

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL Y DIGESTIBILIDAD DE
FORRAJE ORGÁNICO (*Pennisetum violaceum*) UTILIZADO
EN LA ALIMENTACIÓN DE BOVINOS

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

PRESENTA

ACASIO PARRA EUFRACIO

TORREÓN COAHUILA, MÉXICO

JUNIO 2010

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

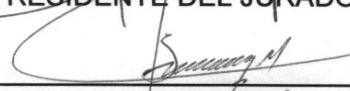


CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL Y DIGESTIBILIDAD DE
FORRAJE ORGÁNICO (*Pennisetum violaceum*) UTILIZADO
EN LA ALIMENTACIÓN DE BOVINOS

TESIS

APROBADA POR EL COMITÉ PARTICULAR DE
ASESORÍA


PhD. JUAN DAVID HERNÁNDEZ BUSTAMANTE
PRESIDENTE DEL JURADO


MVZ. RODRIGO ISIDRO SIMÓN ALONSO
COORDINADOR DE LA DIVISION REGIONAL
DE CIENCIA ANIMAL



Coordinación de la División
Regional de Ciencia Animal

TORREÓN COAHUILA, MÉXICO

JUNIO 2010

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

TESIS
POR
ACASIO PARRA EUFRACIO

CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL Y DIGESTIBILIDAD DE
FORRAJE ORGÁNICO (*Pennisetum violaceum*) UTILIZADO
EN LA ALIMENTACIÓN DE BOVINOS

TESIS ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE
ASESORIA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA



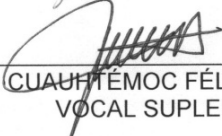
PhD JUAN DAVID HERNÁNDEZ BUSTAMANTE
PRESIDENTE



MVZ. J. GUADALUPE RODRÍGUEZ MARTÍNEZ.
VOCAL. 1



DRA. ILDA GRACIELA FERNÁNDEZ GARCÍA.
VOCAL. 2



MVZ. CUAUHTÉMOC FÉLIX ZORRILLA.
VOCAL SUPLENTE

TORREÓN COAHUILA, MÉXICO

JUNIO 2010

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE CUADROS.....	ii
RESUMEN.....	iii
I.INTRODUCCIÓN.....	1
II.OBJETIVOS.....	2
III.REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
3.1 Concepto de agricultura orgánica.....	3
3.2 Suelo y fertilización en la agricultura orgánica.....	3
3.3 Control de plagas y enfermedades.....	4
3.4 Control de malas hierbas.....	4
3.5 Certificación orgánica.....	5
3.5.1 Normas para la producción orgánica.....	5
3.5.2 Etapas en el proceso de certificación.....	6
3.6 Características del <i>Pennisetum violaceum</i>	7
3.6.1 Origen.....	7
3.6.2 Clasificación taxonómica.....	7
3.7 Proteínas.....	9
3.8 Minerales.....	10
3.9 Digestibilidad.....	10
3.10 Fermentación microbiana.....	11
3.10.1 Proteína microbiana.....	11
3.10.2 Digestión del nitrógeno en el rumen.....	12
3.11 Microorganismos ruminales.....	13
3.12 Las bacterias ruminales.....	13

3.13 Clasificación de las bacterias.....	14
3.13.1 Bacterias fibrolíticas.....	15
3.13.2 Bacterias celulíticas.....	15
3.14 Los hongos ruminales.....	16
3.15 Los protozoarios ruminales.....	16
3.16 Pruebas de digestibilidad.....	17
3.16.1 Método <i>in vitro</i>	17
3.16.2 Método <i>in vivo</i>	17
3.16.3 Método <i>in situ</i> o de la bolsa nylon.....	18
3.17 Factores que afectan la digestibilidad <i>in situ</i> de los alimentos.....	18
IV.MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
4.1 Materiales.....	19
4.2 Muestra experimental.....	20
4.3 Métodos.....	20
4.4 Procedimientos de las muestras.....	21
4.5 Localización.....	22
V.RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
VI.CONCLUSIÓN.....	26
VII.LITERATURA CITADA.....	27

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Digestión de Nitrógeno en el Rumen.....	13
Figura 2. Ubicación de la UAAAN-UL.....	23
Figura 3. Digestibilidad de la proteína cruda del forraje orgánico en estado verde	24
Figura 4. Porcentaje de digestibilidad de la materia seca del forraje orgánico en estado verde.....	26
Figura 5. Porcentaje de digestibilidad de la materia Inorgánica del forraje orgánico.....	27

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Clasificación taxonómica del genero <i>pennisetum</i>	8
Cuadro 2. Análisis bromatológico del forraje orgánico en diferentes edades de corte.....	9
Cuadro 3. Agrupamiento de las especies bacterianas ruminales de acuerdo con el tipo de sustrato que fermentan.....	14
Cuadro 4. Análisis bromatológico de la muestra del forraje orgánico.....	21
Cuadro 5. Porcentaje de digestibilidad de la proteína cruda del forraje orgánico en estado verde.....	24
Cuadro 6. Porcentaje de digestibilidad de la materia seca del forraje orgánico en estado verde.....	25
Cuadro 7. Porcentaje de digestibilidad de la materia inorgánica del forraje en estado verde.....	26

RESUMEN

El objetivo del estudio de la digestibilidad ruminal del forraje orgánico mediante la técnica *in situ* fue para conocer los valores de digestión del contenido de nutrientes de los forrajes orgánicos ofrecidos en la alimentación de los bovinos. Para implementar el uso de cultivos forrajeros sin la utilización de compuestos químicos que dañen el medio ambiente. Para evaluar la cantidad de nutrientes que se digirieron se utilizó un novillo fistulado con un peso promedio de 200 kg, siguiendo el método de la bolsa de nylon e incubadas en tiempos de 0, 4,8,12,24,48,72 y 96 horas. Se observó que en la hora 8 la digestibilidad de la proteína cruda alcanza su pico máximo de digestibilidad, mientras tanto la materia seca tuvo un porcentaje de digestión de 62.55 8 horas después de introducir las bolsas en el rumen y la materia inorgánica en la misma hora (8 horas) se observó una digestibilidad de 92.71 %.

Concluyendo que, es recomendable la utilización de cultivos orgánicos en la alimentación del ganado bovino ya que no marca ninguna diferencia significativa en los elementos nutricionales con los cultivos tradicionales.

Palabras clave: Digestibilidad, Forraje orgánico, Digestión, Cultivos Orgánicos.

I. INTRODUCCIÓN

Mejía (2007), señala que la importancia de la evaluación nutritiva de los alimentos, ha sido reconocida desde que el sistema weende fue desarrollado en la universidad de Goettingen Alemania, los alimentos y forrajes están constituidos por varias fracciones las cuales pueden clasificarse en; lípidos, azúcares, ácidos orgánicos, nitrógeno no proteico (NNP), proteína soluble, fibras ligadas a proteínas, pectinas, hemicelulosa, celulosa y lignina.

