

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



**DIGESTIBILIDAD *IN SITU* DE LA PROTEÍNA CRUDA DE UN FORRAJE  
ORGÁNICO HENIFICADO**

**POR:**

**PEDRO HERNÁNDEZ TÉLLEZ**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER**

**EL TÍTULO DE:**

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**TORREÓN COAHUILA. MÉXICO**

**JUNIO 2010**

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



DIGESTIBILIDAD *IN SITU* DE LA PROTEINA CRUDA DE UN FORRAJE  
ORGÁNICO HENIFICADO

**TESIS**

APROBADA POR EL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORIA

  
\_\_\_\_\_  
PhD. JUAN DAVID HERNÁNDEZ BUSTAMANTE  
PRESIDENTE DEL JURADO



Coordinación de la División  
Regional de Ciencia Animal

  
\_\_\_\_\_  
M.V.Z. RODRIGO ISIDRO SIMON ALONSO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

TORREÓN COAHUILA, MÉXICO

JUNIO 2010

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**

**“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**

**TESIS**

**POR**

**PEDRO HERNÁNDEZ TÉLLEZ**

**DIGESTIBILIDAD *IN SITU* DE LA PROTEINA CRUDA DE UN FORRAJE  
ORGÁNICO HENIFICADO**

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

**MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**



---

**PhD. JUAN DAVID HERNÁNDEZ BUSTAMANTE  
PRESIDENTE**



---

**IZ. JORGE HORACIO BORUNDA RAMOS  
VOCAL 1**



---

**M.C. JUAN LUIS MORALES CRUZ  
VOCAL 2**



---

**ING. MARTHA VIANEY PERALES GARCÍA  
VOCAL SUPLENTE**

## DEDICATORIA.

Quiero dedicar este trabajo que representa el término de una etapa de estudios, esfuerzos y más que nada representa un logro personal a las personas más importantes por la que de algún modo he podido culminar esta etapa en mi vida.

Principalmente a mis padres Pedro y Carmen por que con su apoyo, amor, cariño y más que nada por la confianza que necesite durante estos años de universitario y a lo largo de mi vida.

A mis hermanos Nancy, Georgina, Tomas, Carmen, Esperanza y Emmanuel que de una u otra manera siempre me han apoyado y motivado para seguir siempre adelante.

Y a todas las personas que de algún modo me han ayudado o han pedido a dios por mí, aquí incluyo a mis familiares, vecinos y amigos.

## AGRADECIMIENTO.

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que siempre se encontraron a mi lado apoyándome y aportando sus conocimientos para finalizar mi carrera universitaria.

Agradezco principalmente a dios por acompañarme siempre y ser mi fortaleza cuando las cosas no están a mi favor.

A toda mi familia, a mis padres, hermanos por que siempre han estado con migo, mi respeto y agradecimiento para todos ellos por su apoyo.

Agradezco a mis docentes que han sido los formadores de mi carrera, y principalmente agradezco al doctor Juan David Hernández Bustamante que sin conocerme me dio la confianza para que yo realizara este trabajo a su cargo.

A mi alma mater donde me he formado y cultivado los conocimientos que me han establecido como un profesional con su prestigio y buen nombre.

A todos los compañeros y amigos (as) de la carrera que con su amistad y por la convivencia estos años se hicieron menos pesados.

## CONTENIDO

	Página.
I.- INTRODUCCIÓN.....	1
II.- OBJETIVO.....	3
III.- META.....	3
IV.- REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
4.1.- FORRAJES: COMPLEMENTO EN LA RACIÓN DEL GANADO.....	4
4.2.- HENIFICACIÓN.....	6
4.3.- CULTIVOS ORGÁNICOS.....	7
4.3.1.- AGRICULTURA ORGÁNICA.....	7
4.3.2.- SITUACIÓN EN LATINOAMERICA DE LA AGRICULTURA Y GANADERIA ORGÁNICA.....	8
4.3.3.- MARCO LEGAL EN LA REPUBLICA MEXICANA.....	10
4.3.4.- NECESIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DE LA GRICULTURA ORGÁNICA EN LA COMARCA LAGUNERA.....	11
4.4.- CARACTERÍSTICAS DEL FORRAJE ORGÁNICO.....	12
4.4.1.- PLANTA FORRAJERA.....	12
4.4.2.- MORFOLÓGIA DE LAS GRAMINEAS.....	13
4.4.3.- CLASIFICACIÓN BOTÁNICA.....	13
4.4.4.- ORIGEN DEL PASTO <i>PENNISETUM</i> .....	13
4.4.5.- DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA.....	14
4.4.6.- ADAPTACIÓN DEL PASTO ORGÁNICO.....	14
4.4.7.- HÁBITOS DE CRECIMIENTO.....	15
4.4.8.- PRODUCCIÓN DE FORRAJE.....	15
4.4.9.- MANEJO.....	15
4.4.10.- SIEMBRA.....	16
4.4.11.- VENTAJAS DEL PASTO DE CORTE <i>PENNISETUM</i> sp.....	16
4.4.12.- ANÁLISIS DE CONTENIDOS NUTRICIONALES.....	16
4.4.13.- CONDICIONES AGROCLIMÁTICAS.....	17
4.4.14.- DEFICIENCIA DE NUTRIENTES.....	18
4.5.- DIGESTIBILIDAD.....	20
4.6.- MICROORGANISMOS RUMINALES.....	25
4.6.1.- BACTERIAS.....	25
4.6.1.1.- CLASIFICACIÓN FUNCIONAL DE LA BACTERIAS.....	27
4.6.2.- PROTOZOARIOS.....	28

4.6.3. HONGOS.....	28
4.7.- ANATOMIA Y FISIOLÓGIA DE LOS PREESTOMAGOS.....	29
4.7.1. RUMEN.....	29
4.8.- DIGESTIBILIDAD DE LAS PROTEÍNAS.....	30
4.9.- DIGESTIBILIDAD DE LOS FORRAJES.....	31
4.10.- TÉCNICAS DE DIGESTIBILIDAD.....	32
4.10.1.- TÉCNICA DE DIGESTIBILIDAD <i>IN VITRO</i> .....	32
4.10.2.- TÉCNICA DE DIGESTIBILIDAD <i>IN SITU</i> . ....	32
4.10.3.- TÉCNICA <i>ANKOM</i> DE DIGESTIBILIDAD.....	32
4.10.4.- TÉCNICA DE DIGESTIBILIDAD DE <i>Gas in vitro</i> .....	32
4.11.- MÉTODO DE DEGRADABILIDAD <i>IN SITU</i> DE ORSKOV.....	33
V.- MATERIALES Y MÉTODOS.....	34
VI.- RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	35
VII.- CONCLUSIONES.....	37
VIII.- LITERATURA CITADA.....	38

## LISTA DE CUADROS.

Cuadro	Página.
1.- RENDIMIENTO POR HECTÁREA DE LOS PRINCIPALES FORRAJES EN LA COMARCA LAGUNERA.....	2
2.- PRODUCCIÓN AGROPECUARIA ORGÁNICA EN AMÉRICA LATINA.....	9
3.- CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL FORRAJE ORGÁNICO.....	15
4.- COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL <i>Pennisetum sp</i> COSECHADOS A EDADES DE REBROTE (56 Y 105 DÍAS).....	16
5.- COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL PASTO ORGÁNICO ( <i>Pennisetum sp</i> ) A DIFERENTES EDADES DE CORTE.....	17
6.- CONTENIDO DE ALGUNAS FRACCIONES QUÍMICAS DEL PASTO ORGÁNICO.....	17
7.- VARIACIÓN DE LA FIBRA EFECTIVA (FE) DE ALGUNOS ELEMENTOS.....	21
8.- GRUPOS DE GÉNEROS DE BACTERIAS.....	25
9.- CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES DE LAS BACTERIAS.....	27
10.- ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DEL FORRAJE ORGÁNICO.....	35



## LISTA DE FIGURAS.

FIGURA	Página.
1.- MORFOLOGÍA DE LAS HOJAS DEL FORRAJE ORGÁNICO.....	19
2.- INFLORESCENCIA DEL PASTO ORGÁNICO ( <i>Pennisetum sp</i> ).....	19
3.- ESQUEMA DE LAS ESPIGUILLAS DEL FORRAJE ORGÁNICO.....	19
4.- EL CONTENIDO DEL RUMEN Y RETÍCULO SE ACOMODAN EN TRES CAPAS DEPENDIENDO DE SU GRAVEDAD ESPECIFICA.....	29
5.- CURVA DE DEGRADABILIDAD <i>IN SITU</i> DE LA PROTEÍNA CRUDA DEL FORRAJE ORGÁNICO.....	36

## RESUMEN

El trabajo fue realizado con el objetivo de evaluar la digestibilidad de la proteína cruda de un forraje orgánico henificado por medio de la técnica de digestibilidad *in situ*, para esto las muestras del forraje orgánico se incubaron en el rumen de un becerro canulado a tiempos de 0, 4, 8, 12, 24, 48, 72, 96 horas con 3 repeticiones cada una siendo un total de 24 bolsitas.

En los resultados muestran que el comportamiento de la digestibilidad de la proteína cruda presento mejor aprovechamiento en la hora 8 con un 49.06 %, esto indica que tiene un rápido aprovechamiento por los microorganismos ruminales lo cual contribuye a que los nutrientes que proporciona el forraje analizado sean aprovechados en su totalidad.

Se concluye que el forraje orgánico puede ser una excelente opción para la alimentación animal, pues queda demostrado que la utilización por los organismos ruminales es de un buen porcentaje, además se puede recomendar que se requiere de más estudios para poder ser tomado en cuenta en la dieta del ganado en la comarca lagunera ya que las características que muestran en la literatura lo hacen una posible elección pero sin embargo no supera a la alfalfa que es el forraje de elección en la región.

**Palabras clave:** Digestibilidad, técnica *in situ*, proteína cruda, forraje orgánico, cinética ruminal, *Pennisetum sp.*

## I.-INTRODUCCIÓN.

La comarca lagunera ocupó en el 2009 el primer lugar en la producción de leche con 2, 090,707 de litros y una producción de carne en canal de 57,380 toneladas ocupando un decimo lugar nacional según datos de SAGARPA, esto nos indica la gran afluencia ganadera existente en la región, promoviendo una mayor exigencia para la elección de los forrajes utilizados en la alimentación del ganado.

El ganado lechero y productor de carne, depende en gran parte para el sostenimiento de su alta producción, de la calidad de los forrajes. Siendo que un rumiante necesita de la fibra de la ración, tanto de su calidad como de cantidad, esta calidad está dada en parte por su grado de digestibilidad, a nivel ruminal. Los nutrientes en los forrajes pueden variar por: especie, madurez de la planta, condición de crecimiento, fertilidad del suelo, método de cosecha, condición de conservación y duración del almacenamiento entre otros factores.

