

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS



**EFFECTO DEL FRUTO DE *Guazuma ulmifolia* y *Pennisetum spp.* EN LA DIETA
SOBRE EL VALOR NUTRITIVO Y COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO EN
OVINOS DE PELO.**

Presenta:

M.V.Z. MIZAEEL PARTIDA HERNÁNDEZ

Tesis presentada como requisito parcial para la obtención del grado de:
Maestría en Ciencias en el Área de Ciencias Zootécnicas y Veterinarias

Director:

DR. JOSÉ LENIN LOYA OLGUÍN

Co-Director

DRA. LEONOR SANGINÉS GARCÍA

Asesores:

MC. AGAPITO GÓMEZ GURROLA

DR. JOSÉ CARMEN RAMÍREZ RAMÍREZ

Xalisco Nayarit. Noviembre 2015.



CBAP/263/15.

Xalisco, Nayarit; 25 de noviembre de 2015.

ING. ALFREDO GONZÁLEZ JÁUREGUI
DIRECTOR DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
PRESENTE.

Con base al oficio de fecha 04 de noviembre del presente, enviado por los CC. Dr. José Lenin Loya Olguín, Dra. Leonor Sanginés García, Dr. José Carmen Ramírez Ramírez y M.C. Agapito Gómez Gurrola, donde se indica que el trabajo de tesis cumple con lo establecido en forma y contenido, y debido a que ha finalizado con los demás requisitos que establece nuestra institución, se autoriza al **C. Mizael Partida Hernández**, continúe con los trámites necesarios para la presentación del examen de grado de Maestría en Ciencias Biológico Agropecuarias en el Área de Ciencias Zootécnicas y Veterinarias.

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

Atentamente
"Por lo Nuestro a la Universal"



D. J. Diego García Paredes
Coordinador del Posgrado



C.c.p.- Expediente

Respeto

Xalisco Nayarit, 04 de Noviembre de 2015.


Dr. Juan Diego García Paredes
Coordinador del Posgrado (CBAP)

PRESENTE


Los suscritos integrantes del cuerpo tutorial para asesorar la tesis titulada "EFECTO DEL FRUTO DE *Guazuma ulmifolia* y *Pennisetum spp.* EN LA DIETA SOBRE EL VALOR NUTRITIVO Y COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO EN OVINOS DE PELO" Que presenta el C. Mizael Partida Hernández para obtener el grado de Maestro en Ciencias con opción de terminal en Ciencias Zootécnicas y Veterinarias, damos nuestra aprobación para que continúe con los trámites correspondientes para la obtención de su grado.

Sin otro asunto que tratar, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE



Dr. José Lenin Loya Olguin
Director



Dra. Leonor Sanginés García
Co-director



Dr. José Carmen Ramírez Ramírez
Asesor



M. C. Agapito Gómez Gurrola
Asesor

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT, por la sustentabilidad económica y el apoyo durante el desarrollo de mi maestría así como la aprobación de mi estancia en el extranjero.

A la Universidad Autónoma de Nayarit formadora de Profesionistas capaces cada vez más de desafiar el futuro, inspirados siempre en servir a nuestro pueblo.

Al posgrado en Ciencias Biológicas, Agropecuarias y Pesqueras, por darme la oportunidad de desarrollarme como profesionalista e involucrarme en el ámbito de la ciencia y la investigación, formulando siempre mi hipótesis, planteando mis objetivos y desarrollar mi propia metodología.

A la Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia formadora de mis conocimientos que con mucho entusiasmo los trasmito a la sociedad y por las facilidades prestadas en la unidad de producción de ovinos y el laboratorio de Bromatología y Nutrición Animal, por apoyar nuestra idea y permitirnos la realización de este trabajo.

Al instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, Departamento de Nutrición Animal "Fernando Pérez-Gil R". Por su apoyo y facilidad en la realización de análisis de laboratorio así como también el aporte de material de laboratorio.

A la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, perteneciente al Ministerio de Educación Superior, Matanzas Cuba. Por haberme abierto las puertas y aceptado en la realización de mi estancia.

Y no podían faltar mis asesores...

A ustedes les gratifico mi formación profesional y la orientación hacia el ámbito de la investigación por todo su apoyo para que este trabajo se llevara a cabo.

Gracias por su gran empeño, dedicación y apoyo incondicional.

Dr. José Lenin Loya Olguín, Dra. Leonor Sanginés García, MC. Agapito Gómez Gurrola y Dr. José Carmen Ramírez Ramírez.

A todas las personas que formaron parte de este trabajo les agradezco su tiempo y dedicación.

A mis compañeros y amigos que juntos cumplimos una meta más de nuestra vida profesional.

DEDICATORIA

A Dios, porque ha estado conmigo a cada paso que doy,
cuidándome y dándome fortaleza para continuar.

A mis Padres, quienes a lo largo de mi vida han
velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento, quienes
esperan mi éxito en cada paso que doy hacia la culminación de mis proyectos.

A mi familia entera y a todas aquellas personas que comparten conmigo este
triunfo y que depositaron su entera confianza en cada reto que se me presenta sin
dudar ni un solo momento en mi capacidad.

Sabiendo que no existirá forma alguna de agradecer una vida de sacrificios,
esfuerzos y logros, quiero que sientan que el objetivo alcanzado también es de
ustedes y que la fuerza que me ayudo a conseguirlos fue su gran apoyo.

Con cariño y admiración.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
Oficio de conformación	iii
Oficio de conformidad del comité	iv
Agradecimientos	v
Dedicatoria	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO	viii
ÍNDICE DE CUADROS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN	xiii
1.INTRODUCCIÓN	1
2.HIPOTESIS	3
3.OBJETIVOS	4
3.1 Objetivo general	4
3.2 Objetivos específicos	4
4.REVISIÓN DE LITERATURA	5
4.1 Guásima (<i>Guazuma ulmifolia</i>)	5
4.1.1 Generalidades	5
4.1.2 Clasificación taxonómica	6
4.1.3 Adaptación	6
4.1.4 Composición química	6
4.1.5 Establecimiento	7
4.1.6 Características agronómicas y forrajeras de la Guásima	8
4.1.7 Distribución geográfica de la guásima en la República Mexicana y en Nayarit.	10
4.1.8 Manejo de la guásima en sistemas de producción	11
4.1.9 Potencial forrajero de la Guásima	12
4.1.10 Consumo de Guásima (<i>Guazuma ulmifolia</i>)	12
4.2 Maralfalfa (<i>Pennisetum spp</i>)	12
4.2.1 Generalidades	12

4.2.2	Clasificación taxonómica	13
4.2.3	Adaptación	13
4.2.4	Composición química	14
4.2.5	Establecimiento	14
4.3	Alfalfa (<i>Medicago sativa</i>)	14
4.3.1	Generalidades	14
4.3.2	Clasificación taxonómica	15
4.3.3	Adaptación	15
4.3.4	Composición química	16
4.3.5	Establecimiento	16
4.4	Utilización de los frutos de arboreas en la alimentación animal	17
4.5	Pruebas de digestibilidad	18
4.5.1	Digestibilidad <i>in vivo</i>	18
4.5.2	Digestibilidad <i>in vitro</i>	22
4.5.3	Digestibilidad <i>in situ</i>	23
5.	MATERIALES Y MÉTODOS	26
5.1	Ubicación	26
5.2	Establecimiento y obtención del pasto maralfalfa	26
5.3	Obtención del fruto de Guásima	27
5.4	Elaboración de dietas	27
5.5	Manejo de las muestras	28
5.6	Procedimiento experimental	29
5.6.1	Análisis de laboratorio	29
5.6.2	Prueba de digestibilidad	30
5.6.3	Degradabilidad <i>in situ</i> de la materia seca (DISMS)	31
5.6.4	Prueba de comportamiento productivo	32
5.7	Análisis estadístico	34
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
6.1	Análisis químico proximal de las dietas experimentales y Materias Primas	36
6.2	Digestibilidad <i>in vitro</i> e <i>in vivo</i>	39

6.3 Cinética de desaparición <i>in situ</i>	41
6.4 Cinética de pH ruminal	43
6.5 Producción de amoniaco	45
6.6 Comportamiento productivo	47
7. CONCLUSIONES	51
8. LITERATURA CITADA	52

ÍNDICE DE CUADROS

Página

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la guásima	6
Cuadro 2. Clasificación taxonómica de la maralfalfa	13
Cuadro 3. Composición química del pasto maralfalfa en la época de lluvias en cuatro periodos de corte.	14
Cuadro 4. Clasificación taxonómica de la alfalfa	15
Cuadro 5. Composición química de la alfalfa	16
Cuadro 6. Estandarización en las determinaciones <i>in situ</i>	25
Cuadro 7. Composición de las dietas para ovinos adicionadas con fruto de guásima y maralfalfa	28
Cuadro 8. Composición química de los ingredientes de las dietas	36
Cuadro 9. Composición química de las dietas experimentales	39
Cuadro 10. Digestibilidad <i>in vitro</i> e <i>in vivo</i> de las dietas experimentales	40
Cuadro 11. Cinética de desaparición <i>in situ</i> de la materia seca de las dietas experimentales	42
Cuadro 12. Cinética de pH ruminal de ovinos de las cuatro dietas	44
Cuadro 13. Producción de amoníaco ruminal (mg/100) de borregos alimentados con maralfalfa o alfalfa suplementados con guásima o sorgo	47
Cuadro 14. Comportamiento productivo de ovinos alimentados con las diferentes dietas experimentales.	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Páginas

Figura 1. Digestibilidad <i>in vitro</i>	23
Figura 2. Establecimiento y obtención del pasto maralfalfa	27
Figura 3. Molienda del fruto de guásima	27
Figura 4. Formulación y preparación de las dietas experimentales	28
Figura 5. Manejo de las muestras, molienda y análisis de humedad	29
Figura 6. Análisis químico proximal	30
Figura 7. Prueba de digestibilidad <i>in vivo</i>	31
Figura 8. Degradabilidad <i>in situ</i>	32
Figura 9. Contenido de líquido ruminal	32
Figura 10. Prueba de comportamiento productivo	33
Figura 11. Curva de degradabilidad de las cuatro dietas experimentales	43

RESUMEN

El objetivo fue evaluar el reemplazo de grano de sorgo (SG) con fruto de guásima (GU) en dietas para borregos a base de alfalfa (AA) o maralfalfa (MA) sobre la digestibilidad de dietas y el comportamiento productivo. Se determinó la digestibilidad *in vivo*, *in vitro* (DIV) e *in situ* de la materia seca, considerando tiempos de incubación de 3, 6, 9, 24, 30, 36, 48 y 60 horas; bajo un diseño de Cuadro Latino 4x4, con periodos de 21 días. Los tratamientos fueron: D1: 55% de MA, 20% de GU y 8% de SG; D2: 55% de MA, 8% de GU y 20% de SG; D3: 55% de AA, 20% de GU y 8% de SG y D4: 55% de AA, 8% de GU y 20% of SG. Todas las dietas tuvieron la misma cantidad de melaza de caña de azúcar, pasta de canola y premezcla mineral. Se utilizaron cuatro ovinos fistulados ruminalmente, machos Black belly de 35 Kg de peso promedio. Para el comportamiento productivo se utilizaron 20 ovinos machos raza Pelibuey, de 15 ± 1.5 Kg de peso promedio, distribuidos al azar (4 tratamientos con 5 repeticiones cada uno). Se midió peso inicial (pi), peso final (pf), ganancia total de peso (gtp), ganancia diaria de peso (gdp), consumo de alimento y conversión alimenticia, los datos se analizaron con un de análisis de varianza ($P < 0.05$) y covariables (peso inicial). Las variables de desaparición *in situ* fueron: a = $4,57 \pm 2,81^a$; $7,12 \pm 4,64^a$; $6,47 \pm 1,25^a$ y $7,62 \pm 4,81^a$; b = $31,15 \pm 4,06^b$; $38,75 \pm 5,90^b$; $57,4 \pm 9,79^b$ y $63,8 \pm 7,91^b$; y c = $0,067 \pm 0,02^a$; $0,04 \pm 0,02^a$; $0,069 \pm 0,02^a$ y $0,064 \pm 0,02^a$; digestibilidad *in vivo* $53,03 \pm 3,94^b$; $51,98 \pm 5,23^b$; $69,31 \pm 3,38^a$ and $71,64 \pm 6,14^a$ % para las diferentes dietas respectivamente. Con DIV de: $42,5^c$, 49^b , $66,9^a$ y 69^a %. La digestibilidad fue similar ($P > 0,05$) entre GU y SG; pero fueron menores ($P < 0,05$) con las dietas de MA. Se encontraron diferencias significativas ($P < 0,05$) en todas las variables del comportamiento productivo de los animales entre la fuente de forraje, no así entre el fruto de guásima y sorgo. El consumo de alimento fue de $562 \pm 55,80^b$, 626 ± 74^b , $1232 \pm 139,72^a$ y $1254 \pm 59,76^a$ g, mientras que la gdp fue de $41 \pm 8,35^b$, $54 \pm 1,45^b$, $162 \pm 27,67^a$ y $187 \pm 18,82^a$ g. para las dietas 1 a 4, respectivamente. El grano de sorgo se puede sustituir hasta en 20% por el fruto de guásima en dietas con niveles altos y bajos de fibra detergente neutro sin afectar la digestibilidad ni el comportamiento productivo de los animales.

1. INTRODUCCIÓN

En regiones tropicales la alimentación de ovinos es a base de forraje, principalmente apoyada en el pastoreo de pastos nativos y en algunas ocasiones de pastos introducidos. La disponibilidad y calidad del mismo disminuye en la época de seca; además estos forrajes se caracterizan por ser altos en carbohidratos estructurales y bajos en proteína, digestibilidad y energía metabolizable (Ku-Vera *et al.*, 2013). Por otra parte, la suplementación con concentrados comerciales durante la época de seca en la actualidad resulta poco rentable por el aumento constante en los precios de los granos, lo cual genera que se busquen alternativas de alimentación como podrían ser los frutos de árboles para mejorar el comportamiento productivo de los animales (Mlambo *et al.*, 2007), ya que generalmente contienen un porcentaje mayor de proteína cruda (>120 g/Kg) y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (540-800 g/Kg) con respecto a las gramíneas (Ku 2005). Existen trabajos en la alimentación de ovinos en donde se han incluido frutos de *E.cyclocarpum* (Álvarez *et al.*, 2003), *Prosopis cineraria* (L.) Druce (Mahgoub *et al.*, 2004) y *Acacia farnesiana* (L.) Willd (García-Winder *et al.*, 2009).

Por otra parte a nivel mundial la ovinocultura se está convirtiendo en una actividad pecuaria de gran importancia, debido a la necesidad de satisfacer la demanda progresiva de carne ovina para consumo humano. En México esta demanda ha aumentado a más de 85 mil toneladas de carne ovina, de las cuales casi 40 mil toneladas son importadas (Martínez *et al.*, 2011). En Nayarit existen aproximadamente 45 mil cabezas de ganado ovino, con una producción de 161 toneladas, y un índice de productividad (inventario/toneladas de producción de carne) de 241; debido a que en muchos de los casos hay una pobre eficiencia productiva de los rebaños (SAGARPA, 2007; Aguirre *et al.*, 2010).

El bajo nivel productivo se debe a factores como: sanitarios, desnutrición, parasitosis, deficiente manejo reproductivo, así como a las malas condiciones de

las instalaciones y poca comercialización de las canales (Aguirre *et al.*, 2010). De las causas anteriores, la nutrición tiene una importancia muy grande, ya que es el rubro que ocupa el mayor porcentaje en los costos de producción (Duran, 2008).

Un aspecto muy importante en la actualidad es el uso de los recursos naturales en forma racional y sostenible, con lo que además se pueden obtener beneficios significativos en las actividades agropecuarias, tendientes a su conservación dentro del ecosistema (Román *et al.*, 2008). Las especies arbóreas en los trópicos representan una fuente importante de alimento para el ganado y la fauna silvestre, principalmente durante la época seca. Un gran número de estas especies son árboles multipósitos, mismos que aportan alimento de buena calidad la mayor parte del año, mejoran la dieta del animal y reducen el uso de concentrados en las explotaciones pecuarias. Tal es el caso de la guásima (*Guazuma ulmifolia*), la cual está muy difundida desde México hasta la parte norte de Argentina y la parte media de Brasil e introducida en la India e Indonesia. Se desarrolla principalmente en hábitats húmedos de las tierras bajas cálidas, pero se le puede encontrar ocasionalmente hasta los 1200 msnm. Es un árbol de porte pequeño a mediano que puede alcanzar hasta 20 metros de altura. En la República Mexicana se le encuentra en casi todos los climas cálidos y se le conoce vulgarmente como "Guacima", "Guásima", "Guácimo", "Cuaulote", "Cuahulote", "Cahuilote", "Aquiche", "Majahua de toro", "Palote negro" y "Pixui" (Tapia, 2007). La producción de fruto de guásima es de 1.1 hasta 5.3 ton/ha/año, teniendo una densidad de 2500 árboles/hectárea en 5 años (Encyclopédie Méthodique, Botanique, 1789). Existen cuatro especies diferentes de *Guazuma ulmifolia* son *G. Longipedicellata* G. F. Freytag; *G. Tomentosa* Kunth; *G. Ulmifolia* Lam; *G. Crinita* Mart., las cuales tienen diferente tipo de inflorescencia (Encyclopédie Méthodique, Botanique, 1789). El fruto de guásima contiene en promedio 12.76% de proteína y presenta 51% de digestibilidad *in vitro* (Partida, 2012), por lo que la utilización de esta arborea puede ser una alternativa de alimentación de ovinos.

