UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Determinación del Valor Nutritivo del Zacate Estrella Cynodon plectostachyus y el Canshish Acacia pennatula Mediante Un Análisis Proximal, Digestibilidad *In Vitro* y la Tasa De Degradación *In Vitro*

Por

JOSÉ ALFREDO MORALES MOLINA

T E S I S

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

Ingeniero Agrónomo Zootecnista

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Mayo de 2003

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y ALIMENTO

Determinación del Valor Nutritivo del Zacate Estrella Cynodon plectostachyus y del Canshish Acacia pennatula Mediante un Análisis Proximal, Digestibilidad *In Vitro* y la Tasa de Degradación *In Vitro*

T E S I S

Por

JOSÉ ALFREDO MORALES MOLINA

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

APROBADA

ING. MC. J. EDUARDO GARCÍA MARTÍNEZ
PRESIDENTE DEL JURADO

ING. MC. RAMON F. GARCÍA CASTILLO
SINODAL

ING. MC. CAMELIA CRUZ RODRÍGUEZ
SINODAL

ING. RODOLFO PEÑA ORANDAY

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Mayo de 2003.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Mc. José Eduardo García Martínez, al Ing. MC. Camelia Cruz Rodríguez y al Ing. MC. Ramón García Castillo por que siempre estuvieron dispuestos a ayudarme sin ningún interés de por medio además, por la confianza que depositaron en mi para la realización de este trabajo.

Al laboratorista Carlos y a la maestra Laurita, por su apoyo y ayuda que siempre me brindaron en el trabajo de campo.

A los maestros que supieron de alguna manera transmitir sus conocimientos y experiencias para así fortalecer mis conocimientos, en especial al ingeniero (LLLG) por sus consejos y amistad que me brindo.

A todas las personas que de alguna u otra manera me brindaron su ayuda en la realización de esta tesis.

A mis compañeros de la XCIV generación de I. A. Z. "Mauricio", Mario, Sonia, Martín, Hernán, Marco y Armando por su respeto y amistad que me brindaron durante el tiempo que convivimos juntos.

DEDICATORIA

A mis padres: Laura Molina García.
Juan Morales Cruz.

Con el testimonio de eterno agradecimiento, por el apoyo moral y económico, que desde siempre me brindaron y a su sacrificio y buenos consejos he podido superarme y ser un hombre responsable y honrado. Nunca les podré pagar lo que han hecho por mí, "muchas gracias" ya que me han dado la mejor de las herencias.

A mi hermana: Laura Virginia Morales Molina.

Por el cariño y apoyo moral, la paciencia que me tuvo y el respeto que siempre me ha brindado.

Con profundo cariño a: Rosa I. Acosta Romero

Por su cariño y comprensión que me ha brindado durante todo este tiempo muchas gracias "te quiero mucho".

A mi alma mater por haberme abrigado en su seno y darme la oportunidad de formarme una profesión digna e importante.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS	VII
INDICE DE FIGURAS	VIII
INTRODUCCIÓN	1
Objetivos específicos	4
Hipótesis	4
REVISIÓN DE LITERATURA	5
Condiciones del rumen	5
Descripción taxonómica del canshish	6
Ecología del canshish	6
Descripción taxonómica del zacate estrella	8
Ecología del zacate estrella	8
Comportamiento biológico	9
Factores relacionados con la digestibilidad	10
Digestibilidad In Vitro de forrajes	13
Digestibilidad In Vitro de la materia seca	15
Determinación de la digestibilidad in vivo	17
MATERIALES Y MÉTODOS	19
Ubicación	19
Procedimiento experimental	19
Reactivos utilizados	20
Preparación de los sustratos	21
Análisis estadístico	21
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
CONCLUSIÓN	29
RESUMEN	31
REVISIÓN DE LITERATURA	33

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro **Página**

2.1 Comportamiento fenológico de cuatro especies arbóreas en el estado de Colima..... 9

2.2 Relación entre porcentaje de lignina en el forraje y digestibilidad de las proteínas Ovinos..... 12

2.3 Valores químicos-nutricionales de frutos sin semillas de diferentes especies arbóreas..... 14

2.4 Contenido de materia seca de la harina de cinco frutos de especies arbóreas consumidas por ovinos..... 15

3.1 Reactivos utilizados en la solución uno (saliva McDougal) para la preparación del inóculo..... 20

3.2 Reactivos utilizados en la solución dos (saliva McDougal) para la preparación del inóculo..... 21

3.5 Análisis bromatológico del zacate estrella y canshish..... 23

4.2 Tasa de degradación de la fibra (kd) de los forrajes estudiados..... 26

4.3 Porcentaje de fibra potencialmente indigestible (FPI) residual a diferentes tiempos de incubación In Vitro..... 27

4.4 Porcentaje de fibra potencialmente digestible (FPD) residual a diferentes tiempos de incubación In Vitro..... 27

INDICE DE FIGURAS

Cuadro **Página**

4.1 Fibra potencialmente indigestible (FPI) residual del zacate estrella y canshish a diferentes tiempos de incubación (T.I) In Vitro..... 24

4.2 Fibra potencialmente digestible (FPD) residual del zacate estrella y canshish a diferentes tiempos de incubación (T.I) In Vitro..... 25

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la producción de forrajes se justifica con proporcionar alimentos de mayor valor nutritivo por lo que el hombre se ha visto obligado a buscar formas de alimentar al ganado caprino, ovino y bovino, mejorando el valor nutritivo de los forrajes recurriendo a las técnicas de investigación pecuaria.

La ganadería y en general, todas las especies de animales domésticos que se explotan con el fin de satisfacer las necesidades alimenticias de la población cada vez más grande en nuestro país y en el mundo entero, enfrentan en la actualidad problemas para producir y satisfacer las necesidades nutritivas de la población, de una manera más eficiente y económicamente rentable.

Uno de los renglones donde se pone mayor énfasis en la producción animal es el aspecto de la nutrición ya que se sabe que la alimentación de los animales cubre hasta un 70% de los costos de producción ya sea de carne, leche o huevo. Por este motivo siempre se ha buscado maximizar los recursos con que cuenta cada región para incorporarlos como ingredientes de las dietas, y que estas sean de mejor calidad posible en cuanto a valor nutritivo se refiere ya que de esto dependerá en gran medida el aprovechamiento y el efecto sobre la conversión alimenticia.

Las áreas tropicales de México, representan el 25% del total de la superficie del país y se puede considerar, debido a su gran potencial forrajero como las más prometedoras para incrementar la producción pecuaria.

Las especies forrajeras constituyen un importante renglón con frecuencia subestimado en la evolución de la industria pecuaria de un país, no se puede en la actualidad, pensar siquiera en mantener vivos a los animales con que se cuenta y mucho menos en aumentar su número, si no se hace una planeación adecuada de la producción y utilización de los forrajes que mantienen a dichos animales (González, 1982).

