterias para su crecimiento. (Van Soest, 1993).

Los gases se producen directamente como consecuencia de la fermentación del alimento, y también de forma indirecta a través del tamponamiento de los ácidos con el bicarbonato del buffer, proceso en el cual se libera CO₂, aproximadamente el 60% de la producción total de gas según (Getachew, 1998).

En Menke *et al.*, (1979), a partir de datos provenientes de 89 experimentos, encontraron una alta correlación entre la producción de gas *in vitro* y la digestibilidad aparente de la materia orgánica *in vivo*, y desde este momento la técnica de producción de gas fue adoptada como un método rutinario para predecir la digestibilidad de la materia seca con la ayuda de un modelo matemático

(una ecuación de regresión múltiple). También se han observado también esta correlación significativa entre la medida de gas *in vitro* y la digestibilidad *in vivo*.

Al igual que otras técnicas de bioensayo, la técnica de producción de gases emplea sustratos molidos, medio anaeróbico, temperatura de 39° C e inóculo ruminal. La técnica puede medir el volumen de gas a presión atmosférica constante, la presión de gas a un volumen fijo, o hace una combinación de ambos procedimientos; disponiendo para tal efecto de metodologías manuales, semiautomáticas y automáticas.

Los perfiles de producción de gas obtenidos pueden ajustarse a diferentes ecuaciones para resumir la información cinética, permitiendo la comparación de los sustratos, la evaluación de diferentes ambientes de fermentación y la obtención de las tasas de fermentación de los constituyentes solubles y estructurales. Si determinaciones gravimétricas son realizadas a determinados intervalos de tiempo, la producción de gas por unidad de materia seca o de materia orgánica puede ser cuantificada (Posada y Noguera 2005).

En las técnicas de simulación *in vitro* el grado de control sobre las unidades de fermentación es mucho mayor, el coste de mantenimiento (económico, temporal y de personal) se reduce considerablemente, las cantidades de dietas experimentales son mucho menores. Así, la producción de gas *in vitro* complementada con análisis químicos en el residuo (como la FDN, FAD, proteína, etc.) permitirá ofrecer una información precisa acerca del valor nutritivo de los alimentos.

En este enfoque, la determinación del residuo nos informa de cuánto sustrato se utiliza en la fermentación, y la medida de gas refleja cuánto de este sustrato fermentado se convierte en VFA y gases (Martínez, 2009).

Ha sido recientemente demostrado que la medida de la producción de gas *in vitro*, cuando se combina con medidas de la degradabilidad real del sustrato puede utilizarse para predecir el reparto del alimento degradado entre la síntesis de proteína microbiana y los AGV (proporción del alimento que es fermentado y del que es derivado al crecimiento microbiano), así como el CO₂, CH₄ y H₂ producidos. Así, como la evaluación de la toxicidad de algunos compuestos secundarios y el estudio del efecto de algunos aditivos alimentarios en la fermentación ruminal (Ammar *et al.*, 2004).

III. HIPOTESIS

La utilización de frutos y semillas de las especies arbóreas del trópico seco Michoacano, en diferentes porcentajes de inclusión, es un recurso que contribuye a mejorar la dieta de los rumiantes.

IV. OBJETIVOS

- Evaluar la calidad nutritiva de los frutos y semillas mediante la determinación de materia seca (MS), proteína cruda (PC) y fibra detergente neutra (FDN).
- Comparar la producción de gas y digestibilidad *in vitro* de diferentes porcentajes de inclusión de frutos y semillas de árboles del trópico michoacano con potencial forrajero utilizando como grupo control a un alimento comercial.
- Medir el efecto de asociación sobre la degradabilidad de la (MS) y cinética ruminal de cada una de los frutos y semillas arbóreas, con los diferentes porcentajes de inclusión.

V. MATERIAL Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia y en el Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, ubicados en el municipio de Tarímbaro, Michoacán, en el km 9.5 de la carretera Morelia-Zinapécuaro.

5.1. Colecta y procesamiento de semillas: entre los meses de enero a junio de 2015, se obtuvieron de árboles frutos maduros de moringa (*Moringa oleífera*), parota (*Enterolobium cyclocarpum*), cirian (*Crescentia alata*), y cascalote (*Caelsapinia coriaria*). Se realizó un muestreo de 20 frutos en 10 árboles de cada especie, en 15 ranchos ganaderos en el municipio de Apatzingán del estado de Michoacán, el cual se ubica al sureste del estado del estado, entre los 19° 14' de latitud norte y 102° 11'' de longitud oeste. La altitud media de los municipios es de 300 metros sobre el nivel del mar. En la región predomina el clima tropical sub-húmedo (AwG) con lluvias en verano (INEGI, 2000).

Los frutos, según su tamaño se deshidrataron a 65° C, durante 24 y 72 h, se trituraron en un molino mecánico con una criba de 0.25 cm. El tamaño final de la partícula se ajustó a 1mm. Las muestras se almacenaron en desecadores de vidrio, protegiéndolos de la radiación solar. En todas las muestras se realizó un análisis bromatológico mediante el método descrito por la AOAC, 1990.