Por otra parte, el pasto tropical Maralfalfa (*Pennisetum ssp.*) contiene un alto potencial forrajero, por su producción de biomasa de alta calidad para rumiantes. Se menciona que puede llegar a tener 21.8% de proteína cruda en base seca. Es un pasto perenne con alta productividad por lo que ha sido introducido por los productores en numerosos países de Latinoamérica como Colombia, Brasil y Venezuela, entre otros (Correa, 2006; Márquez *et al.*, 2007; Moreno y Molina, 2007).

2. HIPOTESIS

En las dietas de ovinos la maralfalfa puede sustituir a la alfalfa y la guásima al sorgo por los contenidos similares de proteína y energía, respectivamente, sin afectar el comportamiento productivo de los animales por no encontrar efectos detrimentales en la digestibilidad y las variables de fermentación ruminal.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de sustituir alfalfa *Medicago sativa* y sorgo por *Pennisetum spp.* y fruto de *Guazuma ulmifolia*, respectivamente, en la dieta sobre el valor nutritivo y comportamiento productivo de ovinos de pelo.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Realizar el análisis químico proximal de las materias primas y las dietas a evaluar.
- b) Medir el efecto de la sustitución de la alfalfa y sorgo por el fruto de *Guazuma ulmifolia* y *Pennisetum spp.* en la dieta de ovinos de pelo, sobre la degradabilidad ruminal, digestibilidad *in vitro*, *in vivo* e *in situ* de la materia seca.
- c) Determinar la cinética de las variables de fermentación ruminal (pH, y amoníaco) al alimentar a los animales con las diferentes dietas experimentales.
- d) Evaluar el comportamiento productivo de los animales alimentados con *Guazuma ulmifolia* y *Pennisetum spp.* en base al peso inicial, peso final, ganancia diaria de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Guásima (*Guazuma ulmifolia*)

4.1.1 Generalidades

La guásima es característica de zonas tropicales en donde la estación de seca está bien definida, con vegetación sabanoide (Nieto *et al.*, 2006), ahí crece en espacios abiertos, a orillas de carreteras y ríos, dentro de cultivos, pastizales y como parte de la vegetación secundaria (López *et al.*, 2006; Ascencio, 2008).

La *Guazuma ulmifolia* es un árbol de porte pequeño a mediano, caducifolio, que puede alcanzar hasta 15-25 m de altura. De copa redonda y extendida, su tronco es torcido y ramificado, con hojas simples, alternas ovaladas a lanceoladas. Su corteza externa ligeramente fisurada, que se desprende en pequeños trozos, de color pardo grisáceo, interno de color amarillento que cambia a pardo rojizo o rosado, fibrosa, dulce a ligeramente astringente, su corteza tiene un grosor total de 5 a 10 mm. Posee flores pequeñas y amarillas que se agrupan en panículas en la base de las hojas. Sus frutos son cápsulas verrugosas de 3 a 4 cm de largo con inflorescencia de hasta 10 cm, ovoides y elípticas, duras y negras cuando están maduras, con numerosas semillas pequeñas de 2 a 2.5 mm de largo, tiene un olor y sabor dulce; existen dos temporadas de maduración: septiembre y abril (CATIE, 1986; Pennington y Sarukhám, 1998). En el Cuadro 1 se presenta la clasificación taxonómica de la guásima de acuerdo con Niembro (1990). *Guazuma ulmifolia* es considerado un árbol multipropósito, cuyo uso principal ha sido reportado como fuente importante de forraje para el ganado, sus hojas contienen 8-9% de proteína cruda y alrededor de 79% de fibra apetecible para el ganado (Olivares *et al.*, 2013).

4.1.2 clasificación taxonómica.

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la guásima.

División	Magnolophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Dillenidae
Orden	Malvales
Familia	Sterculiaceae
Género	Guazuma
Especie	Guazuma ulmifolia
Nombre Común	Guásima

(Niembro, 1990).

4.1.3 Adaptación

Se desarrolla en zonas cálidas con temperatura promedio de 24°C, de 700 a 1,500 mm de precipitación anual y desde el nivel del mar a los 1,200 msnm, en suelos de texturas livianas y pesadas, con buen drenaje, no pedregosos y pH superior a 5.5 (CATIE, 1986; Pennington y Sarukhám, 1998). Es una especie heliófila y colonizadora por lo que es común encontrarla en terrenos yermos y cultivados, faldas de colinas y bosques secundarios de mediana elevación (CONABIO, 2009).

4.1.4 Composición química

Diferentes investigadores han evaluado la calidad nutricional del follaje y los frutos de la guásima con resultados variables. La calidad tanto del follaje como del fruto va a depender de factores como las condiciones edafoclimáticas del sitio, época del año, edad del rebrote, manejo de las plantas y consumo de los animales (López *et al.*, 2008).

La cantidad de humedad en el fruto de guásima referido por diferentes autores, indica que va a oscilar entre 75% (Cárdenas *et al.*, 2003) a 7.16% (Gómez, *et al.*, 2014). El porcentaje de proteína cruda (PC) se menciona un mínimo de 5.8%, Pinto *et al.* (2004), hasta un 12.8% (Gómez *et al.*, 2014). Las fracciones de fibra

neutro detergente y ácido detergente autores como Castro (1994) encontró 79.73% y 71.49% respectivamente, mientras que Flores *et al.* (1998), Morales *et al.* (1988) y López *et al.* (2008) reportaron un menor porcentaje para dichas fracciones 52, 48.16 y 45.14%, 34.4, 42.04 y 28.88% respectivamente. Por su parte Gómez *et al.* (2014) encontraron 63.5 y 54% respectivamente. Estos mismos autores encontraron un porcentaje de TND de 70% y 3086 Kcal/g de energía digestible calculada (1 Kg TND= 4409 Kcal ED), una digestibilidad *in vitro* de la materia seca de 51%; así como una digestibilidad *in situ* del 48.3%, $a=6.5$, $b=37.5$, $c= 0.025$ y una degradación efectiva de 55.5 con una tasa de pasaje al 0.02, 33.3 a 0.05 y 23.8% a 0.08 respectivamente.

En un estudio realizado por Casanova *et al.* (2014), observaron mayor producción de biomasa en un banco de proteína de guásima que en uno de leucaena, con una producción de forraje de 4.5 T de MS/Ha, con un porcentaje de PC de 14.5%, FDN: 45.6%, FDA: 29.2 y una relación de C/N de 18.4 (Casanova *et al.*, 2014). Por otra parte, se menciona que las especies arbóreas no leguminosas como *G. ulmifolia* y *A. aculeate* representaban más del 90% de los individuos que se encontraban en un potrero en Costa Rica y eran casi 10 veces más abundantes que las especies de árboles leguminosos, mencionando que la disponibilidad del fruto fue mayor de febrero a abril (inicio de la época de secas), con una producción de 26.4 Kg por árbol y 29 Kg de fruto por Ha, con un contenido de proteína cruda de 7.5% y 36.6% de FDN y una digestibilidad *in vitro* de la materia seca de 63.3% (Esquivel *et al.*, 2011).

4.1.5 Establecimiento

Guazuma spp. es característica de los sitios abiertos, laderas de montañas bajas y cañadas, pastizales, terrenos planos con lomeríos suaves, márgenes de ríos y arroyos, así como de sitios desmontados. Es común en áreas secas y húmedas, por ejemplo en represas además de zonas bajas cálidas. Se desarrolla en temperatura de 20 a 30°C, con periodos secos de 4 a 7 meses y con precipitaciones anuales.

Para establecer un sistema de producción de guásima, ya sea en vivero o directo en campo, debe tomarse en cuenta el clima, la época de lluvias, el tipo de suelo y su pendiente (Tamayo y Orellana, 2006).

Se siembran de dos a cuatro semillas por bolsa. Se requieren de 14 a 16 semanas para que la planta alcance 25 a 30 cm de altura en bolsas. Manríquez *et al.* (2007) mencionaron que la planta debe ser trasplantada cuando haya alcanzado una altura de 38 cm, aunque también se puede hacer cuando la planta tiene de 20 y 30 cm de altura, o entre 1 y 2 meses de edad. El CATIE (1991) menciona que la planta se debe transportar protegida del aire y del sol. Se recomienda trasplantarlas al inicio de las lluvias para que tengan oportunidad de desarrollarse todo ese período (Manríquez *et al.*, 2007).

La distancia recomendada entre árboles es de 2x2 m, de esta manera se obtiene mayor crecimiento en el diámetro y altura, ya que la especie es muy susceptible al esparcimiento en la plantación. Se recomienda deshierbar 2 o 3 veces durante el primer año (*Encyclopédie Méthodique, Botanique*, 1789).

4.1.6 Características agronómicas y forrajeras de la guásima

La Guásima es característica de zonas en donde la estación de seca está bien definida, con vegetación sabanoide y en potreros de áreas cálida húmedas (Nieto *et al.*, 2006). En la zona centro de Veracruz México, esta especie ha evolucionado en regiones donde la precipitación es estacional y muy marcada, con periodos de sequía hasta de ocho meses (López *et al.*, 2006), crece en espacios abiertos, a orillas de carreteras y ríos, así como dentro de cultivos, pastizales y como parte de la vegetación secundaria (López *et al.*, 2006; Ascencio, 2008).

La guásima es un árbol de porte pequeño a mediano, caducifolio, que puede alcanzar hasta 15-25 m de altura. De copa redonda y extendida, su tronco es torcido y ramificado, con hojas simples, alternas ovaladas a lanceoladas. Su corteza externa ligeramente fisurada, que se desprende en pequeños pedazos, de

color pardo grisácea, interno de color amarillento que cambia a pardo rojizo o rosado, fibrosa dulce a ligeramente astringente, su corteza tiene un grosor total de 5 a 10 mm. Posee flores pequeñas y amarillas que se agrupan en panículas en la base de las hojas. Sus frutos son cápsulas verrugosas de 3 a 4 cm de largo con inflorescencia de hasta 10 cm, ovoide y elípticas, duras y negras cuando están maduras, con numerosas semillas pequeñas de 2 a 2.5 mm de largo, tiene un olor y sabor dulce (Silvoenergia, 1986; Pennington y Sarukhám, 1998).

Forma parte de la vegetación de sabana y de potreros principalmente en México, Inglaterra, Honduras, Panamá y Sur América. Se presume que su origen es antillano, y tiene una distribución geográfica desde América del Sur hasta México. En nuestro país se localiza desde Sonora y Tamaulipas hasta Chiapas, Yucatán y Quintana Roo, aunque suele ser más abundante en las regiones del trópico seco. (Castro, 1994; Pennington y Sarukhám, 1998). Es una especie heliófila y colonizadora por lo que es común encontrarla en terrenos yermos y cultivados, como son las faldas de colinas y bosques secundarios de mediana elevación (CONABIO, 2009). La guásima es considerado como un árbol multipropósito por la gran variedad de productos y servicios que brinda en la agricultura, ganadería, industria cosmética y medicina (Berenguer *et al.*, 2007). Se han mencionado sus propiedades antioxidantes, antimicrobianas y antihipertensivas (Castro, 1994). En la Agroforestería se utiliza como cerco vivo, sombra y descanso para el ganado (Torres *et al.*, 2006). El follaje sirve como alimento, principalmente como fuente de proteína en sistemas pecuarios (López *et al.*, 2006); como paisaje proporciona la estructura de protección para la flora, fauna y las fuentes de agua enriqueciendo los suelos ayudando a conservar los recursos naturales (Beetz, 2001). Su madera blanda es utilizada en la manufactura de artesanías y elaboración de utensilios como mangos de herramientas, construcción de casas, muebles, postes, falsetes, reparación de instalaciones pecuarias, es fuente de combustible como leña y carbón (Giraido *et al.*, 1998; López *et al.*, 2003).

4.1.7 Distribución geográfica de la guásima en la República Mexicana y en Nayarit

México dispone de plantas nativas que reúnen características nutricionales y agronómicas primordiales para propagarse y utilizarse en la alimentación animal. En Nayarit, más del 75% de la superficie es apta para desarrollar actividades ganaderas y forestales y se dispone un germoplasma nativo importante que le proporciona un alto valor forrajero al agostadero y dispone de diferentes tipos arbustivos para los rumiantes (INEGI, 2006).

La guásima es una especie muy abundante en zonas con la temporada seca bien marcada o en zonas con vegetación de sabana, o potreros en casi toda el área cálida húmeda, se desarrolla principalmente en hábitats húmedos de las tierras bajas cálidas, pero se le puede encontrar ocasionalmente hasta los 1200 metros sobre nivel del mar (msnm) (Tapia, 2007) En la República Mexicana se encuentra en casi todos los climas cálidos del país como en: Campeche, Colima, Chiapas, Chihuahua, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán (Pennington y Sarukhám, 1998).

Es característica de sitios abiertos, laderas de montañas bajas y cañadas, pastizales, terrenos planos con lomeríos suaves, márgenes de ríos y arroyos, además en sitios desmontados. Es común en áreas secas y húmedas, por ejemplo en represas y es propia de zonas bajas cálidas. Se desarrolla en temperaturas de 20 a 30 °C, con períodos secos de 4 a 7 meses y con precipitaciones anuales de 700 a 1,500 (2,000) mm. Se adapta tanto a condiciones secas como húmedas y a un amplio rango de suelos, con pH mayor a 5.5, de origen volcánico o sedimentario, negro arcilloso, grava volcánica negra, pedregoso, arenoso café claro, somero, rojo laterítico, limoso, vertisol, desde textura liviana hasta pesada (Villa, 2009).

En el área tropical de Nayarit se encuentran de forma endémica los géneros *Leucaena*, *Acacia*, *Opuntia*, *Enterolobium*, *Prosopis*, *Pithecellobium*, *Atriplex*, *Gliciridia*, *Guazuma ulmifolia* y *Brosimum*, los cuales pueden utilizarse para la explotación forestal y pecuaria. En la ganadería se distingue una producción estacional de forrajes en el verano y más de ocho meses de sequía, caracterizándose por la escasez de forraje y la dependencia a los esquilmos agrícolas para la manutención del ganado (SAGARPA, 2005).

4.1.8 Manejo de la guásima en sistemas de producción

La edad de la planta de guásima al momento de la primera poda es un aspecto muy importante, en virtud de que esta práctica determina el comportamiento productivo posterior, principalmente en cuanto al engrosamiento de los tallos y la raíz (Francisco, 2003), considerando que se realice a los seis meses después de su establecimiento en campo para que pueda ser consumida por los animales (Holguín e Ibrahim 2004; López *et al.*, 2006). Se menciona que la poda tradicional en un lote de forraje de guásima se hace dejando tallos principales a 60 cm de altura, ramas principales y ramas secundarias a 40 cm de longitud desde la base del tallo. Así mismo se considera como tiempo aceptable para definir los intervalos de poda en los árboles es cuando exista entre 50 y 60 % de follaje comestible (Francisco, 2003).

De acuerdo con Leyva (2006), la guásima ha demostrado una respuesta favorable y resistencia a la presión de ramoneo por el ganado. López *et al.* (2006) mencionaron que a los 6 meses de establecida la guásima en campo, los ovinos pueden iniciar el ramoneo de la planta sin que se presenten daños que comprometan su sobrevivencia. Sin embargo, Villa (2009), reportó que cuando el ramoneo fue practicado por bovinos dentro de un sistema silvopastoril en árboles de un año de edad, se retrasa el desarrollo del árbol, aunque no se afecta su sobrevivencia.

4.1.9 Potencial forrajero de la guásima

En los sistemas silvopastoriles la producción total de biomasa es usualmente mayor que en los monocultivos de gramíneas forrajeras, en donde se calcula entre 10-12 ton de MS/ha/año (Rosales y Gill, 1997), mientras que en un sistema silvopastoril es de debido a un mejor aprovechamiento del espacio vertical, tanto aéreo como subterráneo, que supone una mayor captación de nutrimentos y energía (Redd *et al.*, 2000).

Según la especie y las condiciones edáficas, los árboles pueden llegar a horizontes más profundos del suelo, absorber nutrimentos y retornarlos a la superficie con la caída natural del follaje, ramas y frutos (Budowski, 1981).

