

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN ANIMAL



**Digestibilidad *in vitro* del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*)
fertilizado con TRIPLE 17 y ensilado con diferentes niveles de
inoculante/conservador**

POR

JOSUÉ CRUZ CABALLERO

TESIS

Presentada Como Requisito Parcial Para

Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Marzo de 2015

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

Digestibilidad *in vitro* del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*) fertilizado con TRIPLE 17 y ensilado con diferentes niveles de inoculante/conservador

Por:

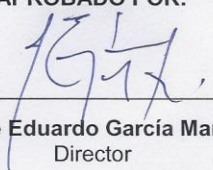
JOSUÉ CRUZ CABALLERO

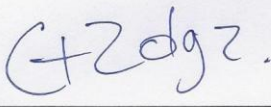
TESIS


Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:


INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

APROBADO POR:


Dr. José Eduardo García Martínez
Director


MC. Camelia Cruz Rodríguez
Codirector


MC. Laura Maricela Lara López
Asesor

El Coordinador de la División de Ciencia Animal

Dr. José Duenes Alanis
COORDINACION DE CIENCIA ANIMAL

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México.

Marzo de 2015

MANIFIESTO DE HONESTIDAD ACADEMICA

El suscrito, Josué Cruz Caballero, estudiante de la carrera de Ingeniero Agrónomo Zootecnista, con matrícula 41100481 y autor de la presente tesis manifiesto que:

1. Reconozco 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 la autoría de la fuente original.
3. Toda la información consultada ha sido analizada e interpretada por el suscrito y redactado según su criterio y apreciación, de tal manera que no se ha incurrido en el "copiado y pegado" de dicha información.
4. Reconozco la responsabilidad sobre los derechos de autor de los materiales bibliográficos consultados por cualquier vía y manifiesto no haber hecho mal uso de ninguno de ellos.
5. Entendiendo que la función y alcance de mi Comité de Asesoría, está circunscrito a la orientación y guía respecto a la metodología de la investigación realizada por la siguiente Tesis, así como del análisis e interpretación de los resultados obtenidos, y por lo tanto eximo de toda responsabilidad relacionado al plagio académico a mi Comité de Asesoría y acepto que cualquier responsabilidad al respecto es únicamente por parte mía.



JOSUÉ CRUZ CABALLERO

Tesista de Licenciatura/UAAAN.

III

Correo electrónico: Josue cruz caballero dgo_cruz@hotmail.com

III

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Principalmente por haberme dado la vida y salud que ahora tengo, por guiar mis pasos por el sendero de la sabiduría y por permitir lograr mis objetivos y metas y sobre todo por darme la familia que tengo.

A mis Padres

María de los Ángeles Caballero y Baldemar Cruz, por todo ese gran amor y dedicación que siempre han puesto en mí, por enseñarme el camino del bien de la educación y del trabajo y por nunca dejarme cuando más necesite de ellos, por levantarme de los muchos tropiezos que tuve y por darme un mejor futuro.

A mi Alma Mater

Por ser mí segunda casa durante estos cuatro años y medio, por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente y brindarme las herramientas para mejorar mis conocimientos y habilidades.

A mis Asesores

Dr. José Eduardo García Martínez, por su amistad y por dedicarme parte de su valioso tiempo para asesorarme en la elaboración de este proyecto, por sus grandes conocimientos y consejos que me han sido muy útiles y que siempre llevare presente.

MC. Camelia Cruz Rodríguez y MC. Laura M. Lara López por su colaboración en este proyecto, dedicando parte de su valioso tiempo en la revisión del trabajo.

A los Laboratoristas

Luis y Carlitos, por su apoyo y colaboración en la Digestibilidad *in vitro* y por su entusiasmo y dedicación en el trabajo realizado en el laboratorio.

DEDICATORIA

Con mucho amor y cariño para todas las personas que siempre confiaron en mí y me brindaron su apoyo para salir adelante en las buenas y en las malas.

A mis amados y queridos padres: con todo mi esfuerzo les dedico este trabajo, por todo el amor y confianza que me brindaron y por estar siempre conmigo en todo momento.

A mis abuelos, Humberto Caballero y Julieta Camacho: que siempre tienen los mejores deseos para mi superación profesional y como persona. Y también a **Hernán Cruz + y Jesús Cruz +**, aunque ya no están físicamente siempre desearon que fuera un hombre de bien.

A mis hermanos y cuñado, Gema, Keren, Jairo y Roberto: por quererme mucho y brindarme ese cariño y sobre todo por el inmenso apoyo y los muchos consejos que me brindaron para culminar mis estudios profesionales.

A mis sobrinos, Karlita, Ingrid y Axelito: por brindarme esa dicha de ser tío y llenarme de alegría en esos momentos de tristeza y darme ánimo para seguir echándole ganas, los quiero mucho.

A Yanín: a ti amor por estar conmigo, por tu cariño y apoyo, por esos momentos felices y tristes que hemos vivido juntos, y sobre todo por brindarme todo ese ánimo y paciencia para salir adelante día con día gracias.

A mis mejores amigos: Gabriel, Pascual, Elmer, por su valiosa amistad, por sus consejos y apoyo.

A mis amigos de la universidad: Osvaldo, Dorian, Caro, Alejandro, Hugo, Jaime, Jesús, Cristian, Juan Antonio, José Manuel, Fausto, Israel y a toda la generación CXVIII, con los que convivimos y disfrutamos muchos momentos inolvidables.

RESUMEN

Recientemente en México se ha introducido una gran variedad de pastos de corte utilizadas en la alimentación animal, sin embargo, utilizar alimentos de buena calidad incrementa los costos, lo cual ha propiciado a buscar nuevas alternativas para los productores, una de éstas es el cultivo del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*) el cual es una opción para abaratar los costos e incrementar la producción de carne y leche. Este pasto se ha utilizado en la alimentación animal en países de Sudamérica y se ha introducido recientemente a México debido a sus bondades tanto en calidad como en nutrientes que se presume contiene, sin embargo es necesario realizar estudios para conocer más sobre este pasto y que calidad aporta en la nutrición animal.

En el presente trabajo se determinó la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*) fertilizado con Triple 17 y cosechado a los 84 días. En esta investigación se analizaron 5 tratamientos con diferente dosis de inoculante/conservador Sil-All 4x4[®], los tratamientos fueron T1= 0 g, T2= 2.5 g, T3= 5.0 g, T4= 7.5 g y T5= 10.0 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 ($P<0.01$). T2 fue superior obteniendo un resultado de 51.39 % en DIVMS, T1, T4 y T5 se comportaron de manera similar alrededor de 46 %, mientras que T3 fue inferior a los demás tratamientos con 41.71 %. Por lo tanto una dosis de 2.5 g/ Ton del inoculante/conservador Sil-All 4x4[®] 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
MANIFIESTO DE HONESTIDAD ACADEMICA ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.	
AGRADECIMIENTOS	IV
DEDICATORIA	V
RESUMEN	VI
ÍNDICE DE CUADROS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo	2
1.2. Justificación	2
1.3. Hipótesis	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Antecedentes del Pasto Maralfalfa (<i>Pennisetum sp.</i>)	3
2.2. Clasificación Taxonómica	4
2.3. Usos de la Maralfalfa	6
2.4. Calidad de los Forrajes	7
2.4.1. Consumo de alimento	10
2.4.2. Composición química de la Maralfalfa	14
2.4.3. Digestibilidad	16
2.5. Métodos para Determinar Digestibilidad	19
2.5.1. Digestibilidad aparente y real	19
2.5.2. Digestibilidad <i>in vivo</i>	20
2.5.3. Digestibilidad <i>in vitro</i>	21
2.5.4. Digestibilidad <i>in situ</i>	22
2.6. Valor Relativo Forrajero	23
2.7. Ensilaje	26
3. MATERIALES Y MÉTODOS	29
3.1. Descripción del Área de Estudio	29
3.2. Análisis Estadístico	29
3.3. Análisis de las Muestras	30
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
5. CONCLUSIONES	39
6. LITERATURA CITADA	40

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		página
Cuadro 2.1	Clasificación taxonómica del genero <i>Pennisetum</i> .	5
Cuadro 2.2	Clasificación del valor nutritivo de los forrajes según los contenidos de los principales componentes expresados en base seca.	8
Cuadro 2.3	Composición química del pasto maralfalfa (<i>Pennisetum sp</i>) a diferentes edades de corte.	14
Cuadro 2.4	Composición química del pasto maralfalfa (<i>Pennisetum sp</i>).	15
Cuadro 2.5	Composición química del pasto maralfalfa (<i>Pennisetum sp</i>) ensilado en diferentes edades de corte.	16
Cuadro 2.6	Digestibilidad del pasto maralfalfa con diferentes autores.	18
Cuadro 2.7	Índice de Valor Relativo del pasto maralfalfa (<i>Pennisetum sp</i>).	24
Cuadro 2.8	Estimación del Índice de Valor Relativo de algunos forrajes utilizados en Colombia para la alimentación de ganado de leche.	24
Cuadro 2.9	Clasificación de forrajes para ganado de leche según el Índice de Valor Relativo.	25
Cuadro 4.1	Análisis de varianza de los coeficientes de digestibilidad <i>in vitro</i> del pasto maralfalfa (<i>Pennisetum sp</i>) fertilizado con Triple 17 y ensilado con diferentes niveles de inoculante/conservador.	35
Cuadro 4.2	Medias de tratamiento de los coeficientes de digestibilidad <i>in vitro</i> del pasto maralfalfa (<i>Pennisetum sp</i>) fertilizado con Triple 17 y ensilado con diferentes niveles de inoculante/conservador.	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		página
Figura 2.1	Calidad nutricional de los forrajes a través del tiempo.	9
Figura 3.1	Diagrama del método de digestibilidad <i>in vitro</i> de Tilley y Terry.	33
Figura 4.1	Comportamiento de los coeficientes de digestibilidad <i>in vitro</i> del pasto maralfalfa (<i>Pennisetum sp</i>) fertilizado con Triple 17 y ensilado con diferentes niveles de inoculante/conservador.	36

1. INTRODUCCIÓN

En el norte de México, los sistemas de producción animal representan una de las grandes fuentes de ingresos económicos, sin embargo, en la actualidad el consumo de los forrajes y los granos, está limitado por la superficie terrestre destinada para la siembra de estos cultivos y también por la cantidad de agua que necesitan para que puedan esperarse buenas cosechas, en los últimos años se sabe que la crisis hídrica ha traído una serie de problemas económicos y nutricionales para el ámbito ganadero, por lo que se ha recurrido al cultivo de la maralfalfa (*Pennisetum sp*) en la zona del desierto y semidesierto del norte de México y se ha comenzado la identificación de ese cultivo y su utilización como alimento para el ganado, brindando una mayor producción de biomasa, menor necesidad de agua para su desarrollo y tal vez una cantidad de nutrientes que pueda competir con el cultivo tradicional que es la alfalfa y que es la primera opción que elige el ganadero de la zona, para alimentar a su ganado.