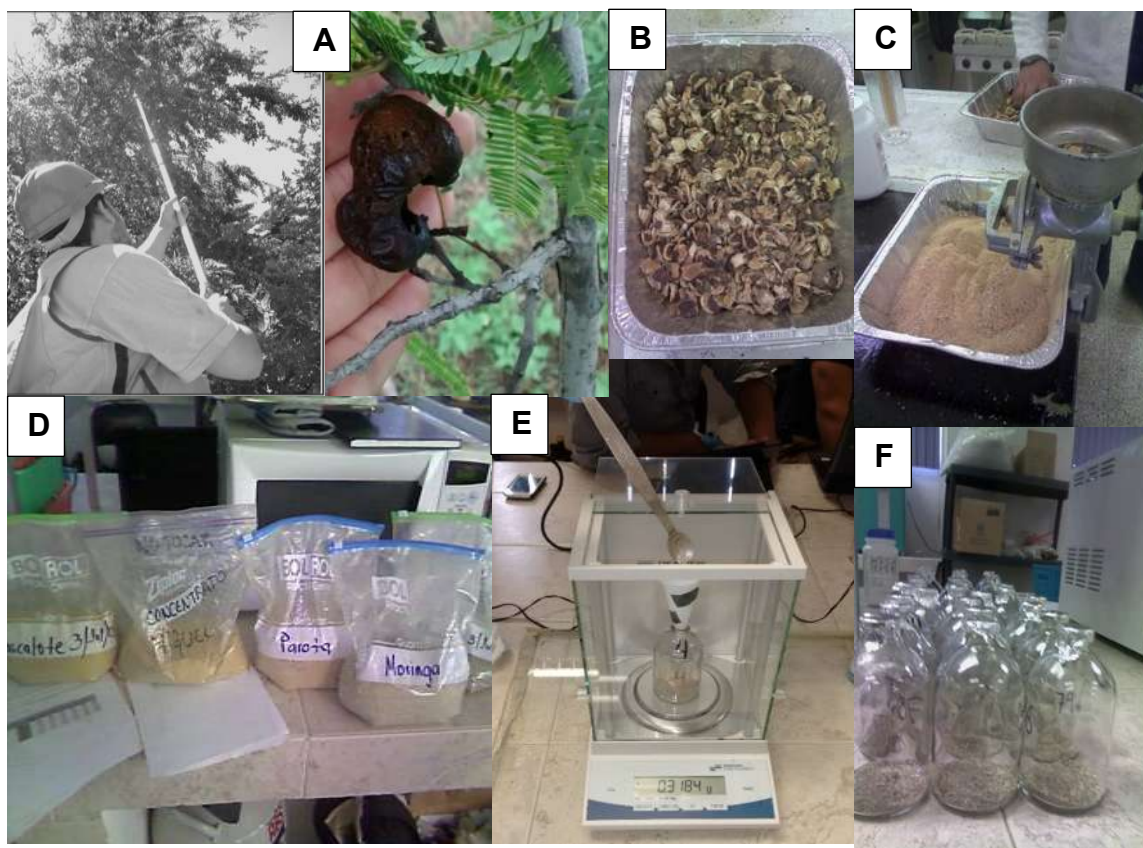


FIGURA 5. **A)** Colecta de semillas, **B)** Deshidratación, **C)** pulverización de los frutos, **D)** harina de los frutos, **E)** báscula de precisión para obtención de MS, **F)** frascos con de MS listos para la inoculación (Fotos del autor).

5.2. Tratamientos: el sustrato base de los tratamientos fue pasto llanero (*Andropogon gayanus*) con inclusión del 10, 20 y 30% de cascalote, parota y cirian respectivamente, y 5, 10, 15 % de moringa, balanceándose en 0.99 g de la materia seca. Como grupo control se considera la inclusión de diferentes porcentajes de un alimento comercial para vacas lecheras con un 12 % de proteína cruda (5, 10, 15, 20 y 30%).

5.3. Producción de gas *in vitro*: la técnica a utilizar para evaluar la degradabilidad del sustrato fue la de producción de gas *in vitro* (Theodorou *et al.*, 1994).

Para la extracción del inóculo de jugo ruminal se contó con tres vacas Holstein secas, alimentadas con 80% de forraje y 20% de alimento concentrado. La extracción se realizó por sondeo orogástrico con una bomba manual de vacío, con previa sedación química del animal (clorhidrato de xilazina).

Para el cultivo se utilizó 0.999 g de MS del sustrato tratado, además de 90 ml de solución saliva artificial y 10 ml de jugo ruminal en frascos de 125 ml de capacidad, que se sellaron herméticamente



FIGURA 6. **A)** Sondeo orogástrico para obtención del inóculo, **B)** filtrado, **C)** control de temperatura (Fotos del autor).

5.4. Preparación de saliva artificial: La saliva artificial se preparó con los reactivos y soluciones que se muestran en **Cuadro 6**; para su preparación se siguió el orden estricto que se marca y se dejaron lista para después de la colecta del inóculo ruminal se pudiera reparar el medio de cultivo para los frascos.

El orden de la preparación del medio fue la siguiente (al momento de la preparación del medio, todas las soluciones se mantuvieron a 39-39.5 °C):

- a) Agua destilada (1) + Solución Buffer (2) + Solución Elementos principales (3) + Solución de elementos Traza (4) + Solución de Rezarsurina (5)
- b) Gaseado con CO₂
- c) Solución reductora

En el inciso “a” la solución se tornó de una coloración azulado; después de gasear con CO₂ y la solución reductora se tornó de una coloración rosada, la cual indico que el pH se encontraba en óptimas condiciones para mezclar el inóculo, el sustrato y la saliva artificial.

La mezcla de todos los componentes del medio de cultivo, (medio de cultivo con el fluido ruminal y su dosificación 90 ml) se realizó en condiciones de anaerobiosis (gaseado continuo con CO₂) y a una temperatura a 39°C.

Tras la dosificación, los frascos se cerraron herméticamente con un tapón de caucho, se precintaron con cápsulas de aluminio y se colocaron en una estufa de cultivo a 39°C.

Cuadro 6. Orden de los reactivos y cantidad para la preparación del medio de cultivo.

Orden	Reactivo	Cantidad por litro	Unidad de medida	Cantidad por frasco	Unidad de medida
1	Agua destilada	520.2	ml	46.82	ml
2	Solución Buffer	208.1	ml	18.73	ml
2.1	Agua destilada	1000	ml		
2.2	NaHCO ₃	35	g		
2.3	(NH ₄)HCO ₃	4	g		
3	Macrominerales	208.1	ml	18.73	ml
3.1	Agua destilada	1000	ml		
3.1	Na ₂ HPO ₄	5.7	g		
3.3	KH ₂ PO ₄	6.2	g		
3.4	MgSO ₄	0.6	g		
4	Oligoelementos	0.104	g	0.09	ml
4.1	Agua destilada	100	ml		
4.1	CaCl ₂ .2H ₂ O	13.2	g		
4.3	MnCl ₂ .4H ₂ O	10	g		
4.4	CoCl ₂ .6H ₂ O	1	g		
4.5	FeCl ₃ . 6H ₂ O	0.8	g		
5	Indicador de pH	1	ml	0.017	
5.1	Agua destilada	100	ml		
5.2	Resarzurina	100	mg		
6	Sol. reductora	62.4	ml	5.619	ml
6.1	Agua destilada	950	ml		
6.2	Cisteína HCL	6.25	g		
6.3	NaOH IN	40	ml		
6.3.1	Agua destilada	100	ml		
6.3.2	NaOH	0.4023	g		
6.4	Na ₂ S x 9 H ₂ O	6.25	g		

