

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**

**DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN ANIMAL**



**Digestibilidad *in vitro* del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) fertilizado con ENTEC® y ensilado con diferentes niveles de inoculante/conservador**

**Por**

**ALEJANDRO DE JESÚS VÁZQUEZ ROBLES**

**TESIS**

**Presentada Como Requisito Parcial Para**

**Obtener el Título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

**Saltillo, Coahuila, México.**

**Marzo del 2015**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN ANIMAL

**Digestibilidad *in vitro* del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*)  
fertilizado con ENTEC® y ensilado con diferentes niveles de  
inoculante/conservador**

POR

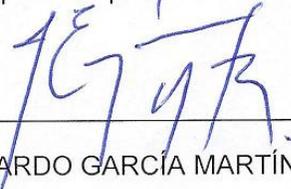
**ALEJANDRO DE JESÚS VÁZQUEZ ROBLES**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

Aprobada por:



Dr. JOSÉ EDUARDO GARCÍA MARTÍNEZ

Director



MC. CAMELIA CRUZ RODRÍGUEZ

Coasesor



MC. LAURA MARICELA LARA LÓPEZ

Coasesor

Coordinador de la División de Ciencia Animal



DR. JOSÉ DUEÑEZ ALANÍS

Buenavista, saltillo Coahuila, México.

Marzo, 2015

# **AGRADECIMIENTO**

## **A DIOS**

Primeramente por haberme dado la oportunidad de vivir, por darme salud y guiarme a lo largo de mi vida, por darme fuerza para superar los obstáculos y superarme.

## **A MIS PADRES**

José Virgilio Vázquez Gómez y Guadalupe Robles Pérez por darme el amor, el cariño y el apoyo incondicional a lo largo de mi vida, por confiar en mí, los amo.

## **A MI ALMA TERRA MATER**

Por darme la oportunidad de formar parte de ti y por brindarme las herramientas para lograr mis objetivos, un logro muy importante en mi vida con orgullo mi carrera profesional.

## **DOC. JOSÉ EDUARDO GARCÍA MARTÍNEZ**

Por compartir conmigo parte de sus conocimientos, por su valiosa asesoría, dedicarme su tiempo agradezco infinitamente sus constructivos consejos y su apoyo.

## **A MIS AMIGOS**

Por brindarme su apoyo, compartir buenos momentos y brindarme su amistad que fue fundamental para salir adelante, permanecer y terminar la universidad.

## **A MIS PROFESORES**

Por haber compartido sus conocimientos y por ayudarme a sacar lo mejor de mí.

**MUCHAS GRACIAS.**

## DEDICATORIA

### **A mi papa y mi mama:**

Sr. José Virgilio Vázquez Gómez.

Sra. Guadalupe Robles Pérez.

Por su tiempo, su esfuerzo y amor, por su trabajo inmenso todo para darme lo mejor y el apoyo infinito para poder alcanzar mi carrera profesional. Los amo y los tengo siempre conmigo.

### **A mi esposa**

Citlalli Rincón Vázquez

Por brindarme tu amor y ser muy paciente conmigo, por apoyarme y alentarme a terminar mis estudios. Por formar parte de mi vida y permitirme ser parte de la tuya.

### **A mi hija**

Itzel Alejandra Vázquez Rincón

Por haberte convertido en el motivo de seguir adelante, tu sonrisa es el combustible que necesito para seguir preparándome como ser humano y en lo profesional. Mi amor es tuyo hoy y siempre.

## MANIFIESTO DE HONESTIDAD ACADÉMICA

El suscriptor, Alejandro de Jesús Vázquez Robles, estudiante de la carrera Ingeniero Agrónomo Zootecnista, con matrícula 41100462 y autor de la presente tesis manifiesto que:

1. Reconozco que el plagio académico constituye un delito que está penado en nuestro país.
2. Las ideas, opiniones, datos e información publicadas por otros autores y utilizadas en la presente tesis han sido debidamente citadas reconociendo al autor de la fuente original.
3. Toda la información consultada ha sido analizada e interpretada por el suscrito y redactada según su criterio y apreciación, de tal manera que no se ha incurrido en el "copiado y pegado" de dicha información.
4. Reconozco las responsabilidades sobre los derechos de autor de los materiales bibliográficos por cualquier vía y manifiesto no haber hecho mal uso de ninguno de ellos.
5. Entiendo que la función y el alcance de mi Comité de Asesoría, está circunscrito a la orientación y guía respecto la metodología de la investigación realizada por la siguiente Tesis, así como del análisis e interpretación de los resultados obtenidos, y por tanto eximo de toda responsabilidad relacionada al plagio académico a mi comité de asesoría y acepto que cualquier responsabilidad es únicamente parte mía.



---

Alejandro de Jesús Vázquez Robles  
Tesisista de Licenciatura/UAAAN

## RESÚMEN

Existe una gran variedad de especies vegetales nativas e introducidas utilizadas en la alimentación y nutrición animal sin embargo utilizar alimentos de buena calidad implica mayores costos por lo que buscar nuevas alternativas es necesario para los productores, para implementar el uso de nuevas especies es necesario conocer las prácticas que deben llevarse a cabo para obtener óptimos resultados.

El pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) se ha utilizado en la alimentación animal en países de Suramérica y se ha introducido a México debido a su calidad en cuanto a nutrientes que se presume contiene, sin embargo es necesario realizar estudios para confirmar, además se desconocen que prácticas pueden mejorar sus características al momento de ser ensilado ya que en el norte de México es un modo de conservación muy utilizado.

En el presente trabajo se determinó la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*), fertilizado con ENTEC<sup>®</sup> y cosechado a los 84 días. En este trabajo se analizaron 5 tratamientos con diferente dosis del inoculante/conservador Sill All 4x4<sup>®</sup>, los tratamientos fueron T1= 0g, T2=2.5g, T3=5.0g, T4=7.5g y T5=10 g/Ton. Se determinó la DIVMS por medio de la técnica de Tilley y Terry (1963). Los coeficientes de digestibilidad fueron analizados mediante un diseño completamente al azar con igual número de repeticiones y las medias de DIVMS se compararon con la ayuda de una prueba de Tukey donde se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ( $P<0.01$ ). T1 fue superior obteniendo un resultado de 56.41% en DIVMS, el resto de los tratamientos se comportaron de manera similar. Una dosis de 2.5g/ Ton de inoculante/conservador es suficiente para obtener una máxima DIVMS por lo que es recomendable su uso en ensilados de pasto maralfalfa.

**Palabras Clave: Digestibilidad, Calidad, Maralfalfa, Ensilado, Inoculante.**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

Contenido	Página
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	1
1.1. Objetivo	2
1.2. Justificación	2
1.3. Hipótesis	2
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA</b>	3
2.1. Antecedentes	3
2.2. Taxonomía	5
2.3. Usos de la Maralfalfa	6
2.4. Calidad de Forraje	8
2.4.1. Consumo	9
2.4.2. Composición Química	11
2.4.3. Digestibilidad	13
2.5. Métodos para Determinar la Digestibilidad	17
2.5.1. Métodos <i>In Vivo</i>	18
2.5.2. Método <i>In Vitro</i>	20
2.5.3. Método <i>In Situ</i>	22
2.6. Proceso de Ensilaje	24
2.6.1. Operaciones para obtener un buen ensilado	25
2.6.2. Tipos de silos utilizados	26
2.6.3. Fases del ensilado	26
2.6.4. Pérdidas durante el ensilaje	28
2.6.5. Características del ensilado	29
2.7. Valor Relativo Forrajero	30
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	32
3.1. Descripción del Área Estudiada	32
3.2. Análisis Estadístico	32
3.3. Análisis de Muestras	33
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	38
<b>5. CONCLUSIONES</b>	42
<b>6. BIBLIOGRAFÍA</b>	43

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Página</b>
Cuadro 2.1. Clasificación taxonómica del genero <i>Pennisetum</i> .	6
Cuadro 2.2. Composición química del pasto Maralfalfa.	12
Cuadro 2.3. Composición química del pasto Maralfalfa.	13
Cuadro 2.4. Digestibilidad del pasto Maralfalfa.	17
Cuadro 4.1. Análisis de varianza de los coeficientes de digestibilidad <i>in vitro</i> del pasto Maralfalfa ( <i>Pennisetum sp.</i> ) fertilizado con ENTEC 26® y ensilado con diferentes niveles de inoculante/conservador.	38
Cuadro 4.2. Medias de tratamiento de los coeficientes de digestibilidad <i>in vitro</i> del pasto Maralfalfa ( <i>Pennisetum sp.</i> ) fertilizado con ENTEC® y ensilado con diferentes niveles de inoculante/conservador.	39

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
Figura 3. 1. Diagrama del Método de Digestibilidad <i>In Vitro</i> de Tilley y Terry.	36
Figura 4.1. Comportamiento de los coeficientes de digestibilidad <i>in vitro</i> del pasto Maralfalfa ( <i>Pennisetum sp.</i> ) fertilizado con ENTEC 26® y ensilado con diferentes niveles de inoculante/conservador.	39

## 1. INTRODUCCIÓN

Las actividades ganaderas en nuestro país son de suma importancia económica, además estas se desarrollan en las regiones que no son aptas para la agricultura ya sea por las condiciones edafológicas y climáticas. La producción de diferentes especies ganaderas son la fuente de alimentos básicos de la población pues nos provén de carne, leche, pieles, lana, y otros productos derivados de estos.

En las regiones de grandes explotaciones pecuarias nos encontramos con problemas que están ligados a la producción como los altos costos de alimentación que se encuentran alrededor del 70% del total de los costos de la producción, por esta razón es fundamental buscar nuevos ingredientes en la alimentación animal como los son los forrajes de alta calidad y así contribuir a obtener una menor degradación de los recursos económicos y naturales disponibles.

La utilización de pastos de cortes es una actividad que se realiza con frecuencia para abastecer las explotaciones intensivas pues se requieren de grandes cantidades de forraje en la alimentación haciendo que las especies nativas no satisfagan las cantidades requeridas. Por esa razón implementar especies forrajes como lo es el pasto colombiano Maralfalfa es una opción para reducir los costos de alimentación en las explotaciones. El pasto Maralfalfa está siendo utilizado, ya que ofrece una alta calidad nutricional mucho mayor que otros pastos, además produce grandes cantidades de forraje que es muy palatable para los animales por su alto contenido de carbohidratos.

Obtener nuevos y mejores resultados requiere de implementar las técnicas utilizadas en otros forrajes a esta especie para observar su desempeño y las propiedades que pueden mejorarse, como es el ensilaje y así poder ser utilizado teniendo presente que es una opción viable.

### 1.1. Objetivo

El objetivo del siguiente trabajo es conocer la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) del pasto Maralfalfa ensilado con diferentes dosis de inoculante conservador.

### 1.2. Justificación

Determinar la digestibilidad de la materia seca del pasto Maralfalfa (*Pennisetum sp.*) ensilado con inoculante conservador, para ofrecer nuevos ingredientes a la alimentación animal.