En la comarca lagunera los forrajes que se emplean para alimentar al ganado son principalmente la alfalfa, maíz, sorgo y avena, los cuales son cultivados en algunos casos por los mismos estableros, sin embargo el forraje que se siembra en la comarca lagunera no es suficiente y se tiene la necesidad de traer de lugares cercanos para cubrir el déficit que existe. El rendimiento de estos forrajes cultivados en la comarca lagunera se observa en el cuadro 1, tomado todo un año agrícola sabiendo que hay ciclos de cultivo donde el rendimiento es mayor o menor.

CUADRO 1. RENDIMIENTO POR HECTÁREA DE LOS PRINCIPALES FORRAJES EN LA COMARCA LAGUNERA.

<b>FORRAJES</b>	<b>Ton/Ha</b>
<b>ALFALFA</b>	18.343
<b>AVENA</b>	33.931
<b>MAIZ</b>	43.731
<b>SORGO</b>	47.731

Las características del forraje orgánico muestran ser una alternativa para ser empleado en la formulación de la ración del ganado en la comarca lagunera, el rendimiento del cultivo (285 toneladas/hectárea) muestra una amplia ventaja en comparación con los cultivos establecidos. Pero un punto indispensable para analizar es la digestibilidad de la proteína cruda, ya que la medición de este nutriente es indispensable para establecer si puede representar una alternativa real en la alimentación del ganado.

## II.- OBJETIVO GENERAL.

DETERMINAR LA DIGESTIBILIDAD DE LA PROTEÍNA CRUDA DEL FORRAJE ORGÁNICO *PENNISETUM SP* EN RUMIANTES.

### 2.1.- OBJETIVO PARTICULAR.

REALIZAR ESTUDIOS DE LA CINÉTICA RUMINAL A UN FORRAJE ORGÁNICO QUE PUEDE SER UNA OPCIÓN EN LA ALIMENTACIÓN DEL GANADO BOVINO.

## III.- META.

CONOCER EL PORCENTAJE DE DIGESTIBILIDAD DE LA PROTEÍNA CRUDA DEL FORRAJE ORGÁNICO *PENNISETUM SP*, PARA SU POSIBLE ADAPTACIÓN EN LA COMARCA LAGUNERA.

EVALUAR LA POSIBILIDAD DE QUE EL PARAMETRO DE DIGESTIBILIDAD DE LA PROTEÍNA CRUDA SEA UN PUNTO IMPORTANTE PARA RECOMENDAR EL FORRAJE ORGÁNICO COMO UNA OPCION PARA LA GANADERIA.

#### IV.- REVISIÓN DE LITERATURA.

##### 4.1.- FORRAJES: COMPLEMENTO EN LA RACIÓN DEL GANADO.

Forraje es un término de uso común, tanto a nivel ganadero como a nivel técnico y científico, que encierra una amplia variabilidad conceptual según quien lo use.

Aceptando como buena la definición del Forage and Grazing Terminology Committee (1991), un forraje es toda parte comestible de una planta, distinta al grano separado, que puede proveer alimento a los animales en pastoreo o que puede ser cosechada para su alimentación. Según la clasificación de Barnes y Baylor (1995), el término forraje incluiría las siguientes clases: hierba, heno, ensilaje, las fracciones comestibles de las especies arbustivas y arbóreas, así como la paja (Alfred, 2003).

En los últimos años, la alimentación del ganado relacionada con los forrajes ha pasado a ser en gran medida a base de ensilados y henificación (Martínez, 2002).

Los forrajes pueden llegar a formar parte de una ración para ganado lechero y/o ganado de carne desde un 45% a un 100% (Melchor, 2001).

La producción de leche, carne, y lana en el mundo, dependen en gran medida de la utilización de mezclas de leguminosas y gramíneas, en el cual el aporte de estas últimas constituye la principal fuente de energía para el crecimiento y desarrollo de los animales. Por lo tanto, el mejoramiento de la calidad y rendimiento de las gramíneas forrajeras es de crucial importancia para incrementar la cantidad y calidad del forraje. La calidad nutricional de los forrajes está influenciada por su digestibilidad, la cual, a su vez es afectada por el contenido de carbohidratos, proteína y fibra (Armando, 2004).

El uso intensivo de los pastos de corte es una opción que permite incrementar la producción de materia seca, especialmente en la época de déficit de pastos (Urbano, 2008).

Las principales limitantes en la producción de pastos son la estacionalidad climática, la mayor superficie son pasturas nativas con bajo potencial de

producción de materia seca y limitado valor nutritivo, manejo inapropiado del pastoreo, ausencia de planes de fertilización de acuerdo a los requerimientos de las especies y del suelo, escasa producción de semillas (Aguado, 2004).

La ganancia genética de los cultivos forrajeros, ha sido muy baja, debido a distintos factores:

\*La domesticación reciente o ausente, imposibilita la utilización de nuevas especies debido a la escasa producción de semilla de deficiente germinación.

\*El producto que se consume (hojas) no es el mismo que se comercializa (semillas), existiendo generalmente una asociación negativa entre la producción de semilla y de forraje.

\*La producción de forraje no necesariamente predice la producción secundaria (carne, leche o lana), debido a asociaciones negativas entre calidad y producción.

\*Menores inversiones en mejoramiento de especies forrajeras.

\*Aunque la superficie dedicada a la producción pecuaria es mayor que la destinada a la agricultura, el valor de la tierra es inverso. Por ello, es posible predecir que en el futuro la producción pecuaria estará confinada al conjunto de áreas marginales (Echenique et al, 2004).

#### 4.2.- HENIFICACIÓN.

La henificación es un método de conservación de forraje seco donde se produce una evaporación del agua contenida en los tejidos de la planta (Viviani, 2006).

El método más barato es el que consiste en la deshidratación parcial por evaporación natural mediante el sol y el viento (Relling et al 2006).

La henificación fue el primer proceso ideado por el hombre para conservar partes de los forrajes verdes, principalmente gramíneas y leguminosas sobrantes en la época de abundancia de los pastos con el fin de utilizarlos en los meses de escasez. Un heno con un 85-90% de materia seca puede conservarse sin peligro de que se fermente; la sencillez del proceso y su larga tradición convierten la

henificación en uno de los principales métodos de conservación de los forrajes (Relling et al 2006).

Entre los factores no fisiológicos directamente relacionados con la calidad del producto final los principales son:

#### 1) LA INFLUENCIA DEL CLIMA:

El agua de lluvia es responsable de grandes pérdidas del valor nutritivo de henos expuestos en el campo, por el "lavado" de nutrientes.

#### 2) EL CORTE:

Manejándolo se puede manipular la cantidad de forraje, la calidad o ambas.

En gramíneas también es importante la incidencia del momento de corte sobre la producción de MS cosechada y el valor nutritivo del heno. (Romero, 2005).

El principal factor que determina la calidad del forraje es su estado de madurez (Jorgelina, 2008).

#### 3) LA CONFECCIÓN:

Principios básicos que no pueden dejar de tenerse en cuenta como:

El momento del día en que se efectúa el trabajo, la humedad, el tamaño, la velocidad de trabajo, la forma de alimentar la maquinaria, la presión en la cámara de compactación, el atado. En general, cuanto más favorables son las condiciones para la deshidratación del forraje, mejores son las características cualitativas de los henos obtenidos (Romero, 2005).

#### 4) EL PROCESO DE SECADO:

El secado debe ser hecho lo más rápido posible para evitar las pérdidas. En el momento del corte el forraje contiene entre 60 y 80 % de agua la que debe ser reducida a un 15 a 20 % (Jorgelina, 2008).

#### 5) ALMACENAMIENTO:

Cuando se acopian pacas lo suficientemente secas y se les protege de la lluvia, las pérdidas que se producen hasta su utilización son escasas. El aumento de la temperatura del heno almacenado está directamente relacionado con el contenido de humedad en el momento de la recolección del forraje o de entrada de agua. Esto puede producir grandes pérdidas en la materia seca, en el valor nutritivo y en la respuesta animal (Romero, 2005).



El fundamento para la henificación se basa en que la humedad de un alimento constituye uno de los factores más importantes que influyen favorablemente en el crecimiento microbiano (bacterias y mohos), que por otra parte pueden formar parte de la microflora epifítica, manteniéndose y desarrollándose sobre las diferentes partes de las plantas y desarrollando ciertas relaciones con éstas. Al reducirse el contenido de agua de los forrajes verdes mediante la henificación disminuyen las condiciones favorables para el desarrollo microbiano, lo que permite que puedan almacenarse en grandes cantidades sin que se presente una fermentación pronunciada o se enmohezcan (Enrique et al 2006).

Apreciación de la calidad de los henos.

Las cualidades de un buen heno y las características de un heno de calidad deficiente son las siguientes:

- Color verde claro, que demuestre que el forraje fue segado en tiempo óptimo.
- Debe exhalar un olor agradable al olfato.
- Debe ser agradable al paladar de los animales.
- Los tallos deben ser delgados, blandos y provistos de hojas.

"La calidad de las hojas es mayor que la de los tallos", "Las hojas mantienen la calidad por más tiempo que los tallos" (Viviani, 2006).

#### 4.3.- CULTIVOS ORGÁNICOS.

##### 4.3.1.- AGRICULTURA ORGÁNICA.

La norma mexicana fitosanitaria 037 la describe como: sistema de producción agrícola orientado a la producción de alimento de alta calidad nutritiva en cantidades suficientes que interactúa con los sistemas y ciclos naturales en una forma constructiva de forma que promueve vida; mejora y extiende ciclos biológicos dentro del sistema agrícola, incluyendo microorganismos, flora del suelo y fauna, planta y planta; mantiene y mejora la fertilidad del suelo a largo plazo; promueve el uso sano y apropiado del agua, recursos del agua y toda la vida en ésta, en el que, el control de malezas, plagas y enfermedades es sin el uso de insumos de síntesis químico industrial (NOM-037-FITO-1995).

#### 4.3.2.- SITUACIÓN EN LATINOAMERICA DE LA AGRICULTURA Y GANADERIA ORGÁNICA.

En América Latina existen casi cinco millones de hectáreas dedicadas a la agricultura y ganadería orgánica, repartidas en más de 110 mil predios. Más del 20 por ciento del área orgánica mundial se encuentra en América Latina (Campell et al 2008).

La superficie mundial dedicada a la producción orgánica alcanza las 22.811.267 hectáreas, de las cuales el 21.4 % se encuentra en América Latina, con un total estimado en 4.886.967 hás. Considerando la superficie total dedicada a la producción orgánica, los datos de IFOAM (Federación Internacional de Movimientos por la Agricultura Orgánica) muestran que Argentina ocupa el primer lugar con más de tres millones de hectáreas, y muy distanciada del segundo puesto, donde aparece Uruguay con casi 700 mil hás. El primer puesto a nivel mundial lo ocupa Australia, con más de 10 millones de hás certificadas; Argentina ocupa el segundo lugar a nivel global.