La maralfalfa (*Pennisetum sp*) es un cultivo que reúne un gran potencial de producción de biomasa de un valor nutritivo adecuado y que permite incrementar la producción por hectárea, además de poseer mayor tolerancia que los cultivos tradicionales a deficiencias de agua, nutrientes y resistencia a plagas y enfermedades.

Existen factores que pueden afectar la digestibilidad de los pastos entre los que se encuentran: la especie o variedad, parte de la planta y estado de maduración o edad y las condiciones climáticas.

Una de las formas para evaluar los alimentos es a través de la determinación de la digestibilidad, por lo tanto el planteamiento de este estudio

fue: determinar la digestibilidad *in vitro* del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*) fertilizado con Triple 17 y ensilado con diferentes niveles del inoculante/conservador Sil-All 4x4[®].

1.1. Objetivo

El objetivo de esta investigación fue determinar la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*) fertilizado con Triple 17 y ensilado con diferentes dosis de inoculante conservador Sil-All 4x4[®].

1.2. Justificación

Considerando al pasto Maralfalfa (*Pennisetum sp*), como una opción importante para aumentar la producción de forraje en épocas de escases, se planteó la siguiente investigación con el objetivo de determinar la digestibilidad de la materia seca del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*) fertilizado con Triple 17 y ensilado con inoculante/conservador.

1.3. Hipótesis

H₀: 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_a: 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 del Pasto Maralfalfa (*Pennisetum sp.*).

[Correa et al. \(2005\)](#) señalan que el verdadero origen del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) es un misterio. Pero se encuentran algunas hipótesis entre las que destacan la del sacerdote Jesuita José Bernal Restrepo en 1979 quien aseguraba que fue el resultado de la combinación de varios recursos forrajeros como el pasto elefante (*Pennisetum purpureum*), una grama nativa (*Paspalum macrophyllum*), el gramalote (*Paspalum fasciculatum*), la alfalfa peruana (*Medicago sativa*) y el pasto brasilero (*Phalaris arundinacea*). Sostenía, que dicho pasto fue creación suya resultado de la aplicación del denominado Sistema Químico Biológico (S.Q.B), desarrollado por este mismo autor y que es propiedad de la Universidad Javeriana.

Otra hipótesis señala que dicho pasto podría corresponder a un *Pennisetum hybridum* que es comercializado en Brasil como elefante paraíso Matsuda. Dicho pasto es el resultado de la hibridación del *Pennisetum americanum* (L.) Leeke con el *Pennisetum purpureum* Schum. Este híbrido es un triploide que es obtenido fácilmente y combina la calidad nutricional del forraje del *Pennisetum americanum* (L.) con el alto rendimiento de materia seca del *Pennisetum purpureum* Schum. Sin embargo este híbrido es estéril por lo que para obtener híbridos fértiles se recurre a utilizar Colchicina con esto se duplica el número de cromosomas y se obtiene un híbrido hexaploide fértil ([Correa et al. 2004](#)). En Estados Unidos se ha trabajado con esto y se han obtenido híbridos con excelente calidad nutritiva y aumentos importantes en la producción de biomasa.

El *Pennisetum hybridum* fue introducido a Brasil en 1995 a través de la Empresa Matsuda. Actualmente existen algunas variantes disponibles en Brasil que se han sometido a evaluaciones agronómicas y productivas con muy buenos resultados. Por lo consiguiente, si el pasto maralfalfa corresponde a un *Pennisetum hybridum* comercializado en Brasil como elefante paraíso Matsuda, será necesario establecer a cual variedad corresponde (Andrade, 2009).

Como aclaración final sobre el origen del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*), depende de la posibilidad de llevar acabo patrones morfológicos que diferencien de otros pastos similares como lo es el elefante (*Pennisetum purpureum*), y sus variantes, realizar colecciones, análisis morfológicos y confrontar con varias fuentes de información confiable sobre las características taxonómicas de la especie (Correa et al. 2004).

2.2. Clasificación Taxonómica

Según Correa (2006) la identificación y clasificación taxonómica de las gramíneas resulta muy difícil de identificar. Las gramíneas, como familia, son fácilmente reconocidas pero resulta difícil distinguir los diferentes géneros y especies, como es el caso del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*), principalmente se debe a que la mayoría de las gramíneas no poseen perianto y si lo tienen es muy reducido, además presentan un ovario muy simple, lo que hace que estas dos características tan importantes para las dicotiledóneas, son casi inexistentes en las gramíneas, por lo tanto esta ausencia esta compensada por otras características, las cuales no son tan evidentes.

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 (Cuadro 2.1) 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 (Dawson y Hatch, 2002).

Por lo tanto se tendrán que hacer más investigaciones para determinar a qué especie corresponde el pasto maralfalfa, ya que aún no se sabe a ciencia cierta si corresponde a un híbrido o cruza de diferentes pastos. Por el momento se le sugiere que sea *Pennisetum sp.*

Cuadro 2.1 Clasificación taxonómica del genero *Pennisetum*.

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

Fuente: [Dawson y Hatch \(2002\)](#).

2.3. Usos de la Maralfalfa

En la actualidad, los pastos de corte se han considerado como una alternativa en la alimentación animal debido a su bajo costo de producción, y esto conlleva a incrementar la producción y ser cada vez más eficientes. Esto implica minimizar el desperdicio de forraje y eliminar el pisoteo, evitando con esto el gasto de energía de los animales durante el pastoreo y a su vez se disminuye la selección del animal que normalmente deja residuos considerables en los potreros ([Dávila y Urbano, 2005](#)).

Los pastos de la variedad *Pennisetum purpureum*, generalmente son las gramíneas de corte más comunes para la alimentación animal principalmente en las explotaciones intensivas debido a su alto contenido de biomasa generada, tal es el caso de la variedad taiwán A-146 ([Betancourt, 1982](#)). Debido al avance científico, recientemente se han introducido nuevos genotipos de pasto, tal es el caso de la maralfalfa que prácticamente vino a revolucionar el mercado forrajero pero que aún no se conoce mucho sobre la calidad que brinda en cuanto a valor nutritivo o de materia seca, lo cual recomienda su utilización como una nueva alternativa forrajera ([Márquez y Sánchez, 2006](#); [Faría et al. 2007](#)).

El pasto maralfalfa es muy bien consumido por los bovinos, equinos, caprinos y ovinos, debido a su porcentaje de carbohidratos y a su palatabilidad. Se ha obtenido muy buenos resultados en el suministro en aves y cerdos, para el ganado de leche se debe administrar fresco, para el ganado de ceba o engorde y equinos se debe deshidratar aproximadamente de 24 a 48 horas para disminuirle el porcentaje de agua ya que este deshidratado aumenta la proteína de la maralfalfa, además puede ser ensilado.

Como ensilaje se recomienda ampliamente en las épocas de estiaje ya que debido a su contenido de carbohidratos lo hace muy palatable para los animales y mantiene por un tiempo prolongado sus cualidades nutritivas. Al tratarse de un pasto de corte se recomienda darlo picado para que los animales

puedan tener acceso a todo el material vegetativo, esto conlleva a tener una maquina picadora para ahorrarse tiempo.

[Correa et al. \(2004\)](#) hacen algunas precisiones relacionadas con el uso del pasto maralfalfa y su aprovechamiento óptimo en los sistemas de producción bovina. Sugiere tener especial precaución en su manejo porque es extremadamente exigente en fertilización. Quien no tenga el hábito de fertilizar no debería sembrar este pasto. Si se asume el paquete tecnológico, con fertilización abundante y oportuna, además del riego suficiente, se puede aprovechar como alternativa forrajera en estabulación.

2.4. Calidad de los Forrajes

El valor nutritivo de los componentes orgánicos de un pasto está determinado por la facilidad con que puedan ser digeridos e incorporados en el tejido bacteriano y al sitio de la digestión y de la absorción en el tracto digestivo ([Hodgson, 1999](#)).

Una forma de medir el valor nutritivo de los forrajes es a través de la eficiencia para la producción animal, cuando este es la única fuente alimenticia. Por lo tanto un pasto se considera de buena calidad si reúne las siguientes condiciones:

- Posee todos los nutrientes esenciales disponibles en proporciones balanceadas.
- Tiene alta digestibilidad.
- Es gustoso y palatable para el animal.

La falta de una de estas condiciones afecta la calidad y disminuye el valor nutritivo del forraje ([Bernal, 2003](#)). El valor nutritivo está ligada en función del consumo y de la calidad; esta a su vez, está determinada por la composición química, digestibilidad y utilización del mismo ([Chamorro, 1996](#)).

La calidad del forraje se define como el total de factores relacionados con el forraje que determina la producción por animal. La calidad es una función del consumo voluntario y de la digestibilidad de los nutrientes, cuando el forraje es la única fuente alimenticia y se suministra a los animales a voluntad. La edad hace variar los componentes del forraje, a medida que los forrajes maduran, el contenido de fibra se incrementa y la digestibilidad de la fibra decrece. La fibra es correlacionada con el llenado ruminal y la buena utilización de la fibra por parte de los microorganismos degradadores (Estrada, 2003).

En el cuadro 2.2 se observa la clasificación del valor de los forrajes, a medida que se incrementa la edad del pasto se presentan grandes aumentos en la producción de materia seca acompañados con incrementos en componentes de la pared celular y la disminución de proteína y carbohidratos no estructurales.