### 1.3. Hipótesis

**H<sub>0</sub>:** La digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) entre los silos de pasto Maralfalfa (*Pennisetum sp.*) tratados con las diferentes dosis de inoculante conservador no son diferentes.

**H<sub>α</sub>:** La digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) entre los silos de pasto Maralfalfa (*Pennisetum sp.*) tratados con las diferentes dosis de inoculante conservador son diferentes.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Antecedentes

El pasto colombiano Maralfalfa (*Pennisetum sp.*), se está utilizando en la alimentación animal y ha tomado gran popularidad dentro de las explotaciones por su capacidad de producir forraje de calidad y aun que su origen no está bien definido se le han atribuido varias hipótesis con respecto a su origen, esto por su gran parecido a otras especies de pastos que ya son utilizadas en la alimentación animal.

Entre las principales hipótesis que se tienen se encuentra la del sacerdote Jesuita José Bernal Restrepo (1979) quien asegura que el pasto Maralfalfa fue obtenido en la combinación de varias especies en las que se encontraba 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*). Las cruces se realizaron de manera consecutiva y se realizaron con el método sistema químico biológico (S.Q.B) que el mismo desarrollo, del cual no se tienen indicios y tampoco la metodología. ([http://www.maralfalfa.mx/historia\\_Maralfalfa/](http://www.maralfalfa.mx/historia_Maralfalfa/))

El origen del pasto Maralfalfa no es muy claro, por lo que puede tratarse de otro pasto, estudios recientes dan como resultado que se trata del *Pennisetum hybridum* que es comercializado en Brasil con el nombre de pasto elefante paraíso Matsuda (Correa *et al.*, 2005).

Este pasto es el resultado de una cruce entre los pastos *Pennisetum americanum* L. y el *Pennisetum purpureum* Schum, la cual tiene características muy nutritivas y una alta producción forrajera, por lo que de manera errónea se le puede atribuir el nombre del pasto Maralfalfa sin saber correctamente si es esta especie, esto ocurre con otras especies pues se les denominan pasto maralfalfa por las características que presentan.

El híbrido *Pennisetum hybridum* obtenido en la cruce de los pastos *Pennisetum americanum* L. y el *Pennisetum purpureum* Schum, resulta ser un triploide que es estéril y para obtener híbridos fértiles se ha utilizado Colchicina que duplica el número de cromosomas y se obtiene un híbrido hexaploide que si es fértil y así propagar esta especie (Macon et al., 1992).

Sánchez y Pérez (2007) en un comunicado personal a Correa et al. (2005)

Señalan que muestras del pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp.) que fueron analizadas por el Herbario MEDEL de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, dieron como resultado que se trata de otro pasto identificado como *Pennisetum violaceum* (Lam.) sin embargo hay mucho trabajo que hacer aún por lo que se requiere de investigación para obtener e identificar la especie de manera correcta, ya que existen pastos silvestres y otros híbridos que tienen gran parecido con el pasto Maralfalfa.

El origen del pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp.) seguirá siendo una incógnita mientras no se realicen los análisis correspondientes pues podría tratarse de otros *Pennisetum* que ha sido cultivado anteriormente pudiendo ser silvestre o cruces entre especies.

## 2.2. Taxonomía

[Correa et al. \(2005\)](#) mencionan que en las gramíneas se dificulta la identificación y clasificación taxonómica, como es el caso del pasto Maralfalfa (*Pennisetum sp.*). La familia Poaceae o de las gramíneas son reconocidas fácilmente de otras familias, pero se dificulta distinguir las en los géneros y especies correspondientes debido a su gran parecido morfológico.

La familia Poaceae comprende alrededor de 10.000 especies que se agrupan en 650 géneros y 26 tribus. De todas las especies de gramíneas solo 400 son cultivadas y alrededor de 40 han sido mejoradas, desde un punto económico son las más importantes ([Sierra, 2005](#)).

Existen especies muy parecidas al pasto maralfalfa por lo que en experimentos realizados se usan otros pastos identificando a estos como maralfalfa de manera errónea. Por ejemplo [Sánchez y Pérez \(2007\)](#) señalan que muestras del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) fueron analizadas obtuvo como resultado que se trata del *Pennisetum violaceum* (Lam.) y mencionan que aún puede ser que se trate de una especie silvestre o un híbrido (*Pennisetum americanum* L. x *Pennisetum purpureum* Schum). Por lo que se requiere un análisis amplio de las especies estudiadas que se tienen para poder diferenciarlos.

Para que la clasificación del pasto maralfalfa sea correcta se necesitan estudios morfológicos y genéticos de este pasto para ser comparado con otros pastos los cuales se han identificado como el pasto maralfalfa. En el cuadro 2.1. Se desglosa la clasificación de las Poaceae o gramíneas hasta llegar al género *Pennisetum*, se tendrán que realizar los estudios correspondientes para obtener la especie correcta del pasto maralfalfa, ya que estudios recientes han demostrado que se trata de otros pastos o una cruce. Por el momento se sugiere que se le denomine como *Pennisetum sp.* ([Correa et al., 2005](#)).

**Cuadro 2. 1. Clasificación taxonómica del genero *Pennisetum*.**

<b>Familia</b>	<b>Sub-familias</b>	<b>Tribus</b>	<b>Géneros</b>	<b>Especies</b>
<b><i>Poaceae</i></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>Hordeae</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>

**Fuente:** [Correa et al. \(2005\)](#) Pasto maralfalfa: Mitos y realidades.

### 2.3. Usos de la Maralfalfa

El pasto maralfalfa está siendo adoptado en la ganadería por su adaptabilidad en condiciones que otros pastos no pueden desarrollarse, como en zonas con suelos pobres en materia orgánica, su alta producción de forraje es sobresaliente, con un tercer corte a los 75 días se han obtenido cosechas con una producción promedio de 28,5 kilos por metro cuadrado y 285 toneladas por hectárea, al realizar el corte a esa edad se tiene una altura promedio por caña de 2,50 metros. Es recomendable que los cortes se realicen cuando el cultivo alcance aproximadamente un 10 % de espigamiento, (<http://sdgmaralfalfa.jimdo.com/informaci%C3%B3n-de-maralfalfa/>).

El pasto colombiano maralfalfa ha demostrado ser un pasto de cualidades muy nutritivas que es una ventaja sobre otros pastos y por eso ha ganado cada vez más popularidad en la alimentación animal. Actualmente está siendo utilizada en la alimentación de bovinos, equinos, caprinos y ovinos. Se ha estado empezando a utilizar en monogástricos, los resultados obtenidos en aves y cerdos son muy buenos. En el ganado lechero se puede suministrar en fresco o ensilado, para el ganado de engorda y equinos se recomienda siempre suministrarlo marchito (<http://www.maralfalfaprogreso.com/index.php/usos-57>).

El pasto maralfalfa se utiliza hace tiempo en Suramérica y se ha ido distribuyendo así a los países de Centroamérica y en nuestro país. Se utiliza principalmente como pasto de corte en la alimentación de bovino lechero, doble propósito y carne en el trópico principalmente, los productores se fijan en su buena calidad nutricional y en lugares con pocos recursos forrajeros, es una alternativa por su alta producción de forraje, y al ser ensilado se tiene un buen sabor además que se tiene un silo de buena calidad (Maza *et al.*, 2011).

Las características que se mencionan del pasto Maralfalfa en la literatura son las siguientes:

- El pasto Maralfalfa puede alcanzar 3 metros de altura o más, produciendo más forraje que otras especies.
- Es altamente digestible para el ganado y es dulce ya que contiene hasta 12% de carbohidratos.
- Para su producción no se requieren grandes cantidades de agua.
- El tiempo promedio de corte es de aproximadamente cada 2 meses dependiendo de la estación del año.
- Se obtiene un rendimiento de hasta 284 toneladas por hectárea.
- Bajo costo en mantenimiento.

En las zonas tropicales se está utilizando en la producción de ovinos en pastoreo y estabulados, en pastoreo se recomienda meter a los animales cuando el pasto tiene de 50 a 80 cm de altura y retirar a los animales cuando se llega a 10 cm para tener un buen rebrote. Con animales estabulados se sirve picado en partículas aproximadas de una pulgada en los comederos a libre acceso.

Actualmente es tal la importancia del pasto colombiano que se están realizando estudios de su digestibilidad y como se pueden mejorar sus características nutritivas o de qué manera se pueden obtener mejores resultados de producción de forraje.

#### **2.4. Calidad de Forraje**

La calidad de forraje en la literatura está definida como la digestibilidad de la materia seca, y se habla de calidad de forraje como valor nutritivo, calidad nutritiva y composición nutritiva entre los principales términos. La calidad de forraje también se considera como la capacidad de un forraje para cubrir las necesidades nutricionales de los animales ([Agnusdéli, 2007](#)).

Los pastos tropicales están caracterizados por tener un nivel bajo en proteína y baja digestibilidad que influye con el consumo de este. [Pírelas \(2005\)](#) señala que la capacidad que tiene el pasto para aportar nutrientes para el animal ya sea para el mantenimiento, crecimiento, reproducción y producción es lo que se le denomina calidad de forraje. Según [Allison \(1985\)](#) la calidad de un forraje en la producción animal está determinada en mayor proporción en la cantidad consumida por los animales aún más que su composición química.

La calidad del forraje puede considerarse como una propiedad de los forrajes que puede estar ligada a la respuesta del animal, esta se puede evaluar

considerando un forraje de alta calidad cuando este tiene en promedio 70% de digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS), menos del 50% de fibra detergente neutra (FDN) y más del 15% de proteína bruta (PB). Por lo contrario, en uno de baja calidad la DIVMS tiende a disminuir a menos de 50%, la FDN se eleva a más del 65% y la PB baja a menos del 8% (Marco, 2011).

La calidad del forraje se ve afectada por diversos factores como los son factores morfológicos de la planta como el número de hojas, la etapa morfológica o edad de la planta en la que se realiza el corte, factores climáticos como precipitación, temperatura y radiación, también interviene el manejo con el cual se pueden mejorar las características del pasto y la calidad del forraje. La calidad de forraje está ligada a su digestibilidad, su consumo y la eficiencia con que sus nutrientes son usados por el animal (Agnusdéli, 2007).

#### 2.4.1. Consumo

La variación en el consumo voluntario de forraje es sin duda el principal factor en la alimentación que determina el nivel de eficiencia en la producción. Minson (1990) señala que el consumo voluntario se define como la cantidad de materia seca que el animal puede consumir en un día, siempre y cuando los animales tengan alimento en exceso o libre acceso.

Según Mejía (2002) el consumo voluntario también se encuentra a la disposición de otros factores pudiendo disminuir la cantidad de consumo o incrementarla así aumentando la producción, un animal al tener alimento a libre acceso este debe consumir hasta satisfacer sus requerimientos nutricionales, pero el consumo total es limitado por factores físicos, estado fisiológico del animal y características de la planta, manejo de alimento así como el de los animales y por supuesto también por los factores ambientales que tienen un papel importante en la alimentación animal.