Es llamativo que países de enorme superficie dediquen áreas comparativamente pequeñas a este tipo de producción (son los casos de Brasil, con un 0.08%, México, 0.13% y Colombia, 0.24%).

Considerando el número de predios dedicados a ese tipo de producción, México ocupa el primer lugar con más de 110 mil establecimientos, seguido por Perú con poco menos de 20 mil establecimientos, y Brasil en el orden de los 15 mil. Los productos orgánicos en muchos casos corresponden a campesinos e indígenas, especialmente en los países andinos, Centroamérica y México (Campell et al 2008).

CUADRO 2.- PRODUCCIÓN AGROPECUARIA ORGÁNICA EN AMÉRICA LATINA.

País	Superficie orgánica Sobre el área agrícola total – porcentaje.	Puesto mundial – porcentaje orgánico	Superficie orgánica (has)	Puesto mundial – superficie orgánica
Uruguay	4.0	9	678,481	5
Costa rica	2.0	15	8,974	52
Argentina	1.89	18	3,192.000	2
Chile	1.50	24	273,000	14
Belice	1.30	27	1,810	74
Ecuador	0.74	30	60,000	28
Rep. Dom.	0.40	37	14,963	49
Guatemala	0.33	41	14,746	50
El salvador	0.31	42	4,900	65
Suriname	0.28	45	250	84
Perú	0.27	46	84,908	24
Paraguay	0.26	47	61,566	27
Panamá	0.24	48	5,111	63
Colombia	0.24	50	30,000	38
México	0.13	59	143,154	20
Cuba	0.13	60	8,495	53
Nicaragua	0.09	63	7,000	55
Brasil	0.08	66	275,576	13
Honduras	0.06	68	1,769	75
Bolivia	0.06	70	19,634	43
Jamaica	0.04	74	205	85
Guyana	0.02	79	425	81

(CLAES, 2003).

#### 4.3.3.- MARCO LEGAL EN LA REPUBLICA MEXICANA.

#### ESPECIFICACIONES PARA LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS ORGANICOS DE ACUERDO A LA NORMA MEXICANA FITOSANITARIA 037.

Para que los productos agrícolas se consideren orgánicos deben producirse de acuerdo a las siguientes consideraciones:

3.1.1 Los límites de separación entre un cultivo orgánico y uno convencional, deben ser como mínimo de 10 metros o mantener una barrera de cultivo vivo durante todo el ciclo.

3.1.2 Durante los procesos de producción sólo podrán utilizarse como insumos agrícolas los productos incluidos en el Anexo 1 de productos permitidos.

3.1.3 Podrán utilizarse los insumos establecidos en el Anexo 2 de productos restringidos, siempre y cuando su uso sea autorizado por la Secretaría, cumpliéndose los siguientes requisitos:

a) Si se utiliza para el combate de plagas o enfermedades de los vegetales:

- que sean indispensables contra una plaga o una enfermedad particular para la cual no existan alternativas ecológicas, físicas o de cultivo;
- que las condiciones para su uso excluyan cualquier contacto directo con las semillas, los vegetales o los productos vegetales de uso directo. Sin embargo, en caso de tratamiento de vegetales vivos, podrá tener lugar un contacto directo, pero solamente fuera de la temporada de crecimiento de las partes comestibles, siempre y cuando dicha aplicación no influya de forma indirecta en la presencia de residuos del producto en la partes comestibles, y
- su utilización no produzca ni contribuya a producir efectos adversos sobre el medio ambiente ni tenga como resultado la contaminación del mismo.

b) Si se utilizan fertilizantes o acondicionadores del suelo:

- que sean esenciales para satisfacer requisitos específicos de nutrición de los vegetales o para alcanzar objetivos de acondicionamiento de suelos que no puedan cumplirse mediante las prácticas contempladas en el Anexo 1, y
- que su utilización no produzca efectos adversos para el medio ambiente ni contribuya a su contaminación.

3.1.6 Se permite el uso de tratamientos no tóxicos para las semillas como: agua caliente, inoculantes para leguminosas y peletizados sin fungicidas.

3.1.8 El productor debe mantener los registros por escrito y/o documentados que permitan al organismo de certificación determinar el origen, la naturaleza y las cantidades de todas las materias primas compradas, así como el uso de tales materias; además, se deben mantener contabilizadas por escrito y/o documentadas la naturaleza, las cantidades y los consignatarios de todos los productos agrícolas vendidos.

3.1.9 El productor debe establecer un Plan de Manejo de la Unidad de Producción que comprenda el suelo, agua, biodiversidad, medio ambiente y cultivo orgánico (NOM-037-FITO-1995).

#### 4.3.4.- NECESIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DE LA AGRICULTURA ORGÁNICA EN LA COMARCA LAGUNERA.

La superficie irrigable en la Comarca Lagunera es de aproximadamente 150 000 ha, de las cuales más de 12% están afectadas en diversos grados por salinidad o sodicidad (Serrato et al 2002).

Las áreas de suelo afectadas por problemas de sales y sodio están ampliamente distribuidas en el mundo, pero cobran mayor importancia, para el hombre, en aquellas superficies de las zonas áridas y semiáridas que se han abierto a la agricultura intensiva. En México, el problema de la salinidad se presenta fundamentalmente en las zonas áridas con riego. Los lugares donde se observa con más frecuencia son las cuencas cerradas que, a través de miles de años, han acumulado paulatinamente sales en el perfil del suelo. Se estima que la superficie afectada es del orden de 1 millón de ha (Serrato et al 2002).

En la actualidad, la producción de cultivos ha disminuido de manera considerable en los últimos años. Una de las maneras de mejorar estas condiciones es añadirle al suelo nutrimentos en forma natural para incrementar la productividad, mediante la aplicación de abonos orgánicos. Esto implica que la fertilización orgánica es considerada como una alternativa para reducir el uso de agroquímicos, entre ellos los fertilizantes (Martínez et al 2002).

Dado que el estiércol contiene grandes cantidades de compuestos orgánicos de fácil descomposición, la adición de estiércol al suelo casi siempre resulta en un aumento en la actividad biológica. En general, esto incrementa la disponibilidad de muchos nutrientes para las plantas, así como la velocidad de infiltración, la conductividad hidráulica y la retención de agua en tanto que la densidad aparente se disminuye (Serrato et al 2002).

#### 4.4.- CARACTERÍSTICAS DEL FORRAJE ORGÁNICO.

Los sistemas pecuarios sostenibles sobre la base de la utilización de pastos mejorados de alta producción pueden constituir una alternativa viable para los productores. La mayoría de los países utilizan principalmente gramíneas como recurso alimenticio, de manera que se hace necesario el conocimiento y búsqueda de nuevas especies y cultivos para mejorar la calidad nutricional del ganado. La producción mundial de pasturas representa un 47%, las cuales son utilizadas como forraje para animales (Avalos, 2009).

##### 4.4.1.- PLANTA FORRAJERA.

Es toda planta que puede cultivarse con destino al consumo por los animales. Debe reunir condiciones tales como ser nutritiva, palatable, gustoso, de fácil multiplicación, no debe competir con la alimentación humana y que pueda producirse económicamente en relación con el producto final (Avalos, 2009).

Los pastos se originaron en la era terciaria hace más de 70 millones de años y la mayor evolución se ha efectuado por el pastoreo de los animales. Existen en el reino vegetal dos órdenes botánicos de gran importancia por su potencial forrajero y la gran cantidad de géneros y especies que abarcan dentro de la flora universal. Estos órdenes agrupan a las gramíneas y a las leguminosas (Avalos, 2009).

Las gramíneas comprenden aproximadamente 75% de las plantas forrajeras, existen 700 géneros de gramíneas con 10.000 especies de las cuales son importantes 40. En el mundo se encuentran 600 géneros de leguminosas con 11.000 especies de las cuales 25 son importantes (Avalos, 2009).

#### 4.4.2.- MORFOLÓGIA DE LAS GRAMINEAS.

Las gramíneas pueden ser anuales o perennes. Casi todas herbáceas, excepto 5%. Se considera la familia más importante de las monocotiledóneas, su tamaño varía desde 2-3 cm. De altura hasta 30 m. (bambú) (Avalos, 2009).

Las gramíneas pertenecen a la familia Poaceae, la más grande de las familias del reino vegetal. Según Dawson y Hatch (2002) 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. En cualquier caso la Panicoideae es una de las sub-familias dentro de la cual se encuentra la tribu Paniceae. Dentro de esta tribu, a su vez, se encuentra el género Pennisetum el cual agrupa a cerca de 80 especies (Avalos, 2009).

#### 4.4.3.- CLASIFICACIÓN BOTANICA.

Reino: Vegetal Subreino: Embryophyta División: Tracheophyta Subdivisión: Spermopsida Clase: Angiospermae Subclase: Monocotyledonae Orden: Glumiflorae Familia: Gramínea Subfamilia: Festucoideae, Bambuseae, Phalaridae, Chlorideae, Agrostideae, Aveneae y Panicoideae (Avalos, 2009).

#### 4.4.4.- ORIGEN DEL PASTO *PENNISETUM*.

Actualmente existe mucho interés en la utilización del pasto *pennisetum sp* en la alimentación animal (Pachamama et al 2006). El pasto *pennisetum violaceum* (*Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum*) es un pasto tropical de alta calidad el cual tiene potencial forrajero para rumiantes. Es un pasto perenne con alta productividad que ha sido introducido por los productores en numerosos países de Latinoamérica (Colombia, Brasil y Venezuela, entre otros) debido a su potencial como forraje para rumiantes (Clavero et al 2009).

El 4 de Octubre de 1965 el padre José Bernal, utilizando su Sistema Químico Biológico S.Q.B, cruzo el pasto elefante napier, *Pennisetum purpureum* (originario del África) y la grama, *paspalum macrophyllum* y obtuvo una variedad que denomino GRAMAFANTE. El 30 de Junio de 1969, utilizando el mismo sistema químico Biológico S.Q.B., cruzo los pastos gramafante (elefante y grama) y guaratara del llano, *axonopus purpussí* y obtuvo la variedad que denomino MARAVILLA O GRAMATARA. Después el padre José Bernal Restrepo, utilizando nuevamente su Sistema Químico Biológico S.Q.B. cruzó: El pasto maravilla o gramatara y la alfalfa Colombia (alfalfa peruana, medicago Sativa Linn con el pasto Brasileiro, *phalaris azudinacea Linn*) y el pasto resultante lo denomino *Pennisetum violaceum* (Avalos, 2009).

#### 4.4.5.- DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA.

RAIZ: Fibrosa, ramificada y habitualmente superficial.