4.1.10 Consumo de guásima (*Guazuma ulmifolia*)

El consumo de follaje por el ganado así como la calidad del mismo se ve reflejado en los cambios que se produce en las variables productivas y reproductivas de los animales. Debido a esto se han realizado estudios sobre la evaluación del consumo de follaje y frutos de guásima, con mayor información en ovinos que en bovinos. Por su parte (Navas *et al.*, 1999) indicaron que la suplementación con frutos de *Pithecellobium saman* (samán) estimula el consumo voluntario de materia seca (MS) e incrementa la población bacteriana ruminal, disminuyendo la población de protozoarios ciliados. Algunos estudios indican que la guásima es uno de los alimentos preferidos por los ovinos (Sosa *et al.*, 2004).

4.2 Maralfalfa (*Pennisetum spp.*)

4.2.1 Generalidades

El origen del pasto maralfalfa es aún confuso pero los estudios preliminares realizados en el herbario Medel de la Universidad Nacional de Colombia, en Medellín, indican que puede tratarse de *Pennisetum violaceum* o de un híbrido (*Pennisetum hybridum*) entre el *Pennisetum americanum* L. y el *Pennisetum purpureum* Schum. Otra teoría es que se desarrolló a partir del pasto elefante

(*Pennisetum purpureum*), una grama nativa (*Paspalum macrophyllum*), el gramalote (*Paspalum fasciculatum*), la alfalfa peruana (*Medicago sativa*) y el pasto brasileiro (*Phalaris arundinacea*) (Correa et al., 2004).

La maralfalfa es un pasto perenne con alta productividad que ha sido introducido por los productores en numerosos países; sus raíces son fibrosas, adventicias que surgen de los nudos inferiores de las cañas (Moreno, 2013). Estas cañas conforman el tallo superficial el cual está compuesto por entrenudos, delimitados entre sí, por nudos. Los entrenudos en la base del tallo son muy cortos, mientras que los de la parte superior del tallo son más largos. Los tallos no poseen vellosidades (Moreno, 2013).

4.2.2 Clasificación taxonómica.

En el Cuadro 2 se presenta la clasificación taxonómica de la maralfalfa de acuerdo con Dawson y Hatch, (2002).

Cuadro 2. Clasificación taxonómica de la maralfalfa

Familia:	Poaceae
Sub-familia:	Panicoideae
Clase:	Angiosperma
Reino:	Graminea
Género:	<i>Pennisetum</i>
Especie:	Sp

4.2.3 Adaptación

Crece en suelos de fertilidad media a alta, pH de 5.5 a 7.4, no tolera saturación de aluminio, ni encharcamiento, es una planta que tolera moderadamente la sombra. Se desarrolla a una altitud de 0 – 2.600 msnm, a una temperatura entre 13 a 27°C y con una precipitación de 1.000 – 4.000 mm/año. Es una especie que tolera la sequía. Es susceptible a enfermedades y plagas como el *Cylindrocladium sp.* Su uso es principalmente como forraje picado, henificado o ensilado. Tiene un potencial de producción de 60 t MS/ha/corte (Moreno, 2013).

4.2.4 Composición química

De acuerdo con estudios realizados por diversos laboratorios Mexicanos la maralfalfa puede llegar a tener más del 18% de proteína (Moore, 1994). En el cuadro 3 se muestra la composición de la maralfalfa a diferentes épocas de corte, en donde se puede observar la variación, dependiendo de la edad de la planta (Rubio et al., 2014).

Cuadro 3. Composición química del pasto maralfalfa en la época de lluvias en cuatro periodos de corte.

Día	% PC	% H	% MS	% Cen	% MO	% FND	% FAD
30	16.31±1.2 ^a	90.27±2.3 ^b	9.73±1.7 ^c	15.42±1 ^d	84.58±1.4 ^e	63.42±2.5 ^f	42.00±1.5 ^g
60	13.89±0.99 ^b	81.67±1.5 ^d	18.33±1.8 ^d	11.91±1.3 ^d	88.09±1.2 ^d	68.96±2.2 ^d	47.30±1.4 ^e
90	9.97±1.3 ^c	80.01±1.6 ^e	19.99±1.2 ^e	11.73±1.5 ^d	88.27±1.4 ^d	75.05±2.88 ^d	50.34±1.3 ^f
120	6.21±1 ^d	78.13±1 ^f	21.87±1.4 ^e	8.79±1.2 ^e	91.21±1 ^d	77.60±3.1 ^d	56.24±1.8 ^f

^{****} Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas (P<0.05)

PC = proteína cruda; H= humedad; MS = materia seca; Cen= cenizas; MO = materia orgánica; FND = fibra neutro detergente; FAD = Fibra ácido detergente.

4.2.5 Establecimiento

Se siembra de la misma forma que la caña de azúcar. Utilizando 3000 kg de tallo/ha, sembrados en forma horizontal, doble caña y a chorrillo a no más de tres centímetros de profundidad y a 50 centímetros entre surcos. Se necesita una fertilización alta (kg del elemento/ha/ fertilización N: 70-140, P: 25, K: 20, Mg: 20, S: 20. Responde muy bien a la aplicación de materia orgánica; después de cada corte se recomienda aplicar Nitrógeno, Fósforo y Potasio (Moreno, 2013).

4.3 Alfalfa (*Medicago sativa*)

4.3.1 Generalidades

La alfalfa es una de las más antiguas plantas forrajeras originanas del medio oriente del genero *Medicago* y que debido a sus grandes cualidades es llamada con justa razón "la reina de las plantas forrajeras", existen unas 50 especies en la

región del mediterráneo hacia Turquestán, norte de Judea y Oriente de la China (Flores, 1987).

La alfalfa es la leguminosa forrajera más ampliamente utilizada en la alimentación del ganado lechero en los Estados Unidos y México (SAGARPA, 2000, McGraw y Nelson, 2003). La alfalfa produce un forraje de alta calidad que puede ser pastoreado, ensilado, henificado o suministrado en verde. El corte en verde de la alfalfa es la forma comercial de aprovechamiento más extendida en los valles centrales de Oaxaca; en ella es obligado que la programación de los cortes sea con base a su velocidad de crecimiento, la cual varía con la estación del año; por ello, el conocimiento de los cambios estacionales en el rendimiento acumulado de esta especie, permite determinar la frecuencia de defoliación para obtener la mayor producción de forraje de alta calidad (Hodgson, 1990). Las leguminosas en general, tienen el inconveniente de producir timpanismo en los animales si se consumen antes del tiempo óptimo de aprovechamiento, que en casi todas las plantas esto es un poco antes de su floración (Flores, 1987).

4.3.2 Clasificación taxonómica

Cuadro 4. Clasificación taxonómica de la alfalfa.

Reino:	Vegetal
Clase:	Antigiosperma
Subclase:	Dicotiledónea
Familia:	Leguminosae
Género:	Medicago
Especie:	sativa

CONABIO (2009).

4.3.3 Adaptación

Es una planta perenne que tiene un buen desarrollo en los climas templados o templados-fríos y en terrenos francos o con buenas proporciones de arcillas, no resiste la acidez de los suelos, prefiriendo la alcalinidad para su desarrollo. Se necesitan de 30 a 40 kg de semilla por hectárea en mono cultivo, reduciéndose

esta cantidad cuando es sembrada junto con gramíneas u otras leguminosas. La siembra de preferencia se hace al voleo o a máquina, aunque unas personas lo hacen en línea, separadas de 15 a 30 cm sembrando a chorro, lo cual permite que disminuya la cantidad de semilla por hectárea, sin embargo, es un procedimiento más tardado y los rendimientos que se obtienen son inferiores a los de una siembra al voleo (Flores, 1987).

4.3.4 Composición química

En el cuadro 5 se muestra la composición química de la alfalfa de acuerdo con el NRC (2007).

Cuadro 5. Composición química de la alfalfa

Componente	g/100g
Materia seca	92
Proteína cruda	19
Fibra cruda	26
Extracto etéreo	3
Cenizas	11
Fibra neutro detergente	45
Fibra ácido detergente	34
Total de nutrientes digestibles	61
Energía digestible Mcal/kg	1.7
Energía metabolizable Mcal/kg	2.2

(NRC, 2007).

4.3.5 Establecimiento

La preparación del terreno una buena cama de siembra se requiere iniciar con un barbecho seguido de una rastra cruzada y de ser necesario, un paso con rotavator. Para un buen establecimiento es importante la nivelación del terreno ya que de ella depende la eficiencia de aplicación en los riegos. La época óptima de siembra está comprendida de septiembre a octubre. Para una buena población de plantas

se sugiere utilizar de 30 a 35 kilogramos de semilla por hectárea, se debe procurar que la semilla tenga un poder de germinación de cuando menos un 80%. Para una siembra mas uniforme se utiliza una sembradora Brillón, aunque también se puede utilizar la sembradora triguera (de granos pequeños). Si la siembra se realiza al voleo, a mano o con una máquina Cyclone, conviene aumentar la cantidad de semilla a 40 kilogramos por hectárea. Después de la siembra, tapar ligeramente la semilla no más de 2 centímetros, se recomienda con un paso de rastra ligera o de ramas (INIFAP, 2015).

4.4 Utilización de frutos de arboreas en la alimentación animal

Los árboles en la zona brindan diversos beneficios: frutos y follaje como suplemento animal, madera, leña, medicinas y frutos para consumo humano, postes, estacas y ornamentales para el mejoramiento de las fincas. Existe un alto potencial para utilizar frutos y follaje en la producción animal. Las especies más utilizadas en Nicaragua son: *Pithecellobium saman*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Guazuma ulmifolia*, *Crescentia alata* y *Mangifera indica*. Estas especies fructifican de febrero a mayo, que son los meses donde la calidad y disponibilidad de pastos son bajas, y pueden suplir una gran parte de las necesidades de alimentación animal. Cuando se utilizan los frutos, estos generalmente son triturados los frutos (Zamora et al., 2001). Las principales ventajas de su utilización es que el ganado tiene una menor incidencia de enfermedades, menor riesgo de mortalidad y mayor producción durante la época de seca. Las principales desventajas entre otras es la cantidad de trabajo adicional que se requiere en comparación con el manejo tradicional; por otra parte esta llega a ser escasa debido a la emigración de pobladores a otras zonas durante el verano, así como la necesidad de comprar maquinaria (picadora) para el establecimiento de estas nuevas tecnologías (Zamora et al., 2001). A pesar de que se reconoce que la producción de leche puede llegar a disminuir en la época de secas, se menciona que el valor nutritivo de los forrajes (follaje y frutos) podría mejorar la producción de leche con un buen manejo (Casasola, 2001; Fandiño, 1997).

4.5 Pruebas de digestibilidad

El valor nutritivo potencial de un alimento puede ser determinado, en primera instancia, por el análisis químico proximal, pero el valor real del mismo para el animal sólo se puede lograr a través de un análisis de las pérdidas inevitables que ocurren durante la digestión, absorción y metabolismo (Minson, 1982). Esto obedece a que después de consumir un alimento, hay residuos indigeridos que son excretados en las heces, los cuales significan una merma en términos de la utilización del mismo, por lo que la primera pérdida impuesta al alimento está representada por la parte que no es digerida ni absorbida en el animal.

El análisis de la digestibilidad de un alimento es muy importante, ya que existen diferentes moléculas en éste, unas que se digieren y absorben fácilmente y otras que son resistentes a la degradación bacteriana y enzimática, por ende, excretadas en las heces; es precisamente este tipo de análisis lo que marca la diferencia entre la alimentación cuantitativa de la cualitativa (Minson, 1982).

4.5.1 Digestibilidad *in vivo*

Con las pruebas de digestibilidad o de balance se cuantifican los nutrimentos que son ingeridos y absorbidos en el tracto digestivo, así como las cantidades que se eliminan en las heces. Para esto es necesario conocer tanto la cantidad del alimento ingerido como excretado, siendo la diferencia entre ambas cantidades la parte que se supone fue digerida y absorbida por el animal, que al ser expresada como porcentaje resulta ser el coeficiente de digestibilidad aparente de la materia seca o de cada uno de los componentes de los alimentos (Church y Pond, 1987; Maynard et al 1986; Shimada, 1983).

En general, los valores de la digestibilidad obtenidos son aparentes, ya que normalmente no se hacen las mediciones, ni correcciones de los aportes metabólicos, ni endógenos (de origen corporal), tales como enzimas, hormonas, metabolitos o células de descamación, entre otros, que se producen como consecuencia del proceso digestivo, apareciendo en las heces sin que

necesariamente sean un residuo alimentario. En el caso de obtenerse dichos valores, al hacerse la corrección, se obtiene la digestibilidad verdadera, que refleja en forma más precisa la absorción de los nutrimentos aportados por el alimento (Maynard *et al*, 1986; Shimada, 1983).

En una prueba de digestibilidad *in vivo* se alimenta a un animal con cantidades predeterminadas de una dieta de composición conocida, para medir cuidadosamente la ingestión de los diferentes nutrimentos por parte del animal durante un tiempo determinado, el cual se acompaña de la recolección total de las heces. Se requiere que la recolección cuantitativa de las heces esté libre de contaminación urinaria y que éstas representen en forma cuantitativa el residuo no digerido del alimento ingerido previamente medido. Posteriormente, se analizan tanto el alimento como las heces para determinar el contenido de nutrimentos presentes en ambas muestras (Church y Pond, 1987; Maynard *et al* , 1986).

Al animal se le suministra la dieta a probarse durante un período preliminar para eliminar residuos provenientes de alimento consumido antes de iniciar el estudio, además de permitir que el animal se adapte a la dieta de prueba. Después de este período se inicia la recolección de heces; posteriormente, se hace un análisis de las mismas, ya que los componentes que se pierden en éstas corresponden a la mayor pérdida individual de los nutrimentos ingeridos, en virtud de que una vez que un alimento sufre los procesos de degradación gastrointestinal se expulsa el remanente en las heces (Church y Pond, 1987; Maynard *et al.*, 1986).

Como se mencionó, el término digestibilidad va a expresar el porcentaje de todo el alimento o de un componente de éste en particular, el cual no es excretado por el animal, suponiendo que es aprovechado y absorbido en el tracto gastrointestinal. Comúnmente es expresado en función de materia seca, como porcentaje de digestibilidad (Church y Pond, 1987).

La digestibilidad aparente de la materia seca se calcula de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\% \text{ DMS} = \frac{C - E}{C} \times 100$$

Donde:

C = Consumo de materia seca

E = heces en base seca (Church y Pond, 1987).

Para un estudio de digestibilidad *in vivo* se recomienda utilizar jaulas metabólicas, las cuales son modificaciones de las utilizadas en un principio para animales de laboratorio. Una característica esencial de estas jaulas es que el animal debe tener libertad de movimiento, en particular para recostarse y para levantarse, permitiendo separar las heces de la orina. En las jaulas que se emplean en la actualidad, el animal se encuentra confinado de tal manera que no puede darse la vuelta, ajustando el largo de las mismas al tamaño del animal, de tal manera que las heces caen en forma directa a un recipiente colocado ex-profeso. El comedero se encuentra al frente, tanto su construcción como colocación evitan que el alimento se desparrame (Maynard *et al.*, 1986).

Existen diferentes factores que afectan la digestibilidad de un alimento, como por ejemplo la composición y preparación del mismo; el tiempo de tránsito a través del tracto gastrointestinal o factores del animal *per se*, como son la especie, edad, etapa productiva, etc. Por otra parte, se podría dar el caso en donde la digestibilidad pudiera ser sobrestimada, especialmente cuando la última comida del periodo experimental es larga y el incremento de la salida fecal se retrasa hasta después del final de la colección fecal (Church y Pond, 1987).

Asimismo, en los animales existen variaciones en cuanto a la digestibilidad de un alimento se refiere. Se sabe que dentro de una misma especie animal hay diferencias más o menos grandes en el aprovechamiento de los alimentos, estas van a depender de la raza, etapas productivas (edad), estado de salud, entre otras, lo que en conjunto muestran hábitos y requerimientos alimentarios diferentes. Por lo tanto, la digestibilidad del mismo alimento puede variar aun dentro de la misma raza debido a que existen requerimientos nutricionales diferentes de un animal a otro

(Shimada, 1983). Por otro lado, existe una influencia del nivel de nutrición en la digestibilidad de los alimentos en diversas especies animales. Cuando se reduce la ingestión de alimento por debajo del nivel de mantenimiento en animales que poseen completos e intactos todos los órganos del aparato gastrointestinal, éstos tienden a ser más eficientes en la digestión de alimentos y en el aprovechamiento de los nutrimentos (Maynard *et al.*, 1986).