Los forrajes representan una amplia gama de alimentos, que hacen una contribución significativa a la economía de la nutrición global de carne, lana y la leche que producen los rumiantes.

Las características morfológicas de las especies forrajeras están íntimamente relacionadas con la calidad forrajera de la planta, tener un conocimiento del valor nutricional del forraje es de suma importancia para poder determinar que tan conveniente sea utilizarlos en la alimentación del ganado bovino.

La principal limitante en los sistemas de producción de forrajes en la comarca lagunera es la escasez o poca disponibilidad a la búsqueda de agua del subsuelo. Por lo anterior la presente investigación está encaminada en una nueva alternativa de alimentación de la alfalfa por un forraje orgánico, conociendo sus propiedades nutricionales y así poder determinar su utilización.

II. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Estudiar la cinética ruminal de nuevos forrajes alternativos para la alimentación de bovinos productores de leche de la comarca lagunera.

OBJETIVO PARTICULAR

Determinar la digestibilidad ruminal in situ de la materia seca, proteína cruda y mineral de un forraje orgánico (*Pennisetum violaceum*).

III. REVISION DE LITERATURA

3.1 Concepto de agricultura orgánica

La agricultura orgánica es un sistema de producción global que promueve y aumenta la salud de los agro-ecosistemas, con inclusión de la biodiversidad, los ciclos biológicos y la actividad biológica del suelo. La agricultura orgánica realiza el uso de prácticas de gestión sobre el uso de aportaciones exógenas, al considerar que las condiciones regionales requieren sistemas adaptados localmente (FAO, 2000).

3.2 Suelo y fertilización en la agricultura orgánica

La base de la producción agraria es el suelo. En agricultura ecológica no se da tanta importancia a las necesidades que tiene el cultivo como las necesidades que tiene el suelo, pues un suelo fértil da buenas cosechas independientemente del cultivo. Para conseguirlo tenemos tres técnicas básicas: fertilización, laboreo y cubiertas. Por tanto la fertilización no busca nutrir directamente al cultivo sino mantener y mejorar la fertilidad, y estimular la actividad biológica del suelo.

Para ello se dispone de diferentes técnicas:

- Abonos orgánicos, como estiércol (siendo la cantidad máxima a aportar de 170 kg de Nitrógeno por hectárea y año) o compost, restos de cosecha que suministran nutrientes y mejoran la estructura del suelo.
- Abonos verdes, que son cultivos destinados a ser enterrados como abono.
- Aportes minerales (sólo cuando existan carencias), procedentes de fuentes naturales, como rocas molidas o minerales que sólo hayan sufrido tratamientos físicos y no químicos.
- Preparados vegetales a partir de maceraciones de plantas o extractos de algas.

3.3 Control de plagas y enfermedades

La lucha contra los parásitos y enfermedades deberá realizarse mediante la utilización de técnicas preventivas, como son las siguientes medidas:

- Seleccionar las variedades y especies más adecuadas (adaptadas al medio, resistentes a plagas y enfermedades);
- Realizar un adecuado programa de rotaciones y asociaciones de cultivo (evitando el monocultivo)
- Llevar a cabo un correcto programa de fertilización (teniendo en cuenta las condiciones del suelo)
- Proteger a los enemigos naturales de los parásitos, mediante medidas que los favorezcan (setos, nidos, diseminación de predadores).

3.4 Control de malas hierbas

En la lucha contra las malas hierbas en los cultivos no están permitidos los productos de síntesis química como los herbicidas (Guzmán et al., 2001).

Las medidas que se utilizan son las siguientes:

- Medidas de prevención: rotaciones de cultivo, falsas siembras, siegas repetidas, abonado equilibrado, no dejar el suelo desnudo mucho tiempo, no dejar que las semillas granen en la tierra, etc.
- Medidas de control: Deshierbado mecánico, térmico, acolchados. (Con materiales orgánicos o plásticos) (Soto, 2003).

3.5 Certificación orgánica

La Evaluación de la conformidad y Certificación de los productos orgánicos solamente podrá llevarse a cabo por la Secretaría o por Organismos de Certificación acreditados conforme a lo establecido en esta Ley y las disposiciones que se deriven de ella, así como en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, en su carácter de ordenamiento supletorio. (Ley federal de productos orgánicos, 2006).

La certificación orgánica es la garantía de que un cultivo se manejó siguiendo las normas de la producción orgánica (Saborío et al., 2005).

Es la manera en la que un agricultor puede asegurar a quienes compran sus productos, que éstos son producidos bajo normas de producción orgánica reconocidas, tanto en el ámbito nacional como internacional.

La certificación marca la diferencia entre la comercialización de un producto orgánico y un producto cultivado en forma convencional (Soto 2003).

3.5.1 Normas para la producción orgánica

Las Normas de Producción Orgánica fueron establecidas en primera instancia por los productores y consumidores que conformaban las primeras asociaciones de productores orgánicos. Al ser establecidas por productores y consumidores, ambos conscientes de que era necesario disminuir el impacto negativo de la agricultura sobre el ambiente, pero también respetuosos de las limitaciones prácticas de todo sistema productivo, las normas resultan un punto de equilibrio entre la condición ideal de no impacto buscada por el consumidor y la visión práctica del productor.

Las Normas se dividen en tres áreas básicas: producción, procesado de alimentos y comercialización. Las normas de producción se dividen a su vez en ganadería y cultivos.

Conceptos básicos comunes a todas las agencias y legislaciones:

1. Protección del suelo y visión de manejo del suelo a largo plazo.
2. Biodiversidad: se debe favorecer la biodiversidad biológica dentro del sistema productivo y a su alrededor.
3. Proveer a los animales en la finca con óptimas condiciones de alimentación y habitación, para evitar problemas de posteriores de salud.
4. Reciclar materiales de origen vegetal o animal para devolver los nutrientes a la tierra y minimizar el uso de materiales no-renovables.
5. Promover el uso responsable del suelo, el agua y el aire, y minimizar la Contaminación agrícola.
6. Evitar la contaminación dentro de la finca: evitar riesgos de contaminación por aplicaciones de agroquímicos en fincas convencionales vecinas. Para esto son necesarias barreras viva, zonas de amortiguamiento, etc.
7. Agua: el manejo del agua y la procedencia son importantes.
8. Contaminación: el proceso productivo y el procesado deben ser no-contaminantes con el ambiente.
9. Documentación: es lo que respalda el proceso y debe tenerse la documentación Necesaria que permita garantizar las actividades de la finca o la planta de proceso (Soto 2003).