El forraje es el ingrediente básico en la alimentación del ganado, pero su producción no es constante a través de las diferentes épocas del año. Además, tenemos que durante la estación de lluvias existe un exceso de forraje mientras que en la época de seca la producción es insuficiente.

Sin embargo, existen plantas forrajeras con disponibilidad y aceptabilidad por el ganado, que puede llegar a compensar épocas criticas del año. El canshish (*Acacia pennatula)* es una planta forrajera altamente aceptable por el ganado y su uso ha sido tradicional y no existe antecedente sobre el uso adecuado de esta planta como la respuesta en el animal. Otra planta, cosmopolita como el zacate estrella de África pudiera ser complementada en la utilización entre estas dos gramineas-leguminosas.

Los usos que se le da ala *Acacia pennatula* son:

Combustible: El fuste y las ramas se usan como leña y para elaborar carbón.

Otros: En algunos lugares se usa para controlar la erosión y mejorar la fertilidad del suelo.

Construcción: Los fustes se usan en construcciones rurales y como postes en las cercas.

Forrajero: Las hojas, flores y frutos poseen un valor nutritivo alto y se usan como forraje.

Industrial: La corteza y las vainas maduras contienen taninos y se utilizan en curtiduría.

Medicinal: El cocimiento de la corteza se usa en té para controlar la diarrea y en baños para curar granos. Para inflamaciones por golpes y dolor de muelas, para tratar problemas digestivos, del sistema circulatorio, problemas genitourinarios, infecciones, inflamaciones, heridas, desórdenes del sistema sensorial y del sistema cutáneo.

Objetivos Específicos

Determinar el valor nutritivo del zacate estrella (*Cynodon plectostachyus*) y del canshish (*Acacia pennatula*) mediante: 1)análisis proximal, 2)digestibilidad *In Vitro* y 3)tasa de degradación *In Vitro* de las paredes celulares (FDN).

Hipótesis

El canshish presenta un valor nutricional semejante al zacate estrella en cuanto al análisis proximal, aunque por la dureza de su vaina, éste presenta un coeficiente de digestibilidad menor, además de una tasa de degradación más lenta.

REVISION DE LITERATURA

Condiciones del Rumen

El rumen es un ecosistema de fermentación continua, que bajo condiciones normales provee un medio ambiente favorable para el crecimiento de numerosos microorganismos estrictamente anaeróbicos. Así como algunos aeróbicos facultativos. La temperatura es usualmente mantenida entre los 38 y 41 grados centígrados considerándose como temperatura media común 39 grados centígrados. (Hoover y Miller, 1992).

La capacidad volumétrica del rumen permite almacenar alimento y retenerlo durante el tiempo necesario para proporcionar un constante suministro de sustratos complejos (celulosa y otros polisacáridos) que son fermentados y digeridos por la población microbiana. Los productos finales de dicha fermentación como la biomasa y los ácidos grasos volátiles. Son utilizados por el animal para realizar actividades biosintéticas y satisfacer sus necesidades nutricionales. (Hofman, 1988; Yucoyama y Johnson, 1988; citados por Tovar, 1990).

Los microorganismos del rumen contribuyen con aproximadamente el 80% de la digestión de los alimentos, aportando proteína, energía y vitaminas para el animal.

Las funciones especializadas del rumen permiten que el animal pueda consumir grandes cantidades de forrajes. Las bacterias y protozoarios del rumen desdoblan y permiten que se asimilen los principios nutritivos que contiene la celulosa o material fibroso (Ensminger, 1977).

La disponibilidad de la fibra es limitada y esta se puede determinar fraccionándola en dos partes principales fibra en detergente neutro (FDN) y fibra en detergente ácida (FDA) determinación de gran ayuda en la formulación de raciones por que la FDN esta inversamente correlacionado con la digestibilidad (Ensminger *et al*. 1990).

Descripción Taxonómica del Canshish *Acacia pennatula* (Schltl. y Cham.)Benth.

Reino	Vegetal
División	Embriophyta
Clase	Dicotiledoneae
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Tribu	Acacieae
Genero	**Acacia**
Especie	*pennatula*

Ecología del Canshish *Acacia pennatula*

Es un árbol de 8 a 12 m de alto ocasionalmente arbusto de 3 m de alto, caducifolio; hojas dispuestas en espiral, bipinadas, de 5 a 10 cm de largo incluyendo el pecíolo, compuestas por 22 a 28 pares de folíolos primarios, cada uno con 21 a 28 pares de folíolos secundarios, sésiles, opuestos,

de 1 x 0.5 mm; verde oscura en el haz y verde pálido en el envés, pubescentes en ambas superficies; raquis y ramillas secundarias pubescentes; la base de la hoja con una glándula cupuliforme; las ramas con espinas finas de 2 a 4 mm de largo; flores dispuestas en cabezuelas, amarillas o naranjas, fragantes, vainas aplanadas, de 8 a 10 cm de largo y 1 cm de ancho, pardo rojizas, presentándose comúnmente por pares.

Forma parte del bosque tropical caducifolio y del bosque de encinos; es una especie común de terrenos perturbados, indicadora de vegetación secundaria, localizándose en laderas con suelo somero y roca aflorante; transición entre bosque tropical caducifolio y bosque de pino; suelo profundo, café muy pedregoso, con pendientes de hasta 45°. Suelos carcasticos. Pastizal, lomerío suave, pendiente 10°, suelo somero; matorral con restos de bosque de pino-encino. Se encuentra asociado con mezquites, huisaches y acacias, y vegetación secundaria en terrenos de cultivo a una altura de 300-1820 msnm.

Es una especie de amplia distribución, encontrándose principalmente en Veracruz, San Luis Potosí y Chiapas, extendiéndose a Guatemala y Nicaragua.

A la *Acacia pennatula* se le conoce con varios nombres tales como: quebracho, canshish, tepame, algarrobo, cubata blanca (Gro), cenizo, Tehuistli (Gro, Náhuatl), uña de gato, algorable (Nochixtlan Oax.).

Descripción Taxonómica del Zacate Estrella
***Cynodon plectostachyus* (Gould y Shaw, 1983)**

Reino	Vegetal
División	Embriophyta
Clase	Monocotiledoneae
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Sub-familia	Chloridoideae
Tribu	Chlorideae
Genero	*Cynodon*
Especie	*Plectostachyus*

Ecología del Zacate Estrella de Africa
Cynodon plectostachyus

Según Bueno (1981), el zacate estrella de África es nativo de Kenya y Tangania, es un pasto perenne de crecimiento bajo que se extiende por estolones que de sus nudos enraízan directamente al suelo y de los cuales salen sus tallos erectos y numerosos, con hojas finas y largas, presentan espigas que miden 8 cm de largo aproximadamente con espiguillas productoras de semillas de baja germinación, tiene aproximadamente un 30% de proteína en verde a las tres semanas, disminuyendo según el estado de madurez del zacate.