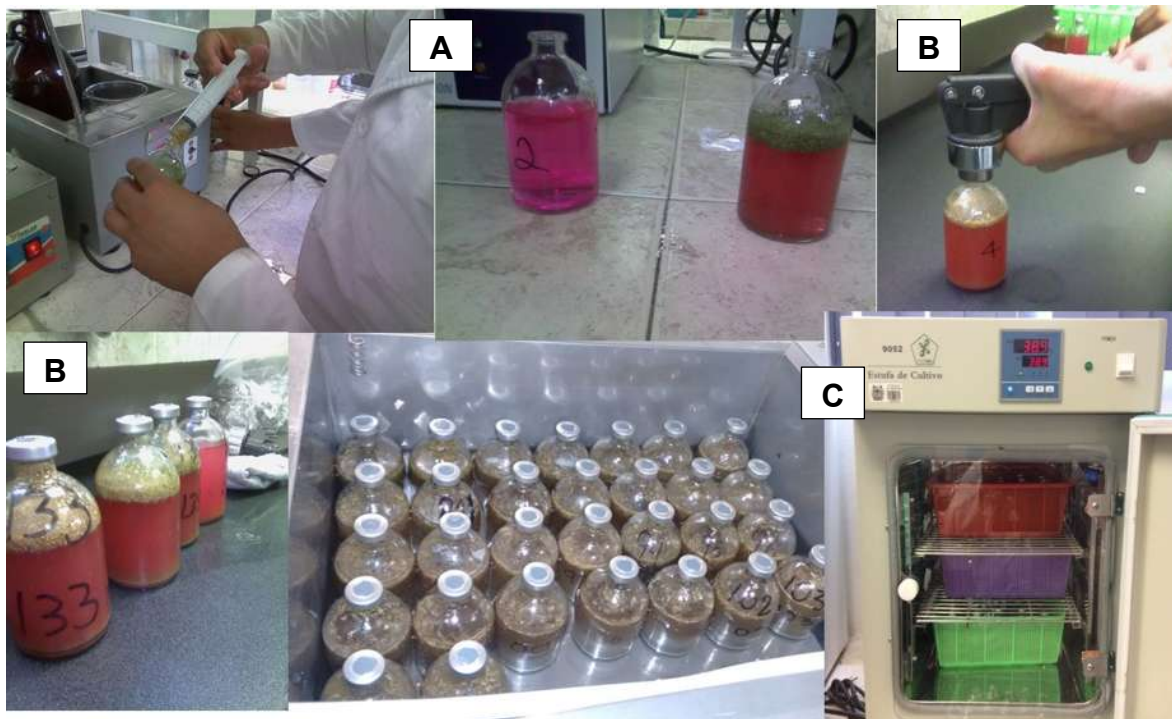


FIGURA 7. **A)** Proporción del inoculo y medio de cultivo a los frascos; **B)** sellado; **C)** estufa de cultivo (Fotos del autor).

Durante el cultivo, se realizó la lectura de gas cada 4 h, durante 96 h de cultivo. La lectura de producción de gas se efectuó en tiempo real en intervalos de cuatro horas, utilizando para ello un manómetro desmontable (Luton PS, Germany) con un transductor acoplado a una aguja.

Finalizado este proceso, se refrigeraron a 4 °C para inactivar la producción de gas y recuperar la fracción de fibra que se sometió a análisis de materia seca.



FIGURA. 8. **A)** Medición de la acumulación de gas; **B)** transductor (Fotos del autor).

5.5. Digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS). El análisis de la digestión *in vitro* de la materia seca (DIVMS) se realizó a partir de los residuos fibrosos presentes en los frascos de cultivo; de cada frasco se filtró en un poro No. 54 (Whatman, Reino Unido). Posterior se enjuagaron con agua destilada y bañándose con acetona y se deshidrataron en una estufa de aire forzado a 65°C durante 24h.

5.6. Variables y análisis estadístico. Para el análisis de PG, se realizó una comparación múltiple de medidas con mínima significancia estadística, en el caso de la DIVMS se realizó una prueba de comparación de proporciones. En ambos casos se utilizó el programa Statgraphics centurión XVI (2012) para Windows.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Bromatología: las semillas con mayor porcentaje de PC fueron *Moringa Oleífera* y *E. cyclocarpum* (Cuadro 7). Al respecto, Reyes *et al.* (2015), reportan un valor menor de PC para la planta completa de *M. oleífera*. En el caso de *E. cyclocarpum*, estudios previos (Gutiérrez *et al.*, 2007; Rojas *et al.*, 2014), reportaron un mayor porcentaje de PC, respecto al encontrado en el pres trabajo, la diferencia puede ser atribuida a la región de colecta y sus condiciones edafo-climáticas.

Cuadro 7. Análisis bromatológico en semillas de distintos árboles forrajeros del trópico michoacano y pasto llanero (*Andropogon gayanus*).

Especie	Extracto etéreo (%)	Fibra cruda (%)	Proteína cruda (%)	Cenizas (%)	E.L.N (%)
<i>C. alata</i>	15.95	12.99	11.29	7.3	52.47
<i>C. coriaria</i>	0.95	10.87	5.91	2.91	79.36
<i>E. cyclocarpum</i>	1.8	12.5	12.34	4.77	69.32
<i>M. oleífera</i>	29.43	10.88	25.68	3.54	30.47
<i>A. gayanus</i>	0.91	40.3	7.04	6.84	44.91

E.L.N Extracto Libre de Nitrógeno

Producción de gas *in vitro*: la inclusión de *E. cyclocarpum* tuvo una mayor PG, respecto a la inclusión del alimento concentrado en sus distintos porcentajes de inclusión ($P < 0.05$) la producción acumulada de gas (cm^3), siendo mayor en *E. cyclocarpum*.

No se encontraron diferencias entre las semillas de *C. alata*, *M. oleífera* y el grupo control (Cuadro). Sin embargo para *C. coriaria*, se encontró una menor PG en todos sus niveles de inclusión ($P < 0.05$). Al respecto, estudios previos (Garcia *et al.*, 2011), muestran una tendencia similar, donde el *E. cyclocarpum* presenta una producción de gas superior, respecto a otras semillas de árboles forrajeros tropicales. Es posible que la mayor producción de gas en esta semilla esté relacionada con su alto contenido de azúcares solubles, previamente reportados (Koenig *et al.*, 2007).

Posada y Noguera (2005) sugirió que el volumen de gas es un buen parámetro para predecir la degradabilidad, producto final de fermentación y la síntesis de proteína microbiana del sustrato por los microbios del rumen. Además, se ha demostrado que la digestibilidad *in vitro* de materia seca y de la materia orgánica tienen una alta correlación con el volumen de gas. Por otra parte es importante resaltar que una producción importante de gas se produce cuando el sustrato se fermenta a acetato o butirato mientras que la menor producción de gas se asocia con producción de propionato (Nagadi *et al* 2000).