Entre los factores que pueden afectar la digestibilidad de algunos forrajes o raciones en rumiantes (Van Soest 1994; Church y Pond 1987) destacan:

- a) La cantidad de alimento consumido, ya que al aumentar éste, se reduce la digestibilidad en virtud de que el pasaje de la digesta se incrementa.
- b) Cantidad de fibra y/o lignina en el alimento: Como regla general, la digestibilidad de los forrajes disminuye conforme el porcentaje de fibra ácido detergente aumenta.
- c) Diferencia entre las especies: Los bovinos digieren los forrajes mejor que los ovinos, que a su vez digieren mejor los concentrados que los primeros; inclusive entre animales de la misma especie existen diferencias: se ha visto que el ganado cebú tiene mayores tasas de fermentación que el ganado europeo.
- d) Deficiencias nutricionales: Numerosos experimentos indican que la relativa o absoluta deficiencia de proteína resulta en una reducción de la energía digerible; también es notorio que la deficiencia de algunos micro y macro minerales (Mg, P, S, Fe, Co, Mn, Zn) disminuye la digestión ruminal.
- e) Factores que afectan el apetito: Cualquier aspecto que afecte el apetito tiene efecto en la digestibilidad, éstos incluyen tanto la naturaleza física de la ración como la ausencia o presencia de algún nutrimento.
- f) Frecuencia en la alimentación, ya que al aumentarse ésta, se tiende a incrementar la digestibilidad.
- g) Preparación del alimento: Al rolar los granos, se aumenta la digestibilidad; en este rubro pueden incluirse los tratamientos que reciben los esquilmos o pajas (físicos, químicos o biológicos).

h) Efecto asociativo del alimento: Se ha observado que una combinación de pellet de alfalfa y ensilado de maíz tiene mayor digestibilidad que estando estos separados.

i) Adaptación a cambios de ración: Los microorganismos ruminales requieren como mínimo 10 días de adaptación; de no ser así la digestibilidad disminuirá.

Los métodos para la medición de la digestibilidad que implican el empleo de animales vivos (*in vivo*), resultan costosos en cuanto al tiempo, la mano de obra calificada, las grandes cantidades de alimento y el número de análisis químicos (aunque poseen menos posibilidades de error con relación a los métodos alternativos (Maynard, *et al.*, 1986; Shimada, 1983), por lo que se han desarrollado métodos de digestibilidad *in vitro*.

4.5.2 Digestibilidad *in vitro*

El ensayo de digestibilidad *in vitro* pretende simular la degradación de un alimento en el tracto digestivo de un rumiante, utilizando el complejo enzimático producido por los microorganismos ruminales y simulando las condiciones anaeróbicas, de temperatura, pH y ausencia de luz del sistema retículo-rumen-abomaso; esto se logra realizando el ensayo en dos pasos. La primera etapa comprende la incubación de la muestra con los microorganismos del rumen en un medio nutritivo mineral y un amortiguador (saliva artificial), en presencia de CO₂; este tratamiento equivale a la digestión ruminal.

El procedimiento descrito por Tilley y Terry consiste en pesar la muestra, y agregar líquido ruminal, además de una solución buffer de saliva artificial previamente preparada e inyectar CO₂, tapar con las válvulas. Incubar en el baño María con el agitador a 39°C durante 48 horas (Fig. 1). Posteriormente se centrifuga a 3,000 rpm. durante 10 minutos. (Si no se cuenta con centrifuga, se acidifica la muestra adicionando lentamente y agitando continuamente 1 ml de HCl concentrado) y se decanta.



Figura 1. Proceso de Digestibilidad *in vitro*

La segunda etapa comprende la incubación del residuo de la primera etapa con una solución de pepsina ácida, con lo que se simula la digestión abomasal. La muestra se vuelve a incubar en el baño María a 39°C durante 48 horas con agitación. Los valores de la digestibilidad *in vitro* están correlacionados con los valores de la digestibilidad *in vivo*, por lo que los resultados pueden ser utilizados como índices en pruebas comparativas (Tilley y Terry, 1963).

4.5.3 Digestibilidad *in situ*

La técnica de la bolsa de fibra artificial ha sido utilizada durante varios años para proporcionar valores estimados de la tasa de desaparición de los constituyentes alimenticios en el rumen (Orskov *et al.*, 1980). Esta técnica tiene la ventaja de dar una estimación rápida de la tasa y grado de degradación de los alimentos en el rumen, sin necesidad de ningún procedimiento complicado más que simplemente pesar. Por otra parte, se ha observado que los valores encontrados después de 48 horas de degradación, se pueden comparar con los encontrados en la digestibilidad *in vivo* cuando se utilizan bolsas con poros extremadamente pequeños (Huntington y Givens, 1995). Otra ventaja consiste en que el material alimenticio se encuentra suspendido en el rumen, estando éste en íntimo contacto con el ambiente ruminal (temperatura, pH, sustrato, buffer, enzimas, etc.), cosa que no sucede en la técnica de digestibilidad *in vitro*. Orskov *et al.* (1980) mencionaron tres limitantes en esta técnica:

- a) Al ser la muestra confinada dentro de la bolsa, no está expuesta a ninguna reducción debido a la masticación y rumia.

- b) El alimento normalmente podría salir del rumen, una vez que tuviera el tamaño adecuado.
- c) Debe recordarse que se cuantifica la reducción del material a un tamaño suficientemente pequeño para salir de la bolsa, lo que no necesariamente implica una degradación completa a componentes químicos sencillos. Por lo tanto, los resultados necesitan ser tratados con el debido cuidado, usándose principalmente como indicadores cualitativos de los principios generales.

Asimismo, se han mencionado diferentes fuentes de variación en esta técnica que son importantes considerar, entre las que se encuentran: el tipo de material con el que están elaboradas las bolsas, la porosidad de las mismas, la preparación de la muestra, el tamaño de la partícula, la cantidad de muestra, la dieta del animal, el tiempo de incubación, así como el número de bolsas incubadas. El procedimiento de lavado después de la incubación también es importante, ya que se ha observado en diferentes investigaciones que es muy variable dependiendo de la duración, así como el efecto animal. Pudiendo haber diferencias entre especies, entre animales y dentro del mismo animal. Con relación a este último punto, es preciso mencionar que se han encontrado variaciones en un mismo animal, en los duplicados y entre días consecutivos (Huntington y Givens, 1995). Por su parte, Tobal (2002) argumenta que los resultados pueden ser afectados por diferentes factores como podrían ser el material de la bolsa, el tratamiento con la cual es expuesta la muestra así como su preparación, el tamaño de la muestra, la posición de la muestra dentro del rumen así como el tiempo de incubación. Otros factores son el número de repeticiones, el número de bolsas incubadas, dieta del animal y lavado de la bolsa.

Por su parte Vanzant *et al.* (1998) sugieren ciertos procedimientos para estandarizar las determinaciones *in situ* mismas que se mencionan en el cuadro 6.

Cuadro 6. Estandarización en las determinaciones *in situ*.

Concepto	Recomendación
Dieta:	
Tipo	60 a 70% de forraje
Nivel de alimentación	mantenimiento
Frecuencia de alimentación	>2 veces / día
Bolsa:	
Material	polyester
Tamaño de poro	40 a 60 μm
Tamaño de muestra: área de superficie	10 mg/cm^2
Procesamiento de muestra:	
Repeticiones:	
Número de animales	>2
Número de días	>2
Número de bolsas	>1
Procedimiento de incubación:	
Preincubación	no es necesario
Posición ruminal	en la parte ventral del rumen
Introducción / Remoción	remoción simultánea
Tiempo de incubación	que describa una curva
Enjuague	mecánico (5 veces 1 min./enjuague)
Corrección microbiana	si
Modelo matemático	simple disponible y adecuado para describir los datos
Substrato estándar	si

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Ubicación

El presente trabajo se desarrolló en las instalaciones de la Unidad de Producción de Ovinos de la Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia (UAMVZ), de la Universidad Autónoma de Nayarit (UAN), la cual se localiza en el kilómetro 3.5 de la carretera de cuota Compostela-Chapalilla entre los 21° 17'46" de latitud norte y los 104° 54' de latitud oeste, a 880 metros de altitud, con clima caracterizado como semicálido, húmedo con una temperatura media anual de 22°C y una precipitación pluvial media de 1000 mm (Pérez *et al.*, 1980). Los análisis correspondientes de laboratorio se realizaron en el Laboratorio de Bromatología y Nutrición Animal de la misma unidad académica y en el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición "Salvador Zubirán".

5.2 Establecimiento y obtención del pasto maralfalfa

Se preparó el terreno en el mes de julio del 2013, con tres pasos de rastra. Se surcó a una distancia de 90 cm entre surcos, con una profundidad de 25 cm colocando en el fondo trozos de material vegetativo en forma continua y cubriendo con una capa de suelo de 3 a 4 cm en forma mecánica con ayuda de una cultivadora.

Se cosechó a los 120 días para posteriormente ser picada y deshidratada a temperatura ambiente para su posterior conservación (Fig. 2).

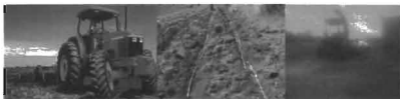




Figura 2. Establecimiento y obtención del pasto maralfalfa

5.3 Obtención del fruto de guásima

El fruto se adquirió en la localidad de Santa Isabel del municipio de Ahuacatlán Nayarit. El cual mediante la utilización de un molino industrial marca Azteca con rotor de tractor se molió, para después secarlo a temperatura ambiente (Fig. 3).



Figura 3. Molienda del fruto de guásima

5.4 Elaboración de las dietas

Las dietas (Fig. 4) se formularon de acuerdo a los requerimientos nutricionales de NRC (2007). En el cuadro 7 se muestran las dietas experimentales.

Cuadro 7. Composición de las dietas para ovinos adicionadas con fruto de guásima y maralfalfa.

Ingrediente	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3	Dieta 4
	m+g	m+s	a+g	a+s
Maralfalfa	55	55	0	0
Alfalfa	0	0	55	55
Guásima	20	8	20	8
Sorgo	8	20	8	20
Canola	9	9	9	9
Pre mezcla de minerales	3	3	3	3
Melaza	5	5	5	5
Composición química				
%PC calculada	15	15	15	15
EM Mcal/kg	2.4	2.4	2.4	2.4

m+g, maralfalfa más guásima, m+s, maralfalfa más sorgo, a+g, alfalfa más guásima, a+s, alfalfa más sorgo. PC= Proteína cruda, EM= Energía metabolizable.



Figura 4. Formulación y preparación de las dietas experimentales

5.5 Manejo de las muestras

Se realizó un muestreo representativo de las materias primas empleadas para la elaboración de las dietas, las cuales se llevaron al laboratorio de Bromatología y Nutrición Animal donde se molieron (en un molino marca Wiley modelo 4) utilizando una criba de 1 mm. Posteriormente, se realizaron los análisis de humedad, en una estufa con circulación de aire forzado a una temperatura no

mayor de 60°C durante 48 horas (Fig. 5) para obtener por diferencia el porcentaje de materia seca (MS) (A.O.A.C.2000).



Figura 5. Manejo de las muestras, molienda y analisis de humedad.

5.6 Procedimiento experimental

5.6.1 Análisis de laboratorio

Se analizó la composición química (Fig. 6) del fruto de guásima, del pasto maralfalfa y de las dietas experimentales de acuerdo con los métodos establecidos por la A.O.A.C. (2000), que incluyen el contenido de humedad (método 930.04), proteína cruda (PC) por el método de Kjeldahl ($N \times 6.25$) (método 955.04), fibra cruda (FC) cenizas (C) (por calcinación a 550°C) (método 930.05) y extracto etéreo (EE) (método 962.09). Las fracciones de fibra se analizaron de acuerdo con el método de Goering y Van Soest (1970) la digestibilidad *in vitro* (DIV) de la materia seca y materia orgánica, con la técnica descrita por Tilley y Terry (1963), modificada por Minson y McLeod (1972).



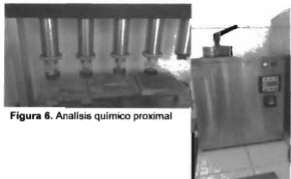


Figura 6. Análisis químico proximal

5.6.2 Pruebas de digestibilidad

La digestibilidad *in vitro* (DIV) de la materia seca y de las dietas se realizó mediante la técnica descrita por Tilley y Terry (1963), modificada por Minson y McLeod (1972). Se hicieron 3 repeticiones por tratamiento con un diseño completamente al azar.

Tanto para la prueba de digestibilidad *in vivo*, como degradabilidad ruminal *in situ* se utilizaron cuatro ovinos machos Black Belly fistulados (dotados con cánulas fijas (Bar Diamond), de 40 Kilogramos de peso promedio. La distribución de las dietas a los animales se realizó siguiendo un diseño de cuadrado latino 4x4. Cada uno de los periodos tuvo una duración de 21 días, de los cuales 14 fueron de adaptación a las dietas y 7 de recolección de muestras biológicas.

La prueba de digestibilidad aparente *in vivo* de la materia seca (Fig. 7) se hizo por medio de recolección total de heces (Schneider y Flatt, 1975), se midió el consumo de alimento diariamente en base seca, y se calculó de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\% \text{ DMS} = \frac{\text{C} - \text{E}}{\text{C}} \times 100$$

Dónde:

C = Consumo de materia seca E = heces en base seca



Figura 7. Prueba de digestibilidad *in vivo*

5.6.3 Degradabilidad *in situ* de la materia seca (DISMS)

La desaparición *in situ* de la materia seca se realizó mediante la técnica de la bolsa de nylon (Orskov *et al.*, 1980), considerando 8 tiempos de incubación (3, 6, 9, 24, 30, 36, 48 y 60 horas *post prandial*), a la hora cero se le dio el mismo tratamiento de lavado que a las muestras incubadas. Como se menciona anteriormente se emplearon animales con cánulas fijas (Bar Diamond). Se utilizaron bolsas de nylon con una porosidad promedio de 1,200 a 1,600 orificios por cm^2 , con un tamaño de 12x8 cm (Mertens, 1977). Después de ser retiradas las bolsas del rumen, se lavaron cinco veces durante un minuto, hasta obtener un líquido de enjuague claro y transparente para posteriormente secarlas a 65°C durante 48 horas (Fig. 8). Para el cálculo y la interpretación de resultados de la desaparición del material del rumen, se utilizó un modelo exponencial (Orskov *et al.*, 1980) $p = a + b(1 - e^{-ct})$ a través del programa Neway.

Dónde:

p = Digestibilidad acumulativa del componente nutritivo (%) al tiempo t

a = Degradabilidad inicial o fracción soluble

b = Fracción potencialmente degradable por acción de la fermentación

c = Tasa de digestión

t = tiempo de incubación.

e = exponencial (base de los logaritmos naturales).

Para evaluar la cinética de pH y amoníaco ruminales se obtuvieron muestras de contenido ruminal (Fig. 9) a las 0, 3, 6, 9 y 12 horas, *post prandium*. Al momento de ser colectadas las muestras se determinó el pH por potenciometría (Bateman, 1970), posteriormente la fase líquida se congeló para el análisis posterior de amoníaco de acuerdo con la técnica de Godeau *et al.* (1986), utilizando un electrodo para la determinación de nitrógeno amoniacal. Para el análisis estadístico de la información se utilizó un diseño de cuadrado latino 4x4.



Figura 8. Degradabilidad *in situ*

Figura 9. Contenido de liquido ruminal

5.6.4 Prueba de comportamiento productivo

Se utilizaron 20 ovinos machos raza Pelibuey, de 15 ± 1.5 Kg de peso promedio (3 meses de edad aproximadamente), distribuidos al azar (4 tratamientos con 5

repeticiones cada uno) los cuales fueron previamente identificados. Al inicio de la prueba, los animales fueron desparasitados interna y externamente (ivermectina 1%), se alojaron en corrales individuales de madera (60x100 cm). El alimento (cuadro 7) se ofreció en comederos de plástico y el agua se les ofreció mediante un sistema de chupón ambos a libre acceso, la prueba de comportamiento tuvo una duración de 100 días (Fig. 10).

Los animales fueron sometidos a un periodo de adaptación a las dietas durante 15 días en una proporción alimento:dieta experimental 40:60, 60:40, 80:20 y 100% con intervalos de 3 días, posteriormente fueron pesados para registrar el peso inicial.

Las variables evaluadas fueron: peso inicial, peso final, ganancia total de peso (peso inicial entre peso final), ganancia diaria de peso (ganancia total de peso entre el número de días de engorda), consumo de alimento (pesado el ofrecido y el rechazado diariamente) y conversión alimenticia (ganancia total de peso entre el consumo de alimento). Los corrales de los animales se limpiaban diariamente previo a servir el alimento.



Figura 10. Prueba de comportamiento productivo

6.7 Análisis estadístico

En el caso de las variables de fermentación y degradación ruminal, digestibilidad *in vivo*, se realizó un análisis de varianza para un diseño estadístico de cuadrado latino 4X4, la diferencia entre medias se evaluó con la prueba de Tukey ($P < 0.05$), (Herrera y Barrera, 2005).

El modelo referido es:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \gamma_k + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} es igual a las diferentes variables de respuesta (fermentación ruminal; pH, NH_3 desaparición *in situ* y digestibilidad *in vivo*).

μ = Media general.

τ_i = Efecto del *i*-ésimo tratamiento.

β_j = Efecto del *j*-ésimo periodo.

γ_k = Efecto de la *k*-ésima repetición.