Se adapta desde el nivel del mar hasta los 1300 metros con precipitación desde los 600 a 3500 mm anuales y diversos tipos de suelos, desde los arenosos hasta los arcillosos, no resisten inundaciones prolongadas pero si la sequía.

Comportamiento Biológico

(Palma *et al*, 1998). Al realizar un experimento en el estado de Colima con cuatro especies arbóreas, encontró que las características fenológicas de cada una de las especies destaca la *Zizyphus mexicana* como especie perennifolia, las demás especies son de tipo caducifolio. Por otra parte la *Guazuma ulmifolia*, *Acacia pennatula*, *Zizyphus mexicana* sobresalen por su prolongado periodo de floración y *Caesalpinia coriaria* por la obtención del fruto maduro que se alarga por un periodo de ocho meses. En general la importancia de estas especies con respecto al fruto, es la posibilidad de cosecharlo durante la época de escasez de alimento. Como lo muestra el cuadro 2.1.

Cuadro 2.1 Comportamiento fenológico de cuatro especies arbóreas en el estado de Colima.

Meses	Acacia pennatula	Caesalpinia coriaria	Guazuma ulmifolia	Zizyphus mexicana
Agosto	H	H F Frv	H F	H F Frv
Septiembre	H F	H F Frv	H F	H F Frv
Octubre	H F	H F Frv	H F Frv	H Frv
Noviembre	H Frv	H F	H F Frv	H Frm
Diciembre	H Frv	H Frv Frm	H Frv	H Frm
Enero	H Frm	H Frv Frm	H Frv	H Frm
Febrero	Frm	H Frv Frm	H Frm	H Frm
Marzo	F Frm	H Frv Frm	F	H F
Abril	F Frm	Frm	F	H F
Mayo	F	Frm	H F Frm	H F
Junio	H F	H Frm	H Frm	H F
Julio	H F	H F	H F	H F Frv

Palma *et al* (1998) F=flor H=hoja Frm= fruto maduro Frv= fruto verde

Factores Relacionados con la Digestibilidad

El termino digestibilidad se refiere al grado en que se digiere un alimento (Dukes, 1967, Crampton *et al.,* 1959) y el porcentaje de alimento que es digerido, recibe el nombre de coeficiente de digestibilidad (Morrison, 1961, Crampton *et al.,* 1959).

Los experimentos de digestión se hacen con dos propósitos:

- El de evaluar en el tracto digestivo de un animal, un nutriente en particular, alimento o ración.
- Para cuantificar el consumo total de nutrientes digestibles (Church, 1969).

Debe llamarse digestibilidad aparente, puesto que se sabe que en los excrementos también se encuentran fracciones que no son parte de los nutrientes no digeridos (De Alba, 1971). Por ejemplo que puede ser nitrógeno no digerido o nitrógeno metabólico o endogeno (Maynard, 1969). Por lo que se dificulta obtener la digestibilidad verdadera de la proteína (De Alba, 1971).

Las heces están compuestas de agua, residuos indigeribles y alimento sin digerir, remanentes de las secreciones digestivas tales como ácidos y pigmentos biliares, células epiteliales desprendidas procedentes del tracto digestivo, numerosas bacterias, muchas de las cuales están muertas, sales inorgánicas en gran variedad, parte de ellas procedentes de la excreción del intestino grueso (Dukes, 1967).

La digestibilidad de un principio alimenticio, varia de acuerdo con algunos factores, tales como la naturaleza del alimento del que forma parte la especie, la individualidad del animal y el plano de nutrición (Dukes, 1967, Blaxter, 1964, y Church, 1969) pero ni la frecuencia de comidas, ni la hora de abrevar, ni la cantidad de agua bebida parece tener influencia sobre la digestibilidad. Cuando el trabajo excesivo la reduce, un ejercicio moderado tiende aumentarla (Morrison, 1961). Trabajos efectuados por (Ellenberg y Schneider, 1970 citados por De Alba, 1971) no mostraron diferencias significativas en las mediciones de 15 digestibilidades de animales forzados a caminar y animales en confinamiento.

Se afirma que a mayor proporción de azúcares y almidones, habrá menos digestión de fibra cruda, pues los microorganismos del rumen atacan primordialmente a los carbohidratos de fácil digestión y posteriormente a la fibra (Morrison, 1961, De Alba, 1971) y que a mayor proporción de proteínas, más numerosos y de mayor vigor al alimentarse de ellas serán los microorganismos, desdoblando a la fibra cruda con mayor facilidad.

Fresnillo (1962) y Maynard (1969). Confirman que a mayor porcentaje de proteína en el alimento, aumentan el consumo de materia seca y la digestibilidad de la proteína, pero la fibra cruda tiende a ejercer una influencia protectiva en contra de la digestibilidad de los demás nutrientes. Otro factor muy importante y que afecta en gran parte la digestibilidad, es el estado de desarrollo de la planta (Blaxter, 1964).

Se ha demostrado que el forraje joven es mucho más digestible que las mismas plantas en estadios avanzados de desarrollo. Estas diferencias en digestibilidad son debido a un incremento en el contenido de fibra, combinado con una considerable existencia de lignina en las paredes celulares (indigestible por los rumiantes) (Morrison 1961) haciendo indispensable a los demás nutrientes a digerirse. Lo anterior se puede constatar en él cuadro 2.2.

Cuadro 2.2 Relación entre porcentaje de lignina en el forraje y la digestibilidad de la proteína en Ovinos

Alimento	% Lig	%PC	%Digest	%P. Digest.
Heno de alfalfa antes de la floración	0.9	17.1	70.0	12.1
Zacate canario rojo (Phalaris arundinaceae)	4.7	13.2	68.9	9.1
Pulpa de remolacha deshidratada	8.8	10.0	45.0	4.5
Cascarilla de algodón	26.6	4.3	4.7	0.2

El uso de técnicas de laboratorio para determinar la digestibilidad de los forrajes se ha empleado como una alternativa al método de determinación de digestibilidad utilizando animales. Desafortunadamente esta técnica de digestibilidad *In Vivo* cuenta con la desventaja de que requiere mucho tiempo y es costosa.

Estas determinaciones generalmente dan un valor ligeramente mas alto que la técnica de digestibilidad *In Vitro* y ecuaciones correctivas son requeridas para relacionar un valor con el otro (McDonald *et al.*, 1988).

Digestibilidad *In Vitro* de Forrajes

Según (Minson y McLeod, 1972). Esta técnica se sugiere para determinar la digestibilidad de la materia seca y materia orgánica de forrajes, ha sido comparada con la digestibilidad *In Vivo* encontrando una buena correlación en pastos tropicales.

Las pruebas que utilizan animales para la determinación del valor nutritivo de un alimento son probablemente las más idóneas ya que evalúan factores atribuibles tanto al animal como al alimento mismo. Este procedimiento desafortunadamente es lento en su conducción además de tener un costo elevado (Tejada, 1983).