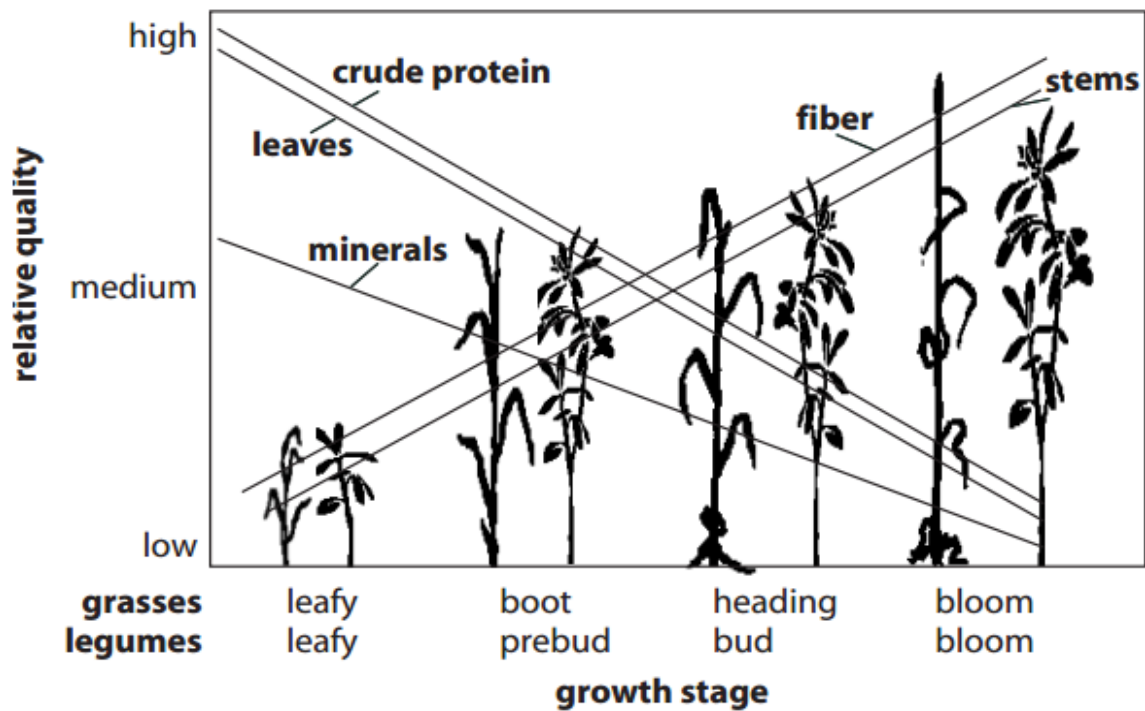
Cuadro 2.2 Clasificación del valor nutritivo de los forrajes según los contenidos de los principales componentes expresados en base seca.

Valor nutritivo	Excelente	Bueno	Regular	Deficiente
Proteína Total %	15.5 o mas	12.0 a 16.4	7.5 a 11.9	7.4 o mas
Fibra Cruda %	27.5 o mas	33.5 a 27.6	39.5 a 33.6	39.6 o mas
Hidratos de Carbono %	50.0 o mas	43.0 a 49.9	35.5 a 42.9	35.4 o mas
Materia Total Digerible %	55.0 o mas	43.0 a 54.9	36.0 a 42.9	35.9 o mas
Proteína Digerible %	14.0 o mas	10.5 a 13.9	6.5 a 10.4	6.4 o mas
Grasa Cruda %	4.0 o mas	3.0 a 3.9	2.0 a 2.9	1.9 o mas
Calcio %	0.6 o mas	0.3 a 0.59	0.16 a 0.29	0.15 o mas
Fosforo %	0.45 o mas	0.30 a 0.44	0.15 a 0.29	0.14 o mas

Fuente: Fudye y Fraps, citado por (Loterio, 1989).

Cuando las gramíneas y leguminosas pasan de un estado vegetativo al de floración y producción de semilla, sus contenidos de proteína y minerales disminuyen drásticamente al disminuir la producción de hojas. De manera similar, al aumentar la producción de tallos, se aumenta rápidamente el contenido de carbohidratos no estructurales (Figura 2.1).

A medida que los pastos maduran, se va perdiendo su calidad nutritiva, por lo que una buena utilización de los forrajes comprende en buscar un equilibrio entre calidad y cantidad, sin tener que sacrificar uno de los



mencionados.

Figura 2.1 Calidad nutricional de los forrajes a través del tiempo.

Fuente: adaptado por [Blaser et al. \(1986\)](#).

2.4.1. Consumo de alimento

Se entiende como consumo a la cantidad de alimento que ingiere un animal por unidad de tiempo (generalmente 24 hrs), siempre y cuando tenga libre acceso a dicho alimento.

La cantidad de materia seca consumida de forraje es el principal factor importante que regula la producción de rumiantes a partir de forrajes. Según [Allison \(1985\)](#) nos dice que el valor de un forraje en la producción animal depende más que nada de la cantidad consumida que de su composición química.

[Minson \(1990\)](#) define al consumo voluntario de alimento como la cantidad de materia seca consumida por día cuando a los animales se les ofrece alimento a libre acceso. Menciona que el consumo de forraje por animales en pastoreo es controlado por factores propios del animal, del forraje y del ambiente. Aun así especifica que la mayoría de estos son iguales tanto para animales en estabulación como en pastoreo, pero este último enfatiza en dos aspectos que son la selectividad y la disponibilidad de forraje.

Asimismo, el Consejo Nacional de Investigación de los Estados Unidos de Norteamérica ([NRC, 1987](#)) señala que el consumo voluntario de forraje en animales productores de carne se debe predecir o calcular con el fin de determinar la proporción de sus requerimientos que pueden ser cubiertos con forrajes de baja calidad y así la cantidad de concentrado suplementario por día puede ser calculada.

[Chávez \(1995\)](#) justifica la realización de estudios tendientes a analizar el consumo voluntario de forraje de tal manera que el estado nutricional del animal en pastoreo puede verse afectado en una disminución del consumo, que por el bajo valor nutricional del forraje; por lo consiguiente si se pudiera manipular la

cantidad consumida por el animal, sería posible mejorar el estado nutricional del ganado, y de esta forma se incrementaría los índices de productividad.

Los Factores que afectan el consumo 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 (Mejía, 2002). Dichos factores son:

Tamaño corporal

Si bien la capacidad física del tracto digestivo no es un factor limitante, el máximo nivel de consumo se manifestara por efecto de los requerimientos energéticos del animal. La demanda de energía es proporcional al tamaño corporal o peso metabólico, que se expresa elevando el peso vivo a la potencia 0.75 (NRC, 1987) de esta forma, las necesidades de energía por unidad de peso de animales pequeños son mayores que para animales de talla grande, reflejándose en una selección más eficiente de la dieta por los primeros (Allison, 1985).

Estado fisiológico

Chávez (1990) cita que durante las fases de crecimiento y los ciclos reproductivos de los animales se llevan a cabo cambios importantes en los requerimientos de los animales en pastoreo. Por consiguiente en la etapa de preñez y lactancia representan considerablemente un incremento en la demanda de energía debido al producto que se está generando; sin embargo, tiene diferentes efectos en el consumo voluntario de forraje, ya que un animal gestante se encuentra físicamente con menor capacidad digestiva a consecuencia del crecimiento uterino y la compresión del rumen.

Condición corporal

El consumo de alimento está relacionado con la condición corporal al igual que el tamaño corporal del animal. Sin embargo, es un índice pobre de la demanda energética y por lo tanto del consumo. Según, [Minson \(1990\)](#) señala que animales delgados comen más que los animales gordos, esto también se relaciona al consumo y crecimiento compensatorio, es decir, animales que pasaron por un período de subnutrición comen más por unidad de peso vivo que animales que estuvieron bien alimentados previamente.

Suplementación

Es importante el efecto que llega a tener la suplementación sobre el consumo voluntario de forraje. Según, [Allison \(1985\)](#) observo que al adicionar carbohidratos de fácil digestión provocaba una disminución en el consumo voluntario de forraje; contrariamente, la suplementación proteica favorece la actividad microbiana ruminal, incrementando así la digestibilidad y la velocidad de pasaje de la digesta y por consiguiente el consumo. El consumo responde a la suplementación proteica sólo cuando los forrajes contienen menos de 8 a 10% de proteína cruda.

Preferencia

Para analizar este apartado primeramente se deben entender algunos términos, por ello se recurre a una revisión hecha por [López \(1984\)](#) en la cual se define apetitosidad como el conjunto de características de la planta que estimulan al animal a consumirla; así, la preferencia es la respuesta animal a la apetitosidad de la planta. Selectividad del forraje, por otro lado, es la medida de lo que el animal ingiere relativo a lo que dispone.

Disponibilidad de forraje

Según el [NRC \(1987\)](#) señala que los dos principales factores más importantes que influyen en el consumo por el ganado en pastoreo son: la cantidad y calidad del forraje disponible; siendo así la cantidad el primer factor limitante. Por otro lado, [López \(1984\)](#) da a conocer que la producción y presentación del forraje disponible para el animal en pastoreo, presenta efectos

considerables estando en condiciones de pradera; aun así estas variables pueden no ser importantes en pastoreo extensivo. En el agostadero, la accesibilidad del forraje, distancia del agua y los regímenes térmicos, resultan ser más importantes en atención a las limitaciones del consumo.

Sistema de pastoreo

El objetivo de un buen manejo de praderas es el proveer al animal con suficiente pasto y así asegurar un buen tamaño de bocado o mordida (Minson, 1990). Sin embargo, Allison (1985) cita que no hay diferencias significativas en la producción animal entre un sistema rotacional y el pastoreo continuo. Como regla general, al incrementarse la intensidad del pastoreo, el ganado tiene menor oportunidad de seleccionar su dieta, debido a que se incrementa la velocidad de cambio de las especies y partes de las plantas preferidas. Así, la intensidad en el pastoreo incrementa los kilogramos de carne producidos por hectárea, pero disminuye las ganancias individuales por animal. También señala que con una alta intensidad de pastoreo, la calidad de las dietas disminuye, esto se atribuye a la reducción en la selectividad; por lo que, las porciones más maduras y fibrosas de las plantas son consumidas, resultando una menor digestibilidad y contenido nutricional de la dieta.