3.5.2 Etapas en el proceso de certificación

Es necesario inspeccionar y certificar cada paso del producto, desde la semilla, la siembra, el manejo en campo, la cosecha, almacenamiento, transporte, procesado si existe, y empaque final. En el caso de materias primas que se importan a terceros países, la documentación fluye de un país a otro.

A continuación se describen brevemente las etapas necesarias para lograr la certificación de un producto orgánico, a nivel de finca y de planta de proceso

1. El productor contacta la Agencia de Certificación.
2. Inspección de finca: el inspector realiza una inspección de las instalaciones Físicas y áreas de siembra. Inspecciona, verifica y reporta sus observaciones a la Agencia.
3. Decisión de Certificación: con base en la información colectada por el Inspector, el Comité de Certificación toma la decisión (Saborío et al., 2005).

3.6 Características del *Pennisetum violaceum*

3.6.1 Origen

El origen del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*) es aún muy incierto. Existen varias hipótesis al respecto entre las que se encuentra la del sacerdote Jesuita José Bernal Restrepo (1979) quien aseguraba que fue el resultado de la combinación de varios recursos forrajeros entre los cuales están el pasto elefante (*Pennisetum purpureum*), una grama nativa (*Paspalum macrophyllum*), el gramalote (*Paspalum fasciculatum*), la alfalfa peruana (*Medicago sativa*) y el pasto brasilero (*Phalaris arundinacea*). Sostenía, además, que este pasto fue una creación suya resultado de la aplicación del denominado Sistema Químico Biológico (S.Q.B), desarrollado por este mismo autor y que es propiedad de la Universidad Javeriana (Correa et al., 2007).

3.6.2 Clasificación taxonómica

Se considera que la familia de las gramíneas ocupa el tercer lugar en nuestro país, en cuanto a número de especies de plantas superiores. Se estima que a nivel mundial se registran un poco más de 700 géneros y alrededor de 10,000 especies. En México, existen 197 géneros y 1,127 especies, es decir aproximadamente 4.5% de la flora total del país (Valdez et al., 1995).

Las gramíneas pertenecen a la familia Poaceae (Vinicio, 2001), la más grande de las familias del reino vegetal. Dicha familia está compuesta por 5 sub-familias las cuales presentan un alto grado de variabilidad, de manera que la asignación de un ejemplar a una determinada sub-familia se basa más en el número de caracteres compartidos con otros miembros de un grupo determinado, que en uno o en algunos caracteres claves (Sierra, 2005).

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del genero *pennisetum*

Familia	Sub-familia	Tribus	Géneros	Especies
Poaceae	<i>Pooideae</i>			
	<i>Chloridoideae</i>			
	<i>Oryzoideae</i>			
	<i>Bambusoideae</i>			
	Panicoideae	<i>Andropogoneae</i>		
		<i>Festuceae</i>		
		<i>Hordeae</i>		
		<i>Agrostideae</i>		
		Paniceae	<i>Axonopus</i>	
			<i>Brachiaria</i>	
			<i>Cenchrus</i>	
			<i>Digitaria</i>	
			<i>Echinochloa</i>	
		<i>Eriochloa</i>		
		<i>Melinis</i>		
		<i>Panicum</i>		
		<i>Paspalidium</i>		
		<i>Paspalum</i>		
		Pennisetum	<i>americanum</i>	
			<i>purpureum</i>	
			<i>clandestinum</i>	
			<i>typhoides</i>	
			<i>violaceum</i>	
			<i>villosum</i>	

Dawson y Hatch, 2002.

Las características morfológicas de las especies forrajeras están íntimamente relacionadas con la calidad forrajera de la planta (Sierra, 2005).

Cuadro 2. Análisis bromatológico del forraje orgánico en diferentes edades de corte

Fracción química	Días						
	120	90	64	60	51	47	ND
Materia seca %	_____	26.0	_____	10.7	9.7	9.4	13.2
Proteína cruda %	4.8	3.3	15.7	11.4	9.8	11.8	24.0
FDN %	69.8	81.9	64.7	68.3	66.3	64.6	56.5
FDA %	50.5	61.7	42.9	46.6	46.8	47.3	39.4

(Correa et al., 2007).

3.7 Proteínas

La proteína Cruda (PC) es calculada en base al contenido de nitrógeno del forraje. El valor de PC es importante ya que la proteína contribuye energía, y provee aminoácidos esenciales tanto para los microbios del rumen como para el animal. A mayor proteína que proviene del forraje, se necesita menor cantidad de suplemento. Las proteínas proveen los aminoácidos requeridos para el mantenimiento de funciones vitales como reproducción, crecimiento y lactancia. Los animales no rumiantes necesitan aminoácidos preformados en su dieta, pero los rumiantes pueden utilizar otras fuentes de nitrógeno porque tienen la habilidad especial de sintetizar aminoácidos y de formar proteína desde nitrógeno no-proteico. Esta habilidad depende de los microorganismos en el rumen (Wattiaux 2008).

Las proteínas son las macromoléculas biológicas más abundantes. Se encuentran en todas las células y todos sus componentes. Las proteínas se encuentran en gran variedad de formas y tamaños, variando desde pequeños péptidos hasta inmensos polímeros, exhibiendo también una enorme diversidad de funciones Biológicas (Elizondo, 2008).

Las proteínas son complejas sustancias orgánicas nitrogenadas y tienen un papel fundamental en la estructura y función de las células tanto animales como vegetales (Brandan, 2005).

3.8 Minerales

Los minerales forman parte del organismo animal y cumplen en él importantes funciones. Si estudiamos la composición del cuerpo de un bovino veremos que contiene 55% de agua, 17% de proteínas, 23% de grasa y 5% de compuestos minerales. Éstos últimos se encuentran, en gran parte, en los huesos, cumpliendo funciones de sostén (**MACROMINERALES**). Pero en el resto del organismo también se encuentran en pequeñas cantidades diversos minerales que intervienen en los complicados procesos metabólicos (**MICROMINERALES**) (Caravaca, 2005).

Todos los tejidos animales y todos los alimentos contienen elementos inorgánicos o minerales en cantidades y proporciones muy variadas.

El primer experimento que demostró claramente el significado nutritivo de los minerales fue realizado por Fordyce en 1791 quien demostró que los canarios alimentados con una ración de semillas requerían un suplemento de “tierra calcárea” para mantenerse sanos y producir huevos (Ruiz, 1990).

3.9 Digestibilidad

La composición química de los alimentos es solamente indicativa del contenido de nutrientes, pero no de su disponibilidad para el animal. Los alimentos que más varían en digestibilidad son los forrajes, siendo el estado de madurez el principal causante de esta variabilidad (Mora 2007).

El conocimiento de la digestibilidad es básico para establecer su valor nutritivo y por tanto la formulación de raciones para los animales rumiantes (Brum et al 2008).