Debido a que la digestión de los rumiantes es muy complicada, la digestión *In Vivo* de forrajes de baja calidad, el nivel de mantenimiento es sobrestimada para la producción; en estas condiciones el sistema *In Vitro* pudiera ser más reproducible.

Por otro lado, el factor determinante de la digestibilidad de los alimentos, para animales es la fermentación de las paredes celulares por los microorganismos ruminales, y el proceso *In Vitro* se obtiene una respuesta química-fisiológica que se asemeja parcialmente a lo que ocurre en el animal.

Trabajando con cinco frutos de especies arbóreas (Morales, 1998; Palma *et al*, 1998) encontraron en general un bajo nivel de proteína cruda para la mayoría de las especies, sobresaliendo en este caso *Guazuma ulmifolia* con 9.1%.

Por otra parte, *Caesalpinia coriaria* destaco por su bajo contenido en fibra, asimismo, por su alto valor de DIVMS y de energía bruta. Las demás especies tuvieron valores similares en el resto de los indicadores estudiados, excepto *Zizyphus mexicana* quien presentó el valor mas bajo de DIVMS. Ver cuadro 2.3.

Cuadro 2.3 Valores químicos – nutricionales de frutos sin semillas de diferentes especies arbóreas.

	A. Pennatula	C. Coriaria	G. Ulmifolia	S. Atomaria	Z. Mexicana
MS	95.4	94.4	94.8	86.5	97.73
PC	6.12	5.55	9.1	6.52	6.94
EE	6.49	6.47	4.55	6.86	7.18
C	2.82	1.93	6.69	4.46	2.87
FC	40.49	0.92	27.87	32.08	36.41
FDN	49.18	9.14	48.16	65.04	40.02
FDA	49.14	9.02	42.04	44.82	36.82
Hemi	0.14	0.12	6.12	20.22	3.2
Cel.	31.24	4.7	29.94	31.76	28.32
Lig.	16.42	3.28	9.64	11.22	7.76
E.B	5.15	4.1	4.97	4.85	5.55
DIVMS	71.52	97.12	56.64	62.32	44.75

Morales, 1998; Palma *et al*, 1998. Hemi= hemicelulosa Cel= celulosa Lig= lignina

(Palma y Román, 1999). Trabajando con las mismas especies arbóreas encontraron diferencias significativas en la selectividad, consumo y porcentaje de aceptación de diferentes frutos de especies arbóreas por borregos de pelo en donde el contenido de materia seca de las harinas osciló de 85 a 90 %. En cuanto a preferencia *Senna atomaria* tuvo la mayor aceptación, con un comportamiento intermedio para la *Acacia pennatula* y *Guazuma ulmifolia*, la menor gustosidad fue para *Zizyphus mexicana* y *Caesalpinia coriaria*. Por otra parte, el mayor consumo fue para *Guazuma ulmifolia* y *Senna atomaria* ambos frutos con una aceptación inmediata, diferente

comportamiento se observo en *Acacia pennatula* quien resultó con un consumo intermedio, además de necesitar un periodo de aceptación de 10 días, posterior a esta condición el consumo se asemejo al obtenido en *Guazuma ulmifolia* y *Senna atomaria*. Tanto para *Zizyphus mexicana* y *Caesalpinia coriaria* se tuvieron consumos erráticos y menores comparados con las demás especies. La ingestión de la harina de los frutos llegó a representar el 60% del consumo observado en los ovinos, sin presentar problemas de intoxicación, como lo muestra en el cuadro 2.4.

Cuadro 2.4 Contenido de materia seca de la harina de cinco frutos de especies arbóreas consumida por Ovinos.

Especie	MS %	Selectividad (No.veces/ consumo)	Consumo (g MS)	% de aceptación
G. ulmifolia	85.17	116±39b	160.8±5.07a	94.0
S. atomaria	86.53	166±32a	151.4±4.77a	87.0
A. pennatula	87.25	125±30b	79.1±17.17b	45.0
Z. mexicana	89.87	19±15c	4.56±4.81c	2.5
C. coriaria	87.27	6±3c	1.33±1.06c	0.8

a, b, c. Diferente literal en columna significa diferencia estadística ($P<0.05$).
Palma y Roman, 1999.

Digestibilidad *In Vitro* de la Materia Seca (DIVMS)

El sistema de digestibilidad *In vitro* se basa en su primera etapa en una fermentación en un sistema cerrado, es decir, los productos de la fermentación no son removidos. La fermentación es producida por microorganismos presentados en él liquido ruminal utilizados como inóculo. Sin embargo, la

fermentación en estas condiciones no refleja de ninguna forma lo que realmente sucede en el rumen, ya que este es un sistema abierto con condiciones muy especiales; por lo tanto, es incorrecto él termino "rumen artificial" para describir esta técnica. En esta primera etapa se adiciona una solución amortiguadora con el fin de mantener el pH alrededor de 6.9, considerando, estas condiciones (6.7 a 7.0) como optimas para que cuenten con las bacterias ruminales especialmente las celulolíticas (Llamas y Tejada, 1990).

En la segunda etapa de esta técnica se lleva acabo la digestión con pepsina en medio ácido añadiendo HCl. El principal objetivo de esta etapa es digerir la proteína microbiana existente dejando únicamente la materia seca no digerida. Esta etapa es comparativa con lo que sucede en el abomaso. Es importante señalar que la DIVMS no considera la digestión intestinal y también en este método no se toma en cuenta la excreción endogena producida en el animal. Considerando esta situación, se recomienda que esta técnica sea utilizada para predecir el valor nutritivo de alimentos vegetales, especialmente forrajes, así como para estudiar factores que afectan la digestibilidad de los mismos; sin embargo, no debe utilizarse para evaluar factores que presenten una fuerte interacción con lo sucedido *In Vivo*.

El método recomendado hasta la fecha esta basado en la técnica de Tilley y Terry, (1963) con modificaciones por Minson y Mcleod, (1972); Alexader y McGowan, (1966).

Determinación de la Digestibilidad *In Vivo*

El conocimiento de la riqueza de los componentes nutritivos de un alimento, mediante los análisis bromatológico, ayudan a conocer el valor real hasta cierto limite por lo que se hace necesario conocer su digestibilidad y verdadera utilización que un nutriente puede aportar al animal.

Para conocer el grado de aprovechamiento o asimilación aparente de un alimento se recurre a las pruebas de digestibilidad (De Alba, 1971). En primer lugar se obtiene por medio de análisis químico proximal, el porcentaje de cada principio nutritivo en el forraje. El mismo procedimiento, para el análisis del alimento, se hace para las heces y así conocer los coeficientes de digestibilidad (Crampton, 1969). Se alimentan varios animales para obtener la media de los resultados y reducir de ese modo el error por variación individual (Maynard, 1969). Durante un periodo preliminar de varios días, se ofrece al animal el alimento a investigar, para que los residuos de la alimentación anterior sean expulsados del tracto digestivo y no infieran con la muestra a aprobar.