Cuadro 8. Producción acumulada (cm³) de gas *in vitro* en cultivos ruminales, adicionando diferentes concentraciones (%) de semillas de árboles forrajeros, con pasto llanero (*Andropogon gayanus*) como sustrato, con alimento concentrado como grupo control.

Sustrato	Porcentaje de Inclusión				
	5%	10%	15%	20%	30%
Alimento concentrado (Grupo control)	126.307 ^a	131.16 ^c	128.48	129.41 ^b	129.193 ^b
<i>M. oleífera</i>	124.21 ^a	117.980 ^b	122.06	--	---
<i>E. cyclocarpum</i>	--	149.36 ^a	--	147.75 ^a	147.82 ^a
<i>C. alata</i>	---	123.25 ^c	--	124.62 ^b	129.74 ^b
<i>C. coriaria</i>	---	122.48 ^c	---	117.3 ^c	108.26 ^c

Diferente superíndice en la misma columna, indica diferencia significativa (P<0.05)

La *DIVMS* promedio para el grupo control fue de 70.49 %, resultando similar a la encontrada en los tratamiento con *M. oleífera*, *E. cyclocarpum*, *C. alata*, con valores promedio de 68.23 %, 67.10 %, 68.52 %, respectivamente. Se encontró que la digestibilidad de los tratamientos con *C. coriaria*, fue menor respecto a la de los controles (Cuadro), la cual tuvo una *DIVMS* promedio 58.98%.

Los resultados encontrados en el presente estudio, son similares para las diferentes semillas a lo reportado en otros trabajos. Al respecto, Pinto *et al.* (2010), reportaron una digestibilidad *in situ* de la MS de *E. cyclocarpum* de 65.49%, mientras que Benavides (2015), reportó una digestibilidad de 65.0 % para *C. coriaria*.

Cuadro 9. Digestibilidad *in vitro* de la materia seca (%) al incluir distintas concentraciones de semillas de árboles forrajeros en cultivos ruminales con pasto llanero (*Andropogon gayanus*) como sustrato.

Sustrato	Porcentaje de Inclusión				
	5%	10%	15%	20%	30%
Control	67.84	71.53	68.98	71.21	72.87
<i>M. oleífera</i>	69.84	67.36	67.49	---	---
<i>E. cyclocarpum</i>	---	64.76	---	67.76	68.78
<i>C. alata</i>	---	68.82	---	67.61	69.12
<i>C. coriaria</i>	---	62.9 ^a	---	54.27 ^a	59.78 ^a

^a Indica diferencia significativa en la columna, respecto al grupo control (P<0.05)

VII. CONCLUSIONES

Las semillas de árboles forrajeros estudiadas en el presente estudio, mostraron una PG y DIVMS similar a la de un alimento concentrado comercial para ganado, excepto en el caso de *C. coriaria*, donde el desempeño *in vitro*, resultó menor.

En general, la inclusión de las semillas de *E. cyclocarpum*, *M. oleífera* y *C. alata*, son una alternativa para la nutrición de rumiantes en el en el trópico michoacano.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, R. I. y Avendaño, R. S. (2000). Plantas utilizadas como cercas vivas en el estado de Veracruz. *Madera y Bosque*. Instituto de Ecología, A.C. México 6(1): 55-71.
- Altafuya, R. C. y Chong, M. N. (2015). Sistema de engorde de novillos Brhman X Nelore para el trópico húmedo con dos niveles de suplementación de *Gliricidia sepium*. (Tesis de maestría). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Sistema de Post Grado Facultad Técnica para el Desarrollo. Guayaquil Ecuador.
- Álvarez, M. G; Melgarejo, V. L. y Castañeda, N. Y. (2003). Ganancia de peso y eficiencia alimentaria en ovinos alimentados con frutos (semilla con vaina) de parota (*Enterolobium cyclocarpum*) y pollinaza. *Revista Veterinarias*. México. 34 (1).
- Ammar, H; Lopez, S; González, J. S. and Ranilla, M. J. (2004) Chemical composition and *in vitro* digestibility of some spanish browse plant species. *J. Sci. Food. Agric.* 84:197204.
- Ankom Technology. Procedures for fiber and in vitro analysis. [En línea] hpt: // www.ankom.com/homepage.html. [Consultada: 7 marzo de 2016]
- Anwar, F; Ashraf, M. y Bhangar, M. (2005). Interprovenance variation in the composition of *Moringa oleifera* oilseeds from Pakistan. *J Am Oil Chem Soc* 82: 45–51.
- AOAC. (1990) Official Methods of Analysis (16th Ed.). Association of Official Analytical Chemist. Washington. D.C.

- Argueta, V.; Gallardo, V M. A., (1994) Atlas de las plantas de la medicina tradicional mexicana. INI. Méx. pp. 455-456.
- Aufrere, J. y Michalet-Doreau, B., (1988) Comparison of methods for predicting digestibility of feeds. *Anim Feed Sci Technol*; 20:203-218.
- Ávila, N. A.; Ayala, B. A.; Gutiérrez V. E.; Herrera, C. J.; Madrigal, S. X y Ontiveros, A. S., (2007) Taxonomía y composición química de la necromasa foliar de las especies arbóreas y arbustivas consumidas durante la época de sequía en la Selva baja caducifolia en el municipio de La Huacana, Michoacán México. *Livestock Research for Rural Development*. 19 (73).
- Bacab, P.H. y Solorio, S.F., (2011) Oferta y consumo de Forraje Producción de leche en ganado de doble propósito manejado en sistemas silvopastoriles en Tepalcatepec, Michoacán. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 13 (3):271-278.
- Barnes. R, y Marten, G., (1979). Recent developments in predicting forage quality. *J Anim Sci*. 48:1554-1561.
- Barreto, G.R.; Hernandez, O.E. y Ojasti, J. 1997. Diet of peccaries (*Tayassu tajacu* and *T-peccari*) in a dry forest of Venezuela. *Journal of Zoology*. 241(2):279-284.
- Barry, T. M., (1983). The role of condensed tannins in the nutritional value of *Lotus pedunculatus* for sheep. Rates of body and wool growth. *British J Nut*. 54:211-217.
- Barry, T. N.; Manley, T. R. and Duncan, S. J., (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.
- Beer, J. F., (1994) Consideraciones básicas para el establecimiento de especies maderables en linderos. *Agroforestería de las Américas* 1: 21- 24.
- Benavides, E.J. (2015). Árboles y arbustos forrajeros: una alternativa agroforestal para la ganadería. Conferencia electrónica de la sobre Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. [En línea]: <http://www.fao.org/livestock/agap/frg/agrofor1/bnvdes23.htm> [Accesado el 18 de marzo de 2016]
- Benavides, E.J., (1994) Árboles y arbustos forrajeros: una alternativa agroforestal para la ganadería Conferencia electrónica de la FAO sobre Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica. 367-389.
- Bhatt, B. P. y Tomar, J.M.S., (2002) Firewood properties of some Indian mountain tree and shrub species. *Biomass and Bioenergy*: 257-260.
- Bochi-Brum, O.; Carro, D.; Valdés, C.; González, J. y López, S., (1999) Digestibilidad *in vitro* de forrajes y concentrados: efecto de la ración de los animales donantes de líquido ruminal. *Arch Zoot*; 48:51-61.
- Bosch, C. H., (2004). *Moringa oleifera* Lam. In: Grubben, G. J. H.; Denton, O. A. (Eds). PROTA (Plant Resour
- Botero, R., (1993) Papel de las especies forrajeras tropicales en la conservación y recuperación de suelos ácidos de ladera. *Industria y Producción Agropecuaria, Colombia*. 1(4):14-23.