El porcentaje de digestibilidad de un alimento representa la cantidad de sustancias nutritivas que absorbe a través del tracto digestivo del animal (Villalobos et al 2000)

El conocimiento del valor nutritivo de los alimentos es fundamental para la nutrición animal, no siendo suficiente con los análisis químicos, hay que considerar los efectos de los procesos de digestión, absorción y metabolismo animal (Lachmann et al s/f.,).

3.10 Fermentación microbiana.

Es un esquema simplificado de las principales vías de fermentación, la fermentación se considera como las primeras tres etapas de un proceso microbiano de cuatro etapas. La primera etapa incluye la hidrólisis de los polisacáridos vegetales en sus componentes monosacáridos y posteriormente, la conversión de estos en fructosa-1-6-difosfato. La segunda etapa incluye la vía de Embden-Meyerhof para la oxidación anaerobia de fructosa 1-6-difosfato a piruvato por medio del fosfoenolpiruvato. La tercera etapa abarca las reacciones que producen los metabolitos finales de la fermentación.

Y la cuarta etapa del proceso microbiano que no se indica, es la síntesis de nuevos productos bacterianos, como proteínas e hidrogeno el cual se utiliza en la formación de metano y también en la formación de butirato y propionato (Swenson y Reece, 1999).

3.10.1 Proteína microbiana.

La proteína microbiana consiste de liquido ruminal (Desvaux et al 2001). Y la asociación de bacterias y protozoarios (Korhonen, 2002). La proteína metabolizable consiste de proteína microbiana sintetizada en el rumen, proteína de la dieta que escapa de la degradación ruminal y proteína endógena (Oba y Allen, 2003). Además suministra de 59 al 81 % del total de la proteína verdadera que entra al duodeno de la vaca lechera (Mabjeesh et al., 1997).

3.10.2 Digestión del nitrógeno en el rumen

Los compuestos de nitrógeno no proteico no pueden ser utilizados por los animales no rumiantes, pero las bacterias del rumen los utilizan como precursores para la síntesis de proteína (Wattiaux y Howard, 2001). La flora microbiana necesita como mínimo 1.0 % de nitrógeno en la dieta para que exista una digestión adecuada de la fibra (Mejía et al., 2007).

La digestión de los compuestos nitrogenados en el rumiante tiene lugar en dos etapas:

- La fermentación de las proteínas y el nitrógeno no proteico por las enzimas microbianas presentes en el rumen-retículo.
- El desdoblamiento de las proteínas y los péptidos por las enzimas digestivas producidas en el abomaso y en el duodeno (Varela, 2007).



Figura 1. Digestión de Nitrógeno en el Rumen

Fuente: (Varela, 2007).

3.11 Microorganismos ruminales

El complejo simbiótico de la microbiota del rumen es responsable de la degradación de la fibra, una habilidad necesaria de los animales rumiantes hospedadores (Tajima et al., 2001). Los microorganismos consisten principalmente en una población mixta interdependiente de bacterias, pero también de hongos del tipo de levaduras y protozoarios (Swenson y Reece., 1999). Los microorganismos del rumen producen una gran cantidad de actividades de las hidrolasas glicosiladas (HGs) que trabajan sinérgicamente (García et al., 2000). Las bacterias absorben nutrientes sobre las células de la corteza de las plantas y la hidrólisis ocurre en este sitio. La hidrólisis de nutrientes por la fracción protozoaria del rumen puede ocurrir intracelularmente (Lee et al., 2000).

3.12 Las bacterias ruminales.

Cuadro 3. Agrupamiento de las especies bacterianas ruminales de acuerdo con el tipo de sustrato que fermentan (swenson y reece., 1999)

Principales especies celulíticas	<i>Fibrobacter succinogenes.</i> <i>Ruminococcus flavefaciens.</i> <i>Ruminococcus albus.</i> <i>Butyrivibrio fibrisolvens.</i> <i>Clostridium lochheadii.</i>
Principales especies hemicelulíticas	<i>Butyrivibrio fibrisolvens.</i> <i>Bacteroides ruminicola.</i> <i>Ruminococcus sp.</i>
Principales especies pectinolíticas	<i>Butyrivibrio fibrisolvens.</i> <i>Bacteroides ruminicola.</i> <i>Lachnospira multiparus.</i> <i>Succinivibrio dextrinosolvens.</i> <i>Treponema bryantii.</i> <i>Streptococcus bovis.</i>
Principales especies amilolíticas	<i>Bacteroides amylophilus.</i> <i>Streptococcus bovis.</i> <i>Simonas amylolytica.</i> <i>Bacteroides ruminicola.</i>

	<i>Prevotella ruminicola.</i>
Principales especies ureolíticas	<i>Succinivibrio dextrinosolvens.</i> <i>Selenomonas sp.</i> <i>Bacteroides ruminicola</i> <i>Ruminococcus bromii.</i> <i>Butyrivibrio sp.</i> <i>Treponema sp.</i>
Principales especies productoras de metano	<i>Methanobrevibacter ruminantium.</i> <i>Methanobacterium formicium.</i> <i>Methanomicrobium mobile.</i>
Principales especies que utilizan azúcar	<i>Treponema bryantii.</i> <i>Lactobacillus vitulinus.</i> <i>Lactobacillus ruminis.</i> <i>Lactobacillus sp.</i>
Principales especies que utilizan el ácido	<i>Megasphaera elsdenii.</i> <i>Selenomonas ruminantium.</i>
Principales especies productoras de amoníaco	<i>Bacteroides ruminicola.</i> <i>Megasphaera elsdenii.</i> <i>Selenomonas ruminantium.</i>
Principales especies proteolíticas	<i>Bacteroides amylophilus.</i> <i>Bacteroides ruminicola.</i> <i>Butyrivibrio fibrisolvens.</i> <i>Streptococcus bovis.</i> <i>Clostridium lochheadii.</i>
Principales especies que utilizan lípidos	<i>Anaerovibrio lipolytica.</i> <i>Butyrivibrio fibrisolvens.</i> <i>Treponema bryantii.</i> <i>Eubacterium sp.</i> <i>Fusocillus sp.</i> <i>Micrococcus sp.</i>

3.13 Clasificación de las bacterias.

Las bacterias habitantes del rumen han sido clasificadas dentro de cinco grupos dependiendo de su existencia en el medio ambiente: 1) Bacterias que viven libremente asociadas con la fase líquida del rumen; 2) Bacterias libres asociadas con partículas de alimentos; 3) Bacterias firmemente adheridas a las partículas

de alimento; 4) Bacterias asociadas con el epitelio ruminal; 5) Bacterias unidas a las superficies de protozoarios o esporangios fungales (Mirón et al., 2001).