E_{ijk} = Error aleatorio asociado con la unidad en el *i*-ésimo tratamiento

Para analizar la comparación entre horas (del mismo tratamiento), se realizó un análisis de bloques, bloqueando el animal y periodo evaluado. La diferencia entre medias se hizo con la prueba de Tukey ($P < 0.05$) (Herrera y Barrera, 2005).

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + E_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} es igual a las diferentes variables de respuesta (fermentación ruminal; pH, NH_3).

μ = Media general.

τ_i = Efecto del *i*-ésimo tratamiento.

β_j = Efecto del *j*-ésimo periodo.

E_{ij} = Error aleatorio asociado con la unidad en el *i*-ésimo tratamiento.

Los resultados de de la digestibilidad *in vitro* se analizaron mediante un análisis de varianza para un diseño completamente al azar. La diferencia entre medias se evaluó con la prueba de Tukey ($P < 0.05$) (Herrera y Barrera 2005).

$$Y_{ik} = \mu + \tau_i + E_{ik}$$

Donde:

Y_{ik} es igual a la digestibilidad *in vitro*.

μ = Media general.

τ_i = Efecto del i -ésimo tratamiento.

E_{ik} = Error aleatorio asociado con la unidad en el i -ésimo tratamiento

Los resultados de las variables ganancia total de peso y ganancia diaria de peso se analizaron con análisis de varianza, utilizando un diseño de bloques al azar, incluyendo el peso inicial como covariable. El análisis fue realizado utilizando el programa estadístico SAS (2002). La diferencia entre medias fueron comparados con la prueba de Tukey ($P < 0.05$) (Martínez, 1988).

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \beta(X_{ij} - X) + \xi_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = corresponde a las variable respuesta medidas por separado, en donde se estima en j -ésima repeticiones, i -ésimo tratamiento.

μ = Media general.

τ_i = Efecto del i -ésimo tratamiento (tratamiento 1, 2, 3 y 4).

β_j = Efecto de j -ésimo bloque

β = Coeficiente de regresión.

X_{ij} = Variable independiente o covariable (peso inicial).

X = Media general de la covariable.

ξ_{ij} = Error experimental.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Análisis químico proximal de las dietas experimentales y materias primas

En el Cuadro 8 se muestran los resultados obtenidos de la composición química del fruto de guásima, pasto maralfalfa, alfalfa y sorgo.

Cuadro 8. Composición química de los ingredientes de las dietas

	Alfalfa	Maralfalfa	Guásima	Sorgo*
Materia seca	89.2±0.09	87.94±0.3	92.99±0.37	89
Proteína cruda	18.01±0.02	11.26±0.74	14.49±1.08	11
Cenizas	9.57±0.23	9.05±1.09	4.42±0.09	2
Extracto atéreo	1.63±0.65	2.76±0.12	4.57±0.28	3
FDN	49.31±0.52	72.97±2.08	59.15±0.71	15
FDA	44.79±1.21	42.87±1.92	35.06±1.76	6

*NRC, 2007

Existen trabajos que mencionan diferente composición de la guásima comparados con los de la presente investigación. La materia seca (MS) obtenida según Morales *et al.* (1988) en su investigación registraron 94.8% y Bobadilla y Ramírez (2006) registraron 92.4%. Abundis (2000) obtuvo un 85.38% y Gómez *et al.* (2014) registraron un 92.84% valores por debajo de la presente investigación (92.99%). En cuanto a proteína cruda se obtuvo un valor mayor a lo encontrado por diferentes autores (Abundis, 2000; Bressani *et al.*, 1981; Castro, 1994; Morales *et al.*, 1988 y Pinto *et al.*, 2004) quienes indican un rango que va de 8 a 9%, lo cual es similar al contenido del grano de maíz; sin embargo, autores como CATIE (2006) y Contreras *et al.* (1995) reportaron 11%; por su parte López *et al.* (2003) 13.7%. Incluso Gómez *et al.* (2014) reportaron 12.76%. El valor encontrado en este trabajo para el fruto de guásima se ubica por encima de los dos últimos autores (14.49%). Según (Román *et al.*, 2008) la diferencia probablemente se deba a la calidad del sitio donde las especies fueron colectadas.

En cuanto a Cenizas totales los resultados que se obtuvieron (4.42%) son semejantes al 5% mencionado por Bressani *et al.* (1981) y el CATIE (1991) de 5.5%; sin embargo, son inferiores con lo reportado por otros autores en la literatura como son Abundis (2000) y Gómez *et al.* (2014) 8.33%; Contreras *et al.* (1995) que hallaron 11% y Castro (1994) quien registró 15.88% el máximo reportado para frutos maduros.

Para las fracciones de fibra ácido detergente y fibra neutro detergente Castro (1994) encontró 79.73% de FDN y 71.49% de FDA. Flores *et al.* (1998), Morales *et al.* (1988) y López *et al.* (2008) reportaron un menor porcentaje para FDN (52, 48.16 y 45.14%) y FDA (34.4, 42.04 y 28.88%). El contenido de FDN es similar a lo reportado por Palma y Román (2003) y Abundis (2000) quien mencionaron valores de 60 y 63.49% respectivamente y superior a lo obtenido por Pinto *et al.* (2004), quienes publicaron un contenido de 46.1% para el fruto de guásima. Mientras que en la presente investigación se obtuvo 59.15 % de FDN y 35.06 % de FDA. En general la composición química del fruto de guásima puede verse modificado entre otras razones, por las condiciones edafo climáticos del sitio, época del año en que se fue colectado el fruto, madurez del mismo, lugar de colecta, variedad de guásima y manejo del árbol (Zardo y Henríquez 2011; López *et al.*, 2008).

Se puede mencionar que de acuerdo a Allen y Mertens (1988) la fibra potencialmente digestible incluye a la celulosa y hemicelulosa. Al constituir la celulosa el componente más abundante de las paredes celulares de la planta, los microorganismos ruminales celolíticos van a jugar un papel central en la nutrición de los animales rumiantes en las dietas basadas en forraje.

Con respecto a la maralfalfa se obtuvieron resultados diferentes a los reportados en la literatura por otros autores como Rubio *et al.* (2014) quienes encontraron un contenido de MS de 21.87 %, mientras que Andrade (2009) mencionó 22.72%. El contenido de proteína cruda (PC) fue de 11.26% y se encuentra dentro de los

rangos hallados por autores como Andrade (2009) y Rubio *et al.*, (2014) que van de 9.97% a 9.97%, respectivamente. El valor de PC fue menor en 3.24% a lo mencionado por Gómez *et al.* (2014). Con respecto a las cenizas y extracto etéreo Andrade (2009) reportó valores de 10.89 y 1.51% respectivamente, similares a los de este trabajo (9.05 y 2.76%). En cuanto a FDN y FDA, Andrade (2009) citó valores por debajo de los obtenidos por esta investigación 53.78, 35.09%, mientras que Rubio *et al.* (2014) mostró resultados mucho mayores (75.05%, 50.34%), a los obtenidos en esta investigación (72.97% y 42.87%). Se menciona que dentro de los factores que pueden afectar la composición química son entre otros, los días a los que es cosechado el forraje, lo cual está relacionado con la madurez de la planta. Por otra parte, la calidad del forraje se ve afectada por diversos factores como los son la morfología, número de hojas y la etapa fenológica en la que se realiza el corte, además de los factores climáticos como precipitación, temperatura y radiación; también interviene el manejo con el cual se pueden mejorar las características del pasto y la calidad del forraje (Agnusdei, 2007).

Los resultados de la composición química de la maralfalfa en general, corresponden a un forraje maduro (105 días) de acuerdo con Correa (2006), quien reportó valores de 11.9% de PC, 1.66 de EE y 66.9% de FND; por lo que el valor nutricional del pasto disminuye con la edad al corte y al mismo tiempo, también disminuye la capacidad para cubrir con los requerimientos nutricionales de los animales, por lo que al igual que con otros pastos, es fundamental el manejo estratégico para optimizar el valor nutricional y producción de biomasa.

La mejor calidad del pasto se encuentra en edades tempranas ya que los porcentajes de proteína y otros nutrimentos son mayores, con un aumento en la digestibilidad, estos aspectos son fundamentales en el momento de considerar un forraje como fuente de alimento, por lo que se tendrá que poner hincapié en el momento de la formulación de las dietas para los animales (Correa, 2006).

En el Cuadro 9 se presentan los resultados obtenidos de la composición química de las dietas experimentales.

Cuadro 9. Composición química de las dietas experimentales.

Compuesto (g/100g MS)	Dieta 1 m+g	Dieta 2 m+s	Dieta 3 a+g	Dieta 4 a+s
Materia seca	88.02±0.43	87.49±0.34	83.56±0.25	85.3±0.25
Proteína cruda	13.25±0.26	12.59±0.58	17.95±0.21	16.30±0.11
Cenizas	6.59±0.30	6.30±0.02	6.87±0.06	6.59±0.12
FDN	55.33±0.35	50.03±0.81	40.72±1.07	35.43±0.28
FDA	32.58±0.002	29.09±0.95	24.78±0.48	21.30±0.48
Extracto etéreo	3.67±0.22	3.48±0.48	3.04±0.06	2.86±0.19
Total de nutrientes digestibles	57.59	59.05	59.05	60.77
Energía digestible (Mcal/Kg)	2.54	2.60	2.60	2.68

m+g, maralfalfa más guásima, m+s, maralfalfa más sorgo, a+g, alfalfa más guásima, a+s, alfalfa más sorgo. FDN= fibra detergente neutro, FDA= fibra detergente ácido.

Se puede observar que el porcentaje de materia seca varió muy poco entre los tratamientos que contienen maralfalfa con relación a los de alfalfa ya que ambos forrajes fueron henificados. El porcentaje de proteína es más elevado en los tratamientos tres y cuatro, debido a la cantidad de PC de la alfalfa. Las cenizas totales fueron muy similares en los cuatro tratamientos, siendo el dos ligeramente el más bajo. En cuanto a FDN se puede ver que los tratamientos uno y dos fueron más altos, donde la variabilidad pudiera radicar en la pared celular de los diferentes forrajes, como se mencionó anteriormente.

6.2 Digestibilidad *in vitro* e *in vivo*

En el cuadro 10 se muestran los resultados de la digestibilidad *in vitro* e *in vivo* de la materia seca de las dietas experimentales. Se puede observar que las dietas con alfalfa presentaron valores de digestibilidad mayores ($P<0.05$) que las dietas

con maralfalfa, sin encontrar diferencia entre la fuente de energía (guásima vs sorgo).

Cuadro 10. Digestibilidad *in vitro* e *in vivo* de las dietas experimentales

	Dieta 1 m+g	Dieta 2 m+s	Dieta 3 a+g	Dieta 4 a+s	p	EEM
Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca	42.53±0.46 ^c	49.07±2.66 ^b	66.93±1.59 ^a	69.1±2.63 ^a	< 0.001	2.04
Digestibilidad <i>in vivo</i> de la materia seca	53.03±3.94 ^b	51.98±5.23 ^b	69.31±3.36 ^a	71.64±6.14 ^a	0.0021	4.92

^{a,b,c} Valores con letras distintas en cada fila indican diferencia significativa (P<0.05).

± Desviación Estándar. m+g: maralfalfa mas guásima, m+s, maralfalfa mas sorgo, a+g, alfalfa mas guásima, a+s; alfalfa más sorgo

La digestibilidad de un alimento tiene una relación directa con su composición química. Al presentar la alfalfa una mejor calidad nutricional, su digestibilidad fue mayor a la que presentaron las dietas con maralfalfa. El hecho de que la maralfalfa se cosechara después del tiempo óptimo de corte (60 días), con una mayor madurez, las células se van a encontrar fuertemente unidas tanto vertical como lateralmente, extendiéndose esos factores estructurales a capas del esclerénquima vascular y en los tallos a las células del parénquima entre los enlaces reduciendo los espacios intercelulares como consecuencia de lignificación entre capas y enlaces muy fuertes los cuales no dan puntos de quiebre e incrementan la resistencia a la digestión microbiana (Da Silva y Carvalho 2005). Por su parte, Clavero y Razz (2009) mencionaron que la digestibilidad disminuye conforme se incrementa la edad de la planta, aumentando la pared celular y la cantidad de lignina. Por su lado Rubio *et al.* (2014) mostraron un aumento de FDA y FDN que van de los 42% y 63.42% (30 d) a los 56.24% y 77.60% (120 d), estos últimos resultados fueron muy similares a los obtenidos en este trabajo.

Se puede considerar que en el caso de la maralfalfa los resultados muestran que es un forraje de mediana calidad, ya que de acuerdo con Leng (1990) es considerado como de baja calidad aquellos forrajes que presentan una

digestibilidad menor al 55%, deficientes en proteína verdadera (menor a 80 g de proteína cruda), bajos en azúcares solubles y almidón (<100 g/Kg) (Leng, 1990), esto debido a la madurez de la planta, con un bajo porcentaje de proteína cruda y alta proporción de paredes celulares, por lo que resulta fundamental cuidar la edad de corte del pasto. Valores similares a los de Rojas *et al.* (2015) se obtuvieron en la dieta tres para digestibilidad *in vitro*. En un trabajo realizado por Pifeiro *et al.* (2013), en el cual incorporaron a una dieta a base de granos el 20% de fruto de *Enterolobium cyclocarpum* en ovinos pelibuey obtuvieron una digestibilidad *in vivo* de la materia seca del 77.2%.

Por otra parte, se obtuvieron valores similares en la digestibilidad *in vitro* para la dieta con alfalfa y guásima a los reportados por Rojas *et al.* 2015 (69.1%) al incorporar 15% de fruto de esta arbórea en una dieta para ovinos, utilizando como fuente de fibra la mazorca de maíz y un porcentaje de 21,8% de FDN en la dieta.

6.3 Cinética de desaparición *in situ*

Los resultados obtenidos de la cinética de desaparición *in situ* de la materia seca se presentan en el Cuadro 11. Al igual que en la digestibilidad *in vivo* e *in vitro*, las dietas con alfalfa tuvieron una mayor degradabilidad ruminal, prácticamente del doble con relación a la maralfalfa; especialmente en la fracción insoluble pero potencialmente digestible y en el potencial de degradación. Tanto la estructura como la cantidad y tipo de carbohidratos almacenados en el forraje, determinaron la digestibilidad o disponibilidad para las bacterias ruminales (Hall *et al.*, 1998).

Por otra parte se sabe que la eficiencia del rumiante depende de dos aspectos críticos en el proceso de fermentación: la velocidad de fermentación o tasa de degradación y la velocidad de paso o tasa de pasaje (Van Soest, 1994; Fox *et al.*, 2000). Di Marco (2011) mencionó que la calidad de un forraje es alta cuando este tiene en promedio 70% de digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS), menos del 50% de fibra detergente neutra (FDN) y más del 15% de proteína bruta (PB). Por lo contrario, en uno de baja calidad la DIVMS tiende a disminuir a menos

de 50%, la FDN se eleva a más del 65% y la PB baja a menos del 8%. Lo anterior coincide con los resultados obtenidos en esta investigación con respecto a la FDN y FDA de las dos fuentes de forraje utilizadas (alfalfa y maralfalfa), donde la FDN de la primera fue de 72.97% y 42.87% de FDA, mientras que para la alfalfa fue de 49.31%, 44.79% respectivamente. Este mismo fenómeno fue mencionado por Piñeiro *et al.* (2013), lo cual se puede observar claramente en la gráfica 1.

Cuadro 11. Cinética de desaparición *in situ* de la materia seca de las dietas experimentales

	Tasa de pasaje (% hora)	Dieta 1 m+g	Dieta 2 m+s	Dieta 3 a+g	Dieta 4 a+s	EEM	P
(a) Fracción soluble		4.57±2.81 ^a	7.12±4.64 ^a	6.47±1.25 ^a	7.62±4.81 ^a	3.85	0.70
(b) Fracción insoluble potencialmente degradable		31.15±4.06 ^b	38.75±5.90 ^b	57.4±9.79 ^b	63.8±7.91 ^b	5.55	0.0005
(c) Tasa de pasaje		0.067±0.02 ^a	0.04±0.02 ^a	0.069±0.02 ^a	0.064±0.02 ^a	0.03	0.61
Hora cero		4.41±0.89 ^a	4.35±0.58 ^a	3.30±0.11 ^a	4.03±0.45 ^a	0.51	0.73
Degradabilidad de fracción insoluble en agua		31.325±4.56 ^b	41.52±8.92 ^b	62.46±7.14 ^b	64.50±10.07 ^b	6.37	0.0008
Potencial de degradabilidad		35.75±4.59 ^b	45.9±8.94 ^b	63.87±9.18 ^b	71.37±10.11 ^b	6.38	0.003
	0.02	28.07±2.24 ^b	30.35±3.65 ^b	51.9±5.79 ^b	51.42±4.41 ^b	3.03	<0.0005
Degradabilidad efectiva	0.05	21.99±1.19 ^b	22.57±3.63 ^b	40.55±6.36 ^b	38.8±2.85 ^b	3.46	0.0008
	0.08	18.37±0.76 ^b	18.9±3.06 ^b	33.97±6.73 ^b	31.72±1.97 ^b	3.77	0.0018

^{abc} Valores con letra distinta en cada fila indican diferencia significativa ($P < 0.05$). ± Desviación Estándar. m+g: maralfalfa más guisima, m+s: maralfalfa más sorgo, a+g: alfalfa más guisima, a+s: alfalfa más sorgo.