[Minson \(1990\)](#) menciona que la regulación del consumo se encuentra influenciado por las características de los animales y del alimento, las principales teorías de regulación del consumo son: la teoría física, relacionada con la capacidad del tracto digestivo de los animales, y la teoría quimostática, basada en la densidad calórica de la dieta. El consumo de forraje por los animales es controlado por factores propios del animal, del forraje y del ambiente. La mayoría de estos factores están presentes en los animales en estabulación y en animales en pastoreo.

Según [Allison \(1985\)](#) las dietas con alto contenido de fibra y baja en energía son consumidas en menor cantidad, esto debido a que el principal factor es la capacidad del retículo – rumen. Además la velocidad en que pasa el alimento a través del tracto digestivo y la absorción de este son factores que modifican el consumo de los alimentos.

Los Factores que afectan el consumo señalados por [Mejía \(2002\)](#) están ligados a las propiedades nutritivas del alimento como su composición química, características del animal como la capacidad del tracto digestivo y las necesidades energéticas del animal. Los principales factores en los animales que hacen variar el consumo son:

- **Tamaño corporal.** La demanda de energía depende del tamaño corporal o del peso metabólico, las necesidades de energía por unidad de peso de animales pequeños son mayores que para animales de talla grande, por esa razón los animales pequeños son más eficientes.
- **Estado fisiológico.** Los requerimientos de los animales sufren cambios importantes en las fases de crecimiento y en los ciclos reproductivos. Las demandas de energía se incrementan en etapas de lactancia y gestación.

- **Condición corporal.** El consumo está relacionado con la condición corporal al igual que al tamaño corporal. Los animales que están en un periodo compensatorio comen más por unidad de peso vivo que animales que estuvieron bien alimentados con anterioridad.

Según [Araujo \(2005\)](#) el comportamiento de la dieta también juega un papel importante en la regulación del consumo como la solubilidad, la fracción no soluble pero fermentable, la tasa constante de fermentación y tamaño de las partículas. Factores como la energía, proteína, minerales, fibra detergente neutra y la palatabilidad de la dieta influyen en el consumo. Las condiciones ambientales como la temperatura y la humedad influyen en el comportamiento, función y productividad de los animales, alterando el consumo de alimento y afectando también el consumo de agua. Las enfermedades y padecimiento de los animales también pueden alterar el consumo voluntario.

#### 2.4.2. Composición Química

[McDonald et al. \(2002\)](#) señalan que la composición química de los alimentos se comprende de seis fracciones principales que son humedad, extracto etéreo, proteína cruda, cenizas, fibra cruda y extracto no nitrogenado. Existen una variedad de métodos para obtener la composición química pero el análisis más empleado es el análisis proximal o de Weende.

La composición química de los pastos está determinada por la fertilización, las condiciones edafológicas y climáticas. Según [Clavero y Razz \(2009\)](#) en los pastos forrajeros la composición química también está determinada por la edad del pasto pues los valores declinan con la edad. La Maralfalfa ha resultado ser un pasto que muestra excelentes características nutricionales, aunque en la literatura se encuentran diferencias entre la composición esta se encuentra influenciada por la edad.

Andrade (2009) menciona que la composición química del pasto Maralfalfa en los 60 y 90 días de rebrote se encontraron diferencias significativas (Cuadro 2.2), en el caso de la materia seca que se aumenta del 17.40% en el día 60 al 22.72 % en el día 90, al igual que otros pastos en etapas tempranas la proteína es mayor que en etapas tardías.

**Cuadro 2.2. Composición química del pasto Maralfalfa**

<b>Composición</b>	<b>70 Días</b>	<b>90 Días</b>
<b>Humedad</b>	82.60%	77.22%
<b>Materia Seca</b>	17.40%	22.72%
<b>Proteína Cruda</b>	15.68%	11.92%
<b>Extracto Etéreo</b>	1.66%	1.51%
<b>Fibra Cruda</b>	42.18%	44.03%
<b>Cenizas</b>	11.30%	10.89%
<b>Materia orgánica</b>	88.70%	89.11%
<b>FDN</b>	52.29%	53.78%
<b>FDA</b>	32.14%	35.09%

Fuente: Andrade (2009).

Correa *et al.*, (2005) señala que en un estudio realizado la composición química del pasto Maralfalfa no es alterada por la fertilización sin embargo la producción de área foliar es mayor en los cultivos fertilizados. La composición química de este pasto resulta que es más alta y la PC FDN, FDA y ceniza no fibrosa (CNF) es superior que en otros pastos silvestres utilizados en la alimentación animal.

La información que se maneja del pasto Maralfalfa en la red (cuadro 2.3) refleja que es un pasto con excelentes características nutricionales, es un pasto muy succulento y su contenido de proteína lo hace destacar de los demás pastos utilizados en la alimentación animal, aunque los porcentajes de proteína se encuentran por arriba de datos publicados por otros autores podría ser resultado de la edad del pasto ya que este no se menciona, y la proteína tiende a disminuir a mayor edad. Otra característica importante es el porcentaje de carbohidratos solubles que lo hacen un pasto con un sabor dulce.

**Cuadro 2.3. Composición química del pasto Maralfalfa.**

Composición	
Humedad	79,33%
Cenizas	13,50%
Fibra	53,33%
Grasa	2,10%
Carbohidratos solubles	12,20%
Proteínas crudas	16,25%
Nitrógeno	2,60%
Calcio	0,80%
Magnesio	0,29%
Fósforo	0,33%
Potasio	3,38%
Proteínas digeribles	7,43%
Total Nitrógeno Digerible	63,53%

Fuente: <http://sdgmaralfalfa.jimdo.com/informaci%C3%B3n-de-maralfalfa/>

El maralfalfa (*Pennisetum sp.*) Al igual que los demás pastos utilizados en la alimentación animal su calidad nutricional va en decremento a medida que la edad de este es mayor, en otras palabras la mejor calidad del pasto se encuentra en edades tempranas ya que los porcentajes de proteína y otros nutrientes son mayores, además la digestibilidad también se encuentra influenciada por la edad, este comportamiento es de considerarse en la formulación de las raciones y las dietas de los animales (Correa, 2006).

Al evaluar Ramírez y Pérez (2008) que efecto tiene la edad de corte del pasto Maralfalfa en la composición química se encontró que existen diferencias entre las frecuencias de corte, y los mejores resultados se obtiene de los 45 a los 60 días de corte, en esta edad se obtuvo una buena proporción de materia seca, proteína, extracto etéreo y fibra cruda.

### 2.4.3. Digestibilidad

El aprovechamiento de un alimento se mide por la digestibilidad, la cual señala el porcentaje del alimento que es utilizado por el organismo. La digestibilidad se constituye por dos procesos, la digestión que corresponde a la

hidrólisis de las moléculas complejas de los alimentos, y la absorción de pequeñas moléculas (aminoácidos, ácidos grasos) en partes del tracto digestivo (Manríquez, 1994).

La digestibilidad de un alimento puede definirse como la cantidad de alimento que no es excretada y por lo tanto si no es excretada se considera que es absorbida por el animal, sin embargo hay pérdidas de los nutrientes por otras funciones del cuerpo. (McDonald *et al.*, 2002). Conocer las propiedades nutritivas de los alimentos es fundamental, los análisis químicos no son suficientes para evaluar los alimentos, es necesario considerar los procesos de digestión, absorción y metabolismo animal, y qué efectos tienen sobre los nutrientes que el alimento aporta (Bondi, 1989).

Flores (1986) señala que la digestibilidad también abarca los procesos que sufren los alimentos en el tracto digestivo, estos van desde la masticación, la mezcla de los alimentos con la saliva, la digestión, su descomposición química y la absorción de nutrientes, hasta desechar todo lo que no fue utilizado por el organismo.

Las pruebas de digestibilidad permiten calcular la proporción de nutrientes presentes en una ración y la proporción de estos que pueden ser absorbidos por el aparato digestivo del animal (Church *et al.*, 2007).

Los métodos utilizados para determinar la digestibilidad de los alimentos son principalmente dos, el método *in vivo* y el método *in vitro*, el primero se utilizan los animales para realizar el experimento y en segundo método se trata de reproducir en el laboratorio los fenómenos ocurridos de manera natural en los animales. Las pruebas de digestibilidad se realizan con el fin de obtener y evaluar la proporción de un nutriente o ración que es utilizada por los animales, otro fin es cuantificar el contenido y aporte de nutrientes de los alimentos (Tobal, 2002).

La digestibilidad de los nutrientes es muy importante, pues nos representa el aprovechamiento de estos por el animal, pues no todos los nutrientes contenidos en el alimento proporcionado son utilizados. En ocasiones no se dispone de este valor, pero se han desarrollado fórmulas para calcularlos por medio de coeficientes de digestibilidad a partir de la composición química de un alimento obtenida por un análisis proximal de Weende (Romero, 2011).

Los coeficientes de digestibilidad de los nutrientes son utilizados frecuentemente pero debe considerarse que no todo lo excretado es alimento no digerido, sino parte de esta se encuentran también enzimas, sustancias secretadas por el tracto digestivo y células de descamación epitelial (McDonald *et al.*, 2002).

Al calcularse la digestibilidad aparente Church *et al.* (2007) señala que se abarcan los nutrientes contenidos en el alimento que no son digeridos o que no fueron absorbidos en el tracto gastrointestinal y que componen las heces, también abarca restos endógenos como fracciones y secreciones digestivas, células desprendidas de la mucosa intestinal que alteran los resultados de las pruebas en el porcentaje de nitrógeno, grasas, carbohidratos y sustancias inorgánicas.

La importancia de la digestibilidad va más allá de la nutrición, también percute en economizar la alimentación, por lo que es necesario proporcionar alimentos con alta digestibilidad. Ruiz (2011) en un trabajo menciona que la digestibilidad de los pastos es una clave importante para determinar si son de buena calidad, ya que la digestibilidad sin importar con que método fue calculada nos ofrece un dato próximo de la fracción del alimento que es absorbida en el tracto digestivo de las especies animales.

Los análisis que se han estado realizando con muestras del pasto Maralfalfa han arrojado resultados muy diversos. Correa *et al.* (2005) en su

investigación analizaron el *Pennisetum sp.*, las muestras las obtuvieron de parcelas con diferentes tratamientos, una parcela se sometió a una fertilización utilizando una mezcla de fertilizantes químicos y orgánicos, además se tomaron muestras para realizar la digestibilidad *in situ* en los días 70, 90 y 110 de rebrote, se obtuvo en promedio 35 % en degradabilidad ruminal de la materia seca en muestras fertilizadas y 36.43% en las muestras no fertilizadas teniendo un promedio del experimento de 35.71% en degradabilidad de la materia seca (MSDR).

Sosa *et al.* (2006) determinaron la digestibilidad del pasto Maralfalfa *Pennisetum sp.*, para su análisis utilizaron 8 cabras hembras alimentadas con el 1.8 % de peso vivo de pasto Maralfalfa. Utilizando el método de digestibilidad *in vivo* determinaron que la digestibilidad de la materia seca es de 68.11%.