Las bacterias primarias son las que degradan los componentes efectivos celulosa y hemicelulosa del alimento y se denominan celulíticas o amilolíticas, según su preferencia por las celulosas o el almidón respectivamente (Swenson y Reece., 1999).

3.13.1 Bacterias fibrolíticas

Las bacterias fibrolíticas incluyen: *Fibrobacter succinogenes*, *Ruminococcus flavefaciens* y *Ruminococcus albus* (Varga y Kolver., 1997). Las bacterias fibrolíticas contribuyen a degradar más rápidamente estructuras digestibles tales como células mesófilas, *R. albus* y *R. flavefaciens* son los mayores contribuyentes para la degradación de la fibra en el rumen y se requiere una firma distintiva que cubre estas especies para nuestro conocimiento comparativo de su papel en la ecología ruminal (Krause et al., 1999).

3.13.2 Bacterias celulolíticas.

F. succinogenes interactúa sinérgicamente con bacterias no celulolíticas durante la digestión del forraje (Varga y Kolver., 1997). La competencia microbiana ha sido observada en estudios in vitro demostrando que la adhesión de *F. succinogenes* se inhibe por una cantidad limitada de celulosa, cuando las especies de *Ruminococcus* se adhieren en forma simultánea (Mirón et al., 2001). El *Clostridium longisporum*, es una bacteria altamente celulolítica que ocasionalmente está presente en el rumen pero que nunca alcanza la abundancia de las especies celulolíticas predominantes, tales como el *F. succinogenes* o el *Ruminococcus* (Weimer, 1998). Las bacterias celulíticas son más sensitivas al pH bajo, pero las bacterias amilolíticas son más tolerantes (Beharka et al., 1998).

3.14 Los hongos ruminales

Aproximadamente el 8 % de la biomasa microbiana del rumen son hongos, el alto porcentaje de hongos celulíticos es probablemente un reflejo del hecho de que casi todas las especies y cepas de hongos del rumen sean celulíticas (Dehority y Tirabasso, 2001). Los hongos tienen un papel importante en la digestión de la fibra por que son capaces de penetrar la cutícula y el tejido lignificado y que además pueden degradar a los materiales más resistentes de las paredes celulares, por otra parte las levaduras son hongos especializados que han perdido la habilidad de formar micelios (Wallace, 2003).

3.15 Los protozoarios ruminales

Originalmente se creía que los microorganismos flagelados observados, por Liebetanz en 1910 y Braune en 1913 en el contenido ruminal eran protozoarios flagelados, los protozoarios representan más del 50 % de la biomasa microbiana del rumen. Ellos se involucran particularmente en la digestión de la celulosa, almidón y proteínas en el rumen y contribuyen activamente en control de la población bacteriana y en la formación de productos finales de la fermentación (Nsabimana et al., 2003)

La mayoría de los microorganismos, en especial los protozoarios, son anaerobios estrictos y por consiguiente, sus principales vías de fermentación son la hidrólisis y la oxidación anaeróbica (Swenson y Reece., 1999).

3.16 Pruebas de digestibilidad

3.16.1 Método *in vitro*

Mediante estas técnicas se intentan reproducir en el laboratorio los procesos mecánicos y enzimáticos que se realizan en el tracto digestivo de un animal (Caravaca et al., 2005)

Las técnicas *in vitro* permiten la evaluación rutinaria de la fermentación ruminal empleando fluido ruminal como en la técnica descrita por Tilley y Terry o alternativamente sin la utilización de fluido ruminal sino con la utilización de complejos enzimáticos. Estos métodos ofrecen una estimativa de la digestibilidad potencial de los alimentos sin llevar en consideración los procesos de la dinámica ruminal (Elizondo, 2008).

La muestra del alimento se mantiene dentro del líquido ruminal en un medio anaerobio, durante 48 horas, en una segunda fase se trata el producto con ácido clorhídrico, consiguiendo así anular la acción de las bacterias ruminales, posteriormente se realiza un ataque con pepsina durante otras 48 horas y se analiza el residuo resultante (Brum et al., 2008).

El sistema Daisy se utiliza como método alternativo para calcular la degradación del alimento en el rumen en condiciones de laboratorio (Cevallos, 2007).

3.16.2 Método *in vivo*

Esta técnica es de utilidad con alimentos que tienen contenidos relativamente altos en proteína, Requiere de animales fistulados en el rumen o en el intestino delgado, requiriéndose tomar muestras de digestas por periodos largos de tiempo (Ruiz, 1990).

3.16.3 Método *in situ* o de la bolsa nylon

La técnica *in situ* consiste en colocar cierta cantidad de muestra dentro de una bolsa (Rosero et al., 2007), asegurándose que queden bien cerradas y colocadas en el rumen de animales fistulados. Permite determinar simultáneamente la cantidad de muestras que es digerida y la tasa a la cual la digestión se realiza (Ruiz, 1990).

La estimación de la digestibilidad *in situ* a través de la diferentes metodologías propuestas a nivel mundial tiene como objetivo evaluar algunas características como la tasa y magnitud de la ingestión de alimentos las cuales están relacionadas con la calidad nutritiva de los forrajes y puede dar un indicativo del aporte de nutrientes de las diferentes fuentes alimenticias utilizados en los hatos bovinos (Razz et al., 2004).

3.17 Factores que afectan la digestibilidad *in situ* de los alimentos

- Tamaño del poro de la bolsa
- Tamaño de la partícula de la muestra
- Acumulación de gas dentro de la muestra
- Tamaño de la bolsa y cantidad de muestra
- Residuos microbianos
- Especies de animales fistulados
- Dietas de los animales fistulados
- Posición de la bolsa en el rumen
- Tiempo de incubación (Ortega et al., 2008).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Materiales

Para lograr el objetivo propuesto en esta investigación se enlistan los siguientes materiales utilizados:

- Υ Bovino fistulado ruminalmente
- Υ Cánula ruminal
- Υ Bolsas de nylon
- Υ Aros de metal
- Υ Ligas
- Υ Ancla con contrapeso
- Υ 24 muestras de forraje orgánico
- Υ Estufa de aire caliente
- Υ Balanza analítica
- Υ Alfalfa henificada como dieta del bovino
- Υ Concentrado como alimento para el bovino

Para colocar las muestras se utilizó la técnica de digestibilidad *in situ* con periodos de incubación de: 0, 4, 8, 12, 24, 48, 72 y 96 horas de acuerdo a la técnica de Orskov y McDonald .

4.2 Muestra experimental

La muestra utilizada en este experimento se obtuvo de un cultivo de *Pennisetum violaceum* ubicada en el estado de zacatecas.

Cuadro 4. Análisis bromatológico de la muestra del forraje orgánico.