El hecho de que la dieta dos tuviera un tasa de degradación más lenta que la dieta uno, favoreció que se incrementará la fracción potencialmente digestible (b), y por lo tanto, el potencial de degradación y la degradación efectiva en rumen; lo cual es congruente con lo obtenido en la digestibilidad *in vitro* e *in vivo*.

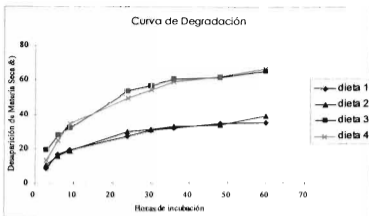


Figura 11. Curva de degradabilidad de las cuatro dietas.

6.4 Cinética de pH ruminal

En el Cuadro 12 se presenta la cinética de pH ruminal de las dietas experimentales. No se encontró diferencia significativa ($P>0.05$) entre las dietas, ya que contenían las mismas proporciones forraje: concentrado. Los valores de pH observados fueron característicos de dietas altas en forraje, los cuales tienden a la neutralidad entre 6 y 7 (Krause *et al.*, 2002). Si las proporciones de grano y forraje son las adecuadas, los valores de pH pueden oscilar entre 5.8 y 6.4 (Ishler *et al.*, 1996). El consumo de forrajes estimula elevadas secreciones de saliva, y los carbohidratos de los forrajes son digeridos lentamente (Fischer *et al.*, 1994), lo que implica que la disminución del pH sea lenta y no tan pronunciada. Por lo tanto, el pH ruminal se mantuvo en los rangos que van de 6.28 a 6.46 que se encuentra dentro de los límites fisiológicos mencionado anteriormente por Krause y Oetzal (2006), donde se dan las condiciones para una buena proliferación de bacterias celulolíticas ruminales, ya que se desarrollan en un ambiente ligeramente ácido entre 6.2 y 6.5, para una eficiente digestión de la fibra (Galindo *et al.*, 2008).

Se ha reportado que la actividad celulolítica se inhibe totalmente a pH menores de 6 (Mould *et al.*, 1983), debido a que las bacterias celulolíticas no pueden crecer con pH intracelulares bajos (Russel *et al.*, 1996).

Cuadro 12. Cinética de pH ruminal de las cuatro dietas.

Hora	Dieta 1 m+g	Dieta 2 m+s	Dieta 3 a+g	Dieta 4 a+s	Pr	EEM
0	6.86±0.16 ^{ABC}	6.98±0.29 ^{AB}	6.92±0.11 ^{BA}	6.73±0.25 ^{AB}	0.18	0.36
3	6.46±0.35 ^{ABC}	6.61±0.23 ^{AB}	6.33±0.22 ^{BC}	6.14±0.24 ^{ABC}	0.19	0.06
6	6.27±0.40 ^{BC}	6.27±0.15 ^{BC}	6.28±0.29 ^{BC}	5.99±0.33 ^{BC}	0.23	0.32
9	6.27±0.47 ^{BC}	6.08±0.26 ^{BC}	6.09±0.30 ^{BC}	5.86±0.30 ^{BC}	0.24	0.24
12	6.46±0.58 ^{ABC}	5.87±0.40 ^{BC}	6.12±0.51 ^{BC}	5.69±0.27 ^{BC}	0.38	0.11
PROM	6.46	6.36	6.34	6.28		
Pr	0.01	<0.001	0.0006	0.0037		
EEM	0.21	0.21	0.2	0.3		

^{ABC} Literales en la misma fila indican diferencia estadísticamente ($P < 0.05$).

^{ABC} Valores con letra distinta en cada fila indican diferencia significativa ($P < 0.05$) ± Desviación Estándar, m+g; maralfalfa más guásima, m+s; maralfalfa más sorgo, a+g; alfalfa más guásima, a+s; alfalfa más sorgo.

Por otra parte, se observaron diferentes valores entre horas dentro de los mismos tratamientos ($P < 0.05$), lo que implica la degradación del alimento a ácidos grasos volátiles. En la hora cero se presentó el mayor valor de pH. Krause y Oetzel (2006) mencionaron que durante el ayuno prolongado se eleva el pH ruminal, se inhibe el crecimiento de las bacterias y deja el ecosistema ruminal más susceptible a la acidosis severa cuando el animal es realimentado, por lo que tiende a comer más rápidamente y en mayor cantidad, originando un doble efecto para bajar el pH ruminal. Cabe mencionar que en este trabajo los animales no estuvieron en ayuno prolongado, por lo que el pH no disminuyó más del rango aceptado.

Como era de esperarse a partir de la hora 3 comenzó a disminuir el pH en las cuatro dietas, pero se observa que la dieta que contiene alfalfa más sorgo tuvo

una disminución mayor, lo cual puede haberse debido a la tasa de degradación de los ingredientes de las dietas y a la sincronía de degradabilidad de las proteínas y carbohidratos de los ingredientes de las dietas (Krause *et al.*, 2002). En las dietas con sorgo el pH bajó de 6 a la hora 12, lo cual es debido a la cantidad de almidones presentes. Los valores de pH ruminal, son el resultado de la producción y absorción de ácidos grasos de cadena corta (Aschenbach *et al.*, 2011) derivados de la fermentación del alimento.

De acuerdo con Krause y Oetzel (2006), son varios los factores que influyen en las variaciones del pH en el rumen, entre los que se encuentra la naturaleza de la dieta suministrada, mencionando también que los rumiantes poseen un sistema altamente desarrollado para mantener el pH dentro de los límites fisiológicos de 5.5 a 7.0. Las dietas con un alto contenido de forraje requieren mayor tiempo de degradación, un mayor tiempo para la fermentación dentro del rumen, con una disminución del pH más lenta. Counotte *et al.* (1979) mencionaron que la magnitud de la disminución del pH se debe al aumento en la tasa de fermentación ruminal, misma que dependerá de la capacidad búfer del rumen, ejerciendo la saliva una función determinante, en este sistema. La secreción de saliva es estimulada por el consumo de alimento y la rumia (Krause y Oetzel, 2006). El pH del rumen baja progresivamente inmediatamente después del suministro del alimento y retorna a los niveles previos a la suplementación en la 24 horas (Crater *et al.*, 2007).

6.5 Producción de amoníaco

En el Cuadro 13 se presentan las concentraciones de amoníaco en rumen. Se puede observar que a partir de las 3 horas *post prandium* empezaron a incrementarse los valores, sin observarse diferencias significativas entre horas. Las dietas con alfalfa presentaron valores más altos de amoníaco, lo cual puede deberse a la cantidad de proteína cruda presente en la dieta y que fue degradada por los microorganismos ruminales. La disminución de nitrógeno amoniacal en el rumen a partir de la hora 6 implica su absorción o remoción. Lo anterior también

coincide con la mayor fermentación microbiana a nivel ruminal y la digestión de dietas con alto contenido de forraje. Nolan (1993), explica que cuando la dieta es alta en proteína degradable, el exceso de amoníaco es absorbido a través de la pared intestinal, convertido en urea en el hígado y posiblemente excretado en la orina (Nava y Díaz, 2001). Por otra parte la poza de amoníaco es relativamente pequeña y tiene un recambio rápido (aproximadamente en 2 horas). La remoción de la concentración de amoníaco ruminal puede ser rápida, cuando se presentan pequeños cambios en la tasa relativa de producción de amoníaco y los animales tienen acceso continuo al alimento. Una porción del nitrógeno removido por esta vía se recicla subsecuentemente al rumen (Nolan, 1993).

Por otra parte, se puede observar que se mantuvo una buena concentración en la poza de amoníaco ruminal para lograr una replicación microbiana recomendada por Satter y Slyter (1974), la cual mencionan que es de 5mg/100ml. Los valores limitantes para el crecimiento se encuentran en los 2 mg/100 ml y un máximo de 80 mg de NH_3 /100 ml. Los resultados tanto de pH como amoníaco, coinciden con los encontrados por Premaratne *et al.* (1997).

La concentración de amoníaco en el rumen (NH_3) guarda estrecha relación con el crecimiento de las bacterias ruminales ya que el 80% de las especies bacterianas pueden utilizar amoníaco como su única fuente de nitrógeno. Castillo (1992) menciona que existen unos picos de concentración superiores a los 60 mg/100ml NH_3 resultado del experimento con vacas lecheras en pastoreo de alfalfa. Sin embargo los obtenidos en la presente investigación fueron menores y hacen alusión a lo publicado por Relling y Mattioli (2002) en su publicación sobre la fisiología digestiva y metabólica donde informan que el mayor desarrollo bacteriano se logra con una concentración ruminal de amoníaco de 5 mg/100ml, y valores superiores tienen relación directa con su desbalance con exceso de nitrógeno en la dieta.

Cuadro 13. Producción de amoníaco ruminal (mg/100) de borregos alimentados con maralfalfa o alfalfa suplementados con guásima o sorgo.

Hora	Dieta 1 m+g	Dieta 2 m+s	Dieta 3 a+g	Dieta 4 a+s	Pr	EEM
0	4.91±0.07 ^A	4.84±0.10 ^A	5.27±0.89 ^A	5.03±0.27 ^A	0.6147	0.47
3	4.85±0.39 ^A	5.03±0.60 ^A	5.42±0.65 ^A	5.11±0.90 ^A	0.37	0.42
6	4.39±0.88 ^B	4.56±0.54 ^A	5.24±0.42 ^A	4.59±0.82 ^A	0.4162	0.71
9	4.45±0.81 ^A	4.72±0.98 ^A	5.21±0.29 ^A	5.33±0.56 ^A	0.2168	0.58
12	4.17±0.82 ^{BC}	4.75±0.54 ^{BCA}	5.28±0.87 ^{BCA}	5.50±0.49 ^{BA}	0.03	0.5
Pr	0.5	0.91	0.99	0.38		
EEM	0.67	0.71	0.62	0.65		
PROM	4.55	4.78	5.28	5.11		

^{A, B, C} Valores con letra distinta en cada fila indican diferencia significativa ($P < 0.05$).

^{ABC} Literales en la misma fila indican diferencia estadísticamente ($P < 0.05$).

± Desviación Estándar. m+g; maralfalfa más guásima, m+s; maralfalfa más sorgo, a+g; alfalfa más guásima, a+s; alfalfa más sorgo.

6.6 Comportamiento productivo

Los resultados de la prueba de comportamiento productivo se muestran en el Cuadro 14. El consumo de materia seca, peso final, ganancia diaria y ganancia total de peso fueron menores ($P < 0.05$) con las dietas que contenían maralfalfa. Estos resultados coinciden con los obtenidos en las pruebas de digestibilidad (Cuadro 10) en las cuales los porcentajes de digestibilidad fueron menores con la maralfalfa por sus altos contenidos de fracciones de fibra y menor cantidad de proteína cruda, lo cual implica una disponibilidad menor de nutrientes, además de que se presentó un menor consumo de alimento, lo cual se reflejó en el comportamiento productivo (Church *et al.*, 2010). Lu *et al.* (2008) observaron que alimentos que contenían más del 41% de FDN disminuyeron el consumo de materia seca en cabras. Otro factor además de la cantidad de fibra que pudo haber afectado el consumo de alimento y por lo tanto el comportamiento productivo en los animales que consumieron maralfalfa fue el peso inicial de los animales, ya que el tracto digestivo (principalmente rumen) no había alcanzado su

madurez total; siendo en ovinos es a partir de las trece semanas de edad cuando se encuentran bien desarrollados los compartimentos gástricos, lo que va a permitir una digestión fermentativa propia del rumiante adulto, además de que la capacidad total de rumiar generalmente se completa a los tres meses de edad (Relling y Mattioli, 2003); dado que estas dietas eran ricas en forraje, los animales probablemente no pudieron aprovecharlas completamente.

De acuerdo con Valencia *et al.* (2001), ovinos en pastoreo de la raza Tabasco o Pelibuey en potreros de zacates Estrella de África, Pangola, Buffel, Pará, Ferrer, Gramas, Alemán, Guinea y algunas leguminosas mostraron ganancias de 67 a 79 gramos/día/ cabeza con carga animal de 14 a 17 cabezas por hectárea, valores superiores a las dietas con maralfalfa. Por otra parte, animales de 21 Kg promedio alimentados con pasto estrella de 35 días de rebrote que fue secado al sol y molido en un molino de martillos, tuvieron un ganancia diaria de peso de 45.5 g, similares a las obtenidas en este trabajo (Ruiz *et al.*, 2006). Por otra parte, González *et al.* (2011); evaluaron la ganancia diaria de peso en ovinos, utilizando dietas a base de pasto Taiwán con 2 diferentes fuentes de proteína (pasta de coco y Gandúl (*Cajanuscajan*), obteniendo ganancias de peso de 30 a 40 g/d con gandúl y de hasta 90 g/día con pasta de coco.

En las dietas tres y cuatro en las que se incluyó alfalfa, presentaron una mejor respuesta productiva debido a que tuvieron una mejor digestibilidad de la MS y una mayor disponibilidad de nutrimentos. Así mismo, las ganancias observadas fueron similares a las encontradas por Partida (2012) (181.66 g/día), quien utilizó fruto de guásima (*Guazuma ulmifolia*) como sustituto de grano de maíz en corderos en etapa de engorda.

La información que existe en la literatura sobre la sustitución de frutos de arbóreas en la alimentación de ovinos y caprinos es variada, debido principalmente a la composición de las dietas utilizadas y por otra parte a las proporciones de forraje concentrado de las dietas. Así por ejemplo Peralta *et al.* (2004) al incluir 10, 20 y 30% de harina de parota en sustitución del grano de maíz obtuvieron 168, 160 y

125 g/día respectivamente, así mismo en su dieta testigo registraron una ganancia diaria de 168g/día. En otro estudio en donde se utilizó fruto de parota o guanacastle (*Enterolobium cyclocarpum*), como sustituto de grano de sorgo y pasta de algodón en borregos Katahdin, Black Belly y sus cruza, se consiguieron ganancias diarias de peso promedio de 229 g (Moscoso *et al.*, 1995), superiores a las de este trabajo debido probablemente a que los animales tuvieron un peso inicial mayor (18 Kg promedio); mientras que Álvarez *et al.* (2003) al adicionar 30% de fruto de parota mencionaron una ganancia diaria de peso inferior (86.74 g/día), con una conversión de 7.47 y un consumo de 460 g.

Navas *et al.* (1999), concluyeron que la respuesta productiva de animales suplementados con frutos de arbóreas está asociada con un aumento del consumo voluntario de materia seca y energía digestible y un mayor flujo de proteína microbiana al duodeno; sin embargo, en este trabajo el consumo fue determinante de acuerdo a la fuente de forraje (Cuadro 14). Por su parte González *et al.* (1985), mencionaron que el porcentaje de inclusión de los frutos afectan positiva o negativamente el consumo de alimento, indicando que un nivel de inclusión de 31.1%, afectó negativamente esta variable, en comparación con el 0 y 15.5% de harina de fruto de parota en las dietas. Otros autores como González *et al.* (1989) y Amaro *et al.* (1993) ubicaron el máximo consumo voluntario de materia seca al incluir 31 y el 48% de parota respectivamente, en tanto que Bonilla (1999), indicó consumos voluntarios crecientes conforme se incrementó la inclusión de esa especie en la dieta de 40 a 61%.

En este trabajo se demostró que la inclusión de fruto de guásima en las dietas no afectó negativamente el consumo, ni la ganancia diaria de peso como se puede observar en el Cuadro 14, el factor que afectó fue la fuente de forraje, por lo que se puede mencionar que la suplementación estratégica con frutos de árboles mejora la eficiencia de utilización de los alimentos básicos y el comportamiento productivo de los animales. Los frutos son materias primas alternativas en la alimentación animal, con lo cual se podrían sustituir importaciones de grano,

reduciendo la competitividad con la alimentación humana y por otra parte proteger el medio ambiente (Clavero, 2013). Por otra parte se puede mencionar que de las implicaciones principales del trabajo es el favorecer a los productores, ya que la utilización del fruto de guásima en la alimentación de ovinos hasta en un 20% de inclusión puede beneficiarlos, reduciendo sus costos de producción sin afectar la digestibilidad de las dietas, con lo cual se puede disponer de un alimento en época de seca, logrando a la vez una utilización racional del recurso arbóreo. Por otra parte si se quiere optimizar un pasto de corte, resulta fundamental cuidar la edad de corte del forraje y de esa manera poder contar con un alimento de buena calidad.

Cuadro 14. Comportamiento productivo de ovinos alimentados con las diferentes dietas experimentales.