Clavero y Razz (2009) realizaron un estudio donde se calculó la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (IVDMD) del pasto Maralfalfa (*Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum*). Las muestras que se evaluaron fueron recolectadas con una frecuencia de corte de 3, 6 y 9 semanas los resultados fueron en 3 semanas 62.45%, en 6 semanas 55.75% y 9 semanas 52.10%, con lo que concluyeron que la edad del pasto interviene en el porcentaje de digestibilidad.

Estudios realizados con pasto Maralfalfa han dado como resultado diferentes proporciones de digestibilidad de materia seca (MS). En el cuadro 2.4 se tienen resultados de diferentes estudios realizados por diferentes autores, los resultados varían debido a que las muestras fueron obtenidas de diferentes especies y a que las edades de corte o de recolección de muestras varían entre autores, otro de los factores es la fertilización a la que fue sometido el pasto por esa razón la variabilidad de los resultados.

**Cuadro 2.4. Digestibilidad del pasto Maralfalfa.**

AUTOR	VARIABLE	ESPECIE	VALOR
Correa, 2006	Degradabilidad ruminal de la materia seca	<i>Pennisetum sp.</i>	56 días 56.9% 105 días 49.1%
Chacón y Vargas, 2009	Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca	<i>Pennisetum purpureum cv.</i>	55.52%
Ceballos <i>et al.</i> 2008	Degradabilidad ruminal de la materia seca	<i>Pennisetum violaceum</i>	80.97%
	Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca	<i>Pennisetum violaceum</i>	62.74%
Amador <i>et al.</i> 2010	Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca	Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum)	Variedad verde 71.4 % Variedad morada 76.3%

Clavero y Razz (2009) revelan que este pasto se comporta de manera similar a los demás pastos utilizados en la alimentación animal en lo que respecta a la digestibilidad, la digestibilidad de la materia seca disminuye a mayor edad del pasto.

### 2.5. Métodos para Determinar la Digestibilidad

Los métodos de digestibilidad sin importar cuales, nos permiten calcular qué proporción más cercana de los nutrientes contenidos en los alimentos que si pueden ser absorbidos por el aparato digestivo de los animales y por lo tanto ser aprovechados por los animales (Church *et al.*, 2007).

Los métodos utilizados en la determinación de la digestibilidad de los alimentos son los métodos *in vivo*, método *in vitro* y método *in situ*. Cada uno tiene ventajas sobre otros métodos y limitaciones.

### 2.5.1. Métodos *In Vivo*

Para determinar la digestibilidad *in vivo* se utiliza el método de la colección total de las heces (CTH). En este método se deben controlar y medir la cantidad el alimento ofrecido, la cantidad de alimento rechazado y la cantidad que es excretada. Los nutrientes presentes en el alimento se analizan con anterioridad para después analizar los nutrientes presentes en la heces y así poder determinar en qué proporción son aprovechados por el animal (Bondi, 1989).

Durante la prueba de digestibilidad los animales se alimentan con una dieta conocida, Church *et al.* (2007) señalan que se requiere de 3 a 10 días para que los animales utilizados en la prueba eliminen rastros de alimentos ingeridos antes de la prueba de digestibilidad, además en este tiempo se permite que el animal se adapte a la dieta que se utilizara en la prueba. En este método se recolectan las heces en un periodo de 4 a 10 días y son suficientes con 4 a 6 animales por cada tratamiento.

En las pruebas de digestibilidad son utilizados preferentemente animales machos pues la principal ventaja sobre las hembras es que se facilita recoger las heces sin correr el riesgo de ser contaminadas por la orina de los animales y alterar los resultados. Para realizar la prueba se utilizan instalaciones como jaulas de metabolismo, en rumiantes se pueden utilizar arneses con bolsas impermeables que permiten la colección de heces, en las hembras se utilizan separadores para obtener las heces y orina por aparte (McDonald *et al.*, 2002).

La digestibilidad *in vivo* es afectada por factores que influyen sobre el consumo, por ejemplo la selección del animal que es limitada, la disponibilidad de agua, la tasa de pasaje del alimento, y que tan eficientes son los animales. Las condiciones ambientales como la temperatura y humedad relativa también afectan el consumo. Por el otro lado con el método *in vitro* y otros métodos no se tiene todos los procesos ocurridos en el método *in vivo* por lo que tiene ventaja sobre estos (Tobal, 2002).

Al realizar este método es indispensable conocer que existen perdidas en forma de metano y no todo lo excretado es alimento no digerido, en las heces también se encuentran enzimas, sustancias secretadas por el tracto digestivo y células de descamación epitelial (McDonald *et al.*, 2002).

Según Church *et al.* (2007) el término digestibilidad aparente abarca los residuos de alimentos y nutrientes presentes en las heces y residuos endógenos. Una vez obtenidos los datos que son el consumo de nutrientes y cantidad de nutrientes en las heces se aplican en la siguientes formula.

$$\text{Digestibilidad aparente \%} = \frac{\text{ingestión de nutrientes} - \text{nutrientes en las heces}}{\text{ingestión de nutrientes}} \times 100$$

Según Ruiz (2011) los métodos *in vivo* son muy utilizados en zonas templadas y tropicales para determinar la digestibilidad de los alimentos utilizados en esas zonas, sin embargo por las instalaciones y el manejo de los animales son técnicas muy costosas. Esta técnica también requiere de personal, alimento e infraestructura especial lo que la hace una técnica más laboriosa y tardada que los otros métodos.

Cuando la medición de la ingesta y la recolección de heces no se pueden realizar en su totalidad se pueden utilizar indicadores internos no absorbibles,

no digeribles y que no son tóxicos como la lignina, sílice y cenizas insolubles en ácido que son fáciles de detectarse en el forraje y en la excreta. Los indicadores externos son compuestos químicos que se dan juntos con el alimento del animal o son puestos en capsulas que se introducen a través de una cánula para depositarlos en el rumen. Los más utilizados son el óxido de cromo y tierras raras como lantano, cerio, samario, iterbio y otros marcadores que son solubles en agua (Church *et al.*, 2007).

La digestibilidad se calcula por la relación entre los nutrientes y la sustancia utilizada como marcador ya sea interno o externo. Determinando las cantidades de dicho indicador en los alimentos y en muestras tomadas de las heces, se puede estimar la digestibilidad de los alimentos y nutrientes (McDonald *et al.*, 2002). La fórmula (Church *et al.*, 2007) para calcular la digestibilidad aparente de un nutriente utilizando el método de indicadores es:

$$\text{Digestibilidad aparente \%} = 100 - \left( 100 \times \frac{\% \text{ ind}_{\text{ali}}}{\% \text{ ind}_{\text{exc}}} - \frac{\% \text{ nutr}_{\text{exc}}}{\% \text{ nutr}_{\text{ali}}} \right)$$

Donde ind es el indicador; ali, es en el alimento; exc, en el excremento y nutr, es nutriente.

### 2.5.2. Método *In Vitro*

El método *in vitro* se realiza en un laboratorio con la utilización de instrumentos y reactivos que permiten simular los procesos de fermentación que ocurren en el rumen de los animales vivos, en este método se procuran tener las condiciones controladas para obtener buenos resultados. Es muy utilizada debido a que tiene ventajas sobre los otros métodos como los costos que implica realizar una prueba *in vivo* (Church *et al.*, 2007).

Las principales ventajas de utilizar el método *in vitro* son que los resultados se obtiene más rápido, además se puede determinar el valor de la digestibilidad de un número mayor de muestras y es más económico que otros métodos, por medio de este método se reproducen en el laboratorio las funciones de los microorganismos del rumen, para realizar la digestibilidad de las muestras de alimento estas tienen que ser molidas con anterioridad y trituradas para posteriormente ser sometidas a la digestión como ocurriría en los animales rumiantes, utilizando líquido ruminal previamente obtenido de animales donadores (Córdova, 1993).

El método de fermentación *in vitro* es un método de Tilley y Terry (1963) este método se basa en dos fases que son; una fase de tratamiento biológico y la otra fase es una enzimática, este procedimiento fue generalmente la base de los nuevos métodos desarrollados, y que son en su mayoría modificaciones de este primer método pudiendo utilizar nuevos aparatos creados para obtener mejores resultados o facilitar el proceso.

Las técnicas *in vitro* han sido las más utilizadas, en este grupo encontramos la técnica de digestión mediante líquido ruminal y pepsina patentada por Tilley y Terry (1963). En esta técnica se inicia con una fase de fermentación por medio de microorganismos ruminales y posteriormente la fase enzimática con pepsina en un medio ácido (Ruiz, 2011).

La primera fase es el tratamiento biológico que es una digestión anaeróbica de una muestra seca de forraje con microorganismos ruminales, a 38 °C por 48 h. y bajo oscuridad. Se utiliza licor ruminal y se coloca en un recipiente con una solución amortiguadora o buffer, para mantener un pH adecuado simulando al del rumen. El segundo paso es el tratamiento con pepsina para solubilizar la proteína a una temperatura de 39 - 40 °C y a un pH constante de 6.8 a 6.9 (Tilley y Terry, 1963).

[Tobal \(2002\)](#) menciona que cuando la muestra ha sido sometida a la fase de incubación con microorganismo del rumen y a la fase con pepsina se mide la cantidad de materia seca (MS) y materia orgánica (MO) que ha desaparecido, la proporción de la muestra que desaparece en el análisis es denominada digestibilidad *in vitro*. El resultado final de la digestibilidad por el método *in vitro* está ligada con factores que modifican el resultado, entre estos se encuentran la población de microorganismos contenidos en el líquido ruminal, también interviene el tiempo de almacenamiento, molienda y el procesamiento al que son sometidas las muestras, los resultados varían de acuerdo al tiempo de digestión al que son sometidas las muestras. Este método, además de reproducirse en un tiempo corto y muy fácil de manejar, entrega valores de digestibilidad *in vitro* muy próximos a los obtenidos con métodos *in vivo*.

Según [Church et al. \(2007\)](#) este método no es tan útil en pruebas con granos y otros concentrados, por lo que se limita a forrajes y se usa para su selección y caracterizarlos para el consumo animal.

Este método *in vitro* empleado de la manera correcta permite obtener los resultados de digestibilidad en periodos de tiempo muy cortos, además que se pueden analizar un número alto de muestras y repeticiones, también se puede obtener un mejor control de las condiciones en las cuales se lleva a cabo el análisis teniendo como resultado una menor variabilidad ([Ruiz, 2011](#)).

### 2.5.3. Método *In Situ*

El método *in situ* es una técnica simple que no requiere infraestructura y tampoco aparatos especiales, además que permite el estudio de un mayor número de muestras que es una ventaja sobre los otros métodos como es el caso del método *in vivo*. Este método ha sido utilizado para determinar el grado y tasa de degradación de forrajes, alimentos toscos, suplementos proteicos y sus constituyentes ([Tobal, 2002](#)).

La técnica *in situ* consiste en colocar la muestra en bolsas sintéticas, después de esto se procede a incubarlas en el rumen de animales fistulados, esta prueba tiene sus ventajas y desventajas como los otros métodos utilizados según [Orskov et al. \(1980\)](#).