Nutriente	Unidades %
MATERIA SECA	86.86
PROTEINA CRUDA	7.00
FIBRA DETERGENTE ACIDA	43.40
FIBRA DETERGENTE NEUTRO	68.40
GRASA	1.80
CENIZAS	12.10

Fuente: Lab. De Bromatología UAAAN 2010

4.3 Métodos

El experimento se llevó a cabo en un novillo castrado cebú x holstein con una fistula ruminal permanente. Con un peso vivo aproximado de 200 kg. El cual fue colocado en un corral tubular de 5x8 metros y contaba con una trampa, con piso de tierra y en el área del comedero contaba con sombra.

Durante y después de la investigación la alimentación consistió en alfalfa henificada ad libitum y alimento concentrado con 17 % de proteína cruda, con un horario de alimentación de las 9:00 horas de la mañana y por la tarde a las 18:00 horas en una proporción de 3 kg de materia seca.

El acceso al bebedero era constante, ya que el corral cuenta con un bebedero con agua limpia.

La digestibilidad se realizó con la técnica de las bolsas nylon establecida por Orskov en los periodos de incubación antes señalados (Orskov y McDonald, 1970)

La técnica de digestibilidad *in situ* utiliza bolsas sintéticas para medir la digestión de los forrajes a nivel ruminal. Este método ha ganado gran aceptación cuando se requiere medir la digestibilidad aparente de la materia seca, fibra, y nitrógeno, debido principalmente a la rapidez con que se puede obtener resultados y porque no demanda de equipos y materiales que requieren las otras técnicas. Sin embargo, la utilidad y confiabilidad de esta técnica depende de factores tales como la cantidad de la muestra, y del tamaño de la bolsa y de la partícula de la muestra (Torres et al., 2009).

4.4 Procedimiento de las muestras

Una vez sacado las bolsas del rumen se procedió a lavarlas a chorro de agua con el objetivo de eliminar toda materia orgánica para no perjudicar los errores de desaparición de la muestra.

Después de lo anterior fueron introducidas a la estufa de aire caliente durante 24 horas a temperatura constante de 70°, con la finalidad de obtener el peso final real de cada muestra.

Se utilizó la técnica de digestibilidad *in situ* con periodos de incubación de: 0, 4, 8, 12, 24, 48, 72 y 96 horas.

4.5 Localización

El presente estudio se realizó en las infraestructuras del departamento de producción animal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Regional Laguna, con coordenadas Latitud Norte 26° 23' y Longitud Oeste 104° 47' ubicada en Periférico y carretera Santa Fe en el municipio de Torreón Coahuila , México



Figura 2. Ubicación de la UAAAN-UL

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 5 de abajo se muestran los resultados que se obtuvieron durante el experimento de la digestibilidad de la proteína cruda, mostrando los valores que se presentaron en las diferentes horas.

Cuadro 5. Porcentaje de digestibilidad de la proteína cruda del forraje orgánico en estado verde.

Hora de incubación	Porcentaje de digestibilidad (%)
0	93.45
4	94.32
8	93.02
12	92.87
24	94.76
48	93.60
72	95.35
96	95.66

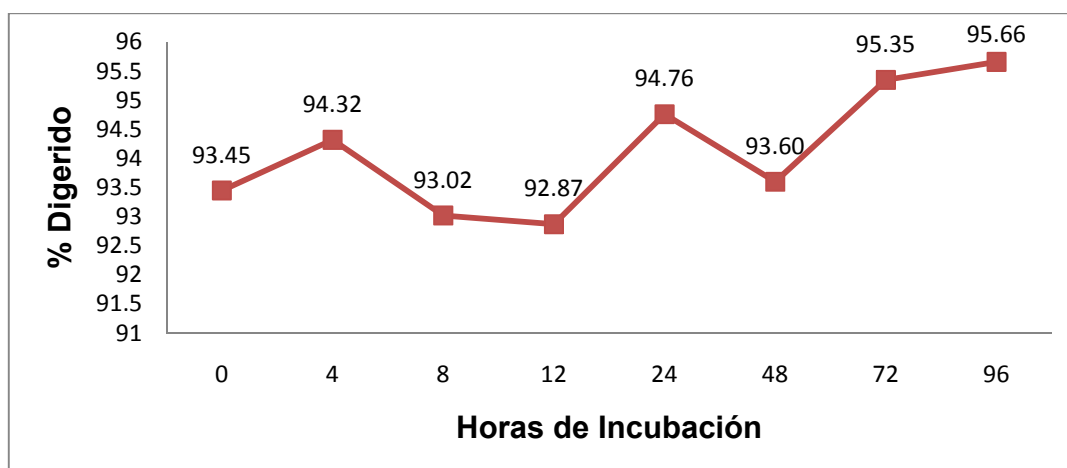


Figura 3. Digestibilidad de la proteína cruda del forraje orgánico en estado verde.

En la figura 3 se reflejan los valores obtenidos para la digestibilidad de la proteína cruda; notándose una digestibilidad de 93.45 y a las 4 horas de incubación el porcentaje de aprovechamiento por el animal es de 94.32 en la hora 12 la

digestibilidad que tiene el forraje orgánico es de 92.87 %. Donde se puede observar que en la hora 4 el ataque de las bacterias ruminales es alto, y esto nos indica que la proteína que contiene el forraje orgánico es de alta digestibilidad y que el animal lo aprovecha muy bien estando esta dentro del rumen.

Cuadro 6. Porcentaje de digestibilidad de la materia seca del forraje orgánico en estado verde.

Hora de incubación	Porcentaje digerido (%)
0	71.72
4	70.40
8	62.55
12	51.26
24	57.98
48	32.37
72	32.30
96	28.20