	Dieta 1 m+g	Dieta 2 m+s	Dieta 3 a+g	Dieta 4 a+s	P>F	Pr
Peso inicial (kg)	10.64±1.60 ^b	10.10±1.24 ^b	12.60±1.8 ^a	12.30±1.09 ^a	-	0.04
Peso final (kg)	15.14±1.25 ^b	16.04±1.10 ^b	30.28±3.98 ^a	32.76±2.52 ^a	0.009	0.0001
Ganancia total de peso (kg)	4.50±0.81 ^b	5.94±1.24 ^b	17.66±3.01 ^a	20.46±2.05 ^a	0.89	0.0001
Ganancia diaria de peso (g)	41±8.35 ^b	54±1.45 ^b	162±21.93 ^a	187±16.82 ^a	0.89	0.0001
Consumo diario de alimento MS (g)	562±55.90 ^b	626±74 ^b	1232±139.72 ^a	1254±59.76 ^a	0.1651	0.0001
Conversión alimenticia	14.22±3.85 ^a	12.05±3.49 ^{ab}	7.69±0.76 ^{bc}	6.73±0.73 ^c	0.135	0.0009

^{abc} literales distintas en la misma fila indican diferencia estadística (P<0.05). ± Desviación Estándar. m+g; maralfalfa más guásima, m+s; maralfalfa más sorgo, a+g, alfalfa más guásima, a+s; alfalfa más sorgo.

7. CONCLUSIONES

El fruto de guásima puede reemplazar el grano de sorgo en dietas de corderos alimentados con forraje con alto y bajo contenido de fibra sin afectar la digestibilidad de las dietas.

Por otra parte tampoco afecta negativamente el consumo, ni la ganancia diaria de peso. El factor determinante en el comportamiento productivo y digestibilidad fue la fuente de forraje. La baja digestibilidad de la maralfalfa se debió a su alto contenido en paredes celulares y baja proteína cruda.

8. LITERATURA CITADA

- AOAC. 2000. *Official methods of analysis of AOAC International* (17th ed.). Gaithersburg, MD, USA: AOAC International.
- Abundis M. J. F. 2000. Valoración nutritiva del fruto de guásima (*Guazuma ulmifolia*) producido en dos ambientes del estado de Nayarit. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic Nayarit, México.
- Agnusdei M. 2007. Calidad nutritiva del forraje. URL <http://www.produccion-animal.com.ar/>.
- Aguirre J., Jaramillo L., Macías C., Carrillo D., Herrera G. y Pérez E. 2010. Alternativas para la producción de carne ovina en Nayarit. Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic, Nayarit, México.
- Allen M. S. and Mertens D. R. 1988: Evaluating constraints on fiber digestion by rumen microbes. *Journal. Nutritional.* 116: 261-270.
- Álvarez-Morales G., Melgarejo-Velázquez L., Castañeda-Nieto Y. 2003. Ganancia de peso, conversión y eficiencia alimentaria en ovinos alimentados con fruto (semilla con vaina) de parota (*Enterolobium cyclocarpum*) y pollinaza. *Vet Méx.* 34, 39-46.
- Amaro G. R., Bonilla C. J. A., Llamas L. G. 1993. Consumo voluntario y digestibilidad *in vivo* de dietas con inclusión de vaina de Huanacaxtle en ovinos. Reunión Nacional de Investigación Pecuaria; Guadalajara, Jal. México. Pag. 130-132.
- Andrade D. 2009. Evaluación de dos sistemas y tres distancias de siembra del pasto Maralfalfa (*pennisetum spp.*) en la localidad de Chalquayacu, canton Cumanda, provincia de Chimborazo. URL: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/363>.
- Ascencio R. L. 2008. Caracterización de especies leñosas en sistemas ganaderos, de los municipios de Tlapacoyan, Misantla y Martínez de la Torre, Veracruz, México. Tesis de maestría en ciencias. Programa de agricultura tropical sostenible, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica.
- Aschenbach J. R., G. B. Penner, S. Stumpff, G. Gabel. 2011. Ruminant nutrition symposium: Role of fermentation acid absorption in the regulation of ruminal pH. *J. Anim. Sci.* 83:2564-2573.
- Bateman J. V. 1970. Nutrición animal. Manual de métodos analíticos. México: Herrero Hernández Hermanos, Sucesores, S. A. 60pp.

Beetz A. 2001. Sustainable Pasture Management. ATTRA. (Appropriate Technology Transfer for Rural Areas). Pp. 1-12.

Berenguer B. C., Trabadela S., Sánchez-Fidalgo, A. Quilez, P. Miño, R. de la Puerta, Y M. J. Martín-Calero. 2007. The aerial parts of *Guazuma ulmifolia* lam. protect against NSAID-induced gastric lesions. *Journal Ethnopharmacol. Publication Medical.* 114:153-160.

Bobadilla H. A. R. y L. Ramírez A. 2006. Contenidos nutrimentales de ocho árboles forrajeros nativos de la república Mexicana. In Memoria de la III Reunión Nacional sobre Sistemas Agro y Silvopastoril. Universidad Autónoma Metropolitana, México, D.F.

Bonilla C. J. A. 1999. Uso de vaina de parota en dietas para finalización de ovinos. En 500 Tecnologías Llave en Mano. Primera Edición. SAGAR - INIFAP. México, D.F. p. 20.

Bressani R., González J. M, Gómez R. 1981. Evaluación del fruto de caulote (*Guazuma ulmifolia*) en la alimentación de terneros. *Turrialba* 31(4):281-285.

Budowski G. 1981. Algunas ventajas y desventajas de sistemas agroforestales (presencia simultánea o secuencias de árboles asociados con cultivos y/o plantas forrajeras) en comparación con cultivos no arbóreos. *Turrialba, Costa Rica. CATIE.* 4 p.

Cárdenas M. J. V., C. A., Sandoval C. y F. J., Solorio S. 2003. Composición química de ensilajes mixtos de gramíneas y especies arbóreas de Yucatán, México. *Técnica Pecuaria en México* 41(3):283-294.

Casanova-Lugo F., Petit-Aldana J., Solorio-Sánchez F. J., Parsons D. & Ramírez-Avilés L. 2014. Forage yield and quality of *Leucaena leucocephala* and *Guazuma ulmifolia* in mixed and pure fodder banks systems in Yucatan, Mexico. *Agroforestry systems* 88 (1):29-30.

Casasola F., Ibrahim M. Harvey C. Kleinn C. 2001. Caracterización y productividad de sistemas silvopastoriles tradicionales en Moropotenté, Estelí, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* 8(30):17-20.

Castillo A. R. 1992. Suplementación de vacas lecheras en pastoreo de alfalfa durante el otoño invierno. *Rev. Argentina Producción Animal.* 12:16-17.

Castro L. G. 1994. Características de la guásima (*Guazuma ulmifolia*) como recurso potencial en la alimentación de rumiantes. Tesis de licenciatura, FMVZ, UNAM, México, D.F.

CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 1986. Silvicultura de especies promisorias para la producción de leña en América Central. Serie Técnica. Informe Técnico No. Turrialba. Costa Rica.

CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza) 2006. *Guazuma ulmifolia*. Un árbol de uso múltiple Colección Materiales de Extensión. OFI-CATIE: (Forestry Oxford Institute/ Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza).

CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 1991. *Guacimo*/*Guazuma Ulmifolia*. Especie de árbol de uso múltiple en América Central.

CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No. 165. Turrialba, Costa Rica.

Church, C. D. y Pond, G. W. 2010. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. México, D. F. Ed Limusa.

Church C. D. y Pond G. W. 1987: Fundamentos de nutrición y alimentación de animales (1ª. ed.) México, D. F. Limusa. 438pp.

Clavero T. 2013. Utilización de frutos de árboles forrajeros en la ganadería tropical. Revista de la Universidad del Zulia. 3ª época. Ciencias del Agro, Ingeniería y Tecnología. Año 4 N° 8, En-Abr 2013, 29- 36. ISSN 0041-8811 Depósito legal pp 76-654.

Clavero T., R Razz. 2009. Valor nutritivo del pasto maralfalfa (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum*) en condiciones de defoliación. Rev Fac Agron. 26 (1).

CONABIO. 2009. Catálogo taxonómico de especies de México. 1. C. Nat. México.

Contreras D. H. L., Gutiérrez C., Ramírez C., López R. A. 1995. Mejoramiento del valor nutritivo de frutos secos de Guásima (*Guazuma ulmifolia*) con urea e hidróxido de sodio. Arch Zootec. 44:49-53.

Correa H. J., Cerón J M, Arroyave H, Henao y López. A. 2004. Pasto Maralfalfa: mitos y realidades. En: IV seminario internacional Competitividad en carne y leche. Cooperativa Colanta, Medellín, Colombia.

Correa H. 2006. Calidad nutricional del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*) cosechado a dos edades de rebrote. Livestock Research for Rural Development. 18(6):2006.

Counotte G. H. M., A. Th. van'tKlooster, J. van der Kuilen. and R. A. Prins. 1979. An analysis of the buffer system in the rumen of dairy cattle. J. Animal Science, 49:1536-1544.

Crater A. R., P. S. Barboza, R. J. Forster. 2007. Regulation of rumen fermentation during seasonal fluctuations in food intake of muskoxen. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A* 146 :233-241.

Da Silva S., Carvalho P. C. F. 2005. Foraging behavior and herbage intake in the favorable tropics/subtropics. In: *Grassland. A Global Resource* (Ed D. A. McGilloway), pp. 81-96. Wageningen: Wageningen Academic Publishers.

Dawson J. E. and Hatch S. T. 2002. A world wide web key to the grass a genera of Texas. S.M.TracyHerbarium. Department of Rangeland Ecology and Management, Texas A&M University.

Di Marco O. 2011. Estimación de calidad de los forrajes. *Producir XXI, Bs. As.* 20(240), 24-30.

Durán R. F. 2008. Manual de explotación y reproducción en ovejas y borregos. Ed. Grupo Latino Editores Ltda. Colombia.

Encyclopédie Méthodique, Botanique; *Guazuma ulmifolia* Lam. 3: 52. 1789.

Esquivel-Mimenza, H., Ibrahim M., Harvey C. A., Benjamin T., & Sinclair F. L. 2011. Dispersed trees in pasturelands of cattle farms in a tropical dry ecosystem. *Tropical and Subtropical Agroecosystem* 14: 933-941.

Fandiño B. R., Torres E., Sierra M. 1997. Producción de vacas de doble propósito suplementadas con frutos de Algarrobillo (*Pithecellobium saman*) durante la época de lluvias. Primer Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Animal Sostenible. Memorias. CIPAV. Cali, Colombia.

Fischer J. M., J. G. Buchanan-Smith C. Campbell D. G. Grieve y O. B. Allen. 1994. Effects of forage particle size and long hay for cows fed total mixed rations based on alfalfa and corn. *J. Dairy Sci.* 77: 217-229.

Flores M. J. A. 1987. Manual de la alimentación animal. Editorial LIMUSA. México. DF.

Flores O. I., Bolívar D. Ma., Botero J. A. y Ibrahim M. A. 1998. Parámetros nutricionales de algunas arbóreas leguminosas y no leguminosas con potencial forrajera para la suplementación de rumiantes en el trópico. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica.

Fox D. G., Tytlutki T. P., Tedeschi L. O., Van Amburgh M. E., Chase L. E., Pell A. N., Overton T. R., Ruisseau J. B. 2000. The Net Carbohydrate and Protein System for Evaluating Herd Nutrition and Nutrient Excretion: CNCPS version,5(0), M1. Cornell University, Ithaca, NY.

Francisco A. G. 2003. Manejo estratégico de las defoliaciones en especies arbóreas. *Pastos y Forrajes*. 26:185-195.

Galindo J., González N., Delgado D., Sosa A., Marrero Y., González R. y Moreira O. 2008. Efecto modulador de *Leucaena Leucocephala* sobre la microbiota ruminal. *Modulador Effect of Leucaena Leucocephala on the rumen microbiota*. *Zootecnia Tropical*, 26(3), 246-252.

García-Winder L. R., Goñi-Cedeño S., Olguín-Lara P. A., Díaz-Salgado G. and Arriaga-Jordán C. M. 2009. Huizache (*Acacia farnesiana*) whole pods (flesh and seeds) as an alternative feed for sheep in Mexico. *Tropical Animal Health Prod.* 41, 1615-1621.

Giraldo L. A., J. Botero, J. Saldarriaga y P. David. 1998. Efecto de tres densidades de árboles en el potencial forrajero de un sistema silvopastoril natural, en la región Atlántica de Colombia. *Agroforestería en las Américas*. 8:14-19.

Godeau J. M., Gillet Y., Dryver G. 1986. Mesure continue a l'aide d' une électrod spécifique de la concentration en ammonium dans le rumen de la vache torée. *Ann. Méd. Vet.* 130: 521-526.

Goering H. K., Van Soest P. J. 1970. Forage Fiber Analyses (apparatus, reagents, procedures and some applications). USDA Agr handbook no. 379. Agricultural Research Service, Washington, D.C. USA.

Gómez G. A., Partida H. M., Ramírez D. R., Ramírez R. J. C., Gómez G. J. A., González M. M., Sanginés G. L. 2014. Efecto de la inclusión del fruto de *Guazuma ulmifolia* como sustituto del maíz en la dieta sobre el comportamiento productivo y rendimiento en canal de ovinos pellibuey. *Tropical Subtropical Agroecosystem*. 17: 215 – 222.

González G. R., Torres H. G., y Arece G. J. 2011. Ganancia de peso de ovinos alimentados con pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*) suplementados con diversas fuentes de proteína. *Avances de investigación agropecuaria*, 15, 3-20.

González M. S. A. Ariceaga S., Altamirano G, Huerta M. 1989. Evaluación del valor nutritivo de la parota (*Enterolobium cyclocarpum*) en la alimentación de ovinos. *Memorias del 2º. Congreso Nacional de Producción Ovina; México; Asociación Mexicana de Especialistas en Ovinocultura, A.C.*, 113-115.

González M. S. Sánchez A. y Altamirano A. 1985. Evaluación del valor nutritivo de la parota (*Enterolobium cyclocarpum*) en la alimentación de ovinos. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. 42 p.

Hall M. B., Pell A. N., Chase L. E. 1998. Characteristics of neutral detergent soluble fiber fermentation by mixed ruminal microbes. *Animal. Feed Science. and Technology*. 70(1), 23-39.

Herrera H. J. G, Barrera S. A. 2005. Análisis estadístico de experimentos pecuarios. Manual de experimentos pecuarios. Manual de Procedimientos (Aplicaciones del Programa SAS). Colegio de postgraduados. México, 113-118.

Hodgson J. G. 1990. Grazing management: Science into practice. Harlow, England: Longman Scientific & Technical.

Holguín V. A. y Ibrahim M. 2004. Bancos de forraje. Enfoques silvopastoril integrados para el manejo de ecosistemas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica.

Huntington J. A. and Givens D. I. 1995. The *in situ* technique for studying the rumen degradation of feeds: A review of the procedure. Nutr. Abstr. Rev. (Series B), 65 (2): 63-93.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Información). 2006. Resultado del Censo Agropecuario del 2005. Tepic, Nayarit, México.

INIFAP, 2015. Visto en:

<http://sites.securemgr.com/folder11341/index.cfm?id=921810&fuseaction=browse&pageid=36>

Ishler V. A., Heinrichs A. J., y Varga G. B. 1996. *From feed to milk: understanding rumen function* (Vol. 422). Pennsylvania State University.

Krause K. M., Combs D. K. y Beauchemin K. A. 2002. Effects of forage particle size and grain fermentability in mid lactation cows II. Ruminal pH and chewing activity. Journal of Dairy Science. 85 (8), 1947-1957.

Krause K. M. and G. R. Oetzel. 2006. Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review. Animal Feed Science and Technology 126: 215–236.

Ku J. 2005. Nutritive value of trees and shrubs for ruminants. In *Silvopastoralism and sustainable land management*. CABI publishing. Pag. 83-86.

Ku-Vera J. C., Ayala-Burgos A. J., Solorio-Sánchez F. J., Briceño-Poot E. G., Ruiz-González A., Piñeiro-Vázquez A. T., Barros-Rodríguez M., Soto-Aguilar A., Espinoza-Hernández J. C., Albores-Moreno S., Chay-Canul A. J., Aguilar-Pérez C. F., Ramírez-Avilés L. 2013. Tropical tree foliages and shrubs as feed additives in ruminant rations. In: *Nutritional Strategies of Animal Feed Additives*. Nova Sci. Publishers, New York, USA. Pp. 59-76

Leng R. A. 1990. Factors affecting the utilization of 'poor-quality' forages by ruminants particularly under tropical conditions. Nutr Res Rev. 3(1): 277-303.

Leyva B. V. 2006. Uso, extracción y manejo de los acahuales de la selva baja caducifolia en las localidades Acazonica y Paso de Ovejas de la Zona Sotavento del estado de Veracruz. Tesis de Maestría en ciencias. Colegio de posgraduados campus Veracruz. Tepetates Municipio de Manlio F. Altamirano, Veracruz. 116.