[Church et al. \(2007\)](#) mencionan que la técnica *in situ* también conocida como la técnica de la bolsa de nylon es un procedimiento en el cual la muestra de alimento es introducida en una bolsa de nylon o puede ser otro material indigerible. Después se procede a poner la muestra en el rumen del animal con una fistula ruminal por un tiempo determinado para que sea digerido por los microorganismos presentes en el rumen.

En este método [Tobal \(2002\)](#) señala que se requiere de una bolsa lo suficientemente grande en relación a la muestra, que asegure la entrada de líquido ruminal y que se mezcle con la muestras pero que pueda ser retirada sin dificultad a través de cánula. [Orskov et al. \(1980\)](#) señalan que el tamaño más usado es de 14 x 9 cm para la incubación de 5 gr. de muestra. Otros investigadores señalan que las bolsas pueden ser de tamaño variado según las características de la muestra.

[Tobal \(2002\)](#) menciona que este método tiene la ventaja de permitir el estudio de la evolución de la degradabilidad como ocurre en condiciones reales, así como medir los efectos de factores ruminales sobre la digestibilidad de los nutrientes contenidos en la muestra. Los factores que afectan los resultados están ligados al material de la bolsa, el tratamiento con el cual es expuesta la muestra así como su preparación. El tamaño de la muestra determina la superficie del sustrato expuesta a la acción de los microorganismos, y por lo tanto afecta la digestibilidad de la materia seca. El resultado también está influenciado por la posición de la muestra dentro del rumen así como el tiempo de incubación. Otros factores son el número de repeticiones, el número de bolsas incubadas, dieta del animal, y lavado de la bolsa.

Este método resulta el más útil que otros métodos para evaluar concentrados según [Church et al. \(2007\)](#), además se requiere de una muestra pequeña y no se requiere de personal altamente entrenado ([Tobal, 2002](#)).

## 2.6. Proceso de Ensilaje

[Garcés et al. \(2004\)](#) mencionan que el ensilaje consiste en la conservación de forrajes frescos u otros alimentos por medio de la fermentación anaeróbica de los carbohidratos presentes en los forrajes para producir ácido láctico. El objetivo de los ensilados es conservar los forrajes para épocas de escases y mantener las características nutritivas estables, así como evitar pérdidas de MS y ser apetecible para el ganado.

El ensilado es el resultado de una fermentación controlada del forraje, las condiciones en las que se desarrolla son anaeróbicas y los contenidos de carbohidratos fermentables tienen que ser altos para lograr una producción de ácido láctico ([Church et al., 2007](#)).

Las condiciones adecuadas para obtener un silo de calidad son: en primer lugar que este tenga condiciones de anaerobiosis, las bacterias epifíticas del ácido láctico fermentan los carbohidratos solubles. Como segunda condición es impedir el desarrollo de microorganismos aerobios que descomponen los nutrientes y contribuyen a una putrefacción ([Garcés et al., 2004](#)).

El proceso para elaborar un ensilaje es fácil y es implementado por pequeños y grandes productores de ganado, esta técnica permite conservar el exceso de forraje producido para las épocas de escases de alimento.

### 2.6.1. Operaciones para obtener un buen ensilado

[SAGARPA \(2014\)](#) menciona que las características ideales del forraje para ser ensilado es que debe contener del 60 % al 70% de humedad y contener del 8 al 12% de carbohidratos solubles. Además recomienda que al ensilar se procure tener las siguientes características:

- El tamaño de la partícula en los forrajes va de 1 a 2 cm y esto dependerá de la humedad y por supuesto de la especie forrajera.
- Compactar el silo por cada capa de 0.5 a 1 metro de espesor para expulsar el aire, agregar otra capa y repetir hasta llenar el silo.
- Es fundamental llenar el silo e impermeabilizar al menor tiempo posible con plástico y agregar capas de tierra de 20 a 25 cm, esto puede variar de la clase de silo.
- Llenar el silo en un periodo máximo de tres días y tapar con plástico cada día para evitar la entrada de aire.
- El material a ensilar debe tener baja resistencia a la acidificación, cuando la resistencia es alta, se agrega un aditivo como la melaza diluida, que puede asperjarse sobre el forraje. La cantidad recomendada es de 10 a 30 litros de melaza en solución acuosa por tonelada.

Según [McDonald et al. \(2002\)](#) la conservación de un silo depende en gran parte de la actividades como el picado del forraje y rapidez con la que se llena el silo, lo ideal es llenarlo en un día y cuando las condiciones no lo permiten se recomienda hasta 75 horas máximo. En el apisonado se recomienda que este sea intenso y mucho más cuando el forraje es más seco. Se recomienda que al terminar se tape adecuadamente pues la entrada de oxígeno provoca una putrefacción haciendo que el material sea inútil, no comestible y tóxico.

### 2.6.2. Tipos de silos utilizados

El silo es el depósito donde se lleva a cabo el proceso de ensilaje y tiene tres principales funciones que son ofrecer una superficie sólida que permita la compactación, además tiene función protectora contra la humedad y el aire durante el proceso de fermentación, también se tiene un mejor manejo del ensilado (Jiménez, 2001).

Según Garcés *et al.* (2004) los silos deben elegirse según las posibilidades de cada productor y el tamaño de la inversión, así como fijarse en las características de cada tipo de silo como lo es la facilidad a la hora del llenado y al momento de la extracción, los principales tipos de silos son:

- **Silo en montón:** El forraje es colocado en el suelo que puede tener nailon o cubierto de otro material, se hace una pila de forraje cubierta y sellada con plástico y luego con tierra u otros materiales.
- **Silo en trinchera o zanja:** Es una zanja el forraje es colocado y compactado en ella después se pone una cubierta de plástico y luego con una capa de tierra, debe tener canaleta para el escurrimiento de agua lluvia. Sus dimensiones se calculan para establecer una profundidad que garantice una exposición mínima del forraje ensilado al aire.
- **Silo en torres:** se realiza en torres de almacenamiento con zonas independientes de llenado y descarga.
- **Silo canadiense:** Es una combinación del silo de montón y de trinchera. Se hace la pila sobre el suelo y se cubre con plástico y tierra, y se sella lateralmente con barro.

### 2.6.3. Fases del ensilado

Cuando los trabajos del ensilado han concluido y la cubierta se ha puesto en el ensilaje se inicia el proceso de fermentación dentro del silo, durante el

proceso de fermentación se presentan transformaciones bioquímicas como resultado de la acción de enzimas de la planta aun presentes y acción de los microorganismos que inician en poblaciones pequeñas y van aumentando conforme pasa el tiempo (Cañeque y Sancha, 1998).

Las fases que se presentan en el proceso de ensilado son dos principalmente que son 1) fase aeróbica y 2) fase de fermentación, en cada una ocurren transformaciones que determinan el éxito de ensilado.

**Fase aeróbica.** Durante esta fase el forraje continúa respirando y absorbiendo oxígeno también se presenta actividad de varias enzimas vegetales, como las proteasas y las carbohidrasas, siempre que el pH se mantenga en 6.5- 6.0 lo normal de forraje fresco, también hay presencia de microorganismos aerobios y aerobios facultativos por lo que el oxígeno disminuye de manera rápida (Cárdenas *et al.*, 2004).

Cañeque y Sancha (1998) señalan que durante la respiración del forraje ocurre una absorción de oxígeno y eliminación de anhídrido carbónico con desprendimiento de calor. Los glúcidos solubles son rápidamente hidrolizados por la acción de enzimas en glucosa y fructosa, que son la fuente de energía de los microorganismos, mientras que las proteínas son hidrolizadas en péptidos y aminoácidos hasta que se alcanza un pH de 4.

Según Garcés *et al.* (2004) durante esta fase se presentan microorganismos anaerobios facultativos y heterótrofos que son indeseables ya que fermentan los azúcares produciendo etanol, las cantidades de azúcares presentes en el forraje disminuyen haciendo que para la producción de ácido láctico disminuyan; con esto obtenemos un ensilado con un sabor diferente que en muchas ocasiones produce una leche con un mal sabor.

**Fase de fermentación.** Se inicia cuando existe una condición anaerobia en el ambiente. Puede durar de días a semanas dependiendo de las características del material ensilado y de las condiciones ambientales en el momento del ensilaje.

Los microorganismos en esta fase son las bacterias coliformes que son las primeras en aparecer y que transforman los azúcares en ácido fórmico, anhídrido carbónico y pequeñas cantidades de ácido láctico. Las bacterias lácticas se desarrollan en segundo lugar, al principio son pocas, en un periodo de 8 días constituyen casi en la totalidad la flora del ensilado, estas transforman los azúcares en ácido láctico, cuando el pH desciende por debajo de 4.0 se detiene la actividad y desarrollo de bacterias llegando a una estabilidad que permite la conservación de ensilado (Cañeque y Sancha, 1998).

El desarrollo de microorganismo indeseables trae como resultado pérdidas del valor nutritivo del ensilado y pérdida de materia seca, además se tiene un mal sabor y mal olor del ensilado (Garcés *et al.*, 2004).

#### 2.6.4. Pérdidas durante el ensilaje

Durante el proceso de ensilado existen pérdidas que varían de ensilaje a ensilaje. Las principales pérdidas se dan debido a la actividad de los microorganismos, la fermentación, por el calor que es producido y el mal manejo.

Se conoce que las pérdidas en forma de gas van del 5% al 30 % del total de la materia seca, esta cifra se comprende principalmente de nutrientes solubles y muy digeribles, por esta razón el ensilaje está conformado por ingredientes fibrosos e insolubles (Church *et al.*, 2007). Las principales pérdidas en el ensilaje mencionadas por Cárdenas *et al.* (2004) son las siguientes:

- **En el campo.** Estas se dan principalmente por la respiración de las plantas, pero la pérdida está ligada a la temperatura ambiental y el contenido de MS de forraje que se va ensilar, estos factores sumados a un alto contenido de humedad en el forraje resulta en pérdidas de hasta el 5% de la MS. Si existen periodos entre la recolección y el ensilaje aumentan las pérdidas a un 2% por día. Para evitar pérdidas superiores se recomienda que se realice el ensilado el mismo día de la recolección.
- **Por respiración.** El aire atrapado en el interior del silo actúa oxidando los carbohidratos hidrosolubles, esta pérdida alcanza hasta el 0.3% de la MS. Este proceso se presenta nuevamente cuando se destapa el silo. Cuando el incremento de temperatura es alto se debe a una entrada de aire después del llenado del silo, las pérdidas por los procesos de oxidación después del cierre del silo alcanzan el 2% de la MS por mes de almacenamiento.
- **Degradación aeróbica.** Después de que se ha cerrado el silo y existe una entrada de aire las levaduras y bacterias se ven favorecidas y crecen rápidamente metabolizando los carbohidratos hidrosolubles y el ácido láctico. Las pérdidas en casos extremos llegan hasta un 30% de la MS en un periodo de 10 días.
- **Perdidas por efluentes.** Esta se determina por la cantidad de MS del forraje y la densidad del silo, los forrajes muy húmedos alcanza un 10% de la MS en pérdidas. Los factores que modifican esta cifra son la composición del forraje, uso de aditivos, longitud de partículas y prensado. La humedad que resulta del ensilado contiene muchos nutrientes solubles, por lo que es conveniente evitarse para obtener un ensilaje de calidad (Church *et al.*, 2007).