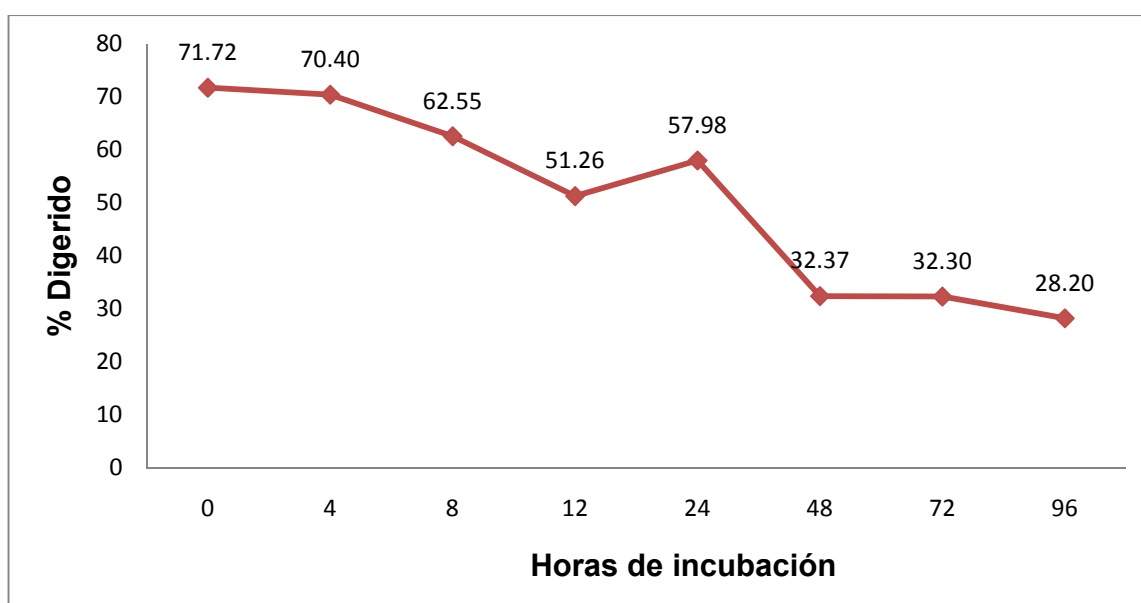


Figura 4. Porcentaje de digestibilidad de la materia seca del forraje orgánico en estado verde.

Se puede observar que la hora 8 hay un alto porcentaje de material digerido. Donde se puede ver que la materia seca que contiene este forraje es de fácil digestión en el rumen.

Cuadro 7. Porcentaje de digestibilidad de la materia inorgánica del forraje en estado verde.

Hora de incubación	Porcentaje digerido (%)
0	92.43
4	92.24
8	92.71
12	91.94
24	90.70
48	89.60
96	87.20

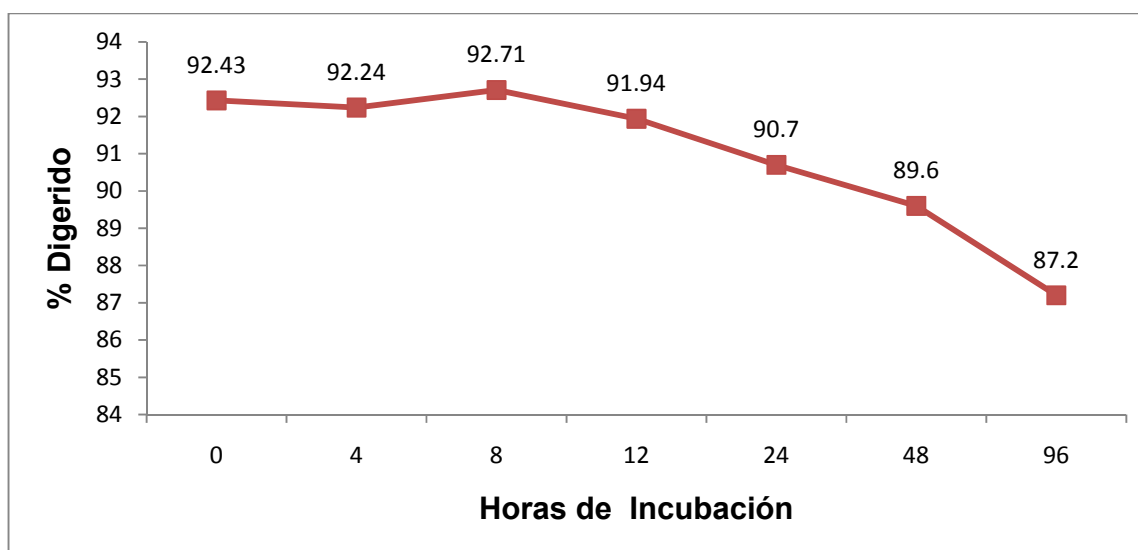


Figura 5. Porcentaje de digestibilidad de la materia Inorgánica del forraje orgánico.

En la figura 5 se detallan los valores obtenidos del porcentaje de digestibilidad de la materia inorgánica, obteniendo valores de 92.71 en la hora 8 esto demuestra que el contenido de material inorgánico que contiene el forraje es de una fácil asimilación por el animal y de una excelente disposición de minerales en el forraje.

VI. CONCLUSIÓN

El forraje orgánico (*Pennisetum violaceum*) presenta una mayor digestibilidad de sus nutrientes en las horas 8, ya que se pudo demostrar que en tales horas las bacterias ruminales tienen mucha actividad microbiana.

El forraje orgánico puede ser utilizado como una alternativa más en la alimentación de los bovinos, considerando que tiene una aceptable digestibilidad en pocas horas dentro del rumen. Lo que nos permite el aprovechamiento máximo de los nutrientes en pocas horas.

Considerando que los forrajes y/o cultivos orgánicos es un sistema de producción donde no se utilizan fertilizantes químicos, plaguicidas, herbicidas, nos aporta una fuente mas para la obtención de alimentos para la alimentación de los animales, promoviendo el cuidado del medio ambiente y de la contaminación de suelos por uso indiscriminado de productos químicos.

Es por esto que se recomienda el uso de forrajes orgánicos en la alimentación de los animales ya que proporciona la absorción temprana de los nutrientes presentes en el forraje, y en parte evita la contaminación del ambiente.

VII. LITERATURA CITADA.

- Beharka, A. A., T. G. Nagaraja, J.L., Morril, G. A. Kennedy y R. D. Klemm. (1998) Effects of form of the diet on anatomical, microbial, and fermentative development of the rumen of neonatal calves. *J Dairy Sci* 81(7): 1946-1955.
- Brandan, N., Llanos, C. y Barrios, M. B. (2005) *Proteínas Plasmáticas. Nutrición en el paciente críticamente enfermo*. Primera Edición. Mc Graw Hill. Interamericana. México 2005.
- Brum, O., Carro, M.D., Valdés, J.S. y S.López (2008) *in vitro* digestibility of forages and concentrates: effect of the diet of donor animals. CATIE.
- Caravaca, F. P., Guerrero, J. M. (2005). *Bases de la producción animal*, primera reimpression 2005. Secretaria de publicaciones de la universidad de Sevilla.
- Ceballos, R. R., Noguera, D. M. y Posada, S. L.(2007). Comparison of the nylon bag *in situ* technique and *in vitro* (Daisy) to estimate the kinetics of degradation of feeds for ruminants.
- Correa, C. j. h., Arroyave, H., Henao, Y., Lopez, J. M. (2007) *Pasto Maralfalfa: Mitos y Realidades*.
- Dawson, J. E and Hatch S.T. 2002. A World Wide Web key to the grass genera of Texas. S.M. Tracy Herbarium, Department of Rangeland Ecology and Management, Texas A&M University.
- Dehority, B. A. y P. A. Tirabasso. (2001) Effect of ruminal cellulolytic bacterial concentrations on *in situ* digestion of forage cellulose. *J Anim Sci* 76(11):2905-2911.
- Desvaux, M. E. Guedon y H. Petitdemage.(2001) Metabolic flux in cellulose bacht and cellulosefed continuous cultures of *clostridium cellulolyticum* in response toacidic envimeronment. *Microbioloby* 147:1461-1471.
- Elizondo, S. J. A. (2008). Requerimientos nutricionales de cabras lecheras. *Agronomía Mesoamericana* 19(1): 123-130. 2008