- Brewbaker, J.L., (1976). The woody legume, *Leucaena*: promising source of feed, fertilizer and fuel in the tropics. Memoria FIRA Seminario Internacional de Ganadería Tropical. Acapulco, Guerrero. México. pp 13-27.
- Brook, C., (2000) *Selected Plants of Medicinal Value in Costa Rica*. University of New Hampshire. England: pp. 1-4.
- Broom, D. M; Galindo, F. A., y Murgueitio, E., (2013) Sustainable, efficient livestock production with high biodiversity and good welfare for animals. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 280(1771).
- Cárdenas, M.J; Sandoval. C.C. y Solorio, S.J. (2003). Composición química de ensilajes mixtos de gramíneas y especies arbóreas de Yucatán, México. Tec Pec Mex. 41(3): 283-294.
- Castellanos, R.A; Llamas, Ll. y Shimada, A. 1990. Manual de Técnicas de investigación en Ruminología. Sistema de Educación Continua en Producción Animal. 85-86, 96, 108. pp.
- Challenger, A., (1998) Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro. CONABIO, Instituto de Biología, Sierra Madre. México, D.F. 846 p.
- 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.
- Coss, L.A.; Ramírez, P.M.; Velazco, L.E.; Posada, C.S.; Pinto, R. R., y Guerra, M.C., (2015) Digestibilidad *in vitro* de subproductos de la palma de aceite

- (*Elaeis guineensis* JACQ). XLII Reunión científica de la Asociación mexicana para la Producción animal y Seguridad Alimentaria, A.C. pp 43-46.
- Cunningham, G.M; Mulham, W.E; Milthorpe, P.L. and Leigh, J.H., (1981) *Plants of Western New South Wales*. NSW Government Printing Office. Sidney, Australia. 32 pp.
- Daccaret, M. Y Blydenstein J., (1968) La influencia de árboles leguminosos y no leguminosos sobre el forraje que crece bajo ellos. *Revista Turrialba*. Costa Rica. 18(4):405-408.
- De alba, J., (1959) Influencia del clima y la calidad de los forrajes en su consumo. *Revista Turrialba*. Costa Rica. 9 (3):79-84.
- De Figueiredo, M; Mbhele, A; Zondi, J. A., (2000) Modification of the DaisyII-200 technique for the determination of in vitro dry matter digestibility. *South African J Anim Sci*; 30 (1):49-50.
- Devendra, C., (1995) Composition and nutritive value of browse legumes. *In Tropical animal nutrition*. D'mello J and C Devendra (Eds). CAB INTERNATIONAL, UK pp. 49 - 66.
- Díaz, R. y Masera, O., (2003) Uso de la leña en México: situación actual, retos y oportunidades. *Balance Nacional de Energía*. Secretaría de Energía, México D.F. pp. 99-109.
- FAO, (2014). Moringa. Cultivo tradicional de mes. Disponible: <http://www.fao.org/traditional-crops/moringa/en/> [Accesado el 7 de marzo de 2016 de 2005]

- Febles, G; Ruíz, T. y Simón, L. (1995) Consideraciones acerca de la integración de los sistemas silvopastoriles a la ganadería tropical y subtropical. XXX Aniversario Instituto de Ciencias Animal. La Habana Cuba. pp 55-61.
- Feedipedia (2012) Sistema de información de la alimentación animal. INDA. CIRADAFZ y FAO. [En línea] <http://www.feedipedia.org/node/124> [Accesado el día 5 de mayo de 2016]
- Foidl, N. (1999). Utilización del marango (*Moringa oleífera*) como forraje fresco para ganado. En: Agroforestería para la alimentación animal en Latinoamérica. (Eds. M.D. Sánchez y M. Rosales). Estudio FAO: Producción y Sanidad Animal No. 143, p. 341.
- Foidl, N.; Makkar, H.P.S. y Becker, K., (2001). The potential of *Moringa oleífera* for agricultural and industrial uses. In: The miracle tree: The multiple attributes of Moringa. (Ed. J. Lowell Fuglie). CTA Publication. Wageningen. The Netherlands. pp 45.
- Folkard, G. y Sutherland, J. (1996). *Moringa oleífera* un árbol con enormes Potencialidades. Agroforestry Today. 8(3):23-26.
- Garcia, D. E.; Medina, M. G; Moratinos, P.; Torres, A.; Cova, L. J.; Perdomo, D. y Santos, O., (2009). Potencial forrajero para cabras de veinte especies leñosas en el estado Trujillo, Venezuela. Zootecnia Tropical. 27 (3): 221-232.
- García, M.O.; González, R.M.; Salem, A.Z.M.; Romero, B.J.; Pedraza, J.F. y Estrada, G. J., (2011) Composición química y producción de gas *in vitro* de

- vainas de leguminosas arbóreas en áreas subtropicales de México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 14:589-595.
- Getachew, G; Makkar, H. P. and Becker, K. (1998). The *in vitro* gas measuring techniques for assessment of nutritional quality of feeds: a review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 72: 261– 281
- Giraldo, L.; Gutiérrez, L. A., & Rúa, C., (2009) Comparación de dos técnicas *in vitro* e *in situ* para estimar la digestibilidad verdadera en varios forrajes tropicales. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias (Colombian journal of animal science and veterinary medicine)*, 20(3), 269-279.
- Goering, M. Van Soest, P.J., (1979) Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications). Washington. USA. Agricultural Handbook. 379.
- Gómez, M., Rodríguez, L., Ríos, C. y Murguelito, E. (1995). Árboles y arbustos forrajeros en alimentación animal como fuente proteica. CIPAV, Colombia. pp.129.
- Gómez, P.A y Del Amo, S.R., (1994) Sostenibilidad y participación campesina. Un mecanismo para establecer un programa a largo plazo, el trópico. Agroforestería en Desarrollo. Centro de Agroforestería para el desarrollo sostenible. Universidad Autónoma Chapingo. México. pp 210-227.
- González, G. J. C.; Madrigal, S. X.; Ayala, B. A.; Juárez, C. A. y Gutiérrez, V. E. (2006) Especies arbóreas de uso múltiple para la ganadería en la Región de Tierra Caliente del Estado de Michoacán, México. *Livestock Research for Rural Development*. 18(109): 11.