TALLO: - Hueco y sólido. En su mayoría cilíndricos con nudos y entrenudos claros, a veces rizomas (tallos subterráneos) o estolones (tallos rastreros) y erecto o rastrero (con raíces adventicias en los nudos).

HOJAS: Parten de los nudos y constan de vaina que envuelve el tallo, foliolo, lígula: Tejido en la unión vaina - foliolo, de importancia en la clasificación de variedades e híbridos. Y de nervaduras que pueden ser paralelas o longitudinales.

FLORES: Hermafrodita y pequeñas.

FRUTO: Es una Cariópside.

SEMILLA: Formado por embrión con plúmula y radícula, posee abundante endospermo. (Avalos, 2009).

#### 4.4.6.- ADAPTACIÓN DEL PASTO ORGÁNICO.

Esta gramínea crece bien desde el nivel del mar hasta los 2700 metros. Se comporta bien en suelos con fertilidad media o alta y de pH bajos (Avalos, 2009).

El número de macollos por metro cuadrado es superior a distancia de 0.50 m entre surcos con un promedio de 205.3 macollos/m<sup>2</sup> (Pachamama et al 2006).



#### 4.4.7.- HÁBITOS DE CRECIMIENTO.

Especie perenne alta, crece en matos, los tallos pueden alcanzar de 2 a 3 cm de diámetro y alturas de 2 a 3 y hasta 4 metros si se le deja envejecer. Las hojas tienen de 2 a 4 cm de ancho y de 30 a 70 cm de largo; la superficie es lisa a partir de los 900 m.s.n.m. y por debajo de esa altura desarrolla pubescencia, la panícula es parecida a una espiga dura cilíndrica y densamente pubescente, comúnmente de 15 a 20 cm de largo, muy florecida.

CUADRO 3.- CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL FORRAJE ORGÁNICO.

Familia	Sub-familias	Tribus	Géneros	Especies
<b>Poaceae</b>	<i>Pooideae</i> <i>Chloridoideae</i> <i>Oryzoideae</i> <i>Bambusoideae</i> <b><i>Panicoideae</i></b>	<i>Andropogoneae</i> <i>Festuceae</i> <i>Hordeaeae</i> <i>Agrostideae</i> <b><i>Paniceae</i></b>	<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> <b><i>Pennisetum</i></b>	<b><i>americanum</i></b> <b><i>purpureum</i></b> <i>clandestinum</i> <i>typhoides</i> <i>violaceum</i> <i>villosum</i>

Adaptado de Dawson y Hatch, 2002.

#### 4.4.8.- PRODUCCIÓN DE FORRAJE.

La cantidad de forraje obtenido varia dependiendo el tipo y modo de cultivo, se manejan cantidades de 110 o 285 toneladas por hectárea, pero existen números de producción que mencionan hasta 400 toneladas por hectárea (Avalos, 2009).

#### 4.4.9.- MANEJO

La fertilización depende básicamente de las necesidades determinadas en un previo análisis de suelos. El corte debe hacerse a ras de suelo; es resistente a las enfermedades y plagas más comunes de los pastos (Avalos, 2009).

#### 4.4.10.- SIEMBRA

Se recomienda propagarla vegetativamente. La distancia recomendada para sembrar la semilla es de cincuenta a setenta centímetros (50-70 cm.) entre surcos, preferiblemente dos cañas paralelas a máximo dos centímetros (2 cm.) de profundidad (Avalos, 2009).

#### 4.4.11.- VENTAJAS DEL PASTO DE CORTE *PENNISETUM sp.*

- 1.- Posee un alto nivel de proteínas.
- 2.- Posee alto contenido de carbohidratos que lo hace apetecible por los animales.
- 3.- Ha superado en un 25% de crecimiento a otras gramíneas.
- 4.- Es un pasto suave.
- 5.- Es altamente palatable y dulce, más que la caña forrajera.
- 6.- Más producción por hectárea. Produce entre 200 y 400 toneladas por hectárea, es un forraje de alto contenido proteico (hasta 20 %) y azúcares (12 %) con una excelente palatabilidad y resistencia a sequía y a excesos de agua (Avalos, 2009).

#### 4.4.12.- ANÁLISIS DE CONTENIDOS NUTRICIONALES.

Humedad 79,33%	Cenizas 13,5%
Fibra 53,33%	Grasa 2,1%
Carbohidratos solubles 12,2%	Proteínas crudas 16,25%
Nitrógeno 2,6%	Fuente: Laboratorio ClonarI TDA. (Avalos, 2009).

CUADRO 4.- COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL *PENNISETUM SP* COSECHADO A DOS EDADES (56 Y 105 DÍAS).

Fracción	Edad		P
	56	105	
PC	21.8	11.9	0.000
EE	2.51	1.66	0.010
FDN	54.7	66.9	0.000
Gen	10.4	10.5	0.970

(Correa, 2006).

CUADRO 5.- COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL PASTO ORGÁNICO (*PENNISETUM SP*) A DIFERENTES EDADES DE CORTE.

Fracción química	Edad (días)						
	120	90	64	60	51	47	ND <sup>1</sup>
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
Fibra en detergente neutro; %	69.8	81.9	64.5	68.3	66.3	64.6	56.5
Fibra en detergente ácido, %	50.5	61.7	42.9	46.6	46.8	47.3	39.4

<sup>1</sup> No determinada  
(Carulla *et al*, 2004)

(Correa 2008).

CAUDRO 6.- CONTENIDO DE ALGUNAS FRACCIONES QUIMICAS DEL PASTO (*Pennisetum sp*).

Fuente	%MS			
	PC	FDN	EE	Cen
Osorio, 2004	10.9	68.5	2.4	12.0
Betancur, 2004	13.4	64.31	1.76	12.04

Las diferencias en algunos de los resultados entre estos trabajos obedecen posiblemente, a las diferencias de los sitios en los que se realizaron los dos trabajos. Estas diferencias están asociadas a la fertilidad de los suelos y al microclima que rodea a cada sitio (correa, 2006).

#### 4.4.13.- CONDICIONES AGROCLIMÁTICAS.

##### CANTIDAD DE SEMILLA POR HA.

Con 3.000 Kilos de tallos por Hectárea (Avalos, 2009). Cantidad de semilla por hectárea: 4.000 (cuatro mil) Kilos por Hectárea. (Ávila 2004).

ALTURA. A los 90 días alcanza alturas hasta de 4 metros de acuerdo con la fertilización y cantidad de materia orgánica aplicada (Avalos, 2009).

CORTE. El primer corte se debe dejar espigar todo el cultivo, los siguientes cuando la planta tenga un 10% de espigamiento, aproximadamente a los 40 días posteriores a cada corte.

## RENDIMIENTO.

Se han cosechado entre 28 Kg. y 44 Kg. por metro cuadrado (Avalos, 2009).

## USO.

Lo consumen bien los bovinos, equinos, caprinos y ovinos (Avalos, 2009).

### 4.4.14.- DEFICIENCIA DE NUTRIENTES.

**NITRÓGENO.** Se identifica por un crecimiento enclenque, hojas pequeñas, con color verde amarillento uniforme, muerte de las hojas inferiores, maduración temprana, frutos y semillas pequeños.

**FÓSFORO.** Se nota un desarrollo pobre de las raíces, con un crecimiento lento de la planta. Las hojas y los tallos toman un color verde muy oscuro o púrpura. Los cereales no pueden desarrollarse en macollas. La maduración se retrasa.

**POTASIO.** Aparición de pequeñas manchas blancas, amarillas O café rojizas. Quemaduras en los bordes y punta de la hoja. La raíz tiene un desarrollo pobre. Cultivos susceptibles a las enfermedades.

**MAGNESIO.** Pérdida de color verde en las hojas inferiores, pero con su nervadura verde. Tallos débiles, raíces amacolladas.

**AZUFRE.** Plantas pequeñas y enclenques. Tallos delgados. Hojas amarillentas, muy similares a la coloración que toman cuando carecen de nitrógeno. Esta coloración comienza en las hojas superiores.

**CALCIO.** Deformación de las hojas nuevas. Puntos de crecimiento débiles. Tallos también delgados, raíces alargadas y arracimadas. Hojas encarrujadas. Los bordes de las hojas toman una coloración amarilla o café.

**BORO.** Enrollamiento de las hojas superiores. Bordes y punta de las hojas amarillo-rojizas o cafés.

**HIERRO.** Hojas superiores de color amarillo pálido-blanco con nervaduras verdes. Crecimiento débil.

**MANGANESO.** Hojas con manchas amarillas, rojas o cafés, nervadura verde.

**COBRE.** Hojas cloróticas. Marchitamiento de las hojas superiores y muerte de las puntas (Avalos, 2009).



FIGURA 1.- Morfología de las hojas del forraje orgánico.



FIGURA 2.- Inflorescencia del pasto orgánico (*Pennisetum sp.*).

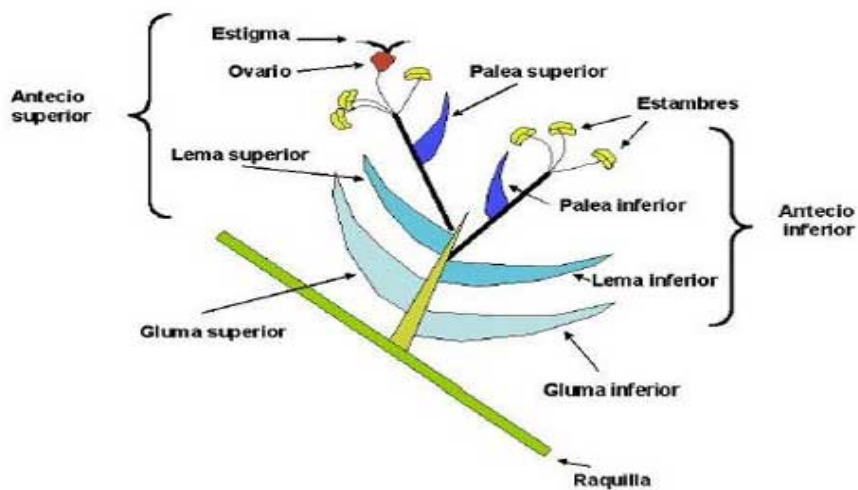


FIGURA 3.- Esquema de las espiguillas del forraje orgánico.

#### 4.5.- DIGESTIBILIDAD.

La digestión de los rumiantes es un proceso complejo que involucra múltiples interacciones entre la dieta, los microorganismos ruminales y el hospedero. Separar el proceso en sus distintos componentes permite un mejor entendimiento de su dinámica y facilita su descripción (Rosero et al 2007).

La interacción alimento-animal, fundamentalmente a nivel del aparato digestivo, es uno de los factores que condicionan la utilización de los alimentos por los animales rumiantes, al determinar tanto su ingestión voluntaria como la eficiencia del proceso digestivo (Carro et al 2000).