#### 2.6.5. Características del ensilado

Según Jiménez (1998) cuando se ha tenido éxito en el ensilaje se obtienen características cuantitativas y cualitativas muy características de los

mismos. El olor debe ser lo más parecido al obtenido en la fermentación de frutas, cuando se tienen olores desagradables es signo de que ocurrió una fermentación indeseable. El color del ensilaje elaborado de la manera correcta debe ser parecido al color original de la especie ensilada, los colores pueden variar de verde a un color amarillo, la presencia de colores oscuros indican que existió putrefacción. La textura del ensilaje debe ser suave y que esta no se pegue en los dedos y tampoco se desintegre. El sabor debe ser un agrio aceptable que sea tolerado por los animales y ser palatable.

## 2.7. Valor Relativo Forrajero

En la alimentación animal se cuenta con la existencia de concentrados de origen vegetal y animal, pero a pesar de la gran variedad de ingredientes los forrajes aún son la base de la alimentación de los rumiantes, esto ha contribuido a crear una clasificación en base a la calidad nutricional de los mismos. Con esta finalidad se han desarrollado algunos índices tales como el Índice de Valor Relativo de los Forrajes ([Macon et al., 1994](#)).

El valor relativo forrajero es un índice ampliamente usado para obtener información se necesitan de datos como el consumo de materia seca y la digestibilidad de los forrajes, este dato se utiliza para fijar un valor a la calidad de un forraje y ponerle un precio en base a su contenido nutricional ([Néstor et al., 1995](#)).

Para calcular este índice la FDN se relaciona con el Consumo de MS y por lo tanto la FDA con la energía disponible, a partir de estas se obtiene mediante otra formula el valor relativo forrajero. [Correa et al. \(2005\)](#) manejan las fórmulas de esta manera y valor relativo de los forrajes pero descartando el ensilado de maíz se calcula con la última formula.

$$\text{IMS (\% PV)} = 120/\text{FDN (\%MS)}$$

$$\text{DMS (\%)} = 88,9 - (0,779 \times \text{FDA, \%})$$

$$\text{EI VRF} = (\text{DMS} \times \text{IMS})/1,29$$

Donde MS = materia seca; IMS = ingestión de MS; DMS = digestibilidad de la MS.

Este índice permite la clasificación de los forrajes en seis tipos manejando se en calidades excelente (>151.0), primera (151-125), segunda (124-103), tercera (102-87), cuarta (86-75), y quinta (>75) según [Correa et al. \(2005\)](#)

En un estudio realizado, el pasto maralfalfa por su alto contenido de PC (20.23% de la MS) y de CNF (21.77% de la MS) así como su bajo contenido de FDN (54.57% de la MS) indicaron que es un pasto con buenas cualidades nutricionales y energéticas. A mayor edad la FDN y FDA se incrementan y se reduce la PC, EE Y Cen, el valor relativo forrajero para el pasto maralfalfa cortado a los 80 días es de 96 el cual señala que es un pasto de tercera calidad, cosechado a los 40 días de rebrote el VRF es de 106 y se ubica en uno de segunda calidad ([Correa et al., 2005](#)).

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Descripción del Área Estudiada**

El material vegetativo de pasto maralfalfa fue obtenido de parcelas fertilizadas con 200 kg por hectárea del fertilizante ENTEC 26<sup>®</sup>. Las parcelas se encuentran ubicadas en el Rancho "Paisabel", propiedad del Sr. Rigoberto Flores Cruz, el cual está ubicado en el Municipio de Panuco, Ver. El pasto fue sembrado el 3 de agosto de 2013 y se fertilizó el 28 de septiembre del mismo año. El forraje fue cosechado a los 84 días posteriores a la siembra (26 de octubre).

El análisis de digestibilidad *in vitro* se efectuó en el laboratorio de nutrición animal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila. Su ubicación se encuentra en las coordenadas 25° 21' Latitud Norte y 101° 02' Latitud Oeste, se encuentra a una altura 1,743 msnm. Se tiene una precipitación de 298.5 mm como media anual, y una temperatura media anual de 18.18°C. El clima está dentro de la clasificación de seco o árido.

#### **3.2. Análisis Estadístico**

Los resultados de cada experimento fueron analizados mediante un modelo completamente al azar para T=5 y R=3. El modelo empleado fue un ANOVA en un sentido. Se utilizaron, además, pruebas de comparación de medias por Tukey.

### 3.3. Análisis de Muestras

Después de ser cosechados se tomaron muestras de cada tratamiento y repetición para evaluar la DIVMS de los forrajes. Además, todos los tratamientos y repeticiones, fueron micro-ensilados (las muestras fueron adicionadas con diferentes niveles del inoculante y conservador de ensilajes Sil-All 4x4<sup>®</sup>: 0, 2.5, 5.0, 7.5, y 10.0 g/ton) y se almacenaron por un periodo de 120 días después de los cuales fueron evaluados los coeficientes de DIVMS (%).

Se utilizó la técnica descrita por [Tilley y Terry \(1963\)](#) que se sugiere para determinar la digestibilidad *in vitro* de la materia seca y orgánica de forrajes. La muestra de forraje se somete a una fermentación anaeróbica con líquido ruminal y posteriormente a una digestión con pepsina ácida. La primera digestión equivale a la digestión rumen-retículo. La pérdida de la materia seca y de la materia orgánica se considera respectivamente digerida.

#### **Material:**

Molino de cuchillas con criba de 1mm. El uso de cribas con mayor apertura deprime la digestibilidad *in vitro* por lo tanto los forrajes deben ser pasados por esta criba.

Jeringa automática de 50 ml.

Tubos de polietileno de 120 mm x 40 mm de diámetro tapados con tapones con una válvula bunsen acondicionada.

Baño con temperatura controlada a 39°C.

Papel watman No. 41

Crisoles de porcelana.

Termo para transportar el líquido ruminal a la hora de extraerlo del toro fistulado.

**Reactivos:**

1.-Saliva de McDougall (solucion 1)

Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> anhidro      7.4 g

Na HCO<sub>3</sub>              19.6 g

Agua destilada a 40° 1000 ml

NaCl 2.35 g (solucion 2)

KCl 2.85 g

CaCl<sub>2</sub> 0.2 g

MgCl 0.3 g

Agua destilada 50 ml

2.-Solución de pepsina acida.- Disolver 2.4 g de pepsina en un litro de agua preparando anteriormente con ácido clorhídrico 0.1 N.

3.-Inoculante. Obtener el contenido ruminal de becerros fistulados. Conservar el líquido ruminal caliente y tapado. Filtrar rápidamente a través de gasa, adicionar 250 ml de líquido por cada litro de amortiguador a 40°C. Aplicar una relación 1:4 (1 parte de líquido ruminal por cuatro partes de saliva McDougall).

**Procedimiento:**

Pesar dentro del tubo de 100 ml 0.5 de forraje secado a 55-60°C. Por triplicado. Separar 3 tubos que servirán de blancos. (El blanco se procesa exactamente igual que el problema excepto que no lleva muestra).

Adicionar 50 ml de saliva de McDougall. Tapar los tubos con las válvulas Bunsen, e inmediatamente después colocar el tubo en el baño serológico, el cual debe estar a 39°C.

Después de haber colocado todas las muestras en el baño serológico, agitar ligeramente cada una de las muestras con movimiento circular 2 veces por día, cuidando de que las muestra no se quede pegada en las paredes del tubo.

Incubar a 39°C durante 48 horas. Pasado este tiempo, suspenda la incubación y refrigere por 30 minutos.

Centrifugar de 2000 a 3000 r.p.m. por 10 minutos y decantar.

Adicionar al residuo de la digestión con líquido ruminal 50 ml de pepsina a 40°C. Tapar los tubos e incubar por 48 h. A 39°C.

Después de la incubación filtrar el contenido del tubo a través de un papel filtro previamente pesado y secado a 50°C.

Lavar con agua destilada enjugando el tubo, para que no quede muestra adherida al tubo.

Retirar el papel filtro con el residuo y depositándolo en un crisol.

Colocar el crisol de porcelana con su contenido en el desecador, enfriar y pesar.

Incinerar en la mufla a 600°C por tres horas.

Por separado determinar el porcentaje de materia seca y de materia orgánica de la muestra y calcular el porcentaje de la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica.

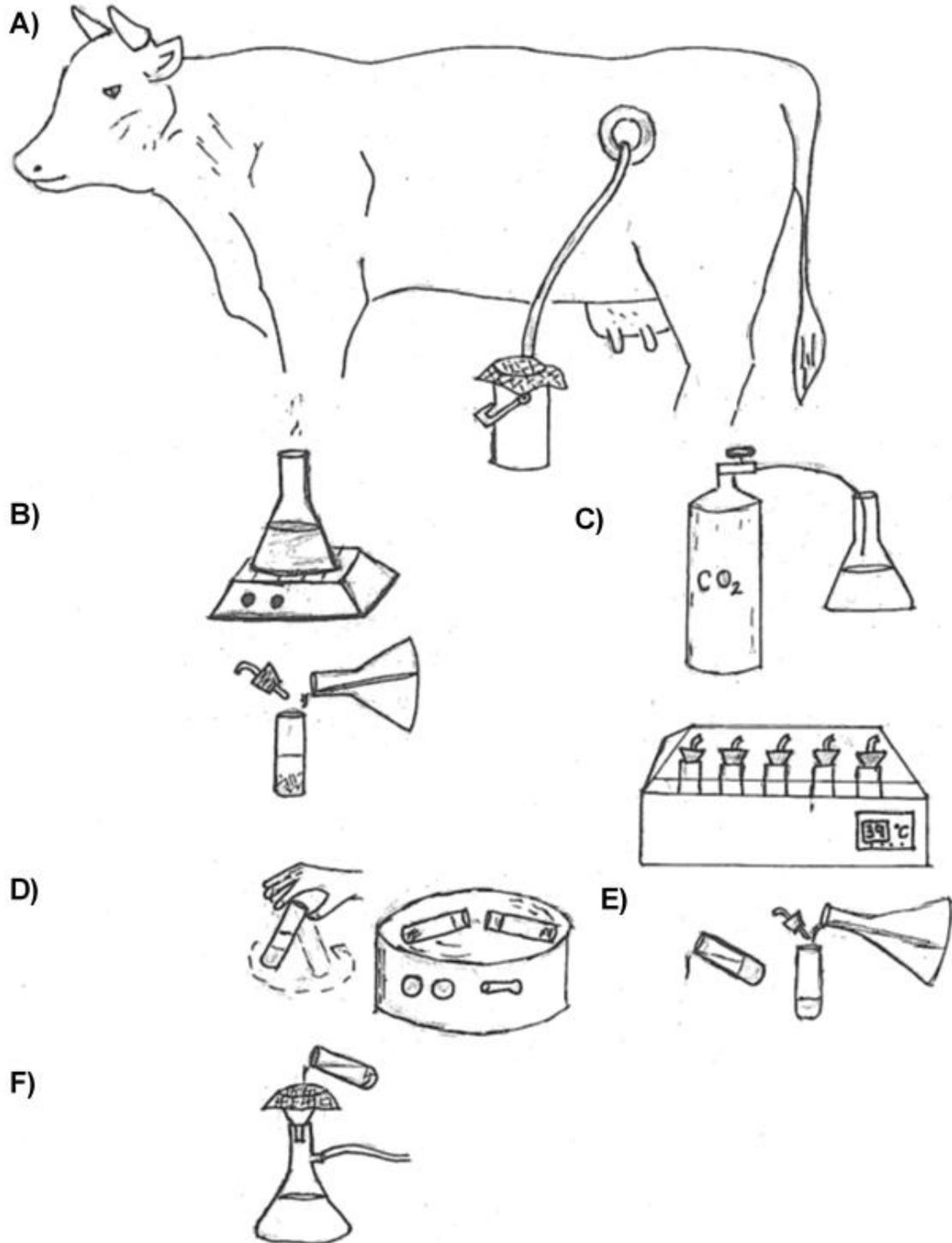


Figura 3. 1. Diagrama del Método de Digestibilidad *In Vitro* de Tilley y Terry.