- Fao. (2000) La biodiversidad y la agricultura orgánica. Disponible en: www.fao.org/biodiversity.
- García-Vallve, S., A. Romeu y J. palau.(2000) Horizontal gene transfer of glycosyl hydrolases of the rumen fungi. *Mol Biol Evol* 17(3):352-361.
- Guzmán, G. I. y Alonso. A. M. (2001) Manejo de malezas en agricultura ecológica, Hoja divulgativa por el comité andaluz de agricultura ecológica.
- Korhonen, M., S. Ahvenjarvi, A. Vanhatalo y P. Huhtanen.(2002) Supplementing barley or rapeseed meal to dairy cows fed grass-red clover silage: II. Amino acid profile of microbial fractions. *J Anim Sci* 80(8):2188-2196.
- Krause D. O, B. P. Dalrymple, W. J. Smith, R. I. Mackie y C. S. McSweeney. (1999) 16S Rdna sequencing of *Ruminococcus albus* and *Ruminococcus flavefaciens*: design of a signature probe and its application in adult sheep. *Microbiology* 145:1797-1807.
- Lachmann, M y Araujo, O., La estimación de la digestibilidad en ensayos con rumiantes.
- Lee, S.S., J. K. Ha y K. Cheng.(2000) Relative contributions of bacteria, protozoa, and fungi to in vitro degradation of orchard grass cell walls and their interactions. *Appl Environ Microbiol* 66(9):3807-3813.
- Ley Federal Mexicana de Productos Orgánicos (2006).
- Mabjeesh, S. J., A. Arieli, I. Bruckental, S. Zamwell y H. Tagari.(1997) Effect of ruminal degradability of crude protein and nonstructural carbohydrates on the efficiency of bacterial crude protein synthesis and amino acid flow to the abomasums of dairy cows. *J Dairy Sci* 80(11):2939-2949.
- Mejía, H. J. y Mejía, H. I. (2007) Nutrición proteica de los bovinos. *Redalyc* 17 (02) 45-55

- Miron, J., D. Ben-Ghedalia y M. Morrison.(2001) Invited review: adhesión mechanisms of rumen cellulolytic bacteria. J Dairy Sci 84(6):1294-1309.
- Mora, B. I.(2007) Nutrición animal, Tercera Reimpresión, Editorial: Universidad Estatal a Distancia San José Costa Rica.
- Nsabimana, E.S. Kisidayova, D. Macheboeuf, C. J. Newbold y J. P. Jouany.(2003) Two-step freezing procedure for cryopreservation of rumen ciliates, an effective tool for creation of a frozen rumen protozoa bank. Appl Environ Microbiol 69(7):3826-3832.
- Oba, M. y M. S. Allen.(2003) Effects of diet fermentability on efficiency of microbial nitrogen production in lactating dairy cows. J Dairy Sci 86(1):195-207.
- Orskov, E. and I. McDonald (1970). "the estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage." J. AGRIC.SCI. CAM. 92:499-503 PP.
- Ortega, C. E y Carranco, J. E.(2008) Factores que afectan a los alimentos en la técnica in situ. Proteína metabolizable. Agronomía mesoamericana 19(1): 123-130. 2008.
- Razz, R. y Clavero, T. J. (2004) Cinética de degradación in situ de la leucaena leucocephala y panicum maximum.
- Rosero, N. R., Posada, S. L. (2007) *Modeling of ruminant food degradation kinetics*, Rev Col Cienc Pec 2007; 20:174-182
- Ruiz, M. E.,(1990)., nutrición de rumiantes, primera edición 1990. Editorial: Universidad Estatal a Distancia.
- Saborío, G. O., Geovanny, G. H.(2005) la certificación en la agricultura orgánica.

- Sierra, P. J. O (2005) Fundamentos para el establecimiento de pasturas y cultivos forrajeros, segunda edición, editorial: universidad de Antioquia.
- Soto, G. (2003) Agricultura Orgánica: una herramienta para el desarrollo rural sostenible y la reducción de la pobreza.
- Soto, G.(2003) manual para productores: certificación organica: paso a paso.
- Swenson, J. M. y W. O. Reece. Fisiología de los animals Domésticos de Dukes. 2 Ed. Noriega Editores. UTEHA.
- Tajima, K. et al. (2001) Diet-dependents shifts in the bacterial population of the rumen revealed with real-time PCR. Appl Environ Microbiol 67(6):2766-2774.
- Torres, g. g., arbaiza, f., carcelén., c. f y lucas a.(2009) comparison of the *in situ*, *in vitro* and enzymatic (cellulase) techniques for digestibility estimation of forages in sheep, rev inv vet Perú 2009; 20 (1): 5-9.
- Valdés, J. Reyna, P. D. DAVILA, A.(1995) clasificación de los géneros de gramíneas (poaceae) mexicanas, Departamento de Botánica Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, Acta Botánica Mexicana (1995), 33:37-50.
- Varela, H. A.(2007) Nutrición de Proteína en Ganado lechero,. National Renderers Association .disponible en: www.amepa.org/nra/fig2.jpg
- Varga, A. G. y S. E. Kolver.(1997) Microbial and Animal Limitations to Fiber Digestion and Utilization. J. Nutrition 127(5): 819s-823s.
- Villalobos, G. C., Gonzalez. V. E. y Ortega, S. JA. (2000) Técnicas para determinar la degradación de proteína y materia organica en el rumen y su importancia en rumiantes en pastoreo, Tec Pecu Mex 2000,48(1):1-11
- Vinicio, L. M. y Díaz, S. O. (2001) Agrostología, Primera Edición, editorial: Universidad Estatal a Distancia.
- Wallace, R., (2003) The mode of action of yeast culture in Modifying Rumen Fermentation. Journal of Dairy Science . 79 (3) 411-417

Wattiaux, A. M. (2008) Metabolismo de proteínas en las vacas lecheras. En: I. B. p. I. I. y . d. I. lechera (ed.). Universidad de Wisconsin-Madison.

Wattiaux, A. M. y T. W. Howard.(2001) Digestión en la vaca lechera. En: I. B. p. I. I. y . d. I. lechera (ed.). Universidad de Wisconsin-Madison.

Weimer, J. P.(1998) Manipulating Ruminant Fermentation: A Microbial Ecological Perspective. J. Anim. Sci. 76:3114-3122.