- González, J.C.; Ayala, B.A. y Gutiérrez, V.E. (2006) Determinación de fenoles totales y taninos condensados en especies arbóreas con potencial forrajero de la Región de Tierra Caliente Michoacán, México. *Livestock Research for Rural Development*. 18 (11).
- Granados, D; Castañeda, A. y Mendoza, O., (1989) Ecología vegetal. Apoyos Académicos No. 9. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 85 pp 85.
- Gutiérrez, E; González, J.C. y Ayala, A.; (2007). "Composición química de especies arbóreas con potencial forrajero de la Región de Tierra Caliente, Michoacán, México". *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 41(1) pp. 87-93.
- Hagerman, A.; Robbins, C. H. T.; Weerasuriya, Y.; Wilson, T. C. and McArthur, C (1992) Tannin chemistry in relation to digestion. *Journal of range management* 45 (1): 57-62.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). (2000). XII Censo general de población y vivienda. Resultados preliminares. Michoacán, México. p. 167-171
- Jaffe, W.G., (1980) Hemagglutinin. *Toxic Constituents of Plant Food Stuff*. Academic Press. Nueva York, EEUU. pp. 73-102.
- Jensen, D.H., (1981) Guanacaste tree seed-swallowing by Costa Rican range horses. *Ecology*. 62:587-592.
- Jiménez, O. A. y Mantilla, M. H. (2008) El papel de la tala selectiva en la conservación de bosques neotropicales y en la utilidad de los murciélagos como bioindicadores de disturbio. *Revista Institucional Universidad Tecnológica del Choco*. 27 (1): 100-108.

- Klita, P.T.; Mathison G.W.; Fenton T.W. and Hardin R.T., (1996) Effects of alfalfa root saponins on digestive function in sheep. *J. Anim. Sci.*, 74: 1144-1156.
- Koenig, K.M; Iván, M; Teferedegne, B.T; Morgavi, D.P; Rode, L.M; Ibrahim, I.M. and Newbold, C.J. (2007). Effect of dietary *Enterolobium cyclocarpum* on microbial protein flow and nutrient digestibility in sheep maintained fauna-free, with total mixed fauna or with *Entodonium caudatum* monofauna. *British Journal of Nutrition* 98:504-516.
- Krause, D.; Denman. S.; Mackie, R; Morrison, M y Rae, A. (2003) Opportunities to improve fiber degradation in the rumen: microbiology, ecology and genomics. *Microb Reviewz*; 27:663-693.
- Ku-Vera, J.C.; Ramírez, A.L.; Jiménez, F.G.; Alayón, J.A. y Ramírez, C.L.(1999) Árboles y arbustos para la producción animal en el trópico mexicano. En: *Agroforestería para la Producción Animal en América Latina*. FAO. Roma, Italia. 231-250.
- Las plantas tropicales útiles (2016). *Enterolobium cyclocarpum*. Plantas tropicales útiles. Base de datos. [En línea] <http://tropical.theferns.info/image.php?id=Enterolobium+cyclocarpum> [Accesado el día 30 de abril de 2016]
- Makkar, H. P. S. y Becker, K., (1996) Nutritional value and antinutritional components of whole and ethanol extracted *Moringa oleifera* leaves. *Animal Feed Science and Technology*. 63:211-228.
- Makkar, H. P. y Becker, K., (1997). Los factores nutrientes y anticalidad en diferentes partes morfológicas de la *moringa oleifera* árbol. *Journal of Agricultural Science* 128: 311-322.

- Makkar, H.P.S.; Dawra, R.K. y Singh, B., (1991) Tannin levels in leaves of some oak species at different stages of maturity. *J Sci Food Agric*; 54:513-519.
- Maldonado, M. F.; Vargas, S. G. y Molina R.F., (1998) Los cercos vivos del estado de Tabasco, México. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. División Académica de Ciencias Biológicas. Villahermosa, Tabasco. 71 pp.
- Martin, E. A., (2012) Nutritive value and inherent anti-nutritive factors in four indigenous edible leafy vegetables in human nutrition in nigeria. A Review. *J. Food Resour. Sci.* 1(1):1-14.
- Martínez, H. A., (1985) Producción de leña en la zona seca de Guatemala. In: Rodolfo Salazar (ed.) *Actas de los simposios sobre técnicas de la producción de leña en fincas pequeñas y recuperación de sitios degradados por medio de la silvicultura intensiva*, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica. p. 77-88.
- Martínez, J.A. y Larralde, J., (1984) Developmental changes on protein turnover in growing rat food on diets containing field beans (*Vicia faba* L.) as a source of protein. *Arch. Latinoam. Nutr.* 34: 456-476.
- Martínez, M., (1959). *Plantas útiles de la flora Mexicana*. Ed. Botas. Méx. pp. 622
- Martinez, P.M. (2009). *Estudios de simulación ruminal en sistemas in vitro: aspectos metodológicos*. (Tesis de doctorado). Facultad de Veterinaria. Departamento de producción animal. León, España.
- Mathur, B. S., (2005). The incredible moringa leaves. En línea: http://www.treesforlife.org/sites/default/files/documents/English%20moringa_book_view.pdf 35. [Accesado el 25 de enero del 2016]

- Mayz, F.J., (2004) Fijación biológica de nitrógeno. Revista UDO Agrícola 4 (1): 1-20.
- Mendieta, A. B; Spornly, E.; Reyes, S. N.; Norell, L. y Spornly, R., (2009). Calidad de ensilado cuando *Moringa oleifera* ensilado en mezclas con pasto elefante, caña de azúcar y melaza. La hierba y forraje Sci, 64 (4): 364-373.
- Menke, K. H; Raab, L; Salewski, A; Steingass, H; Fritz, D. and Schneider, W. (1979) The estimation of the digestibility and metabolizable energy of ruminant feedingstuff from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. J. Agric. Sci. Camb. 93: 217-222.
- Moscoso, C; Velez, M; Flores A y Agudelo, N. (1995) Effects of “Guanacaste” tree (*Enterolobium cyclocarpum* Jacq. Griseb.) Fruit as replacement for sorghum grain and cotton seed meal in lamb diets. Small Rumin Res. (18) 121-124.
- Nacional Museum of Natural History. (2015) *Caesalpinia coriaria*. *Nacional Ethnobotanical Herbarium Online*. [En línea] Washington, DC. https://neho.si.edu/es/search/neho?neho_q=cascalote+&op=Buscar. [Accesado el día 23 de mayo de 2016]
- Nagadi, S; Herrero, M and Jessop, N.S. (2000). The influence of diet of the donor animal on the initial bacterial concentration of ruminal fluid and *in vitro* gas production degradability parameters. Anim. Feed Sci. Technol. 87, 231-239.