Posteriormente se suministra diario una cantidad conocida de alimento y se hacen recolecciones del excremento por 7 o 15 días (Morrison, 1961) aunque se ha encontrado que no hay diferencia significativa entre los periodos de recolección de heces de 7 o 19 días.

Para obtener datos más exactos, el método más recomendable es la recolección total de heces (De Alba, 1971). Siguiendo este método se requiere del conocimiento de la cantidad excretada de heces fecales durante todo el periodo experimental.

La diferencia entre la cantidad de cada principio nutritivo proporcionado diariamente y la cantidad encontrada en las heces, da una idea de los nutrientes asimilados o retenidos por los animales (De Alba, 1971).

Para llevar a cabo lo anterior se utiliza la fórmula para obtener los coeficientes de digestibilidad del alimento en experimentación y es como sigue:

$$\text{Coef. De Digest.} = \frac{(\%\text{MS Alimento})(\text{Cant. Consumida}) - (\%\text{MS en heces})(\text{Cant. Excretada})}{(\%\text{MS Alimento})\ (\text{Cant. Consumida})} \times 100$$

Como se puede observar en la fórmula anterior, con los porcentajes de los principios nutritivos del alimento y los componentes de las heces que resultan de los análisis proximales y su cantidad consumida y excretada, da el porcentaje digestible de tales principios.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

El trabajo de investigación se llevó a cabo en la Unidad Metabólica y Laboratorio de Nutrición y Alimento en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" (UAAAN), ubicada en Buenavista Saltillo, Coahuila, la cual se encuentra en las coordenadas geográficas: 25° 22´ latitud norte y 101° 01´ longitud oeste, con una altitud de 1742 msnm, su temperatura media anual de 19.8°C y con una precipitación media anual de 298.3 mm. La zona presenta un clima BWhw (x´) (e); de muy seco a semicálido con invierno fresco, extremoso. (Mendoza, 1983).

Procedimiento Experimental

El trabajo de muestreo para recolectar los especímenes estudiados, se realizó en el periodo del 1 al 7 de abril del año 2002, en el Municipio de Ocosingo, Chiapas. La vaina del canshish *Acacia pennatula* y el zacate estrella *Cynodon plectostachyus* se cosechó y se trasladó a la ciudad de Saltillo, Coahuila, en donde se puso a secar y una vez secado se molió en un molino con una criba de 1 mm, y se guardó suficiente muestra en un frasco de vidrio perfectamente tapado a fin de evitar la contaminación del material. Se procedió a analizar las muestras en el laboratorio de nutrición animal de la UAAAN. Iniciando con un análisis

proximal para cada una de las muestras seguido por una digestibilidad *In Vitro* y por ultimo una tasa de degradación la cual se interrumpió a diferentes tiempos de incubación (4, 8, 12, 24, 36, 48, 60, 72, 84, 96 h) y se analizó FDN a cada uno de los respectivos residuos de la fermentación de acuerdo a la metodología recomendada por Goering y Van Soest, (1970).

Para la digestibilidad *In Vitro* se utilizó líquido ruminal de un solo animal que fue alojado de forma individual en una corraleta y se alimentó según lo establecido por la NRC (1989) con una dieta a base de alfalfa y paja de avena. El líquido fue depositado en un termo precalentado con agua destilada para conservar la temperatura (de 39 °C similar a la del rumen del animal), todo ello con el fin de evitar la muerte de los microorganismos ruminales debido a un cambio brusco de temperatura, la técnica que se utilizó para las incubaciones fue la Tilley y Terry la cual es descrita por Tejada, (1985).

Reactivos Utilizados

Cuadro 3.1 Reactivos utilizados en la solución uno (saliva McDougal) para la preparación del inóculo.

Reactivos	**Cantidad**
Na2HPO4	5.88 g
NaHCO3	2.22 g
Agua destilada	600 ml

Cuadro 3.2 Reactivos utilizados en la solución dos (saliva McDougal) para la preparación del inóculo.

Reactivos	**Cantidad**
NaCl	2.35 g
KCl	2.85 g
CaCl2	0.20 g
MgCl	0.45 g
Agua destilada	50 ml

La solución amortiguadora se prepara adicionando 10 ml de la solución dos a un litro de la solución uno; se agita la mezcla con un agitador durante 15 minutos.

Preparación de los Sustratos

Los forrajes estudiados fueron: zacate estrella *Cynodon plectostachyus* y canshish *Acacia pennatula* estos fueron secados y posteriormente molidos y cribados a 1 mm (Willey Mill, Arthur H. Thomas Co., Philadelphia, PA.). Antes de su incubación fueron analizados bromatológicamente y se les determino su contenido de FDN.

Análisis Estadístico

En cuanto a la determinación química de las especies y la DIVMS y DIVMO se utilizó un diseño completamente al azar con igual número de repeticiones, donde cada especie corresponde a un tratamiento.

Para llevar a cabo el análisis de la cinética de la digestión de la FDN se transformaron logaritmicamente los datos obtenidos de la fibra potencialmente digestible FPD residual (%). y se uso una regresión lineal para estimar los parámetros de la digestión. Considerando el tiempo de 96 hr como la extensión máxima de la digestión, (fibra potencialmente indigestible, FPI), y la diferencia entre ésta y el contenido de FDN en la muestra original, nos aporta un resultado al cual se conoce como FPD. La tasa de degradación se obtuvo mediante regresión de los logaritmos naturales de los residuos de FPD en cada uno de los tiempos de incubación (Grand y Mertens, 1992). Para el presente estudio se utilizó un modelo de regresión lineal simple, como lo describe la fórmula siguiente:

$$\square Í = \beta \chi Í + \alpha + \square Í$$

$$Í = 1, 2.....n$$

$$\square Í = NI\ (0, \sigma^2)$$

Donde:

□Í= Logaritmo natural de los residuos (%) de FPD del i-esimo tiempo de incubación *In Vitro*.

β= Coeficiente de regresión (kd) de las paredes celulares (FDN) de los forrajes.

XÍ= i-esimo tiempo de incubación *In Vitro*.

α= Intercepción al origen.

□i= Variable aleatoria a la cual se asume distribución normal con media cero y varianza σ^2.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en cuanto a la determinación de la composición química del zacate estrella y el canshish, presentaron diferencias significativas (P>0.05) para todos los parámetros estudiados excepto PC y FC. Ver cuadro 4.1.