Condiciones ambientales

Los bovinos productores de carne son explotados en muchas regiones climáticas y, excepto para algunos sistemas de producción intensivos, son expuestos a condiciones climáticas naturales. De acuerdo con NRC (1981) cambios en el ambiente influyen en el comportamiento, función y productividad de los animales mediante un proceso complejo, que involucra tres aspectos: consumo voluntario de alimento y agua, valor nutritivo del alimento consumido, y requerimientos de energía para mantenimiento del animal. Así las condiciones ambientales afectan directa o indirectamente el nivel de consumo voluntario del alimento y la utilización de la energía metabolizable consumida. Principalmente

la temperatura y la intensidad de la luz modifican la velocidad en la madurez de los forrajes y su contenido en paredes celulares, y por lo tanto, el consumo por rumiantes en pastoreo. Es conveniente señalar que los cambios ambientales tienen un comportamiento estacional.

2.4.2. Composición química de la Maralfalfa

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 escasa información que existe sobre el pasto maralfalfa es muy limitada. Por lo que datos presentados recientemente por Carulla *et al.* (2004) nos muestran una tendencia clara sobre la composición química del pasto en función de la edad de corte (Cuadro 2.3).

Cuadro 2.3 Composición química del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*) a diferentes edades de corte.

Fracción química	Edad (días)						
	120	90	64	60	51	47	ND ¹
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

Fuente: (Carulla *et al.* 2004). ¹ No determinada

Debido a la información tan desalentadora sobre la calidad nutricional del pasto maralfalfa pero debido a la popularidad que se ha venido ganando en los últimos años, es necesario emprender un trabajo más sistemático que demuestre mayores luces sobre su comportamiento agronómico y valor nutricional, con la finalidad de tener mayores elementos técnicos que permitan sentar bases sobre recomendaciones para su posterior utilización en el ganado.

En el cuadro 2.4 se presenta la composición química del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*) a una edad de rebrote de 70 y 90 días, en lo cual se encontraron diferencias significativas, para el caso de materia seca el cual se aumenta de 17.40 % en el día 70 al 22.72 % para el día 90 (Andrade, 2009). Con esto se concluye que cualquier pasto a una edad temprana sus niveles de proteína son altos y decrecen conforme el pasto aumenta de edad.

Cuadro 2.4 Composición química del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*).

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

Fuente: Andrade (2009).

La composición química del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*), ensilado en diferentes edades de corte, (Cuadro 2.5), se puede observar que a los 45 días conserva la mayor cantidad de proteína cruda 10 % y además tiene una

adecuada cantidad de FDN 61.7 %, la grasa en 13 % y la materia seca con un 15.7 %; esto nos indica que a esta edad de corte contiene un valor nutritivo eficaz para alimentar a los rumiantes. Concluyendo que la edad ideal para cortar y poder ensilar el pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*) en el norte de México es a los 45 días postsiembra, que es la edad donde se encuentra la mayor cantidad de nutrientes y el forraje es de buena calidad (Hernández *et al.* 2014).

Cuadro 2.5 Composición química del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*) ensilado en diferentes edades de corte.

Nutriente	30 días	45 días	60 días
Materia Seca (%)	12.8	15.7	14.4
FDA (%)	47.7	46.3	50.0
FDN (%)	60.9	61.7	68.0
Cenizas (%)	17	13.7	19.9
Grasa (%)	13.6	13.0	2.4
Proteína Cruda (%)	9.6	10.0	6.9

Fuente: (Hernández *et al.* 2014).

2.4.3. Digestibilidad

Sosa *et al.* (2006) señalan que la utilización de las sustancias nutritivas contenidas en los alimentos, es decir, el aprovechamiento de los mismos por los animales, se realiza mediante dos fases sucesivas: la utilización digestiva y la utilización metabólica. La primera tiene lugar en el aparato digestivo e implica la transformación de los alimentos en principios nutritivos, la absorción de los nutrientes y la eliminación de los residuos bajo forma de heces. La utilización metabólica, corresponde a la verdadera utilización por el organismo animal, ya que son únicamente dichos nutrientes los que el animal utiliza para los procesos anabólicos y catabólicos que son la base de todas las producciones y de la vida misma.

Entre los factores que determinan el valor nutritivo de los forrajes está la digestibilidad (Ball *et al.* 2001; Elías, 1983) a su vez, la digestibilidad de un forraje es afectada por una serie de factores propios de las plantas: estado de madurez, especie vegetal , variedades dentro de una especie, relación hoja – tallo, partes de la planta y forma fresca contra forma seca del forraje, compuestos antinutricionales, relacionados con el animal: nivel de consumo, especie animal, edad y estado fisiológico.

No todas las especies forrajeras ofrecen un forraje igualmente digestible. El grado de digestibilidad depende en gran parte de la especie, del estado de desarrollo de la planta en el momento de ser cortada, de si es consumida en verde, henificado, deshidratado o ensilado. El poder digestible tampoco es igual entre los rumiantes y los no rumiantes.

Una vez que es ingerido el forraje por el animal en el proceso digestivo y antes de ser asimilado, este sufre ciertas alteraciones y transformaciones en los cuales los agentes químicos y biológicos que lo solubilizan juegan un papel importante. Y de la sustancia obtenida el organismo del animal solo aprovecha una parte más o menos suficiente para cubrir sus necesidades y poder mantener así la vitalidad del animal y propiciar su crecimiento y desarrollo.

Concepto

Puede definirse, con exactitud, como la cantidad de alimento que no se excreta en las heces y que, por lo tanto, se considera absorbida por el animal (McDonald *et al.* 1999). Church *et al.* (2002) la define como la preparación de los alimentos para que sean absorbidos en el aparato digestivo.

Según Flores (1986) la digestibilidad comprende todos los procesos que sufren los alimentos en el tracto digestivo, desde la masticación y la mezcla de los alimentos con la saliva en la boca, digestión, descomposición química y la

absorción de nutrientes, así como la expulsión de los materiales no digeridos a través del ano.

En general, existen tres métodos para determinar la digestibilidad en las diferentes especies animales. Estos son: digestibilidad *in vivo*, digestibilidad *in vitro* y digestibilidad *in situ*. En el primer método se utiliza directamente el animal, mientras que en el segundo, se trata de reproducir en el laboratorio en la forma más simplificada, los procesos de digestión, aunque a veces se usa el animal en forma parcial o indirecta y en el último se utiliza la técnica de la bolsa de nylon.

Córdova (1993) afirma que el método *in vitro* es más rápido y más económico. Es un método que trata de reproducir en el laboratorio las funciones de los microorganismos del rumen, sometiendo al alimento, finamente triturado y molido, a diferentes acciones de ácidos, bases y enzimas.

Estudios realizados con pasto maralfalfa han dado como resultado diferentes proporciones de digestibilidad de materia seca (MS). En el cuadro 2.6 se tienen resultados de diferentes estudios realizados por diferentes autores.

Cuadro 2.6 Digestibilidad del pasto maralfalfa según diferentes autores.

AUTOR	DIGESTIBILIDAD	ESPECIE	VALOR
Debartolo L. 2013	MS	AA (Antes de Amonificar) DA (Después de Amonificar)	31.30 % 48.58 %
	MO	AA (Antes de Amonificar) DA (Después de Amonificar)	31.84 % 51.84 %
Sosa et al. 2006	MS	T1-100% Maralfalfa T2-90% M + 10% grano de maíz T3-90% M + 10% melaza T4-90% M + 10% grano de maíz	68.11 % 68.66 % 63.46 % 68.86 %

Clavero y Razz 2009	DIVMS, rebrotes de 3, 6 y 9 semanas	<i>Pennisetum sp</i>	62.45 % 55.75 % 52.10 %
Haubi et al. 2012	DIVMS, 30 y 105 días.	<i>Pennisetum sp</i>	75 % 50 %
INIFAP, 2014	DIVMS, a los 86 días	<i>Pennisetum sp</i>	60 %
Grijalva et al. 2011	DIVMS, a los 60 días	<i>Pennisetum sp</i>	42.79 %
Faría et al. 2007	DIVMO, frecuencias de corte de 30, 45 y 60 días	<i>Pennisetum sp</i>	78.1 % 69.4 % 66.5 %

Como se puede observar los resultados varían debido a que las muestras fueron colectadas a diferentes edades de corte, además del nivel de fertilización, por lo consiguiente esto altera los resultados obtenidos por cada autor.

Hoy en día existen varios métodos para determinar digestibilidad, pero algunos son más usados o apropiados que otros para dicho propósito. Las técnicas más usuales se describen enseguida:

2.5. Métodos para Determinar Digestibilidad

Los métodos para determinar digestibilidad, sin importar cuales, nos permiten determinar qué cantidad de nutrientes están contenidos en los forrajes, y de estos que cantidad pueden ser absorbidos por el tracto digestivo de los animales. Los métodos más comunes se describen enseguida:

2.5.1. Digestibilidad aparente y real

La digestibilidad aparente se le puede considerar como un balance del pienso menos las heces, pero también se encuentra lo que es la digestibilidad verdadera que es la digestión. El coeficiente de la digestibilidad verdadera es mayor a la de la digestibilidad aparente y en ocasiones llega a existir una pérdida metabólica en las heces. En dietas totales, los lípidos y las proteínas tienen una pérdida metabólica fecal, en otro caso como son los carbohidratos y las fibras no llegan a tener pérdida metabólica fecal y los coeficientes aparentes igualan la digestibilidad verdadera.