- Norton, B., (1994).** The nutritive value of tree legumes. In Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture. C Gutteridge and H Shelton (Eds). CAB INTERNATIONAL, UK pp. 177 - 192.
- Ojeda, Á.; Obispo, N. y Gil, J. L. (2013) Variación anual en la composición química y astringencia del follaje de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. Avances en Investigación Agropecuaria. 17 (3): 25-34.
- Olivares, P.J; Aviles, N.F; Albarran P.B; Castelan O.C. y Rojas, H.S., (2013) Use of three fodder trees in the feeding of goats in the subhumid tropics in Mexico. Tropical Animal Health and Production. 45: 821–828.
- Olson, M. E. y Fahey, J. W., (2011) Moringa oleifera: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas. Revista Mexicana de Biodiversidad 82:1071-1082.
- Orellana, R., (1992) Síndromes morfológicos y funcionales de las palmas de la Península de Yucatán. In: Bull. Inst. fr. Études andines. 21 (2): 651-667.
- Orwa, C.; Mutua, A.; Kindt, R.; Jamnadass, R. y Anthony, S., (2009) Agroforestry Database: a tree reference and selection. Agroforestry Centre, Kenya.
- Otárola, A., (1995) Cercas vivas de madero negro: Práctica agroforestal para sitios con estación marcada. Agroforestería de las Américas 2(5):24-30.
- Otero, M. J. e Hidalgo L. G., (2004) Taninos condensados en especies forrajeras de clima templado: efectos sobre la productividad de rumiantes afectados por parasitosis gastrointestinales (una revisión). *Livestock Research for Rural Development*. (16):13

- Paliwal, R., V.; Sharma and Pracheta. (2011) A Review on Horse Radish Tree (*Moringa oleifera*): A Multipurpose Tree with High Economic and Commercial Importance. *Asian J. Biotechnol.* 3(4):317-328.
- Palma, J. M., (1993) Leguminosas arbóreas: recurso potencial para la alimentación animal en el trópico. *Memorias del curso Agrotecnia, ecología y pastoreo de ruminantes en los trópicos.* FES-Cuautitlan-UNAM. pp 4-10.
- Palma, J. M., (2005) Los árboles en la ganadería del trópico seco. *Avances en Investigación Agropecuaria* [en línea] [Fecha de consulta: [10 de marzo de 2016] Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83709101>]
- Palma, J.M. y Román, L., (1999) Prueba de selectividad con ovinos de pelo de harinas de frutos de especies arbóreas. VI Seminario Internacional sobre sistemas agropecuarios sostenibles. Fundación CIPAV, Cali, Colombia. pp 64
- Paredes, M. C., (2013) Fijación biológica de nitrógeno en leguminosas y gramíneas [en línea]. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina. Disponible en: <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/fijacion-biologica-nitrogeno-leguminosas.pdf> [Fecha de consulta: 10 de marzo de 2016]
- Peralta, V. G., (2012) Contribución al conocimiento del árbol de cirían (*Crescentia alata* Kunth.) variabilidad, selección, morfología citogenética y fitoquímica. (Tesis de doctorado) Colegio de postgraduados. Campus Montecillo. Montecillo, Texcoco, Estado de México.

- Pérez, A; Sánchez, T; Armengol, N y Reyes, F. (2010). Características y potencialidades de *Moringa oleífera* Lamark. Una alternativa para la alimentación. Pastos y forrajes. 33:4.
- Pinney, A., (1989) Studying the single tree. Agroforestry Today. 1(3):4-6.
- Pinto, R.R.; Hernández, D.G.; Cobos, M.A.; Quiroga, R. y Pezo, D., (2010) Árboles forrajeros de tres regiones ganaderas de Chiapas, México: Usos y características nutricionales. Universidad y Ciencia. 26:19-31.
- Posada, S. L. y Noguera, R. R., (2005) Técnica *in vitro* de producción de gases: Una herramienta para la evaluación de alimentos para rumiantes. *Livestock Research for Rural Development*. (17):36
- Preston, T. R., (1992). The role of multi-purpose trees in integrated farming systems for the wet tropics. En legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock. FAO. Rome. Italy.pp 193-209
- Radovich, T., (2013) Farm and forestry production and marketing profile for *Moringa*. In: Elevitch, C.R. (Ed.) Specialty Crops for Pacific Island Agroforestry. Permanent Agriculture Resources (PAR), Holualoa, Hawaii.
- Ramos, G.; Frutos, P.; Giraldes y Mantecón, A.R., (1998) Los compuestos secundarios de las plantas en la nutrición de los herbívoros, EAE. CSIC. León. España; 598-599.
- Ramos, G.; Frutos, F.J.; Giráldez, G. F. y Mantecón, A.R., (1988) Los compuestos secundarios de las plantas en la nutrición de los herbívoros. Archivos de Zootecnia. 47: 597-620.

- Rashida, U.; Anwar, F.; Moser, BR; Knothe, G., (2008). *Moringa oleifera* aceite: Una posible fuente de biodiesel. Biorecursos Technol, 99 (17): 175-179.
- Rathcke, B. and Lacey, E.P., (1985) Phenological patterns of terrestrial plants. Ann. Rev. Ecol. Syst. 16:179-214.
- Reed, J.D.; Krueger, C.; Rodriguez, G. y Hanson J., (2000) Secondary plant compounds and forage evaluation. Department of Animal Sciences, University of Wisconsin-Madison, USA Intern Livest Res Inst. Addis Ababa, Ethiopia; 433-448.
- Reyes, S.N.; Rodríguez, R.; Mendieta, A.B.; Lester, S.M. y Mora, T.A., (2015) Efecto de la suplementación con *moringa oleifera* sobre el comportamiento productivo de ovinos alimentados con una dieta basal de pasto guinea (*Panicum maximun* jacq.) La calera. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Ciencia Animal, Managua. Nicaragua 60-69.
- Rojas, H. S; Olivares, P.J; López, G. V; Hernández, Y.E; Valencia, A. Ma; Gutiérrez, S. I y Quiroz, C.F. (2004) Sistemas Silvopastoriles: Ganadería y Medio Ambiente. XLI Reunión de la Asociación Mexicana para la Producción Animal y Seguridad Alimentaria A.C. (AMPA) VII Reunión Nacional de Sistemas Agro y Silvopastoriles. Mérida, Yucatán, México del 2al 4 de Julio de 2014.
- Román, M. M. L., (2007) Utilización de la harina de los frutos de parota (*Enterolobium cyclocarpum*) y capomo (*Brosimun alicastrum*) para la alimentación en ovinos en el trópico. (Tesis de doctorado). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad de Colima.