Cuadro 4.1 Análisis bromatológico del zacate estrella *Cynodon plectostachyus* y el canshish *Acacia pennatula.*

	Zacate estrella	**Canshish**
Materia seca	97.80a	88.06b
Proteína cruda	9.80	9.90
Fibra cruda	30.70	31.90
Cenizas	13.43a	4.19b
Extracto etéreo	2.58a	.972b
Extracto libre de nitrógeno	42.21b	46.80a
Fibra detergente neutro	70.71a	65.91b
Fibra detergente ácida	39.32a	35.52b
Lignina	7.22b	29.79a
Celulosa	1.85b	28.74a
DIVMS	58.81a	51.56b
DIVMO	51.56a	48.56b

a, b = Diferente literal en la línea indican diferencia (P>0.05)

El presente experimento muestra una mayor cantidad de materia seca en el zacate estrella y la DIVMS y DIVMO fue superior comparado con el canshish. En cuanto a proteína cruda y fibra cruda se encontró que son similares en su contenido. En la FDN se observa que el zacate estrella fue superior que el canshish sin embargo el contenido de lignina y celulosa fue muy bajo comparado con el canshish; lo que hace que el canshish sea mas lento en su fermentación y por

lo anterior este presenta una tasa de degradabilidad mas baja comparada con el zacate estrella. Estos resultados en promedio difieren a los observados por Morales (1998); Palma *et al.*, (1998) quienes reportan un porcentaje mayor en MS y FC (88.06 *vs* 95.4), (31.90 *vs* 40.49) en PC presenta un porcentaje menor (9.90 *vs* 6.12) al igual que la FDN (65.91 *vs* 49.18).

Mediante la regresión lineal de los logaritmos naturales de la fibra potencialmente digestible (FPD) a diferentes tiempos de incubación *In Vitro* se construyó el modelo para cada uno de los forrajes estudiados, en el cual β representa la tasa de degradación de la fibra (figuras 4.1 y 4.2).

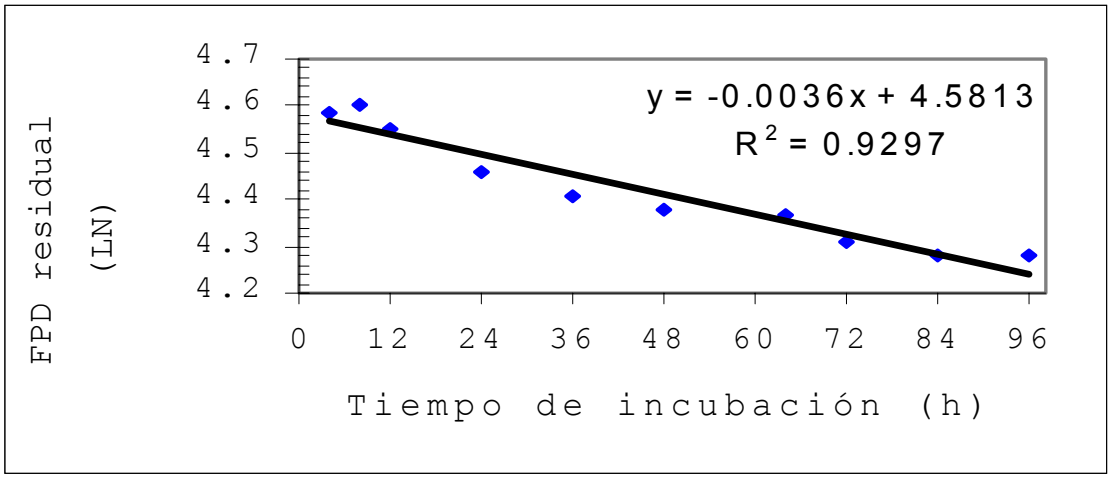

Figura 4.1 Fibra potencialmente digestible (FPD) residual del zacate estrella a diferentes tiempos de incubación In Vitro.

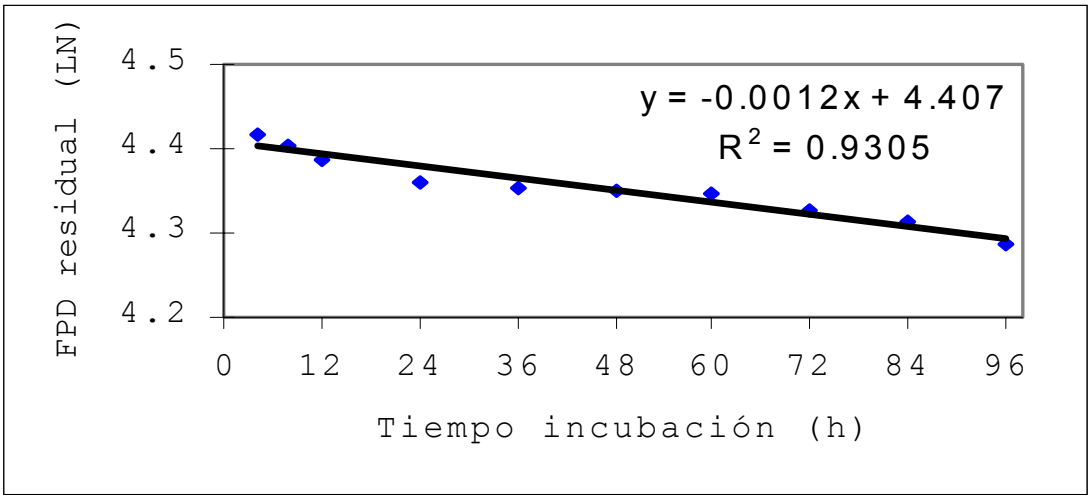

Figura 4.2 Fibra potencialmente digestible (FPD) residual del canshish a diferentes tiempos de incubación In Vitro.

Los resultados encontrados se representan en el cuadro 4.1 observándose una mayor tasa de degradación (kd) para el zacate estrella (0.36 %/h) y el canshish con un valor (kd) mas bajo (0.12 %/h)aun cuando su contenido de FDN es menor, pero tal vez se deba a que el valor de la fibra potencialmente digestible FPD es mas baja comparada con el zacate estrella.

Smith *et al.*, (1971). Encontraron un comportamiento semejante en cuanto a la (kd) de los forrajes observando valores superiores para las gramíneas en comparación con la alfalfa que es una leguminosa. Los resultados del presente trabajo sugieren que tal vez la composición de las paredes celulares de los forrajes estudiados es muy diferente en cuanto a la proporción de celulosa, hemicelulosa y lignina, ya que en cuanto al contenido de FDN el canshish es mas bajo en comparación con el zacate estrella (65.91%, 70.71%) su tasa de degradación fue mas bajo, mientras que para el zacate estrella cuyo contenido de FDN fue mayor su kd fue superior.

Lo anterior nos hace pensar que el canshish presenta un mayor contenido de lignina en sus paredes celulares haciendo que su fibra sea degradada mas lentamente y que el zacate estrella presentó la mayor kd, tiene una menor proporción de lignina lo que hace que su fibra sea degradada mas rápidamente.