La digestibilidad puede determinarse para un alimento completo o para alguno de sus componentes (mediante la siguiente fórmula):

$$\textit{Digestibilidad aparente} = \frac{\textit{Consumo} - \textit{Heces}}{\textit{Consumo}} \times 100$$

$$\textit{Digestibilidad real} = \frac{\textit{Consumo} - (\textit{Heces totales} - \textit{Heces metabólicas})}{\textit{Consumo}} \times 100$$

En este caso el valor de la digestibilidad real viene siendo mayor al de la aparente debido a que descuenta las pérdidas por productos metabólicos como descarnaciones epiteliales del tubo digestivo, enzimas y jugos digestivos. La digestibilidad aparente carece de significado en rumiantes por el variado origen y magnitud de las pérdidas fecales.

2.5.2. **Digestibilidad *in vivo***

Esta técnica más que nada es empleada para las evaluaciones de alimentos, tales como la digestibilidad o el consumo voluntario en los que se necesitan animales para que se lleve a cabo. La digestibilidad *in vivo* es utilizada para determinar la calidad nutritiva de los alimentos y esta a su vez

puede verse afectada por numerosos factores tales como, el tipo de ración, el nivel y pauta de ingestión de los alimentos, la especie animal y el estado fisiológico de los animales (Schneider y Flatt, 1975).

La digestibilidad se estima mediante la técnica *in vitro*, en la cual se hace una simulación del proceso digestivo del rumen. Besse (1977) menciona que el costo es elevado para realizar pruebas de digestibilidad, principalmente en los rumiantes, por eso se ha estimulado a utilizar la técnica *in vitro* el cual permite simular en condiciones controladas la fermentación que tiene como lugar el rumen. Los sistemas químicos son rápidos y por eso llegan a ser muy utilizados y a la vez llegar a ser la mejor copia, pero no refleja el proceso biológico de digestión que se lleva a cabo en el rumen. Por consiguiente la técnica de la bolsa de tela que puede llegar a proveer un mejor resultado sobre la digestión en el rumen, pero también tiene su conjunto de problemas. El éxito de cualquier rumen y del sistema de digestibilidad *in vitro* depende del acontecimiento que se lleve a cabo en el rumen y principalmente de los procesos secuenciales del tracto digestivo del rumiante. Pero todo esto va depender con que cuidado se lleve a cabo cualquier tipo de técnica con la cual se desea evaluar el análisis y estriba con exactitud de su respuesta biológica (Van Soest, 1994).

2.5.3. Digestibilidad *in vitro*

Córdova (1993) afirma que el método *in vitro* es más rápido de llevarse a cabo y sobre todo que es más económico. Se trata de un método que trata de reproducir en el laboratorio las funciones de los microorganismos del rumen, sometiendo al alimento, finalmente triturado y molido, a diferentes acciones de ácidos, bases y enzimas.

El método de fermentación *in vitro* es un método de Tilley y Terry (1963) ha sido uno de los métodos más utilizados para determinar digestibilidad de los forrajes, este método se basa en dos fases que son; una fase de tratamiento

biológico y la otra fase 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 y facilitar el proceso.

La primera fase es el tratamiento biológico que es una digestión anaeróbica de una muestra seca de forraje con microorganismos ruminales, a una temperatura de 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 ácida para solubilizar la proteína se lleva a cabo a una temperatura de 39 - 40 °C y a un pH constante de 6.8 a 6.9 (Tilley y Terry, 1963).

2.5.4. Digestibilidad *in situ*

En esta técnica se manejan animales que se encuentran fistulados para realizar la valoración rápida de la digestibilidad de pequeñas muestras de alimentos. Esto con el fin de determinar la degradación de los alimentos, con una cantidad de 3-5 g de materia seca, posteriormente se introduce en pequeñas bolsas sintéticas permeables, enseguida se introduce al rumen a través de la cánula, incubándola en tiempos que se requieran, puede ser de 24-48 horas o hasta 72 a 96 horas. Posteriormente se procede a retirar los sacos y se lavan manualmente con agua hasta que escurra limpia. Y se desecan, para poder determinar la cantidad de materia seca del alimento y a lo que queda en las bolsas se les llama material no digerido (McDonald *et al.* 1999).

Este método es usado para estimar la calidad de los forrajes (digestibilidad) y a la materia seca desaparecida se le llama materia digestible, los animales que se utilizan en este método deben mantenerse durante las pruebas con dietas similares o para obtener mejores resultados utilizar el mismo forraje que se va a utilizar (Tejada, 1992).

2.6. Valor Relativo Forrajero

Dado que los forrajes son la base de la alimentación de los rumiantes, es fundamental establecer la calidad nutricional de los mismos. Con esta finalidad se han desarrollado algunos índices tales como el Índice de Valor Nutritivo, el Consumo Estimado de Energía Digestible, el Índice de Calidad Forrajera y el Índice de Valor Relativo de los Forrajes (Moore, 1994). Cada uno de estos incluye una estimación del Consumo de Materia Seca y de la energía disponible asumiendo que el forraje fuera la única fuente de nutrientes para el animal. Esto es debido a que tanto el Consumo de Materia Seca como la energía disponible son de los principales factores que afectan el desempeño productivo de los animales (Moore y Undersander, 2002).

Se ha mencionado que la Fibra Detergente Neutro (FDN) está asociado con el CMS en tanto que la Fibra Detergente Acida (FDA) con la energía disponible. Basados en estas relaciones, Linn *et al.* (1987) desarrollaron uno de los índices de calidad de forrajes más utilizado: el Valor Relativo de Forrajes (VRF).

Para determinar el valor relativo de los forrajes, se calcula con la última formula, descartando siempre el ensilado de maíz.

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

$$\text{DMS(\%)} = 88.9 - (0.779 \times \text{FDA, \%})$$

$$\text{EL VRF} = (\text{DMS} \times \text{IMS})/1.29$$

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

El valor obtenido es un índice que no tiene unidades, pero que permite comparar la calidad (entendida como la capacidad de un forraje de generar una respuesta productiva) de leguminosas, gramíneas y sus mezclas, bien sean en fresco, ensiladas o henificadas (Calsamiglia, 1997; Moore y Undersander, 2002; Texeira y Andrade, 2001). Este sistema de valoración ha sido adoptado oficialmente por el American Forage and Grassland Council como criterio de valoración de la calidad de los forrajes. Basados en este concepto se estimó el VRF de la maralfalfa cuyos datos se presenta en el cuadro 2.7 (Correa, *et al* 2004).

Cuadro 2.7 Índice de Valor Relativo del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*).

Parcelas	VRF
Fertilización con una mezcla de fertilizante químico y fertilizante orgánico (Bovinaza).	103.3
Sin fertilizante orgánico.	107.8
Promedio	105.6
Nivel de probabilidad	0.32
Coeficientes de variación	16.3

Fuente: Correa *et al.* (2004).

En el cuadro 2.8 se presentan los VRF para varios forrajes utilizados en el país en la alimentación de ganado de leche (Correa, *et al.* 2004).

Cuadro 2.8 Estimación del Índice de Valor Relativo de algunos forrajes utilizados en Colombia para la alimentación de ganado de leche.

Forraje	FDN	FDA	VRF	Autor
Kikuyo	52.5	35	108.0	Gaitán y Pabón, 2003
Kikuyo	56.6	30.40	106.2	Soto <i>et al</i> , en publicación
Kikuyo	56.1	30.5	107.0	Osorio, 2004
Kikuyo + Ryegrass	51.7	29.2	118.0	Osorio, 2004
Ryegrass	46.4	30.9	128.7	Gaitán y Pabón, 2003
Estrella	67.8	39	79.2	Osorio, 2004
Alfalfa	52.8	34.6	107.9	Osorio, 2004
Maralfalfa	68.5	46.5	70.3	Osorio, 2004
Guinea-India	70.3	43.8	71.3	Osorio, 2004
Sorgo	73.5	49.8	62.2	Osorio, 2004
Maíz	75.7	48.1	62.0	Osorio, 2004
Falsa Poa	63.6	42.4	80.5	Gaitán y Pabón, 2003

Fuente: [Correa et al. \(2004\)](#).

En el cuadro 2.9 se muestra la clasificación por calidad de estos forrajes de acuerdo con [Linn et al. \(1987\)](#).

Cuadro 2.9 Clasificación de forrajes para ganado de leche según el Índice de Valor Relativo.

Clasificación	FDN	FDA	VRF
Excelente	<41	<31	>151
Primera	40 – 45	31 – 35	151 – 125
Segunda	47 – 53	35 – 40	124 – 103
Tercera	54 - 60	41 – 42	102 – 87
Cuarta	51 – 65	43 – 45	86 – 75
Quinta	>65	>45	<75

Fuente: [Linn et al. \(1987\)](#).

Basados en esta clasificación y conforme a los datos obtenidos en las tablas anteriores, se puede decir que el pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*) es un pasto de segunda categoría similar al kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) pero de menor categoría que el ryegrass (*Lolium perenne*). El VRF, sin embargo cambia con la edad de corte, a mayor edad del pasto se incrementa las concentraciones de FDN y FDA y con esto se reduce sus niveles de PC, EE Y Cen. Esto nos demuestra que es un pasto con buenas calidades nutricionales y

energéticas todo depende de la edad a que sea cortada y el hábito de fertilización.

2.7. Ensilaje

El ensilaje es un método en el cual se lleva a cabo una fermentación anaerobia de los carbohidratos solubles que se encuentran presentes en los forrajes para producir ácido láctico. Este proceso permite almacenar alimento en los tiempos de cosecha, conservando así sus cualidades de calidad y palatabilidad para los animales, lo cual posibilita aumentar la carga animal por hectárea y por lo tanto se puede reducir el uso de concentrados. La calidad del ensilaje se ve afectada por la composición química del material a ensilar, el clima y los microorganismos que se emplean, entre otros. El ensilaje es almacenado en silos ya que estos permiten mantener la condición anaerobia, existen varios tipos de silos y el correcto dependerá en ocasiones del tipo de instalación con la que se cuente, recursos económicos disponibles y topografía del terreno ([Garcés et al. 2004](#)).

En los países de primer mundo como Holanda, Alemania y Dinamarca los agricultores almacenan aproximadamente más del 90 por ciento de sus forrajes como ensilaje, esto con el fin de disponer alimento en los tiempos de escases. Aún en países como Francia e Italia con buenas condiciones climáticas para henificar forrajes, cerca de la mitad de los forrajes es ensilado ([Wilkinson et al. 1996](#)).