La digestión de alimentos en el rumen depende, básicamente, del ritmo de degradación y del ritmo al que abandonan del rumen (ritmo de paso). El ritmo de degradación de los alimentos está condicionado por sus propias características (composición química, tamaño de partícula, procesado previo, etc.), así como por el ambiente ruminal en el que se degradan (pH, flora microbiana, concentración de amoníaco, etc.). El ritmo de paso de la digesta depende de numerosos factores, algunos de ellos relacionados con el animal y su medio ambiente (especie animal, estado fisiológico, temperatura ambiente, etc.) y otros relacionados con el propio alimento (forma física de la ración, proporción forraje: concentrado, etc.). Uno de los factores que afectan más claramente al ritmo de paso de la digesta a través del tracto digestivo es el nivel de ingestión (Carro et al 2000).

La digestión ruminal es un proceso dinámico que involucra la ingestión, rumia y el pasaje de líquidos, bacterias y alimentos no digeridos a través del abomaso hacia el tracto digestivo. La rapidez en la renovación y la fermentación son dos factores que determinan el índice de degradación (Kamande, 2006).

Cuando los forrajes son altamente digestibles y una vez que cubren las necesidades de mantenimiento, el resto está disponible para una mayor producción (Melchor, 2001).

La cantidad y calidad nutritiva de un forraje son factores que interactúan e influyen significativamente en la producción animal. Si la cantidad de forraje disponible no es limitante y no se presentan problemas de cosecha del forraje por parte del

animal, las ganancias de peso estarán determinadas por el consumo voluntario de materia seca digerible, sinónimo de calidad nutritiva (Soto et al, 2009).

Una buena digestibilidad de la dieta resultará en una mayor productividad por parte del animal (Cabrera et al 2006). En la producción de rumiantes es muy importante la eficiencia con la que son utilizados los alimentos, si se tiene en cuenta que por lo regular el 70% del costo de producción depende de los insumos empleados (Sosa et al 2006). Es por eso que es importante analizar los ingredientes sustituidos y conocer su contenido de nutrientes y la digestibilidad, ya que de esto depende el éxito de una explotación (Cabrera et al 2006).

La gran capacidad gástrica de los rumiantes es necesaria para mantener los alimentos el tiempo suficiente para ser digeridos. El rumen nunca se vacía, pero con ayuno prolongado el contenido puede llegar a ser cada vez más fluido. El conocimiento de los factores que alteran las condiciones físicas o el equilibrio químico del rumen es muy importante, porque puede permitir mejorar las condiciones de producción y el rendimiento de los animales (Araujo et al, 2007).

El tiempo de retención de los forrajes en el rumen es muy importante para caracterizar el valor alimentario, especialmente la degradabilidad. Esta información es esencial para optimizar el nitrógeno y la energía disponible para la síntesis de proteína microbiana en el rumen. (Araujo et al, 2007).

Existe una gran variación de la digestibilidad de los forrajes producidos, considerando que una buena tasa de digestibilidad, debe ser más de un 60 %. No toda la FND tiene al mismo valor para un rumiante, su forma física puede alterar su eficiencia, el tamaño, su digestibilidad, son algunos de los factores que afectan su valor (Melchor, 2001).

CUADRO 7.- VARIACIÓN DE LA FIBRA EFECTIVA (FE) DE ALGUNOS ALIMENTOS.

Alimento	efectividad	X % FND	=FND efectiva
Heno de alfalfa	92	45	41.4
Heno de gramíneas	98	55	53.9

(Melchor, 2001).

A través de la fermentación ruminal, el rumiante obtiene los nutrientes necesarios para el mantenimiento de sus funciones biológicas vitales. El rumiante aprovecha los productos finales de la fermentación, particularmente los ácidos grasos volátiles (AGV) y los nutrientes contenidos en los cuerpos celulares de los microorganismos, que son aprovechados al digerirse en el abomaso e intestino delgado (Nava et al 2001).

La tasa de fermentación se incrementa con el turnover hasta el punto en que la capacidad de degradación ruminal se satura. La capacidad del animal de consumir alimento, secretar saliva y eliminar material no digerible es superada y se produce un lavado de la flora ruminal con la consecuente disminución de la digestibilidad. En este punto un incremento en la ingesta de materia seca se asocia a una menor eficiencia de conversión. Una buena comprensión de la tasa de pasaje de los distintos alimentos es importante en la formulación de raciones que permitan sincronizar la liberación de nutrientes, la degradación de la materia orgánica y optimizar la síntesis microbiana. Dietas con alto contenido de fibra aumenta el crecimiento bacteriano como consecuencia mayor producción de saliva rica en minerales y bicarbonato que actúan como tampones (Kamande, 2006).

La interrelación entre el volumen ruminal, la tasa de fermentación y el grado de digestión de la dieta remarcan la importancia de la rotación del contenido ruminal "turnover" en la utilización de la dieta para un rumiante. Largos tiempos de retención redundan en mayores niveles de digestión pero pueden no ser económicos en situaciones prácticas de producción. Un mayor con igual volumen ruminal lleva a un aumento de la productividad de microorganismos (Kamande, 2006). Uno de los principales factores que afectan al crecimiento microbiano en el rumen es la disponibilidad de energía y N, la cual está condicionada por el ritmo y extensión de la degradación de los hidratos de carbono y de la proteína de los alimentos (Carro et al 2000).



Las partículas de alimento deben cumplir varios criterios antes de poder salir del rumen: a) reducción en tamaño; b) reducir la flotabilidad; y c) aumentar la gravedad específica funcional (GEF) y las posibilidades de abandonar el rumen aumentan con el tiempo de residencia. (Araujo et al, 2007).

Las partículas que contienen más fibra indigerible y menos nitrógeno, son más pesadas y alcanzan una GEF más rápidamente y abandonan el rumen más pronto, y las partículas del alimento que contienen más FDN digestible permanecen mayor tiempo en el rumen debido a esta retención selectiva. Las partículas en fermentación atrapan gas y reducen su gravedad específica funcional, permaneciendo más tiempo en el rumen; entonces la digestibilidad potencial y la densidad están inversamente relacionadas. El pasaje selectivo de las partículas indigeribles previene la acumulación en el rumen, y estimula el consumo de nuevo sustrato más rápidamente fermentable. (Araujo et al, 2007).

Las tasas de digestión de los componentes de los alimentos varían considerablemente con valores que van desde 0.02 min<sup>-1</sup> para azúcares solubles hasta 0.02 horas<sup>-1</sup> para carbohidratos complejos en la fibra. EL tiempo de colonización varía en función del sustrato degradado y la presencia de carbohidratos solubles (Rosero et al 2007).

Cuando los rumiantes reciben raciones forrajeras, un aumento del nivel de ingestión suele por otra parte, el ritmo de paso de la digesta afecta a la digestibilidad ruminal de los alimentos, pero también al crecimiento de los microorganismos ruminales. Dado que los microorganismos ruminales constituyen un aporte importante de proteína para los rumiantes (Carro et al 2000).

Histológicamente los tejidos de las plantas forrajeras pueden ser divididos en tres tipos: 1) material rápidamente fermentable (células del mesófilo), 2) material de lenta fermentación (esclerénquima, parénquima) y 3) material indigestible (tejido vascular lignificado) (Rosero et al 2007).

En las primeras horas de fermentación una parte del sustrato, principalmente los azúcares solubles son fermentados inmediatamente, sin embargo ellos sólo

constituyen una pequeña parte del material potencialmente digestible. A medida que el proceso fermentativo continúa, una menor cantidad de material es hidratado y colonizado por los microorganismos ruminales lo que origina diferentes tasas de degradación dependiendo de la concentración de carbohidratos estructurales, contenido de lignina y estado de madurez de la planta.

Estas diferencias en las tasas de digestión y pasaje requieren que los componentes del alimento también sean identificados y contemplados en los modelos de digestión y degradación (Rosero et al 2007).

La relación que existe entre la disponibilidad de carbohidratos y la de proteínas ejerce un fuerte impacto sobre la producción de células microbianas y por lo tanto sobre la nutrición del huésped. La mayoría de los microorganismos ruminales pueden sintetizar proteína a partir de amoníaco proveniente de fuentes no proteicas como la urea. Desde un punto de vista nutricional y económico, esto se ha explotado utilizando fuentes nitrogenadas de bajo costo en lugar de proteínas costosas en las dietas de los rumiantes, permitiendo la síntesis microbiana de proteína para satisfacer las necesidades del hospedero (Nava et al 2001).

La valoración proteica de alimentos para rumiantes no se ha modificado, conceptualmente hablando, durante los últimos 20 años en que se han manejado la partición de la PC entre aquella que se degrada en el rumen (PDR) y la que no se degrada en rumen (PNDR). No parece haber alguna luz que indique que estos conceptos se puedan modificar en los próximos años. Esto se debe fundamentalmente a las dificultades que entraña el desarrollo de metodologías que permitan estimar de manera satisfactoria el uso de la proteína de la dieta que se degrada en el rumen, y su aporte de proteínas al tracto posterior. La técnica de degradabilidad *in situ* continúa siendo la técnica más ampliamente utilizada para estos fines (National Research Council, 2001) no obstante puede tener muchas dificultades para su estandarización (Correa, 2002).

#### 4.6.- MICROORGANISMOS RUMINALES

##### 4.6.1.-BACTERIAS.

Cada mililitro de contenido ruminal alberga alrededor de 10 000 a 50 000 millones de bacterias, siendo estos los microorganismos más abundantes. Las bacterias se encuentran en una gran variedad de géneros y especies por lo menos 28 especies funcionalmente importantes, las cuales se agrupan de acuerdo a su actividad. La mayoría de las bacterias son anaerobias estrictas, que no pueden sobrevivir en presencia de oxígeno, sin embargo también se encuentran presentes organismos facultativos (Nava et al 2001).