Por otro lado comparado con otros tipos de forrajes que son muy utilizados para la alimentación del ganado como por ejemplo los reportados por: Fisher *et al.*, (1989) obtiene una kd para el heno de alfalfa (0.16 %/h), avena (0.13 %/h), rye grass (0.16 %/h) y sorgo (0.08 %/h); Grand y Mertens, (1992) tiene resultados más bajos para heno de alfalfa (0.07 %/h) y heno de bromegrass (0.05 %/h); Varel y Kreikemeier, (1995) reportan en heno de alfalfa rangos de (0.04 – 0.01 %/h) de FDN, se observa que en los dos casos anteriores se tiene una kd mas baja que para las especies en este trabajo.

Cuadro 4.2 Tasa de degradación de la fibra (kd) de los forrajes estudiados.

	Zacate estrella	**Canshish**
FDN %	70.71	65.91
FPI %	42.88	38.55
FPD %	27.83	27.36
Kd (%/h)	0.36	0.12

En el cuadro anterior (4.2) se puede observar también que los contenidos de FDN de los forrajes no son indicadores de la kd de los mismos como pudiera esperarse.

Cuadro 4.3 porcentaje de fibra potencialmente indigestible de los forrajes estudiados a diferentes tiempos de incubación (T.I) In Vitro.

T.I. (h)	Zacate estrella	Canshish
T4	72.76	48.75
T8	71.90	47.71
T12	65.27	46.38
T24	57.22	44.16
T36	52.62	43.61
T48	50.63	43.43
T60	49.74	43.20
T72	45.11	41.52
T84	43.13	40.68
T96	42.88	38.55

Cuadro 4.4 Porcentaje de fibra potencialmente digestible de los forrajes estudiados a diferentes tiempos de incubación (T.I) In Vitro.

T.I. (h)	Zacate estrella	Canshish
T4	2.05	17.16
T8	1.19	18.20
T12	5.44	19.53
T24	13.49	21.75
T36	18.09	22.30
T48	20.08	22.48
T60	20.97	22.71
T72	25.60	24.39
T84	27.58	25.23
T96	27.83	27.36

En el cuadro 4.3 se aprecian los resultados de la digestión a las primeras cuatro horas de incubación, y tomando en cuenta la FDN original mostrada en el cuadro 4.2 para cada muestra correspondiente el canshish (*Acacia pennatula*) da la mayor degradación de la fibra seguida por el zacate estrella (*Cynodon plectostachyus*).

Los datos en el cuadro 4.4 corroboran lo anterior en los porcentajes de FPD; así también el porciento alas 96 hr de incubación, en el orden descendente la mayor fue para el canshish seguido por el zacate estrella las cuales dieron (17.16, 2.05 %) se considera a 96 hr como el tiempo máximo de la extensión en la digestión, para los forrajes (Llamas y Tejada, 1990).

Según a lo descrito por Cruz, (1999) se concluye que la FDN de los forrajes estudiados no presentan una estrecha relación con su kd, la cual al parecer está más relacionada con su contenido de lignina.

CONCLUSIÓN

Se observa que el zacate estrella (*Cynodon plectostachyus*) en las primeras cuatro horas tiene la más baja degradabilidad pero a las 96 hr su degradabilidad se coloca arriba del canshish (*Acacia pennatula*), por último con la utilización de una regresión lineal de los logaritmos naturales de la fibra potencialmente digestible FPD, se observa que hay un apropiado coeficiente de determinación (r^2) dado que son altas en las dos especies o forrajes considerando que el canshish (*Acacia pennatula*) tiene la mejor tendencia.

Por lo anterior y por que tiene mayor kd el zacate estrella (*Cynodon plectostachyus*) es más adecuado para incluirlo en la dieta de los rumiantes, pero debe utilizarse un sistema de pastoreo para hacer un uso adecuado de este recurso natural ya que en el sur los animales se tienen dentro del potrero todo el año y por consiguiente no se tiene un uso adecuado del forraje.

Mientras que el canshish (*Acacia pennatula*) es posible su uso como parte de la dieta pero combinada con otro forraje para que pueda tener una degradabilidad más alta o su fibra sea mas degradada ya que su kd es muy baja (0.12 %/h) y no puede ser aprovechada en su totalidad por los microorganismos del rumen como debiera ser o como se quisiera para el presente trabajo.

Este puede ser ofrecido al ganado picado en los comederos o canoas como un forraje secundario del alimento que este proporcionando ya que tiene muy buena aceptación por el ganado.

Dentro de los agostaderos del trópico existe una gran diversidad de especies arbóreas, muchas de las cuales poseen excelentes características para ser utilizadas en la alimentación del ganado de esta zona, ya sea como forraje fibroso, alimento energético o fuente de proteína, principalmente durante los periodos de estrés nutricional como en la sequía, época en la cual los pastos y otros forrajes son escasos y de baja calidad nutricional.

RESUMEN

En base a que existen deficiencias en la producción de forraje, el hombre se ha visto en la necesidad de buscar diversas formas de alimentar al ganado y de mejorar el valor nutritivo de los forrajes recurriendo a técnicas de investigación.

Por lo tanto el presente estudio cuyo objetivo fue, el determinar su análisis proximal para cada muestra, la digestibilidad *In Vitro* y una tasa de degradación (kd) de la fibra del canshish (*Acacia pennatula)* y el zacate estrella (*Cynodon plectostachyus)* mediante la técnica *In Vitro* la cual esta basada en dos fases: la 1ª es basada en la fermentación y la 2ª se lleva a cabo la digestión con pepsina.

Para determinar la cinética de la digestión de la fibra se utilizó la primera etapa de la digestibilidad *In Vitro*, interrumpida a diferentes tiempos de incubación (4, 8, 12, 24.....96), antes de su incubación se les determino su contenido de FDN. Las muestras fueron incubadas en un baño María a 39 °C con 4 repeticiones para cada tiempo que posteriormente son digeridas y filtradas.

Se encontró una tasa de degradación (kd) mas baja en el canshish (*Acacia pennatula*) (0.12 %/h) comparada con el zacate estrella (*Cynodon plectostachyus*) (0.32 %/h), pero mayor en la fermentación de las primeras horas de incubación *In Vitro*. (17.16, 2.05 % FPD a las primeras 4 hr de incubación)

LITERATURA CITADA

Alexander, R. H. And M. McGowan, (1966). The routine determination of In vitro digestibility of organic matter in forages, an investigation of the problems associated with conditions of large scales operation J. Br. Grassl. Soc., pp 21, 210.

Bueno D. H. (1981). Engorda de Ganado con Pasto Estrella de África bajo un Programa de Manejo y Fertilización Adecuado. Coordinación Regional Pacifico Sur INIP – SARH No.26.

Blaxter, K. L. (1964). Metabolito Energético de los Rumiantes, Traducido al Español por el Dr. Gaspar González, Zaragoza (España), Editorial Acribia. p. 179.

Church, D. C. (1969) Digestive Physiology and Nutrition of Rumiants. Vol. 1, Corvallis, Oregon (EE.UU.), Editorial O. S. U. Book Store, Inc., pp 101, 108, 116.