Los forrajes más importantes para ensilaje a nivel mundial son el maíz, alfalfa y pastos, aunque también se ensilan trigo, sorgo y algunas legumbres.

El proceso del ensilaje se puede dividir en cuatro etapas: [Weinberg y Muck 1996](#) y [Merry et al. 1997](#).

Fase 1. Fase Aeróbica

Esta fase dura pocas horas. El oxígeno atmosférico presente en la masa vegetal disminuye rápidamente debido a la respiración de los microorganismos aerobios y aerobios facultativos como las levaduras y enterobacterias. Además, hay actividad de varias enzimas vegetales, como las proteasas y las carbohidrasas, siempre que el pH se mantenga en el rango normal para el jugo del forraje fresco (pH 6,5-6,0).

Fase 2. Fase de Fermentación

Se inicia al producirse un ambiente anaerobio. Puede durar de días a semanas dependiendo de las características del material ensilado y de las condiciones ambientales en el momento del ensilaje. Si la fermentación se desarrolla con éxito, la actividad BAC proliferará y se convertirá en la población predominante. Debido a la producción de ácido láctico y otros ácidos, el pH bajará a valores entre 3,8 a 5,0.

Las bacterias que producen ácido láctico (BAC) pertenecen a la microflora epifítica de los vegetales. Los componentes BAC que se asocian con el proceso de ensilaje pertenecen a los géneros: *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Enterococcus*, *Lactococcus* y *Streptococcus*. La mayoría de ellos son mesófilos, o sea que pueden crecer en un rango de temperaturas que oscila entre 5° y 50 °C, con un óptimo entre 25° y 40 °C. Son capaces de bajar el pH del ensilaje a valores entre 4 y 5, dependiendo de las especies y del tipo de forraje.

Fase 3. Fase Estable

La mayoría de los microorganismos de la fase 2 lentamente reducen su presencia. Algunos microorganismos acidófilos sobreviven este período en estado inactivo; otros, como *clostridios* y *bacilos*, sobreviven como esporas.

Sólo algunas proteasas y carbohidrasas, y microorganismos especializados, como *Lactobacillus buchneri* que toleran ambientes ácidos, continúan activos pero a menor ritmo. Si el ambiente se mantiene sin aire ocurren pocos cambios.

Algunas bacterias indeseables en la fase 3 son las bacterias acidófilas, ácido tolerantes y aerobias. Por ejemplo *Acetobacter spp.* Es perniciosa en el ensilaje porque puede iniciar una deterioración aeróbica, ya que puede oxidar el lactato y el acetato produciendo CO₂ y agua. El género *Clostridium* es anaerobio, forma endosporas y puede fermentar carbohidratos y proteínas, por lo cual disminuyen el valor nutritivo del ensilaje, crea problemas al producir aminas biogénicas. La presencia de *Clostridium* en el ensilaje altera la calidad de la leche ya que sus esporas sobreviven después de transitar por el tracto digestivo y se encuentran en las heces; además puede contaminar la leche.

Fase 4. Fase de Deterioro Aerobio

Ocurre en todos los ensilajes al ser abiertos y expuestos al aire para su empleo, pero puede ocurrir antes por daño de la cobertura del silo (p. ej. roedores o pájaros). El período de deterioro puede dividirse en dos etapas. La primera se debe al inicio de la degradación de los ácidos orgánicos que conservan el ensilaje por acción de levaduras y ocasionalmente por bacterias que producen ácido acético. Esto aumenta el valor del pH, lo que permite el inicio de la segunda etapa de deterioro; en ella se comprueba un aumento de la temperatura y la actividad de microorganismos que deterioran el ensilaje, los bacilos. La última etapa también incluye la actividad de otros microorganismos aerobios, también facultativos, como mohos y enterobacterias (Honig y Woolford, 1980).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción del Área de Estudio

El material vegetativo de pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*), utilizado en esta investigación fue obtenido de parcelas fertilizadas con 200 kg por hectárea del fertilizante Triple 17. Las parcelas se encuentran ubicadas en el Rancho “Paisabel”, propiedad del Sr. Rigoberto Flores Cruz, 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 (UAAAN), 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 las 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/conservador de ensilajes Sil-All 4x4[®]: 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 (%).

Para realizar el experimento se utilizó la técnica descrita por [Tilley y Terry \(1963\)](#), esta técnica 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 en el rumen-retículo y la segunda digestión a la que se efectúa en el abomaso. La pérdida de la materia seca y de la materia orgánica se considera respectivamente digeridas.

Material:

1. Molino de cuchillas con criba de 1 mm. El uso de cribas con mayor apertura deprime la digestibilidad *in vitro* por lo tanto todos los forrajes y los estándares deben ser pasados con esta criba.
2. Jeringa automática de 50 ml.
3. Tubos de polietileno de 120 mm x 40 mm de diámetro tapados con tapones con una válvula bunsen acondicionada.
4. Baño con temperatura controlada a 39°C.
5. Papel watman No. 41 ó 44 filtrar.
6. Crisoles de porcelana.
7. Termo para transportar el líquido ruminal a la hora de extraerlo del toro fistulado.

Reactivos:

1.- Saliva de Mc Dougal (solución 1)

Na_2HPO_4 anhidro = 7.4 g

NaHCO_3 = 19.6 g

Agua destilada a 40° = 2000 ml

NaCl = 2.35 g (solución 2)

KCl = 2.85 g

CaCl_2 = 0.2 g

MgCl = 0.3 g

Agua destilada = 50 ml

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

3.- Inoculante. Obtener el contenido ruminal de becerros fistulados. Conservar el líquido 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 de Mc Dougal).

Procedimiento:

1. Pesar dentro del tubo de 100 ml 0.5 g de forraje secado a 55-60°. Por triplicado.
2. Separar 3 tubos que servirán de blancos. (el blanco se procesa exactamente igual que el problema excepto que no lleva muestra).
3. Adicionar 50 ml de saliva de Mc Dougal. Tapar los tubos con las válvulas Bunsen, e inmediatamente después colocar el tubo en el baño serológico, el cual debe de 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, cuidando de que la muestra no

quede pegada en las paredes del tubo. (realizar esta agitación 2 veces al día evitando exceso de luz).

4. Incubar a 39°C durante 48 hrs.
5. Pasado este tiempo, suspenda la incubación y refrigere por 30 minutos.
6. Centrifugar de 2000 a 3000 r.p.m. por 10 minutos y decantar.
7. Adicionar al residuo de la digestión con líquido ruminal 50 ml de pepsina a 40°C. Tapar los tubos e incubar 48 hrs. A 39°C.
8. Después de la incubación filtrar el contenido del tubo a través de un papel filtro previamente pesado y secado a 50°C.
9. Lavar con agua destilada enjuagando el tubo, para que no quede muestra adherida al tubo.
10. Retirar el papel filtro con el residuo, depositándolo en un crisol de porcelana, previamente pesado.
11. Colocar el crisol de porcelana con su contenido en el desecador, enfriar y pesar.
12. Incinerar en la mufla a 600°C por tres horas.
13. Por separado determinar el porcentaje de materia seca y materia orgánica de la muestra.
14. Calcular el porcentaje de la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica.

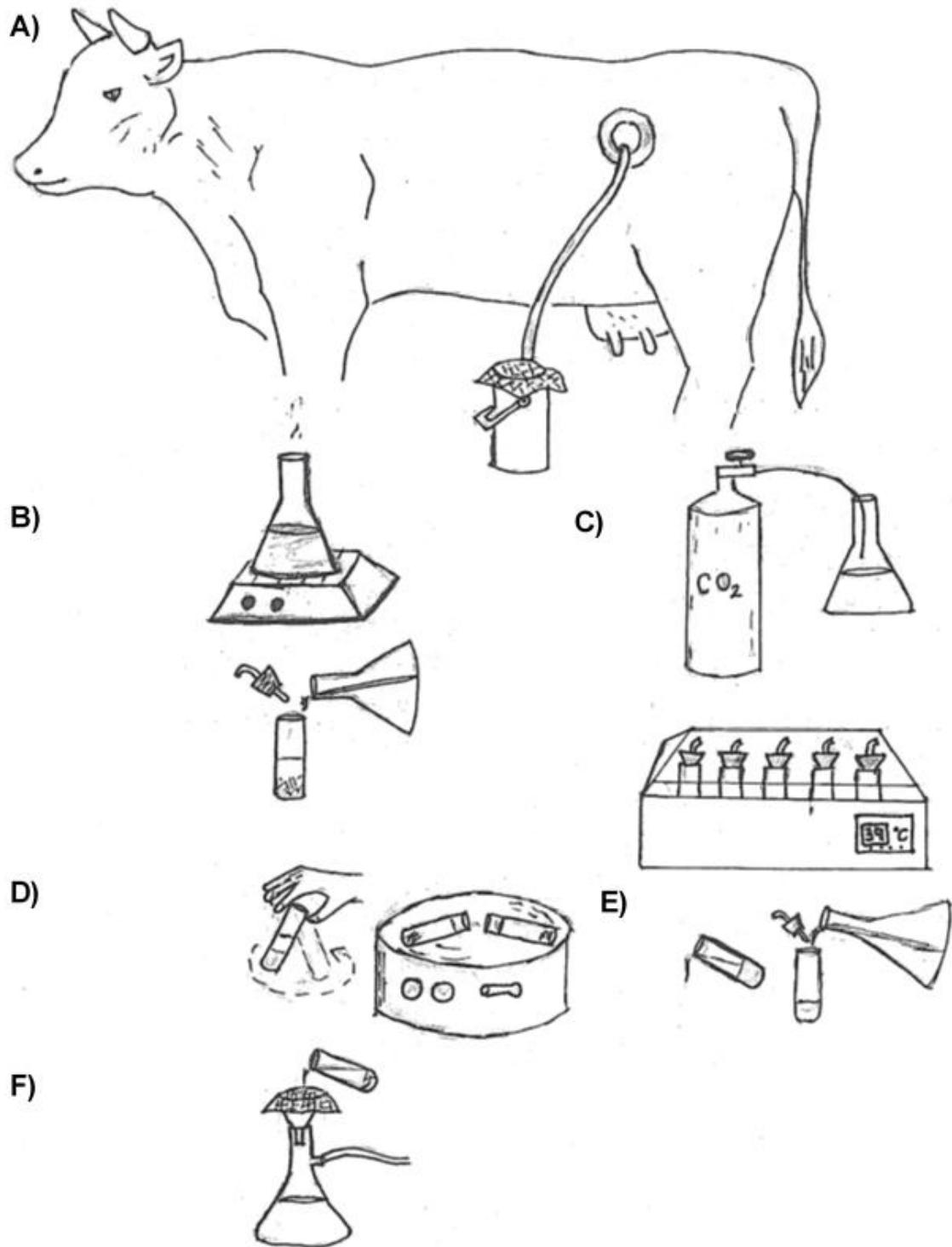


Figura 3.1 Diagrama del método de digestibilidad *in vitro* de Tilley y Terry.