CUADRO 8.- GRUPOS DE GÉNEROS BACTERIANOS	
Celulolíticos:	Hemicelulolíticos:
» <i>Bacteriodes succinogenes</i>	» <i>Butyrivibrio fibrisolvens</i>
» <i>Ruminococcus flavefaciens</i>	» <i>Bacteriodes ruminicola</i>
» <i>Ruminococcus albus</i>	» <i>Ruminococcus</i> sp.
» <i>Butyrivibrio fibrisolvens</i>	
Utilizadores de azúcar:	Utilizadores de ácidos:
» <i>Treponema bryantii</i>	» <i>Megasphaera elsdenii</i>
» <i>Lactobacillus vitulinus</i>	» <i>Selenomonas ruminantium</i>
» <i>Lactobacillus ruminus</i>	
Pectinolíticos:	Utilizadores de lípidos:
» <i>Butyrivibrio fibrisolvens</i>	» <i>Anaerovobrio lipolytica</i>
» <i>Bacteriodes ruminicola</i>	» <i>Butyrivibrio fibrisolvens</i>
» <i>Lachnospira multiparus</i>	» <i>Treponema bryantii</i>

» <i>Succinivibrio dextrinosolvens</i>	» <i>Eubacterium</i> sp.
» <i>Treponema bryantii</i>	» <i>Fusocillus</i> sp.
» <i>Streptococcus bovis</i>	» <i>Micrococcus</i> sp.
Amilolíticos:	Proteolíticos:
» <i>Bacteriodes amylophilus</i>	» <i>Bacteriodes amylophilus</i>
» <i>Bacteriodes ruminicola</i>	» <i>Bacteriodes ruminicola</i>
» <i>Streptococcus bovis</i>	» <i>Butyrivibrio fibrisolvens</i>
» <i>Succinimonas amylolytica</i>	» <i>Streptococcus bovis</i>
Productores de amoníaco:	Productores de metano:
» <i>Bacteriodes ruminicola</i>	» <i>Methanobrevibacter ruminantium</i>
» <i>Selenomonas ruminantium</i>	» <i>Methanobacterium formicicum</i>
» <i>Megasphaera elsdenii</i>	» <i>Methanomicrobium mobile</i>
Ureolíticos:	
» <i>Succinivibrio dextrinosolvens</i>	
» <i>Bacteriodes ruminicola</i>	
» <i>Selenomonas</i> sp.	
» <i>Ruminococcus bromii</i>	
» <i>Butyrivibrio</i> sp.	
» <i>Treponema</i> sp.	
Church DcC(ed): The Ruminant Animal, Digestive Physiology and Nutrition. Englewood Cliffs. Nj, Prentice hall, 1988.	

(Nava et al 2001).

Las bacterias representan la fracción de la población ruminal imprescindibles para la vida del rumiante. El neonato adquiere esta flora por el contacto directo con otros bovinos o bien por contacto indirecto a través de elementos contaminados como forrajes o agua de bebida (Enrique et al 2003).

#### 4.6.1.1.- CLASIFICACIÓN FUNCIONAL DE LAS BACTERIAS RUMINALES.

Debe tenerse en cuenta que esta clasificación en grupos no es excluyente, sino que una misma especie bacteriana puede cumplir más de una función metabólica. Por otro lado los microorganismos actúan en sistemas cooperativos dentro de un complejo ecosistema, en el cual simplemente sobresale la acción de una especie como productora de una actividad, pero ésta depende de las condiciones que establecen en conjunto toda la biomasa. Desde el punto de vista metabólico los protozoarios se diferencian de las bacterias por poseer una menor capacidad celulolítica (5 al 20 % del total) y además son incapaces de sintetizar proteínas a partir de NNP (Enrique et al 2003).

CUADRO 9.- CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES DE LAS BACTERIAS.

<b>Grupo de bacterias</b>	<b>Característica funcional</b>	<b>Principales productos finales de su metabolismo</b>
<b>Celulolíticas</b>	<b>fermentan hidratos de carbono estructurales de la pared celular (celulosa, hemicelulosa y pectinas)</b>	<b>AGV (especialmente acetato)</b>
<b>Amilolíticas</b>	<b>fermentan hidratos de carbono de reserva de granos (almidón)</b>	<b>AGV (especialmente propionato)</b>
<b>Sacarolíticas</b>	<b>fermentan hidratos de carbono simples (azúcares vegetales)</b>	<b>AGV (especialmente butirato)</b>
<b>Lactolíticas</b>	<b>metabolizan el lactato</b>	<b>AGV (especialmente propionato)</b>
<b>Lipolíticas</b>	<b>metabolizan las grasas</b>	<b>Acidos grasos libres y AGV (especialmente propionato)</b>
<b>Proteolíticas</b>	<b>degradan las proteínas</b>	<b>AGV y amoníaco (NH<sub>3</sub>)</b>
<b>Metanógenas</b>	<b>producen metano</b>	<b>metano (CH<sub>4</sub>).</b>
<b>Ureolíticas</b>	<b>hidrolizan la urea</b>	<b>CO<sub>2</sub> y NH<sub>3</sub>.</b>

(Enrique et al 2003).

#### 4.6.2.- PROTOZOARIOS.

La población de protozoarios en el rumen es menor a la de las bacterias, encontrándose en concentraciones de 1 millón por ml de contenido ruminal, aunque su número es menor en comparación con las bacterias, estos microorganismos tienen un mayor volumen individual, dando lugar a una masa celular de protozoarios semejante a la masa de las bacterias (Nava et al 2001).

Si bien la mayoría de los protozoarios son ciliados, existen también protozoarios flagelados. Los protozoarios consumen y metabolizan azúcares solubles, hidrolizan bacterias para utilizarlas como sustrato logrando con esto limitar el crecimiento bacteriano.

Un papel particularmente importante de los protozoarios, es su capacidad para frenar la digestión de los sustratos que se fermentan con rapidez, como el almidón y algunas proteínas. Esto es posible ya que los protozoarios engloban al almidón y a las proteínas almacenándolos y protegiéndolos de la acción bacteriana.

#### 4.6.3.- HONGOS

Los hongos que se encuentran en el rumen tienen la capacidad de fermentar polisacáridos (celulosa), calculándose que más del 8% de la biomasa microbiana del rumen está constituida por éstos (Nava et al 2001).

Los hongos poseen una importante actividad celulolítica, en especial cuando el rumiante consume forrajes demasiado maduros o encañados. Los hongos no predominan en el rumen debido a su baja tasa de multiplicación, algunas de las cuales a su vez reprimen su crecimiento (Enrique et al 2003).

#### 4.7.- ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA DE LOS PREESTOMAGOS.

El tracto digestivo de los rumiantes puede ser dividido en tres compartimientos: retículo-rumen, intestino delgado e intestino grueso (Rosero et al 2007).

##### 4.7.1.- RUMEN Y RETÍCULO.

El rumen junto con el retículo forma una cámara, que mantiene un ambiente favorable para la fermentación anaerobia. Un patrón adecuado de fermentación necesita algunas condiciones para desarrollarse en forma adecuada:

- 1.-Debe existir un aporte suficiente de sustratos.
- 2.-Se debe mantener un potencial de óxido-reducción.
- 3.-Temperatura ruminal entre 39 – 40 °C para las condiciones normales de fermentación ruminal (Church, 1974), pero otros autores señalan rangos más amplios entre los 38 y 42 °C.
- 4.-Una osmolaridad cercana a los 300 mosm.
- 5.- La naturaleza de la dieta suministrada es factor determinante aunque los rumiantes poseen un sistema altamente desarrollado para mantener el pH dentro de los límites fisiológicos – 5,5 a 7,0 (Araujo et al 2007).
- 6.-Remoción de los desechos no digeribles.
- 7.- Remoción de microorganismos congruente con la regeneración de los mismos.
- 8.-Remoción de los AGV, producidos durante la fermentación (Nava et al 2001).



(Nava et al 2001)

FIGURA 4.- El contenido del rumen y retículo se acomodan en tres capas dependiendo de su gravedad específica.

#### 4.8.- DIGESTIBILIDAD DE LAS PROTEÍNAS.

Las proteínas son muy importantes en la nutrición del rumiante, las utilizan las partes del cuerpo (sangre, músculos, etc.), sistemas enzimáticos, sistemas de producción de proteína bacteriana. Están compuestas por cadenas nitrogenadas de aminoácidos. El sistema digestivo del rumiante es complejo y depende de microorganismos para digerir alimentos con altos contenidos de celulosa y lignina (elementos presentes en forrajes y harinas) (Mues et al 2005).

La proteína es particularmente vulnerable a la fermentación ruminal, debido a que está formada por carbonos, los cuales se pueden reducir todavía más que los carbohidratos para proveer energía a los microorganismos. Los microorganismos del rumen son capaces de sintetizar todos los aminoácidos, incluyendo los esenciales para el hospedero (Nava et al 2001).

A medida que las proteínas y el NNP entran al rumen son atacados por enzimas microbianas extracelulares, la mayor parte de estas enzimas son endopeptidasas parecidas a la tripsina y forman péptidos de cadena corta como sustratos terminales. Estos péptidos se originan extracelularmente y son absorbidos hacia el interior de los microorganismos. En el citosol los péptidos son degradados a aminoácidos y éstos son utilizados para la formación de proteína microbiana o son degradados todavía más para la producción de energía a través de la vía de los AGV. Para que los aminoácidos entren a esta vía, primero son desaminados para dar lugar a amoniaco y a un esqueleto carbonado (Nava et al 2001).

A nivel intestinal las proteínas y los péptidos son degradados hasta oligopéptidos por la acción de las enzimas proteolíticas pancreáticas (tripsina, quimotripsina y carboxipeptidasa), luego los oligopéptidos son degradados por las oligopeptidasas de la membrana apical de los enterocitos liberando aminoácidos di y tripéptidos que finalmente son absorbidos. Sin embargo, a diferencia de los no rumiantes, la proteína que llega al intestino de rumiante es diferente de la ingerida con la dieta, debido a que los microorganismos ruminales degradan más de la mitad las



proteínas consumidas. Lo hacen mediante proteasas de membrana que desdoblan las proteínas en péptidos y algunos aminoácidos libres, los que son absorbidos por el microorganismo (Enrique et al 2003).

Las bacterias del rumen pueden sintetizar sus propias proteínas (de alto valor biológico) a partir de proteínas de baja calidad que ingresen en la dieta, pudiéndose aprovechar esta proteína bacteriana más tarde en su paso por el abomaso y el intestino (Van Lier et al 2008).

En el rumen, cierta cantidad de proteína dietaria puede escapar a la digestión ruminal y pasar al intestino sin modificarse en el rumen, a ésta se le denomina proteína sobrepasante. La proteína microbiana representada por los cuerpos celulares de los microorganismos, pasa con las proteínas de la ración que no fueron modificadas por la microbiota ruminal a través del omaso, abomaso, hasta el intestino en donde son digeridas por acción de las enzimas pepsina, tripsina, quimiotripsina, carboxipeptidasa y aminopeptidasa en forma similar a la digestión proteica en los monogástricos (Nava et al 2001).

#### 4.9.- DIGESTIBILIDAD DE LOS FORRAJES.

El valor nutritivo de los alimentos está determinado por la biodisponibilidad de nutrientes y la dinámica de los procesos de solubilización e hidrólisis en el tracto gastrointestinal.

Los parámetros de la cinética de fermentación describen la digestión y caracterizan propiedades intrínsecas del alimento que limitan su disponibilidad para el rumiante, determinan la proporción de nutrientes consumidos que pueden ser absorbidos y utilizados por el animal, y dependen de un activo crecimiento y desarrollo de la población microbiana del rumen (Arce et al, 2003).