Crampton, E. W., and L. A. Lloyd. (1959). Fundamentals of Nutrition. San Francisco (EE.UU.) y London, Editorial W. H. Freeman and Company., pp 81, 83, 308 – 323.

Crampton, E. W., and Harris L. E. (1969). Applied Animal Nutrition. The Use of Feedstuffs in the Formulation of Livestock Rations. San Francisco (EE.UU.), W. H. Freeman and Company., pp. 108, 125.

Cruz, R. C. (1999). Tasa de Degradación In Vitro de la Fibra de Algunos Forrajes de Uso Común. Tesis Licenciatura. UAAAN. Buenavista Saltillo Coahuila, México. pp 40.

De Alba, J. (1971). Alimentación del Ganado en América Latina. Segunda Edición, México, Talleres Gráficos de Editorial Fournier, S. A., pp 56 – 71.

Dukes, H. H. (1967). "Fisiología de los Animales Domésticos" Traducción al Castellano de la Séptima Edición en Ingles por Francisco Castrajon C. 3ª. Edición, Editorial Aguilar., pp. 288 – 431.

Ensminger, M. E. (1977). Producción Bovina Para Leche. 1ª Edición. The Interstate printers and publishing. Daville Illinois. USA., pp. 121.

Ensminger, M. E.; J. E. Oldfield and W. W. Heineman. (1990). Feeds and nutrition. 2ª Edition. Ed. The Ensminger publishing Company.

Fisher, D. S.; J. C. Burns and K. R. Pond. (1989). Kinetics of In Vitro cell wall disappearance and In Vitro digestion. Published. In Agron. J. 81:25 – 33.

Fresnillo, M. O. (9162). Digestibilidad y Energía Digestible de Algunos Subproductos del Trópico. Turrialba (Costa Rica), Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O. E. A., pp. 35.

Goering, H. K. and P. S. Van Soest. (1970). Forage fiber analyses. USDA. Handb. No. 379. US. Gobernment Printing Office. Washington, D. C.

González P. M. (1982). Manejo de Praderas Artificiales. Memorias del II Día del Ganadero C. E. P. "Aldama" INIP – SARH México.

Grant, R. J.; and D. R. Mertens. (1992). Inpact of In Vitro fermentation techniques upon kinetics of fiber digestion. J. Dairy Sci. 75: 1263,

Hoover, W. H., Miller, T. K., (1992). Rumen digestive, Physiology and Microbial Ecology. Bulletin 708T, Agriculture and Forestry Experiment Station, West Virginia University.

Johnson, R. R. (1969). Techniques and procedures for In vivo and In vitro rumen studies. En: Techniques and procedures In animal science research. An. Soc. Anim. Sci., p 175.

Llamas, G. y I. Tejada. (1990). Técnicas de Laboratorio Para el Análisis de Forrajes Para Rumiantes. En: Castellanos, R. A.; L. G. Llamas y S. A. Shimada. (Eds). Manual de Técnicas de Investigación en Rumiologia. Sistemas de Educación Continua en Producción Animal. A. C. México, D. F.

Martínez, G. S. M. (1997). Determinación de la Composición Química y Digestibilidad In Vitro del Lirio Acuático (Eichhornia crassipes) en las Cuatro Estaciones del Año. UAAAN. Buenavista Saltillo Coahuila, México. pp 68.

Maynard, L. A., and J. Loost (1969). Animal Nutrition. Sexta Edición, Estados Unidos, Mc Graw Hill Book Company., pp. 31 – 406, 415.

McDonald, R. A. And Edwards and J. P. F. (1988) Green Hall, Nutrition Animal. Traducida por Aurora Pérez Tórreme.

Mendoza, H. J. M. (1983). Boletín Meteorológico para la Zona de Influencia de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" U.A.A.A.N. Buenavista Saltillo, Coahuila México.

Minson D. J., M. N. McLeod (1972). The In Vitro_technique its modification for estimating digestibility of large numbers of tropical pasture samples. Divition of tropical pastures technical p-8 CSIRO. Australia.

Moore, J. E., R. R. Johnson and B. A. Dehority, (1962). Adaptation of an In vitro system to the study of starch fermentation by rumen bacteria, J. Nutr., pp 76, 414.

Morales, A. (1998). Composición Química-Nutricional de Algunos Árboles como Alternativa Alimentaria para Rumiantes en el Trópico Seco. Tesis Licenciatura. FES-Cuautitlán UNAM. Edo. De México, México.

Morrison, F. (1961). Feeds and Feeding. Abridged, adapted and Condensed From Feeds and Feeding. 9ª Edition, Clinton (Iowa), the Morrison Publishing Co., pp 1 – 48, 535.

National Research Council (NRC). (1989). "Nutrient Requeriments of Domestic Animal Beef Cattle" 1970. 4ª Edition, National Academy of Sci., p. 55.

Palma, J. M; Morales, A y Aguirre, M. A. (1998). Estudios Químico-Nutricional de Follaje y Fruto de Diferentes Especies Leñosas en Condiciones del Trópico Seco. Memorias III Taller Internacional Sílvopastoril. Los Árboles y Arbustos en la Ganadería. Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". Matanzas Cuba. 25 al 27 de noviembre de 1998. pp 41-44.

Palma, J. M y Román, L. (1999). Prueba de Selectividad con Ovinos de Pelo de Harinas de Frutos de Especies Arbóreas. VI Seminario Internacional sobre Sistemas Agropecuarios Sostenibles. 28 al 30 de Octubre de 1999. Cali, Colombia. Pp 64.

Parada, H. M. R. (1997). Tasa de Degradación In Situ de la Fibra de Algunos Forrajes de Uso Común. Tesis Licenciatura. UAAAN. Buenavista Saltillo, Coahuila México. Pp 45.

Smith, L. W.; H. K. Goering.; D. R. Waldo and C. H. Gordon. (1971). In Vitro digestion rate of foraje cell wall components. J. Dairy Sci. 54:71.

Tejada, H. I. (1983). Manual de Laboratorio para Análisis de Ingredientes Utilizados en la Alimentación Animal. Patronato de Apoyo a la Investigación Pecuaria en México A. C. INIP – SARH.

Tejada, H. I. (1985). Manual de Laboratorio para Análisis de Ingredientes Utilizados en Alimentación Animal. Patronato de Apoyo a la Investigación y Experimentación Pecuaria en México, A. C. SARH. México D. F., pp. 311 – 316.

Tilley, J. M. A. And R. A. Terry, (1963). A two – stage technique for the In vitro digestion of forages crops. J. Brit. Grassl. Soc. 18: 104.

Tovar, G. R., (1990). Sincronización de la Degradación Ruminal de Diferentes Fuentes de Energía y Nitrógeno. Tesis de Maestría Colegio de Postgraduados, Centro de Ganadería, Chapingo, México.

Varel, H. V., and K. K. Kreikemeier. (1995). Technical Note: Comparison of In Vitro and In Situ Digestibility Methods. J. Anim. Sci. 73: 578 – 582.