Cálculos:

A.- Peso secado al aire de la 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 ó papel + residuo (si se utilizó papel)

F.- Peso crisol + cenizas

G.- % M.S. inicial $A \times B / 100$

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 %

$G - (H-I) \times 100 / G$

J.- Materia seca inicial g

$G (C) / 100$

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

L.- M.O. residual del Bco. x de los tres tubos $E - F$ g

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

$J - (K - L) \times 100 / J$

% 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 Triple 17 y ensilado con diferentes niveles de inoculante/conservador.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	4	140.789063	35.197266	6.0648	0.010
ERROR	10	58.035156	5.803515		
TOTAL	14	198.824219			

C.V.= 5.18 %

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 (51.39%) en el tratamiento con 2.5 g/Ton de inoculante/conservador siendo superior y diferente al resto de los tratamientos, los tratamientos T1, T4 y T5 fueron diferentes que T2 pero similares entre sí con valores alrededor de

46% mientras que el T3 fue inferior a los demás tratamientos con 41.71% de DIVMS.

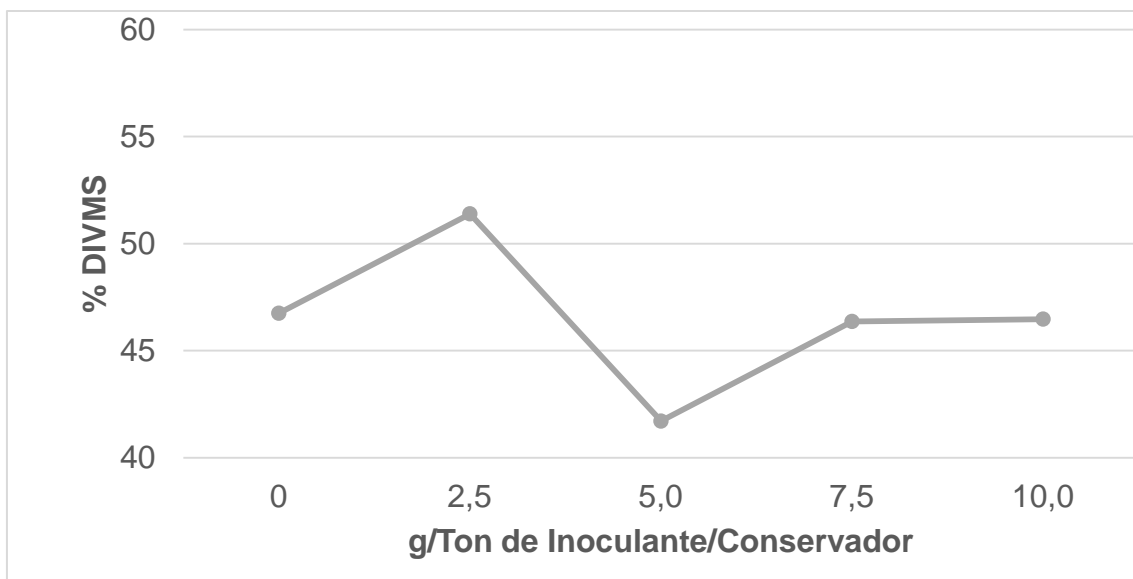


Figura 4.1 Comportamiento de los coeficientes de digestibilidad *in vitro* del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*) fertilizado con Triple 17 y ensilado con diferentes niveles de inoculante/conservador.

Al comparar las medias de **DIVMS** (Cuadro 4.2), 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 Triple 17 y ensilado con diferentes niveles de inoculante/conservador.

TRATAMIENTO	MEDIA	
1	46.7467	B
2	51.3900	A
3	41.7100	C
4	46.3633	B
5	46.4733	B

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

Con los valores obtenidos de digestibilidad en el presente experimento podemos concluir que son semejantes a los obtenidos por otros autores. [Chacón y Vargas \(2009\)](#), obtuvieron datos de DIVMS del pasto king grass (*Pennisetum sp*), reportando valores de 51.99 a 58.65 % cosechados a una edad aproximada de 60 a 90 días. Por otro lado, [Clavero y Razz \(2009\)](#), quienes trabajaron con pasto maralfalfa (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum*), reportan valores de digestibilidad de 52.10 % a 9 semanas y 62.45 % a 3 semanas, por lo que es lógico pensar que a una edad temprana del pasto, sus niveles de celulosa, hemicelulosa y lignina son muy bajos y esto conlleva a que sus niveles de nutrientes sean altos y su digestibilidad se incremente, a una edad más avanzada del pasto sus niveles de carbohidratos estructurales se van incrementando y por lo consiguiente sus nutrientes decrecen y su digestibilidad disminuye. Ya que se ha comprobado que la digestibilidad de los forrajes varía dependiendo de los contenidos de fibra y esto está correlacionado con el manejo del pasto, fertilización y edad de corte.

Las muestras del presente experimento fueron cosechadas a una edad de 84 días con valores de DIVMS de 41.71 a 51.39 %, los cuales resultan semejantes a los obtenidos por [Grijalva et al. \(2011\)](#), que obtuvo datos de 48.43 % de DIVMS a una frecuencia de corte de 60 días, para el pasto king grass morado (*Pennisetum purpureum*).

Al evaluar las diferentes edades de corte en el pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*), [Haubi et al. \(2012\)](#), encontró valores de 75 y 50 % de DIVMS a los 30 y 105 días, esto concluye que la edad modifica el porcentaje de digestibilidad. [INIFAP, \(2014\)](#), reporta valores de 60 % de digestibilidad a una edad de 86 días para obtener un buen rendimiento y calidad del pasto.

Actualmente se han estado realizando varias investigaciones sobre el pasto maralfalfa para determinar sus cualidades nutricionales que posee y su alta digestibilidad comparado a otros pastos, tanto la calidad como la cantidad depende de las labores culturales que se realicen como lo es abonamiento, fertilización, deshierbe y época de corte.

Estudios llevados a cabo por [Herrera et al. \(2006\)](#), con pasto cuba CT-115, reportan una digestibilidad *in vitro* de 63.8 % a los 60 días de corte, por lo que coincide con los de [Navarro et al. \(2011\)](#), con el pasto king grass (*Pennisetum purpureum*), el cual reporta valores de 60% de digestibilidad *in vitro* de la materia seca a los 60 días de corte. Por otro lado [Clavero y Razz \(2009\)](#), utilizando el pasto maralfalfa a una edad de corte de 3, 6 y 9 semanas reporta valores de 62.45 %, 55.75 % y 52.10 % por lo que coinciden en cierta forma con los valores reportados en esta investigación.

[Sosa et al. \(2006\)](#), realizaron una digestibilidad *in vivo* de muestras de pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*) utilizando cabras y obtuvieron un valor de 68.11% de DIVMS a los 70 días, un resultado muy elevado en comparación al resultado obtenido en esta investigación que fue de 51.39 % a los 84 días, 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 experimento realizado para analizar la digestibilidad *in vitro* del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*) ensilado con diferentes dosis de Sil-All 4x4[®] existe un resultado positivo, por lo tanto una dosis de 2.5 g/Ton es suficiente para obtener el máximo beneficio y se recomienda a los ganaderos del Rancho "Paisabel" utilizar este nivel de fertilizante y la dosis de inoculante/conservado para ensilar el pasto maralfalfa ya que es una alternativa viable en la alimentación y nutrición animal.

6. LITERATURA CITADA

- Allison, C. D. 1985. Factors affecting forage intake by range ruminants: a review. *J. Range Manage.* pp. 38:305.
- Andrade, D. 2009. Evaluación de dos y tres distancias de siembra del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) en la localidad de Chalguayacu, Canton Cumanda, provincia de Chimborazo.
- Ball, D., Collins, M., Lacefield, G. D., Martin, N. P., Merkens, A., Olson, K. E., Putnam, D. H., Undersanders, D. J. y Wolf, M. V. 2001. Understanding forage quality. American Farm Bureau Federation Publication: 1-01. Park Ridge, IL. U.S.A. p. 17.
- Bernal, J. 2003. Pastos y forrajes tropicales: producción y manejo. 4 edición. Bogotá. Edi. Ángel agro-Ganadería intensiva-Ideagro, p. 101.
- Besse, J. 1977. La alimentación del ganado. 2ª Edición; Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 54-61.
- Betancourt A. 1982. Ensayo comparativo de cinco cultivares de pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) en la zona alta de los andes Venezolanos. Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Merida, Venezuela.
- Blaser, R., Hammes, R. C., Fontenot, J. P., Bryant, H. T., Polan, C. E., Wolf, D. D., McClaugherty, F. S., Klein, R. G., and Moore, J. S. 1986. Forage animal management systems. Virginia Polytechnic Institute, Bulletin 86-7.