El análisis de alimentos se lleva a cabo usando técnicas, que intentan predecir alguno de los tres parámetros que constituyen la performance animal: el consumo, la digestibilidad y la eficiencia de utilización. Siendo que las variaciones en el

consumo explican entre un 60 y un 90% de la variación en la energía digestible, sería conveniente entonces determinar aquellas características de los forrajes más asociadas al consumo y a la digestibilidad. Entre ellas, la fibra, la lignina y la PC, junto con una precisa determinación del contenido de MS (Colombatto, 2000).

Los análisis químicos pueden darnos información sobre los componentes químicos del forraje que influyen la digestión del mismo. Los análisis químicos no proveen un estimador directo de valor nutritivo, pero mediante asociaciones estadísticas se pueden obtener estimadores de consumo y digestibilidad (Colombatto, 2000).

El conocimiento de la digestibilidad de los alimentos es básico para establecer su valor nutritivo y, por tanto, para la formulación de raciones para los animales rumiantes (Bochi-brum, 1999).

#### 4.10.- TÉCNICAS DE DIGESTIBILIDAD.

##### 4.10.1.- TÉCNICA DE DIGESTIBILIDAD *IN VITRO*.

El método *in vitro* ha sido utilizado más ampliamente desde su introducción en 1963 son el de Tilley y Terry y el de Van Soest en 1966 (Giraldo, 2007).

##### 4.10.2.- TÉCNICA DE DIGESTIBILIDAD *IN SITU*.

Funciona suspendiendo bolsas de nylon en el rumen, que contengan el tipo de muestras a las que se les tiene que determinar la desaparición de materia orgánica y proteína cruda a diferentes intervalos de tiempo (Villalobos et al 2000).

##### 4.10.3.- TÉCNICA *ANKOM* DE DIGESTIBILIDAD.

*ANKOM* (Daisy II, *ANKOM* Corp., Fairport, NY, EEUU), recientemente introducido para simplificar la estimación de digestibilidad *in vitro* (Colombatto, 2000).

##### 4.10.4.- TÉCNICA DE DIGESTIBILIDAD DE *Gas in vitro*.

La técnica de producción de gas *in vitro* genera datos de cinética de digestión, pero midiendo la fermentación en lugar de su desaparición (Ávila, 2005).

#### 4.11.- MÉTODO DE DEGRADABILIDAD *IN SITU* DE ORSKOV.

El método de la bolsita de nylon (Ørskov et al., 1980), también llamado *in situ* o *in sacco*, ha recibido mucha atención por parte de los nutricionistas debido en parte a su simplicidad de uso, pero principalmente porque representa un adelanto con respecto al método de Tilley y Terry (1963) ya que describe la cinética de degradación de los alimentos en el rumen.

Esta técnica puede también predecir relativamente bien el consumo voluntario y la digestibilidad de un alimento (Ørskov, 2000), y ha contribuido extensivamente a mejorar el entendimiento del aporte de N al rumiante y sus microbios.

Los resultados obtenidos con esta técnica varían con el tipo de procesamiento de la muestra, el procedimiento usado para lavar y secar los residuos, cantidad de pérdida de partícula, sitio de incubación y secuencia, tipo y dieta de animal huésped, tipo de bolsa y tamaño de poro, extensión de la contaminación microbiana, etc (Colombatto, 2000).

Esta técnica funciona suspendiendo bolsas de nylon en el rumen, que contengan el tipo de muestras a las que se les tiene que determinar la desaparición de materia orgánica y proteína cruda a diferentes intervalos de tiempo. El nitrógeno que desaparece de las bolsas es equivalente a la proteína que es degradada (Villalobos et al 2000).

La técnica de la bolsa en el rumen ha sido usada por muchos años para el estudio de la degradación de forrajes. La evaluación de los forrajes: la información de la degradación de diferentes forrajes, de la variación entre especies y variedades, de las diferencias entre diferentes partes de la planta y el efecto de madurez en la degradación, ayuda hacia un mejor entendimiento del potencial de los forrajes, y su selección (Orskov et al 1980).

## V.- MATERIALES Y MÉTODOS.

La fase experimental de esta investigación se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, con dirección de periférico Raul Lopez Sanchez km 2, Torreón Coahuila.

Se utilizó un becerro macho de cruce de Cebú x Holstein de 189 kg de peso, al cual se le practicó una fistula ruminal para colocarle la canula de 3 pulgadas y también se realizó la castración. Su alimentación fue alfalfa, 3 kg alimento concentrado al día y agua a libre acceso.

Las muestras de heno del forraje orgánico se trabajaron en el laboratorio de bromatología donde primeramente se le realizaron los análisis bromatológicos de determinación de materia seca, extracto etereo, proteína cruda, fibra detergente neutro, fibra detergente acido y cenizas. Las muestras del forraje organico se molieron en un molino con malla de 2 mm.

La preparación de las muestras consistió en el pesaje por separado de la liga, argolla, bolsa de nylon, 4 gramos de muestra para la hora 0, 14 gramos de muestra para la hora 96 y 10 gramos de la muestra de heno molido para los demás tiempos. Posteriormente se pesó la bolsa completa con la muestra.

Se utilizó la técnica de la bolsa de nylon, según la metodología descrita por Orskov y col (1980). El tamaño de la malla de la bolsa es de 50  $\mu$ m y el tamaño de la misma es de 140 x 90 mm. Las muestras del pasto organico se incubaron secas y molidas, se utilizaron 3 bolsas por cada tiempo de incubación, para un total de 24 muestras. Los tiempos de incubación fueron 0, 4, 8, 12, 24, 48, 72, 96 horas.

Al estar preparadas las 24 bolsitas se colocaron en el ancla que consiste en un laso delgado con bandolas donde se sujetan las bolsitas para su fácil manipulación una vez que están dentro del rumen. Se inicio con la introducción de las bolsas de la hora cero que consistió en solo humedecerlas en el liquido ruminal por un par de minutos y retirarlas, las demás muestras se introdujeron en el ancla, las bolsas fueron retiradas del rumen al

cumplir el tiempo predeterminado de incubación y lavadas con agua corriente hasta que se obtuvo agua clara y limpia esto fue en aproximadamente 5 minutos.

Para obtener las características químicas del forraje orgánico se realizaron las técnicas descritas por la Association Official Analytical Chemists (AOAC, 1975).

## VI.- RESULTADOS Y DISCUSIONES.

La cuadro 10 muestra los valores nutricionales que se encontraron en esta investigación del forraje orgánico con el que se realizó el trabajo. Las características del forraje que se muestreó no son las óptimas, se contó con un heno con un estado de madurez muy avanzado y se puede observar que cuando se realizó el corte el cultivo ya se estaba secando, se puede decir que más que un heno este forraje se encontraba en calidad de rastrojo de acuerdo a las publicaciones de Correa (2008) que recomiendan el corte en promedio a los 75 días. Este estudio indica que la calidad del forraje orgánico es afectada negativamente a medida que avanza la madurez de la planta lo cual puede ser debido a incrementos en la acumulación de material muerto en el perfil de la planta y la lignificación de las paredes celulares (Clavero et al 2009).

<b>HENO</b>	<b>%</b>
<b>Materia seca</b>	91.57 %
<b>Extracto Etéreo</b>	3.08 %
<b>Proteína Cruda</b>	10.70 %
<b>FDN</b>	67.39 %
<b>FDA</b>	41.07 %
<b>Ceniza</b>	13.91 %

(Fuente: UAAAN-UL)

CUADRO 10.- ANALISIS BROMATOLOGICO DEL FORRAJE ORGÁNICO.

Los resultados obtenidos mediante la técnica *in situ* muestran en la hora 4 una baja en la digestibilidad de la proteína cruda, esto debido tal vez a que los microorganismos en reconocer el sustrato y además de romper la pared celular para poder acceder a la proteína que permanece en el citosol de las células vegetales del forraje.

A la hora 8 hay un aumento de 20 puntos porcentuales en la digestibilidad de la proteína cruda, llegando a valores aceptables del 50 % para las características del forraje muestreado, esto pudo haberse debido a que 8 horas fueron suficientes para que los microorganismos ruminales reconocieran y digirieran los nutrientes; y a partir de esa hora se ve una marcada disminución en la digestibilidad, significando esto que la proteína cruda de este forraje está muy disponible y que la pared celular, cede muy rápido al ataque bacteriano.

Considerando el tiempo de pasaje de los alimentos a través del rumen, se puede decir que el forraje orgánico muestreado en el presente trabajo, teniendo un comportamiento aceptable en cuanto a la resistencia al ataque bacteriano y tuvo disponibles los nutrientes contenidos, para que fueran usados en la nutrición del hospedero.

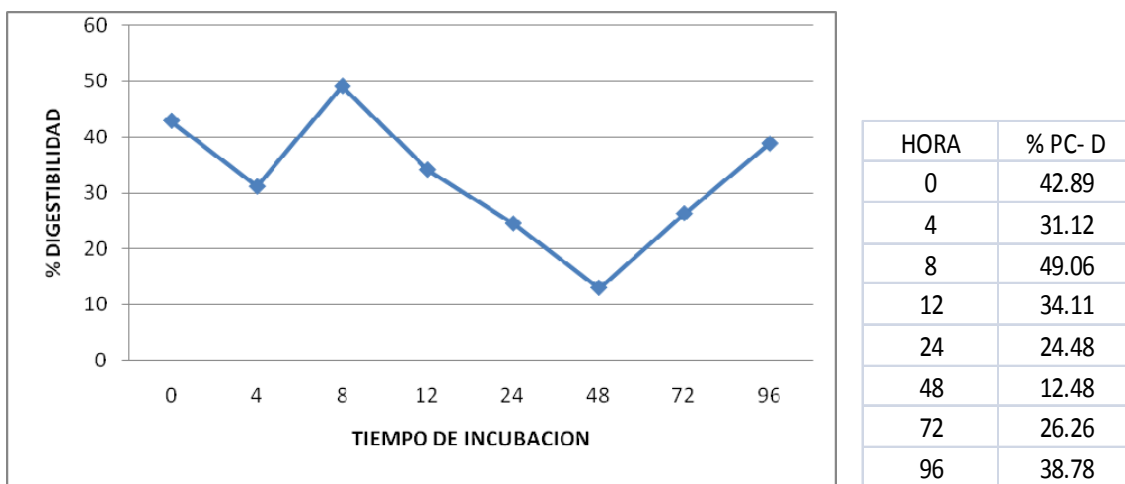


FIGURA 5.- Curva de degradabilidad *in situ* de la proteína cruda del forraje orgánico.

## VII.- CONCLUSIONES.

Las muestras del forraje orgánico (*Pennisetum sp*) trabajadas en esta investigación muestran una degradabilidad ruminal aceptable, tomando en cuenta que las características de las muestras que se trabajaron en esta investigación no son las recomendadas por los diferentes autores que recomiendan un corte como aceptable un promedio de 75 días, o con una floración del 10 % que es cuando se reporta su mayor valor nutritivo.