**Cálculos:**

A.- Peso secado al aire de muestra= 0.5 g

B.- % M.S.T.

C.- % M.O. muestra base seca

D.- Peso crisol vacío o peso del papel (si se utilizó papel)

E.- Peso del crisol + residuo o papel + residuo (si se utilizó papel)

F.- Peso crisol + cenizas

G.- % M.S: inicial A X B g / 100

H.- Materia seca residuos de la muestra E – D g

I.- Materia seca residual del Bco x de los 3 tubos E - D g

**Digestibilidad *in vitro* de la materia seca %**

G – (H-I) x 100 / G

J.- Materia seca inicial g

G (C) / 100

K.- M.O. residual de la muestra E - F

L.- M.O. residual del blanco x de los tres tubos E – F

**Digestibilidad *in vitro* de la M.O. %**

J – (K – L) x 100/ J

% M.O.

% M.O. base seca= % M.S.T – ceniza base seca

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al obtener los valores de digestibilidad *in vitro* se procedió a realizar el análisis de varianza (Cuadro 4.1.) por medio de un diseño completamente al azar con igual número de repeticiones, se obtuvo que el grado de probabilidad de aceptar la hipótesis nula es de 0.1 %, así que el grado de confiabilidad es alto y por lo tanto si existe diferencia significativa entre los tratamientos por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Con respecto al coeficiente de variabilidad no es muy alto, ya que los resultados no están dispersos, esto indica que el análisis de digestibilidad se realizó de manera correcta o que diversos factores no afectaron los resultados.

**Cuadro 4.1. Análisis de varianza de los coeficientes de digestibilidad *in vitro* del pasto Maralfalfa (*Pennisetum sp.*) fertilizado con ENTEC**

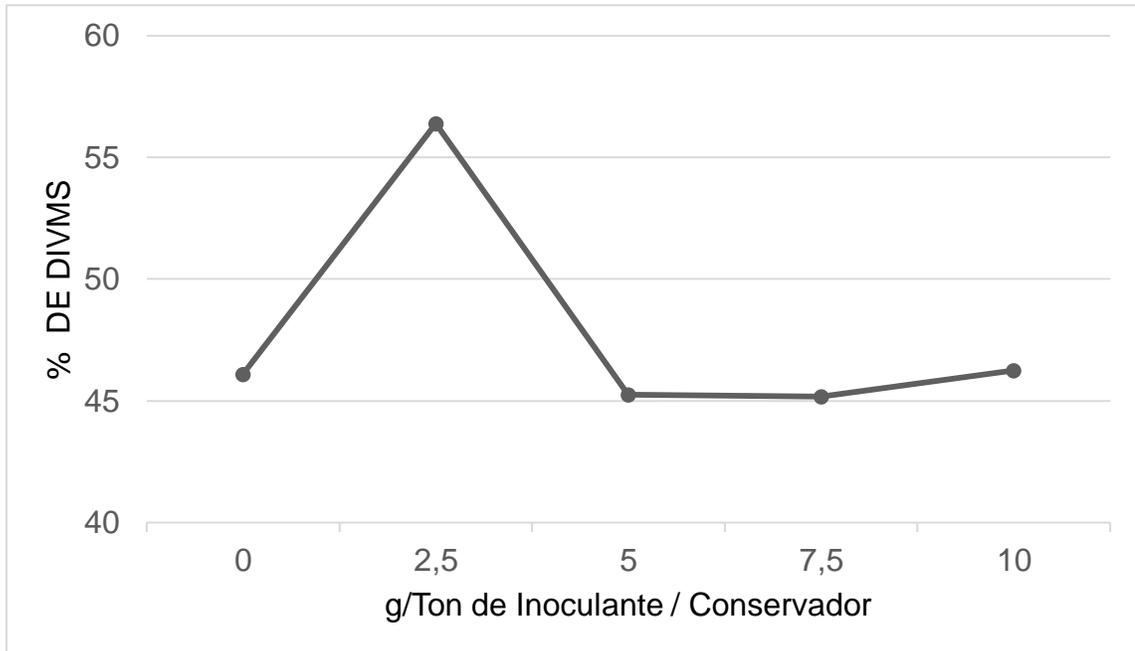
FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	4	278.308594	69.577148	11.8193	0.001
ERROR	10	58.867188	5.886719		
TOTAL	14	337.1757781			

**26<sup>®</sup> y ensilado con diferentes niveles de inoculante/conservador**

C.V.= 5.07 %

Al analizar el comportamiento de las medias de tratamiento para los coeficientes de digestibilidad *in vitro* de la materia seca (Figura 4. 1), se observa un pico (46.23%) en el tratamiento con 2.5 g/Ton de inoculante /conservador siendo superior y diferente al resto de los tratamientos, los tratamientos T1, T3,

T4 y T5 fueron diferentes que T2 pero similares entre si teniendo valores alrededor del 45% de DIVMS.



**Figura 4.1. Comportamiento de los coeficientes de digestibilidad in vitro del pasto Maralfalfa (*Pennisetum* sp.) fertilizado con ENTEC 26<sup>®</sup> y ensilado con diferentes niveles de inoculante/conservador**

Al comparar las medias de **DIVMS** se determina que estadísticamente, hubo diferencias altamente significativas (**P<0.01**), observando que T2 (2.5 g/Ton) tuvo una diferencia significativa sobre los otros tratamientos.

**Cuadro 4.2. Medias de tratamiento de los coeficientes de digestibilidad in vitro del pasto Maralfalfa (*Pennisetum* sp.) fertilizado con ENTEC 26<sup>®</sup> y ensilado con diferentes niveles de inoculante/conservador**

TRATAMIENTO	MEDIA
1	46.09 B
2	56.41 A
3	45.26 B
4	45.18 B
5	46.23 B

Nivel de significancia = 0.05

En cuanto a los valores de digestibilidad encontrados en el presente experimento podemos decir que son muy semejantes a los obtenidos por otros autores. [Cáceres et al. \(2007\)](#), evaluaron la DIVMS del pasto Elefante (*Penisetum purpureum*), reportando valores de 50.15 a 56.40 %, dependiendo de la semana de corte. Así mismo, [Clavero y Razz \(2009\)](#) trabajando con pasto Maralfalfa (*Penisetum purpureum* x *Penisetum glaucum*), reportaron coeficientes de digestibilidad de 52.1 %, aunque también reportan valores superiores (62.45 %) pero en ese caso las muestras fueron cosechadas a solo 3 semanas, por lo que es lógico pensar que siendo la planta muy joven y al no alcanzar un grado de madurez suficiente sus contenidos de celulosa, hemicelulosa y lignina son bajos, dando lugar a digestibilidades relativamente altas, ya que está comprobado que la digestibilidad de los forrajes varía dependiendo de sus contenidos de fibra y estos están relacionados directamente con el manejo del forraje, como su fertilización o su época de corte.

[http://web.altagenetics.com/espanol/DairyBasics/Details/917\\_Digestibilidad-del-forraje-mas-alla-del-NDF.html](http://web.altagenetics.com/espanol/DairyBasics/Details/917_Digestibilidad-del-forraje-mas-alla-del-NDF.html)

Las muestras del presente estudio fueron cosechadas a los 84 días con valores de 46.09 a 56.41 %, los cuales resultan semejantes a los obtenidos por [Chacón y Vargas \(2009\)](#) con cortes entre 60 y 90 días, quienes reportan valores de 55.52% para pasto Elefante (*Penisetum purpureum*).

Al evaluar diferentes edades de corte de pasto Elefante (*Pennisetum purpureum*) [Madera et al. \(2013\)](#) encontró valores de 59 % de DIVMS a los 45 días de corte y el 40% a los 120 días por lo que la edad modifica la digestibilidad. [Navarro et al. \(2011\)](#) utilizando el mismo método y la misma especie reportaron una digestibilidad de 36% de la materia seca.

Se han estado realizando investigaciones con el pasto maralfalfa y han concluido en que este pasto es superior en cuanto a digestibilidad a otros, los resultados obtenidos son similares pero existen diferencias debido a diversos factores, por mencionar que erróneamente se le atribuye el nombre de pasto maralfalfa a especies distintas dentro del género *Pennisetum*.

Un estudio de digestibilidad realizado por [Knowles et al. \(2008\)](#) con pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) reporta que la digestibilidad *in vitro* utilizando el mismo método se encuentra en un 62.3 % de DIVMS, las muestras fueron obtenidas a los 45 días de rebrote, y para el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) obtuvo 68.8 % de DIVMS a una edad más temprana pues las muestras fueron colectadas a los 38 días de rebrote.

[Sosa et al. \(2006\)](#), realizaron una digestibilidad *in vivo* de muestras de pasto maralfafa (*Pennisetum sp.*) utilizando cabras y obtuvo 68.11% de IDVMS, un resultado muy elevado en comparación al resultado obtenido en este trabajo, sin embargo las especies animales utilizadas, las edades de corte y método utilizado afecta el resultado final, así como también el tratamiento al que ha sido sometida la muestra, en esta investigación el pasto fue ensilado por lo que pudo afectar la digestibilidad en comparación de haberlo suministrado o realizado el análisis en verde.