- Calsamiglia, S. 1997. Nuevas bases para la utilización de la fibra en dietas de rumiantes. En: XIII curso de especialización FEDNA, Madrid, 6 y 7 de Noviembre. 16 p.
- Carulla, J., Cárdenas, E., Sánchez, N. y Riveros, C. 2004. Valor nutricional de los forrajes más usados en los sistemas de producción lechera especializada de la zona andina colombiana. En: [memorias Seminario Nacional de Lechería Especializada: Bases Nutricionales y su Impacto en la Productividad. Eventos y Asesorías Agropecuarias](#), Auditorio de la Salud, Hospital General de Medellín, Septiembre 1 y 2: pp. 21-40.
- Chacón, A. P. y Vargas, C. F. 2009. Digestibilidad y Calidad del *Pennisetum purpureum* CV. King grass a tres edades de rebrote. *Agronomía Mesoamericana*. Universidad de Costa Rica. Costa Rica. Vol. 20, Num. 2. pp. 399-408.
- Chamorro, M. J. 1996. Memorias de curso PASTURAS TROPICALES: Consumo y valor nutritivo de los forrajes. Medellín: CORPOICA regional 4. pp. 87-95.
- Chávez, M. G. 1990. Consumo voluntario de forraje, valor nutritivo de la dieta y gasto energético de vacas gestantes y lactantes en pastoreo. Tesis. Maestría. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, Chih.
- Chávez, M. G. 1995. Consumo voluntario de forraje de rumiantes en libre pastoreo. En: Curso-Taller Internacional de Actualización Sobre Consumo Voluntario de Alimentos. U.A.A.A.N. Saltillo, Coah.
- Church, D. C., Pond, W. G. y Pond, K. R. 2002. Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales 2ª Edición Editorial LIMUSA. México DF. pp. 60.
- Clavero, T y Razz, R. 2009. Valor nutritivo del [pasto maralfalfa \(*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum*\) en condiciones de defoliación](#). *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 26: 78-87.

- Córdova, A. P. 1993. Alimentación Animal. Lima (Perú): Editorial EDITEC. pp. 244.
- Correa, H. 2006. Calidad nutricional del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) cosechado a dos edades de rebrote. *Livestock Research for Rural Development*, 18 (6).
- Correa, H. J., Arroyave, H., Henao, J., López, A., & Cerón, J. M. 2005. Pasto maralfalfa: Mitos y realidades (parte primera). URL disponible en: <http://www.engormix.com/MA-ganaderia-carne/foros/articulo-pasto-maralfalfa-mitos-t6069/089-p0.htm>
- Correa, H., Henao, Y., López, A., Cerón, J. M., Arroyave, H. 2004. Pasto Maralfalfa: Mitos y Realidades (Parte Segunda). URL disponible en: <http://www.engormix.com/MA-ganaderia-carne/nutricion/articulos/pasto-maralfalfa-mitos-realidades-t440/141-p0.htm>
- Dávila, C. y Urbano, D. 2005. Uso de pastos de corte en los sistemas intensivos. En González C. E. Soto. (Eds). *Manual de Ganadería Doble Propósito*. Editorial Astro Data, Maracaibo, Venezuela. pp.193-198.
- Dawson, E. y Hatch, T. 2002. A world wide web key to the grass genera of Texas. S.M. Tracy Herbarium, Department of Rangeland Ecology and Management. Texas A&M University. URL: <http://www.cSDL.tamu.edu/FLORA/taes/tracy/610/index.html>
- Debartolo, L. A. 2013. Amonificación con urea de tres variedades de *Pennisetum purpureum*, Schum. En madurez avanzada y su utilización en borregos (*Ovis aries*). Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas, Escuela de Zootecnia Maturín.
- Elías, A. 1983. Digestión de pastos y forrajes tropicales. En; Ugarte, C. J., R.S. Herrera C., R. Ruiz C., R. García C., C.M. Vásquez y A. Cerna. C. (Eds). *Los pastos de Cuba. Tomo 2. Utilización* Instituto de Ciencia Animal, La Habana Cuba. pp.187-246.

- Estrada, J. 2003. Pastos y forrajes para el trópico colombiano. Manizales: Ed. Universidad de Caldas. pp. 167-188.
- Faría, J., González, B. y Chirinos, Z. 2007. Producción forrajera de cuatro germoplasmas de *Pennisetum purpureum* en sistemas intensivos bajo corte. Memorias XII Jornada de Producción Animal. AIDA.
- Flores, J. 1986. Manual de Alimentación Animal. Primera edición. México: Editorial Ciencia y Técnica. México. D.F. 4 vols. pp.1096.
- Garcés, A. M., Berrio, L., Ruiz, S., Serna, J. G., Builes, A. F. 2004. Ensilaje como fuente de alimentación para el ganado. Revista Lasallista de Investigación, vol. 1, núm. 1. Corporación Universitaria Lasallista, Colombia. pp. 66-71.
- Grijalva, J., Ramos, R., Vera, A. 2011. Pasturas para **Sistemas Silvopastoriles**: Alternativas para el desarrollo sostenibles de la ganadería en la Amazonia Baja de Ecuador. Boletín técnico N° 156. Programa Nacional de Forestería del INIAP. Impresión: NINA Comunicaciones, Quito, Ecuador, p. 24.
- Haubi, C. U., De Luna, L. F., Pérez, U. E., Franco, V. H., Martínez, R., Gutiérrez, J. J., Islas, E. 2012. Evaluación de la producción y digestibilidad del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*). 13° Seminario de Investigación. Unidad de Estudios Avanzados y Edificio Polivalente. Ciudad Universitaria.
- Hernández, D., García, R. F., Gómez, A., Valdez, A. 2014. Tamaño de corte para ensilar **Maralfalfa** (*Pennisetum sp.*) en el norte de México. 12° Congreso Internacional de MVZ especialistas en Bovinos de la Comarca Lagunera.
- Herrera, R. S., Febles, G. J., Crespo, G. J. 2006. *Pennisetum purpureum* para la ganadería tropical. Editorial EDICA. Instituto de Ciencia Animal. Cuba. p. 254.

- Hodgson, J. 1999. Manejo de pastos Teoría y práctica. México. Ed. Diana. pp 67-75.
- Honig, H. and Woolford, M. K. 1980. Changes in silage on exposure to air. Ed. *Forage Conservation in the 80s*. BGS Occasional Symposium, No.11. Hurley, UK: British Grassland Society. *In*: C. Thomas. pp. 76-87.
- INIFAP. 2011. Exitoso día demostrativo de la maralfalfa en Durango. Disponible en: <http://inifap-durango.gob.mx/el-inifap-realiza-exitoso-dia-demostrativo-de-la-maralfalfa-en-durango/>
- Linn, J. G., Martin, N. P., Howard, W. T., and Rohweder, D. A. 1987. Relative feed value as a measure of forage quality. Minnesota Forage UPDATE. Vol XII, No. 4. Minnesota Forage and Grassland Council. pp 2-4.
- López, R. 1984. Dieta del Ganado en Agostadero. Folleto de Divulgación. Vol. 1. No. 4. U.A.A.A.N. Saltillo, Coah.
- Lotero, C. J. 1989. Manejo de praderas. Curso avanzado de pastos y forrajes ICA. p 1-31.
- Márquez, F. y Sánchez, L. 2006. Evaluación de la frecuencia de corte y fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y contenido de proteína de tres genotipos de pasto elefante (*Pennisetum purpureum*). Tesis de Grado. Universidad Nacional Experimental Sur del Lago Jesús María Semprum. Sta. Barbara, Zulia, Venezuela.
- McDonald, P., Edwards, R. A., Grenhalgh, J. F. D. y Morgan, C. A. 1999. *Nutrición Animal*. Quinta Edición, Editorial Acribia, S. A. Zaragoza España. pp. 205-209, 211, 215-218.
- McDonald, P., Edwards, R. A., Grenhalgh, J. F. D., Morgan, C. A. 2002. *Nutrición Animal*. Sexta Edición. Logman, Londres y Nueva York. 543 p.

- Mejía, H. J. 2002. Consumo voluntario de forraje por rumiantes en pastoreo. *Acta universitaria*, 12(3), 56-63. URL disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/416/41612204.pdf>
- Merry, R. J., Lowes, K. F. and Winters, A. L. 1997. Current and future approaches to biocontrol in silage. pp. 17-27, *in*: Jambor *et al.* 1997, q.v.
- Minson, J. D. 1990. Forage *in Ruminant Nutrition*. Academic Press. San Diego, CA.
- Moore, J. E. 1994. Forage quality indices: development and application. In: G.C. Fahey, Jr. (Ed.) Forage Quality, Evaluation, and Utilization. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI.
- Moore, J. E. and Undersander, D. J. 2002. Relative forage quality: An alternative to relative feed value and quality index. In Proceedings, NFTA Workshop.
- Navarro, C. A., Díaz, J. C., Roa, M. L., 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. *Rev. Sist. Prod agroecol.* Vol. 2. Num. 2. pp. 2-24.
- NRC, 1981. Effect of Environment on Nutrient Requirements of Domestic Animals. National Academy Press. Washington, DC.
- NRC, 1987. Predicting Feed Intake of Food-Producing Animals. National Academy Press. Washington, DC.
- Schneider, B. H. and Flatt, W. P. 1975. The Evaluation of Feeds through Digestibility Experiments. Published by University of Georgia Press, Athens.

- Sosa, D., Larco, C., Falconi, R., Toledo, D., Suarez, G. 2006. Digestibilidad de maralfalfa (*Pennisetum sp.*) en cabras. *Boletín Técnico*, 6, 68-76.
- Tejada, I. 1992. Control de Calidad y Análisis de Alimentos para Animales. Sistema de Educación Continua en Producción Animal, A. C. Secretaria de Educación Pública. México, D. F. pp. 15-16.
- Texeira, J. C. y Andrade, G. 2001. Carbohidratos na alimentação de ruminantes. En: II Simpósio de Forragicultura e Pastagens – NEFOR – UFLA. 58 p.
- Tilley, J. M. and Terry, R. A. 1963. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *J. Br. Grassi. Soc.*, 18: 104-111.
- Van Soest, P. J. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant. Second edition. New York, U.S.A. pp. 8,115,116.
- Weinberg, Z. G. and Muck, R. E. 1996. New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. *FEMS Microbiol. Rev.*, 19: pp. 53-68.
- Wilkinson, J. M., Wadehul, F., and Hill, J. 1996. Silage in Europe, a survey of 33 countries. Chalcombe Publications, Welton, UK.