Se recomienda realizar más investigaciones a este forraje ya que para conocer su potencial es necesario su estudio a edades de corte recomendadas, y no se sabe aun la respuesta de adaptación del forraje en la comarca lagunera, recordando que en México son pocos los cultivos que se encuentran establecidos en la republica mexicana, y los existentes se encuentran en el centro y el sureste del país, y por medio de más estudios se puede predecir si el forraje orgánico representa una opción para ser utilizado en la ración del ganado en la comarca lagunera.

## VIII.- LITERATURA CITADA.

Aguado G. A. S., Rascón Q. C., Pons J. L., Grageda O. C., García E. M., 2004, manejo biotecnológico de gramíneas forrajeras, Técnica Pecuaria en México, mayo-agosto, año/vol.42, numero 002, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México, pp. 261-276.

AOAC, 1975, Official Methods of Analytical, Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.

Armando G.S, Rascón Q. C, Pons J.L. H, Grageda O. C., García E. M, 2004, Manejo biotecnológico de gramíneas forrajeras, Técnica pecuaria en México, mayo-agosto, año/vol. 42, numero 002, instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarios, México, México.

Araujo O F, Vergara J L, 2007, propiedades físicas y químicas del rumen, Arch. Latinoam. Prod. Anim. Vol. 15 (Supl. 1) 2007 -133.

Arce C, Arbaiza T, Carcelen F, Lucas O, 2003, Estudio comparativo de la digestibilidad de forrajes mediante dos métodos de laboratorio, Rev. Inv. Vet Perú 2003:14 (1): 7-12.

Avalos E. D, 2009, Reproduccion vegetativa del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*) y su respuesta a la fertilización química y organica en la granja laguacoto II, canton Guaranda, Provincia Bolivar, Universidad Estatal de Bolivar, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

Ávila P, 2004: El ultimo avance científico en pasto de corte, Manual del pasto 1.- análisis de los contenidos nutricionales, [pedro@maralfalfaprogreso.com.ve](mailto:pedro@maralfalfaprogreso.com.ve).



Bonchi-Brum O, Carro M. D, Valdés J. S, López S, 1999, Digestibilidad *in vitro* de forrajes y concentrados: efecto de la ración de los animales donantes de líquido ruminal, Arch. Zootec. 48: 51-61. 1999.

Cabrera P. J, Gonzales G., Aguilera B. A., Bernal S., Hernández M., 2006, evaluación de la digestibilidad *in vitro* de la ración para becerros en crecimiento conteniendo desechos de industrialización de los cereales, Universidad Autónoma de Querétaro, Centro de Tecnología Avanzada, A. C.

Cadena Melchor, 2001, La calidad del forraje en la alimentación de vacas altamente eficientes, (En línea) [http://www.agribiotech.com.mx/articulostecnicos/LACALIDAD DE LOS FORRAJES EN LA ALIMENTACION DERLAVACA LECHERA](http://www.agribiotech.com.mx/articulostecnicos/LACALIDAD_DE_LOS_FORRAJES_EN_LA_ALIMENTACION_DERLAVACA_LECHERA).

Campell M. M, Crohn D, 2008, uso del estiércol del establo como fertilizante nitrogenado para cultivos forrajeros, Ecos del Simposium de Alfalfa, Forrajes del oeste-en San Diego Calif-Diciembre 2008, Universidad de California.

Carro, Valdez C, Ranilla M. J, González J.S, 2000, efecto del nivel de ingestión sobre la cinética de tránsito y la síntesis de proteína microbiana en ovejas alimentadas con raciones con diferente relación forraje: concentrado, Invest. Agr. : Prod. Sanid. Anim. Vol. 15 (1-2).

Colombatto D, 2000, Análisis de alimentos: Aplicaciones prácticas, Departamento producción Animal, Facultad de agronomía, Universidad de buenos Aires, Argentina, E-mail:colombat@agro.uba.ar.

Correa H C, 2002, El metabolismo del nitrógeno y su relación con las alteraciones reproductivas en vacas de alta producción, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, Facultad de Ciencias agropecuarias, Departamento de producción Animal, hjcc\_unal@hotmail.com.

Correa H J 2006: Calidad nutricional del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*) cosechado a dos edades de rebrote. *Livestock Research for Rural Development. Volume 18, Article#84*. Retrieved March 16, 2010, from <http://www.lrrd.org/lrrd18/6/corr18084.htm>

Correa H. J, 2008, Pasto maralfalfa: mitos y realidades (primera parte), Dpto. de producción animal, Universidad Nacional de Colombia, cooperativa COLANTA.

Clavero T., Razz R., 2009, Valor nutritivo del pasto maralfalfa (*Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum*) en condiciones de defoliación, Rev.Fac.Agron. (LUZ). 2009, 26:78-87. [tclavero@hotmail.com](mailto:tclavero@hotmail.com)

CLAES (Centro Latino Americano de Ecología Social) 2003, Producción orgánica en América latina crecimiento sostenido con énfasis exportador, Observatorio del desarrollo, (en línea) [www.ambiental.net](http://www.ambiental.net).

Clavero T., Razz R., 2009, Valor nutritivo del pasto maralfalfa (*Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum*) en condiciones de defoliación, Centro de Transferencia de Tecnología en Pastos y Forrajes. Facultad de Agronomía. Universidad de Zulia. Apdo 15908. Maracaibo 4005. Venezuela.

DÍAZ, M. ECHENIQUE, V. SCHRAUF, G. CARDONE, S. POLCI, P. LUTZ, E. SPANGENBERG, G.. Biotecnología y mejoramiento genético de especies forrajeras: RIA.Revista de Investigaciones Agropecuarias [en línea] 2004, vol. 33 no. 003 [citado 2010-03-16]. Disponible en Internet: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=86433306>.  
ISSN 0325-8718

Enrique A, Mattioli, Guillermo A, Graduate research Associate, departamento of animal sciences, The Ohio State University, 2003, Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes.

Ferret A, 2003, Control de calidad de forrajes, XIX curso de especialización, Universidad Autónoma Barcelona.

Giraldo L. A, Gutiérrez L, Rúa C, 2007, Comparación de dos técnicas *in vitro e in situ* para estimar la digestibilidad verdadera en varios forrajes tropicales, 0120-0690 Rev. Colom Cienc Pecua vol.20 N°.3.

Jorgelina A. F, 2008, Noticias y comentarios, N° 429 Enero 2008, [jflores@correo.inta.gov.ar](mailto:jflores@correo.inta.gov.ar).

Kamande G. M., 2006, Digestión Ruminal y Nutrición, Congreso de Forrajes. Producir XXI, Bs. As., 15 (180):52-57. Iowa, USA.

López Martínez, José Dimas Gallegos Robles, Miguel, Serrato C., J. Santos, Valdez Cepeda, Ricardo D., Martínez Rubin, Enrique. Producción de algodón transgénico fertilizado con abonos orgánicos y control de plagas TERRA Latinoamericana [en línea] 2002, 20 (julio-septiembre): [fecha de consulta: 16 de marzo de 2010] Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=57320311> ISSN 0187-5779

Nava C C, Díaz A C, 2001, Introducción a la digestión ruminal, departamento de nutrición animal, facultad de medicina veterinaria y zootecnia,

Norma oficial de la federación del 23 de abril de 1997, NOM-037-FITO-1995, Por la que se establecen las especificaciones del proceso de producción y procesamiento de productos agrícolas orgánicos.

Martínez A. M., manejo de forrajes invernales para rotaciones de cultivo: Boletín informativo de SERIDA-n°3, [npedrol@serida.org](mailto:npedrol@serida.org).

Mues N, Walz T, 2005, sistema de proteína metabólica (MP), Instituto de agricultura y recursos naturales de la Universidad de Nebraska.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentaria (FAO) Serie: Divulgativa 2005. Proyecto Especial para la Seguridad Alimentaria (PESA) en Honduras.

Ørskov E. R., F D DeB Hovell & F Mould *Rowett Research Institute, Bucksburn, Aberdeen, Scotland, 1980*, paper first presented at the third annual conference on tropical animal production, Merida, México, Trop Anim Prod 1980 5:3 195.

Pachamama H. N, Paladines O, 2007, Respuesta del pasto maralfalfa (*Pennisetum violaceum*) a la fertilización nitrogenada con dos distancias de siembra, RUMIPAMBA VOL. XXI N° 1 2007.

Relling A. E., Mattioli G. A., 2006, Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes, Facultad de Ciencias Veterinarias, UNLP.

Romero L. 2005. No todos los rollos son iguales. Infortambo, Bs. As., 198:92-95 (en línea) [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar) / [www.produccionbovina.com](http://www.produccionbovina.com).

Rosero N R, Posada O S, 2007, modelación de la cinética de degradación de alimentos para rumiantes, rev col cienc pec 2007; 20:174-182.

SERRATO-SÁNCHEZ, Raúl. ORTÍZ-ARELLANO, Álvaro. DIMAS-LÓPEZ, José. BERÚMEN-PADILLA, Salvador. Aplicación de lavado y estiércol para recuperar suelos salinos en la Comarca Lagunera, México: TERRA Latinoamericana [en línea] 2002, vol. 20 no. 003 [citado 2010-03-16]. Disponible en Internet: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=57320312>. ISSN 0187-577 (Serrato et al 2002).

Soto S, Rodríguez J. C, Russo R, 2009, digestibilidad *in vitro* de forrajes tropicales a diferentes edades de rebrote, 5 (1): 83-89.

Trinidad S. A, Abonos orgánicos, Instituto de recursos naturales, colegio de postgraduados, SAGARPA.

Urbano D., Dávila C., Castro F, 2008, Producción de pastos y forrajes, base de la alimentación sustentable para los bovinos, Instituto nacional de investigaciones agrícolas (INIA- Mérida).durbano@inia.gob.ve, Universidad de los Andes(FCFA-IIAP). Ciro\_ davila@hotmail.com, Fernando\_castro@yahoo.com. Maracaibo Venezuela.

Van L. E, Regueiro M, 2008, Digestion en retículo rumen, departamento de producción animal y pasturas, cursos de anatomía y fisiología animal.

VILLALOBOS-GONZÁLEZ, Carlos. GONZÁLEZ-VALENZUELA, Eduardo. ORTEGA-SANTOS, José Alfonso. Técnicas para estimar la degradación de proteína y materia orgánica en el rumen y su importancia en rumiantes en pastoreo: Técnica Pecuaria en México [en línea] 2000, vol. 38 no. 002 [citado 2010-03-16]. Disponible en Internet: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=61338207>

Viviani R. E, Barbossa R, 2006, heno de calidad, rbarbossa@correo.inta.gov.ar.