López H. M. A., Rivera L. J. A., Ortega R. L., Escobedo M. J. G., Magaña M. M. A., Sanginés G. J. R., Sierra V. A. C. 2008. Contenido nutritivo y factores antinutricionales de plantas nativas forrajeras del norte de Quintana Roo. Tec Pecu Méx. 46 (2): 205-215.

López M. D., Soto P. L., Jiménez F. G., Hernández D. S. 2003. Relaciones alométricas para la predicción de biomasa forrajera y ienfa de *acacia pennatula* y *Guazuma ulmifolia* en dos comunidades del norte de Chiapas, México. Interciencia 28 (6):334-339.

López O. S., M. Villarruel F., E. Ortega J. y E. Ruiz. 2006. Crecimiento y producción de *Guazuma ulmifolia* Lam. en bancos de forraje bajo condiciones de clima cálido subhúmedo. In: memoria de la III Reunión Nacional sobre Sistemas Agro y Silvopastoril. Universidad Autónoma Metropolitana México, D.F.

Lu D. C., R. J. Kavas, G. O. Mahgoub. 2008. Recent advancements in fiber digestion and utilization in goats. *Trop Subtrop Agroecosyst* 9: 65-72.

Mahgoub O., Kadin E. T., A-Ajmi D. S., Al-Saqry N. M., Al-Abri A. S., Richie A. R., Annamalai K., Forsberg N. E. 2004. The effects of replacing Rhodes grass (*Chlorisgayana*) hay with Ghaf (*Prosopis cineraria*) pods on the performance of Omani native sheep. *Trop Anim Health Prod.* 36: 281-294.

Manríquez M. L. Y., Calderón Z. M., Lara B. J., López O. S. and Villarruel F. M. 2007. Potencial de Guácimo como forraje en Veracruz. Aspectos técnicos y financieros de la propagación del árbol forrajero guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam.). *Agroentorno.* 87:27-28.

Márquez F., J. Sánchez D. Urbano y C. Dávila. 2007. Evaluación de la frecuencia de corte y tipos de fertilización sobre tres genotipos de pasto elefante (*Pennisetum purpureum*). 1. Rendimiento y contenido de proteína. *Zootecnia tropical.* 25(4): 253-259.

Martínez G. S., Macías C. H., Moreno F. L. A., Zepeda G. J., Espinoza M. M. E., Figueroa M. R., Ruiz F. M. 2011. ANÁLISIS ECONÓMICO EN LA PRODUCCIÓN DE OVINOS EN NAYARIT, MÉXICO. Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UAN. Granja Ovina Los Metates, Tepic, Nay.

Maynard A. L., Loosli, K. J., Hintz, F. H. y Warner G. R. 1986: *Nutrición Animal* (4ª Ed.). México, D. F. Mac Graw Hill.

McGraw L. R., Nelson J. C. 2003. Legumes for Northern Areas. In: Barnes F. R,



- Nelson C. J., Colling M., Moore K. J. editors. Forages an introduction to grassland agriculture. 6th ed. Iowa State Press, USA.
- Mertens D. R. 1977. Dietary fiber components: Relationship to the rate and extent of ruminal digestion. Fed. Proc. 36: 187-192.
- Minson D. J. 1982: Effect of chemical composition on feed digestibility and metabolizable energy. Nutr. Abstr. Rev. Series B, 52: 591-615.
- Minson D. J. and McLeod M. N. 1972. The *in vitro* technique: its modification for estimating digestibility of large numbers of tropical pasture sample. In Division of Tropical Pasture Technical paper No. 8. Research Organization, Australia, 1-5.
- Mlambo V., Sikosana J. L. N., Mould F. L., Smith T., Owen E. and Mueller-Harvey I. 2007. The effectiveness of adapted rumen fluid versus PEG to ferment tannin-containing substrates *in vitro*. Anim Feed Sci Tech. 15: 128-136.
- Molina S. 2005. Evaluación agronómica y bromatológica del pasto Maralfalfa (*Pennisetum sp.*) cultivado en el valle del Sinú. (Documento en línea). En http://www.agro.unalmed.edu.co/agrodocs/index.php?link=ver_docss&id=278 consulta octubre 8, 2006).
- Moore J. E. 1994. Forage quality indices: development and application. Forage Quality, Evaluation, and Utilization (forage quality ev), 967-998.
- Morales A., Aguirre M. A., Palma J. M. 1988. Estudio químico nutricional del follaje y frutos de diferentes especies leñosas en condiciones de trópico seco. Memoria del III Taller internacional de sistemas silvopastoriles para la ganadería. EEPF, Matanzas, Cuba, p. 41-44.
- Moreno G. M. 2013. Establecimiento de un cultivo de maralfalfa en Tecalitlán Jalisco. Tesis FMVZ, UMSNH.
- Moreno F. y D. Molina. 2007. Buenas prácticas agropecuarias en la producción de ganado de doble propósito bajo confinamiento con caña panelera como parte de la dieta. MANA-FAO. Impresión CTP Print Ltda. Colombia. 139 p.
- Moscoso C. Velez M., Flores A. y Agudelo N. 1995. Effects of huanacaxtle tree (*Enterobium cyclocarpum* Jacq. Griseb). Fruit as replacement for sorghum grain and cotton-seed meal in lamb diets. Small Ruminant Research 18:121-124.
- Mould F. L., Ørskov E. R., & Mann S. O. 1983. Associative effects of mixed feeds. I. Effects of type and level of supplementation and the influence of the rumen fluid pH on cellulolysis *in vivo* and dry matter digestion of various roughages. *Animal Feed Science and Technology*, 10(1), 15-30.

NRC (National Research Council). 2007. Nutrient Requirements of small ruminants. . National Academy Press, Washington, D.C.USA. 292pp. ISBN: 0-309-10213-8.

Nava C. C., Díaz C. A. 2001. Introducción a la digestión ruminal. Departamento de nutrición animal. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM.

Navas A., C. Restrepo y G. Jiménez. 1999. Funcionamiento ruminal de animales suplementados con frutos de *Pithecellobium saman*. IV Seminario Internacional sobre Sistemas Agropecuarios sostenibles. Cali, Colombia, 28 al 30 de Octubre, 1999. En:<http://www.Cipav.org.co/redagrofor/memorias99/Memorias.htm>.

Niembro R. A. 1990. Árboles y arbustos útiles en México. 1a. ed. Edit. Limusa y Departamento de Bosques. Univ. Aut. de Chapingo: 78.

Nieto M. J., L. Y. Manriquez M., S. López O. y F. Gallardo L. 2006. Guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam): una opción para la producción de forraje en la ganadería del sistema terrestre de lomeríos, en el centro de Veracruz. En: memoria de la III Reunión Nacional sobre Sistemas Agro y Silvopastoril. Universidad Autónoma Metropolitana. México, D.F.

Nolan J. V., Forbes J. M., y France J. 1993. Nitrogen kinetics. Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism. 123-143.

Olivares-Pérez J., Avilés-Nova F., Albarran-Portillo B., Castelán-Ortega O. A., Rojas-Hernández S. 2013. Use of three fodder trees in the feeding of goats in the subhumid tropics in Mexico. *Trop Anim Health Prod* 45 (3):821-828.

Orskov E. R., Hoveff F. D., Mould F. 1980. Uso de la técnica de la bolsa de nylon para la evaluación de los alimentos. *Prod. Anim. Trop.* 5: 213-233.

Palma J. M. y L. Román. 2003. Frutos de especies arbóreas leguminosas y no leguminosas para alimentación de rumiantes. in: II Conferencia Electrónica sobre Agroforestería para la producción Animal en América Latina. Depósito de documentos de la FAO.

Palma J. M. y Román L., Morales A. y Aguirre M. A. 1998. Comportamiento productivo y composición química nutricional de cuatro especies arbóreas. En Mem. del III Taller Inter. Silvopast. Los árboles y arbustos en la ganadería. Guadalajara, Jal.:45-47.

Partida H. M. 2012. Sustitución del grano de maíz por fruto de guásima (*Guazuma ulmifolia*) en la alimentación de corderas de pelo en etapa de engorda. Tesis de licenciatura. Univ. Aut. de Nay. Tepic Nayarit, México.

Pennington F. D. y J. Sarukhám. 1998. Árboles tropicales de México. Universidad Autónoma de México.

- Peralta N., Palma J. M., Macedo R. 2004. Efecto de diferentes niveles de inclusión de parota (*Enterolobium cyclocarpum*) en el desarrollo de ovinos en estabulación. *Livestock Research for Rural Development* 16 (1).
- Pérez G., Nuños C. y Padilla A. 1980. Marco de referencia regional. Publicación especial No. 1. Campo Experimental Santiago Ixcuintla- CIAPAN-Instituto Nacional de Investigación Forestal Agrícola y Pesquera (INIFAP): 15-16.
- Pinto R., Gómez H., Martínez B., Hernández A., Medina F., Ortega L., Ramírez L. 2004. Especies forrajeras utilizadas bajo silvo-pastoreo en el centro de Chiapas. *A I A*. 8 (2):53-67.
- Piñero A. T., Ayala B. A. J., Chay C. A. J., Ku V. J. C. 2013. Dry matter intake and digestibility of rations replacing concentrates with graded levels of *Enterolobium cyclocarpum* in Pelibuey lambs. *Trop Anim Health Prod*. 45(2), 577-583.
- Premaratne, S.; Bruchem, J. and Perera H. G. D. 1997. Effects of type and level of forage supplementation on voluntary intake, and digestibility of rice straw in sheep. *AJAS* 10(2): 226-228.
- Reed J. D., Krueger C., Rodriguez G., Hanson J. 2000. Secondary plant compounds and foage evaluation. Department of animal sciences, University of Wisconsin-Madison, USA *InternLivest Res inst. Addis Ababa, Ethiopia*. Pp. 433-448.
- Relling A. E., Mattioli G. A. 2002. Fisiología Digestiva y Metabólica de los Rumiantes. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional de la Plata. ED. EDULP. *Argentina*, 34-38.
- Rojas H. S., Olivares P., Aviles N. J. F., Villa M. A., Reynoso P. A., Camacho D. L. M. 2015. Productive response of lambs fed *Crescentia alata* and *Guazuma ulmifolia* fruits in a tropical region of Mexico. *Tropical Animal Health Production*. 47(7), 1431-1436.
- Román M. M. L., Palma J. M., Zorrilla J., Mora A., Gallegos A. 2008. Degradabilidad *in situ* de la materia seca de la harina del fruto de guásima, *Guazuma ulmifolia*, con dietas de frutos de especies arbóreas. *Zootecnia Tropical* 26(3): 227-230.
- Rosales M. y Gil M. 1997. tree mixtures within integrated farming systems. Second FAO electronic conference on tropical feeds livestock feed resources within integrated farming systems, 1-14.
- Rubio V. H. A., Gómez G. A., Loya O. J. L., Ramirez R. J. C., Gómez G. J. A., Benitez M. J. A., Hernández B. J. A. y Sanginés G. L. 2014. Valor nutritivo y producción de *Pennisetum purpureum* (maralfalfa) en diferentes estados de madurez durante la época de lluvias. *Memorias del V Congreso Internacional de*

Manejo De Pastizales. I Congreso en Ciencias Veterinarias y Zootécnicas "Amado Nervo". I Reunión Red Latina de Ciencia Animal. Nuevo Vallarta, Nayarit, México.

Ruiz-Sesma D. L., Lara-Lara P. E., Sierra-Vázquez Á. C., Aguilar-Urquiza E., Magaña-Magaña M. A. y Sanginés-García J. R. 2006. Evaluación nutritiva y productiva de ovinos alimentados con heno de *Hibiscus rosa-inensis*. *Zootecnia Tropical*, 24(4), 467-482.

Russel J. B. and B. D. Wilson. 1998. Why are ruminal cellulolytic bacteria unable to Digest Cellulose at Low Ph. *J. Dairy Sci.* 79:1503-1509.

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación). 2005. Estudio informativo. Delegación en Nayarit, México, Subdelegación de Agricultura. México.

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación). 2000. Boletín bimestral de leche. Centro de Estadística Agropecuaria (CEA).

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación). 2007. Programa Nacional Pecuario 2007-2012. Consultado 12 de octubre del 2012.

SAS. 2002. SAS/STAT® User's Guide (Release 9.0) SAS Inst. Inc., Cary NC. Programa computacional.

Satter L. D. y Slyter L. L. 1974. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. *British Journal of Nutrition*, 32(02), 199-208.

Schneider B. H., Flatt WP. 1975. The evaluation of feeds through digestibility experiments. University of Georgia Press.

Shimada A. 1983. Fundamentos de nutrición animal comparativa (1ª Ed.). Asociación Americana de Soya. México. 369pp.

Silvoenergía (CATIE), 1986. Silvicultura de especies promisorias para la producción de leña en América Central. Serie Técnica. Informe Técnico No. Turrialba. Costa Rica.

Sosa R. R., D. Pérez R., L. Ortega R. y G. Zapata B. 2004. Evaluación del potencial forrajero de árboles y arbustos tropicales para la alimentación de ovinos. *Técnica Pecuaria en México*. 42:129-144.

Tamayo C. M. and Orellana R. 2006. Establecimiento de cinco especies leñosas forrajeras. *In: Memoria de la III Reunión Nacional sobre Sistemas Agro y Silvopastoriles*. México, D.F., July 10-12. pp. 313-315.

Tapia P. F. 2007. Citogenética de *Guazuma ulmifolia* var. *ulmifolia* (Sterculiaceae). Darwiniana, nueva serie 45(1): 23-27.

Tilley J. M., Terry R. A. 1963. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. J. Britis Grassl. Soc. 28 pp. 104-111.

Tobal C. F. 2002. Evaluación de los alimentos a través de los diferentes métodos de digestibilidad. URL <http://www.biblioteca.unipam.edu.ar/pubpdf/anuavet/n1999a16tobal.pdf>.

Torres R. J. A., A. M. Castellanos R., G. Luna G., L. G. Nava M., A. R. Quintanilla M., R. Rosales L., A. Torres V. y J. Vargas V. 2006. Los sistemas agrosilvopastoriles con ovinos en el centro de Veracruz. In: Memoria de la III Reunión Nacional sobre Sistemas Agro y Silvopastoril. Universidad Autónoma Metropolitana. México, D.F. Pp. 15-22.

Valencia Z. M., Castillo R. H. y Berruecos J. M. 2001. Reproducción y manejo del borrego tabasco o peligüey. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, (29), 66-72.

Vanzant S. E., Cochran C. R. and Trigemeyer C. E. 1998. Standardization of In situ techniques for ruminant feedstuff evaluation. J. Anim. Sci. 76: 2717-2729.

Van Soest P. J. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant. Cornell University Press, Comstock Publishing Associates. UK, 337-353.

Villa H. A. 2009. Productividad del sistema silvopastoril con *Guazuma ulmifolia* Lam. y la utilización de la especie en los agro ecosistemas de Angostillo, Veracruz. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Posgraduados. Campus Veracruz Tepetates, municipio de Manlio F. Altamirano, Veracruz. 41 p.

Zamora S., García J., Bonilla G., Aguilar H., Harvey C. A. e Ibrahim M. 2001. Uso de frutos y follaje arbóreo en la alimentación de vacunos en la época seca en Boaco, Nicaragua. Agroforestería en las Américas, Vol. 8 (3):31-38.

Zardo R. N. y Henriques R. P. B. 2011. Growth and fruit production of the tree *Caryocar brasiliense* in the Cerrado of central Brazil. Agroforestry Systems. 82 (1):15-23.

A pesar de las tantas páginas de aventuras de mi vida,
que siempre traté de ser sabio pero prudente, aunque tal vez he sido más sabio
que prudente, en los años de mi carrera ya no era un joven revolucionario si no
esta vez un revolucionario joven.

Soy fruto de muchos pensadores; mi edad, como por tanto, es toda y es
ninguna. Dependo totalmente del descubrimiento de tu mirada para hacerme
presente. Viajando de tus ojos a tu imaginación, entre aciertos y desaciertos, voy
emergiendo como un ente al que lo definen tus reflexiones. Aspiro a escalar
hasta ese punto cimero de una idea para dejarte allí una sencilla huella.
De ser así, queda en tus manos, es decir: en tu interpretación, inmensamente
agradecido y eternamente tuyo.

"Hay que despertar el interés de nuestra juventud para que investigue, para que conozca, para que se entrene, ya que esos conocimientos tienen valor en todos los órdenes".

"No somos unos intrusos en el campo de la ciencia, somos hombres obligados por las circunstancias a la búsqueda de soluciones, desgraciadamente las incontables obligaciones que tenemos, es obligación de cualquier hombre de responsabilidad pública tratar de disponer del mínimo de conocimiento, para poder evaluar lo que los científicos, los técnicos, los especialistas pueden indicar en uno u otro sentido".

Fidel Castro Rus.