- Romero, F. C.; Chana, J.; Montenegro, L.A.; Sánchez G. y Guevara., (1991) Productividad de *Gliricidia sepium* y *Erythrina berteroana* en cercas vivas manejadas bajo tres frecuencias de poda en la zona atlántica de Costa Rica. Agroforestería.
- 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. Copilación de las memorias de dos seminarios internacionales sobre sistemas silvopastoriles. CORPOICA. pp 231 a 244.
- Rosales, M., (1988) Mezclas de forrajes: Uso de la diversidad forrajera tropical en sistemas agroforestales. Conferencia de la FAO AGROFOR 1: 9
- Rosales, M.M.; Murgueitio, E. y Osorio, H., (1998). Agroforesteria para la Producción Animal en Latinoamérica, Memorias de una Conferencia Electrónica, FAO-CIPAV; Cali, Colombia.
- SAGARPA., (2011) Programa sectorial de desarrollo agropecuario y pesquero. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación.
- Seresinhe, T; Madushika S.A; Seresinhe Y; Lal P.K. y Ørskov E.R., (2012) Effects of Tropical High Tannin Non Legume and Low Tannin Legume Browse Mixtures on Fermentation Parameters and Methanogenesis Using Gas Production Technique. Asian-Australian Journal of Animal Science. 25:1404-1410.

- Serratos, A. J. C; Carreón, A. J; Castañeda, V; Garzón, D, P. y García, E. J., (2008) Composición químico-nutricional y de factores antinutricionales en semillas de parota (*Enterolobium cyclocarpum*) 33: (1)
- Simón, G., (1996) Rol de los árboles y arbustos multipropósitos en las fincas ganaderas. En: Leguminosas forrajeras arbóreas en la agricultura tropical. Clavero, T. (Editor). Venezuela. 41-47.
- Solares, A. F., (2004) Etnobotánica y usos potenciales del cirián (*Crescentia alata*, H.B.K.) en el Estado de Morelos. POIBOTÁNICA CEZACA-INIFAP, ISSN 1405-2768. 18:13-3
- Solorio, S. F; Solorio, S.B; Sarabia, S. L; Pérez, A. C; Ramírez, A. L; Ayala B, A; Sandoval, A.C; Chay-Canul, A. L. y Ku-vera, L., (2014) Sistemas Silvopastoriles: Ganadería y Medio Ambiente. XLI Reunión de la Asociación Mexicana para la Producción Animal y Seguridad Alimentaria A.C. (AMPA) VII Reunión Nacional de Sistemas Agro y Silvopastoriles. Mérida, Yucatán, México del 2al 4 de Julio de 2014
- Sosa, P. G.; López, O. S.; Pérez, H. P.; Cortez, R. C.; Vaquera, H. H. y Gallegos, S. J., (2015) Ovarian activity and rate of sheep pelibuey ovulatory supplemented tropical fruit legumes (*Choleucon mangense* y *Acacia cochilacantha*) XLII Reunión científica de la Asociación Mexicana para la Producción Animal y Seguridad Alimentaria, A.C. Montecillo, Texcoco Estado de México. Octubre de 2015.p. 11-15.
- Sosa, R.E.; Pérez, R.D. y Ortega, R.L., (2004) Tropical trees and shrubs forage potential for sheep feeding. Técnica Pecuaria en México 42 (2): 129-144.

- Standley, P., (1926) Trees and shrubs of Mexico. Smithsonian Institution United States National Museum. Washington. 338 – 343.
- Statgraphics Centurion XVI (2012). Statpoint Technologies Inc.
- Stern, M; Bach, A. y Calsamiglia, S., (1997) Alternative techniques for measuring nutrient digestion in ruminants. *J Anim Sci*; 75:2256-2276.
- Sultan, J. I.; Rahim, I. U.; Yaqoob, M.; Nawaz, H. and Hameed, M., (2008) Nutritive value of free rangeland grasses of northern grasslands of pakistan. *Pak. J. Bot.* 40: 249-258.
- Theodorou, M.K.; Williams, B.A.; Dahona, M.S.; McAllan, A.B. y France, J., (1994). A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 48:185-197.
- Van Soest, P.J., (1963) Use of detergents in the Analysis of Fibrous Feeds. I. Preparation of Fiber Residues of Low Nitrogen Content. *Assoc. off Agr. Chem. Jour.* 46:829-835.
- Velasco, A. O; Melgarejo, V.L; Velasco N.F., (1996) Conversion alimenticia ganacia de peso y rendimiento en canal de novillos alimentados con diferentes proporciones de fruto de parota (*Entorolobium cyclocarpum*). Memorias de XX Congreso Nacional de Buaiatría. Acapulco (Gro) México. 14 al 17 de Agosto: Asociación de Medicos Veterianarios Especialistas en Bovinos. 301-304.
- Williams, B. A., (2000) Cumulative gas-production techniques for forage evaluation. In: Givens D I, Owen E, Omed H M and Axford R F E (editors).

Forage Evaluation in Ruminant Nutrition. Wallingford (UK). CAB International. 475 pp

Williams, B. A; Bhatia, S. K; Boer, H. and Tamminga, S. (1995) A preliminary study using the cumulative gas production technique to compare the kinetics of different fermentations by use of standard substrates. *Annales de Zootechnie* 44: 35 - 46.

Wolin, M. J; Miller, T. L. and Stewart, C. S. (1997). Microbe-microbe interactions. *In: The Rumen Microbial Ecosystem*. Blackie Academic and Professional, London.

Zamora, S; García, J; Bonilla, G; Aguilar; Celia, A y Ibrahim, M. (2001) ¿Cómo utilizar los frutos de guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), guácimo (*Guazuma ulmifolia*), genízaro (*Pithecellobium saman*) y jícaro (*Crescentia alata*) en alimentación animal? *Agroforestería en las Américas*. (8):3.