## 5. CONCLUSIONES

En el estudio realizado para determinar la digestibilidad *in vitro* del pasto maralfalfa (*pennisetum sp.*) fertilizado con ENTEC 26<sup>®</sup> y ensilado con diferentes dosis Sil-All 4x4<sup>®</sup>, existe un resultado positivo, para ensilar pasto maralfalfa es suficiente la dosis de 2.5 g/Ton para obtener el máximo beneficio. Es recomendable usarlo en pasto maralfalfa para mantener y en este caso aumentar la digestibilidad de la materia seca. El pasto maralfalfa demuestra tener buenas propiedades nutricionales y responde bien a prácticas de conservación por lo que es una alternativa viable en la alimentación y nutrición animal.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Agnusdéli M. 2007. [Calidad nutritiva del forraje](#). (Fecha de acceso: Marzo 5 del 2014). URL disponible en: <http://www.produccion-animal.com.ar/>
- Allison, C. D. 1985. [Factors affecting forage](#) intake by range ruminants: a review. *J. Range Manage.* 38:305 – 311.
- Amador M., Rodríguez J. y arroyo A. 2010. Dinámica del rendimiento y digestibilidad del *king grass* en tres frecuencias de corte. *Tierra tropical* 6 (1) 63-69.
- Andrade Ulloa, D. G. 2009. [Evaluación de dos](#) sistemas y tres distancias de siembra del pasto Maralfalfa (*Pennisetum sp.*) en la localidad de Chalguayacu, cantón Cumanda, provincia de Chimborazo. Fecha de acceso: Marzo 5 del 2014. URL disponible en: <http://dspace.esoch.edu.ec/handle/123456789/363>
- Araujo Febres, O. 2005. Factores que afectan el consumo voluntario en bovinos a pastoreo en condiciones tropicales. IX Seminario de pastos y forrajes. Departamento de Zootecnia, Facultad de Agronomía. Maracaibo, Venezuela, 1-12.
- Bondi, A. A. 1989. [Nutrición Animal](#). Editorial Acribia, S. A. Zaragoza, España. 546 p.
- Cáceres, F., Echevarría, M., y Basurco, V. 2007. Evaluación del rendimiento y valor nutritivo del pasto elefante morado (*Pennisetum purpureum, schum*) cultivar cameroon a diferentes edades en otoño e invierno en la costa central. *Anales científicos* 68, (1), p. 136- 141.
- Cañeque, M.V Y Sancha, J.L. 1998. [Ensilado de](#) forrajes y su empleo en la alimentación de rumiantes. Editorial mundi-prensa, Madrid. ISBN 84-7114-730-0 pp 260.
- Cárdenas, J. V., Solorio, F. J., y Sandoval, C. A. 2004. Ensilaje de forrajes: alternativa para la alimentación de rumiantes en el trópico. Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México.

- Ceballos, A., Noguera, R. R., Bolívar, D. M., & Posada, S. L. 2008. Comparación de las técnicas in situ de los sacos de nylon e in vitro (Daisy II) para estimar la cinética de degradación de alimentos para rumiantes. *Livestock Research for Rural Development*, 20, (7).
- Chacón, P. A., & Vargas, C. F. 2009. Digestibilidad y calidad del *Pennisetum purpureum* cv. king grass a tres edades de rebrote. *Agronomía mesoamericana*, 20(2), 399-408.
- Church, D. C., Pond W. G. Y Pond K. R. 2010. *Fundamentos de nutrición y alimentación de animales*. 2da ed. Editorial Limusa, S. A. de C. V. Grupo Noriega Editores. México. pp 636
- Clavero, T y Razz, R. 2009. Valor nutritivo del pasto maralfalfa (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum*) en condiciones de defoliación. *Rev. Fac. Agron. (Online)*. vol.26, n.1. pp. 78-87. (Fecha de acceso: Septiembre 3 del 2014). URL disponible en: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-78182009000100005&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182009000100005&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 0378-7818.
- Córdova A., P. 1993. *Alimentación Animal*. Lima (Perú): Editorial EDITEC. 244 pp.
- Correa, H. J., Arroyave, H., Henao, J., López, A., & Cerón, J. M. 2005. Pasto maralfalfa: Mitos y realidades (parte 1). (Fecha de acceso: Febrero 30 del 2014). URL disponible en: <http://www.engormix.com/MA-ganaderia-carne/foros/articulo-pasto-maralfalfa-mitos-t6069/089-p0.htm>
- Correa, H. 2006. Calidad nutricional del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) cosechado a dos edades de rebrote. *Livestock Research for Rural Development*, 18 (6).
- Flores, J. 1986. *Manual de Alimentación Animal*. Primera edición. México: Editorial Ciencia y Técnica. México. D.F. 4 vols. 1096 pp.
- Garcés, A. M., Berrio, L., Ruíz, S., Serna, J. G. & Builes, A. F. 2004. Ensilaje como fuente de alimentación para el ganado. *Revista Lasallista de Investigación*, 1(1) 66-71. Fecha de acceso: Noviembre 23 del 2014. URL disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69511010>
- Jiménez, M. A. 2001. *Conservación de forrajes* para la alimentación del ganado. Universidad autónoma Chapingo. Dirección de difusión cultural. ISBN - 968-884-072-6.

- [Knowles M. M.](#), [Esparza C.](#), [Pabón M. L.](#) y [Carulla J. E.](#) 2008. Utilización de un inóculo preparado a partir de heces de ovino o bovino en la determinación de la digestibilidad ruminal *in vitro* de forrajes. *Livestock Research for Rural Development* 20 (10). (Fecha de acceso: Febrero 15 del 2015). URL disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd20/10/know20152.htm>
- [Macon E.](#), [Sollenberger L.](#) and [Moore JE.](#) 1992. Defoliation Effects on Persistence and Productivity of Four *Pennisetum sp.* Genotypes. *Agron. J.* 94:541–548
- [Madera, N. B.](#), [Ortiz, B.](#), [Bacab, H. M.](#), & [Magaña, H.](#) 2013. Influencia de la edad de corte del pasto morado (*Pennisetum purpureum*) en la producción y digestibilidad in vitro de la materia seca. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 17(2), 41-52.
- [Manríquez, J. A.](#) 1994. La digestibilidad como criterio de evaluación de alimentos - su aplicación en peces y en la conservación del medio ambiente. (Fecha de acceso: febrero 30 del 2014). URL Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/field/003/ab482s/AB482S08.htm>
- [Marco O.](#) 2011. Estimación de calidad de los forrajes. (Fecha de acceso febrero 3 del 2013). URL disponible en: [http://www.produccion-animal.com.ar/tablas\\_composicion\\_alimentos/45-calidad.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/45-calidad.pdf)
- [Maza A. L.](#), [Vergara G.O.](#), and [Paternina D.E.](#), 2001. Evaluación química y organoléptica del ensilaje de maralfalfa (*Pennisetum sp.*) más yuca fresca (*Manihot esculenta*). *Rev. MVZ Córdoba* (online). vol.16, n.2, pp. 2528-2537. ISSN 0122-0268.
- [McDonald, P.](#), [Edwards, R.A.](#); [Greenhalgh, J.F.D.](#); [Morgan, C.A.](#) 2002. *Nutrición Animal*.
- [Mejía H. J.](#) 2002. Consumo voluntario de forraje por rumiantes en pastoreo. *Acta universitaria*, 12(3), 56-63. (Fecha de acceso: Abril 8 del 2014). URL disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/416/41612204.pdf>
- [Minson, J. D.](#) (1990). *Forage in Ruminant Nutrition*. Academic Press. San Diego, CA.
- [Navarro, C.](#), [Díaz, J.](#), [Roa, M.](#), & [Cuellar, E.](#) 2011. Comparación de la técnica de digestibilidad in vitro con la in situ de diez forrajes en bovinos rumino-fistulados en el piedemonte llanero del Meta. *Revista electrónica Sistemas de Producción Agroecológicos*, 2(2), 2-24.
- [Néstor A. J.](#), [Romero A.](#) Y [Bruno A.](#) 1995. Conservación del forraje de alfalfa. (Fecha de acceso: febrero 28 del 2014). URL Disponible en: [http://www.produccion.animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_reservas/reservas\\_henos/05conservacion\\_alfalfa.pdf](http://www.produccion.animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_henos/05conservacion_alfalfa.pdf)

- Orskov, E.R., Howell, F.D. Y Moulton F. 1980. Uso de la técnica de la bolsa de nylon para la evaluación de los alimentos. *Prod animal. Tropical* 5: 195-213.
- Pírelas, M. F. 2005. Valor nutritivo de los pastos tropicales. Manual de ganadería doble propósito. (Fecha de acceso: marzo 5 del 2014). URL Disponible en: [http://www.avpa.ula.ve/docuPDFs/libros\\_online/manualganaderia/seccion3/articulo6-s3.pdf](http://www.avpa.ula.ve/docuPDFs/libros_online/manualganaderia/seccion3/articulo6-s3.pdf)
- Ramírez, Y., Pérez, J. (2008). Efecto de la edad de corte sobre el rendimiento y composición química del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*). *Revista Unellez de Ciencia y Tecnología*, 24. 57- 62.
- Romero M.G. 2011. Tecnología pecuaria. (Fecha de acceso: febrero 28 del 2014). URL Disponible en: <http://datateca.unad.edu.co/contenidos/102702/102702/index.html>
- Ruiz. R.P. 2011. Comparación de dos métodos in vitro para estimar la digestibilidad de pastos tropicales en rumiantes. *Revista CITECSA*, 2(2), 13-24.
- SAGARPA. 2014. Técnicas de ensilaje y construcción de silos forrajeros. (Fecha de acceso: Noviembre 11 del 2014). URL disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/Silos%20Forrajeros.pdf>
- Sánchez D. Y Pérez J.A. 2007. Comunicación personal. Herbario MEDEL, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.
- Sierra J.O. P. 2005. Fundamentos para el establecimiento de pasturas y cultivos forrajeros (2ª edición). Editorial Universidad de Antioquia. pp244. ISBN 9586558924
- Sosa, D., Larco, C., Falconí, R., Toledo, E., y Suárez, G. 2006. Digestibilidad de maralfalfa (*Pennisetum sp.*) en cabras. *Boletín Técnico*, 6, 68-76.
- Tilley, J. M. A. Y Terry, R.A. 1963. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops, *grass and forage science*, 18(2), p. 104 – 111.
- Tobal, C.F. 2002. Evaluación de los alimentos a través de los diferentes métodos de digestibilidad. Fecha de acceso: marzo 5 del 2014. URL disponible en: <http://www.biblioteca.unlpam.edu.ar/pubpdf/anuavet/n1999a16tobal.pdf>

Páginas web revisadas:

[http://www.maralfalfa.mx/historia\\_Maralfalfa/](http://www.maralfalfa.mx/historia_Maralfalfa/)

(Fecha de acceso: Enero 30 del 2014)

<http://sdgmaralfalfa.jimdo.com/informaci%C3%B3n-de-maralfalfa/>

(Fecha de acceso: Enero 31 del 2014)

<http://fundacionfedna.org/forrajes>

(Fecha de acceso: Febrero 25 del 2014)

<http://sdgmaralfalfa.jimdo.com/informaci%C3%B3n-de-maralfalfa/>

(Fecha de acceso: Febrero 10 del 2014)

[http://web.altagenetics.com/espanol/DairyBasics/Details/917\\_Digestibilidad-del-forraje-mas-alla-del-NDF.html](http://web.altagenetics.com/espanol/DairyBasics/Details/917_Digestibilidad-del-forraje-mas-alla-del-NDF.html)

(Fecha de acceso: Febrero 13 del 2015)