

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”  
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL**



**DIGESTIBILIDAD *IN VITRO* DEL PASTO MORADO  
(*Pennisetum purpureum*)**

**POR:**

**JESÚS ANGÉLICA RUIZ CRUZ**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL**

**TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México**

**Diciembre de 2010**

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

DIGESTIBILIDAD *IN VITRO* DEL PASTO MORADO

(*Pennisetum purpureum*)

POR

JESÚS ANGÉLICA RUIZ CRUZ

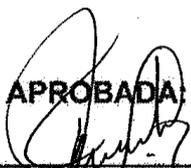
TESIS

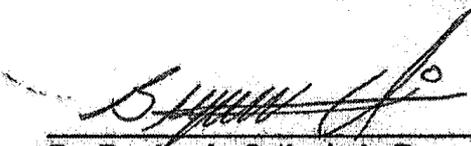
Que Se Somete a Consideración del H. Jurado Examinador

Como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

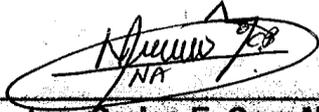
INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA

APROBADA:

  
Ph. D. Jesús M. Fuentes Rodríguez  
Presidente

  
Dr. Benjamín Ortiz de la Rosa  
Sinodal

  
Dr. Fernando Ruiz Zarate  
Sinodal

  
Ing. Carlos E. Cruz Morales  
Suplente

El Coordinador de la División de Ciencia Animal

  
M.C. Lorenzo Suárez García

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2010

Universidad Autónoma Agraria  
"ANTONIO NARRO"



COORDINACION DE  
CIENCIA ANIMAL

## **AGRADECIMIENTOS**

**A Dios.** Por haberme permitido llegar a donde estoy y por darme la fuerza de seguir y no rendirme, por darme todo sin pedirme nada a cambio, por darme la vida, a mi familia y salud a todos mis seres queridos, a mis padres tan maravillosos que me distes, por todo esto gracias.

**A mi Alma, Terra, Mater.** A la “Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro” por cobijarme y a ser esto realidad, culminar mis estudios y llegar al objetivo principal, ser profesionista. Y que siempre formara parte de mi corazón.

**Al Ph. D. Jesús Fuentes Rodríguez.** Por darme la oportunidad y confianza en la realización de esta investigación y por todo su apoyo y amistad brindada.

**Al Dr. Benjamín Ortiz de la Rosa.** Por el apoyo brindado en la realización de este trabajo.

**Al Dr. Fernando Ruiz Zarate.** Por el apoyo incondicional en la realización de este trabajo por sus consejos, confianza y por su apoyo en el análisis estadístico de los resultados obtenidos y por brindarme su amistad.

A la **L.C.N. Laura Maricela Lara López.** Por su apoyo incondicional en la realización del estudio, por su amistad, apoyo y consejos brindados tanto como estudiante como persona, por todo esto Gracias “Mary”.

**Al Ing. Carlos Eduardo Cruz Morales.** Por su apoyo en la realización de este trabajo de investigación.

**Al Sr. Arnoldo Zavala Betancourt (Tío Lolo).** Por su apoyo y amistad incondicional, y sus consejos brindados durante todo este tiempo.

## **DEDICATORIAS**

### **A mis Padres**

**Sr. Manuel Ruiz Arce**

**Sra. Martina Cruz Mendoza**

Por todo su apoyo brindado para salir adelante y nunca bajar la guardia, por su cariño, comprensión y por esforzarse en la vida para que nunca me faltara nada, por apoyarme al venir a estudiar lejos y no detenerme, y sobre todo por darme la vida, son lo más maravilloso que me ha pasado en la vida y le doy gracias a Dios por ser mis Padres.

### **A mis hermanas**

**Erika Carina**

**Dulce Yazmín**

**Lucero Guadalupe**

Por su amor y todo su apoyo que me han brindado durante todo este tiempo, a ustedes hermanas porque siempre he contado con ustedes en las buenas y en las malas y nunca me han dejado caer, mucho menos darme la espalda cuando las he necesitado, y no solo por ser mis hermanas si no también mis amigas.

### **A mi sobrina**

**Fernanda Sujey Pérez Ruiz**

Por haber llegado a nuestra vida, y colmarnos de mucha alegría y felicidad, te quiero mucho Fer y que dios te de mucha vida y salud.

## **A mi novio**

**Carlos Eduardo Cruz Morales**

A ti por estar conmigo, por tu cariño y tu apoyo, por los momentos felices y tristes que has estado conmigo, en los cuales me has ayudado para salir adelante y no dejarme caer, al contrario seguir adelante día con día gracias.

## **A mis abuelitos**

**Jesús Ruiz Sánchez (Q.P.D.)    Esperanza Arce Pérez**

**Roberto Cruz Salinas                      María Luisa Mendoza Silias (Q.P.D.)**

A ellos por enseñarme lo bueno y malo de la vida, por su cariño, consejos y el amor brindado y enseñarme a valorar las cosas, el respeto y humildad sin importar quien sea por que una persona es el reflejo de su educación.

## **A mis tíos**

Por sus consejos y apoyo brindado a lo largo de mi carrera, gracias por su amistad y todo el cariño que me han dado.

## **A mis amigos**

Susana, Ada, Virgilio, Yorfe, Exal, Jorge, Agustín, Ramón, Héctor, Beimar, Hipolito, Hugo, Juan Ángel, Esmeralda, Gilder, Gustavo, Marcos, Erika, Armando, Yanin, Josué, Uzziel, Eddy, Celestino, Pedro, Fabio, Silvia, Angelito, Rosy, Dalia y por supuesto, a toda la generación CIX de la carrera de Ingeniero Agrónomo Zootecnista.

A todos ellos por su amistad y por los momentos felices que pasamos juntos a lo largo de nuestros estudios y ojala algún día nos volvamos a reencontrar, y muchas gracias.

Por último y no por eso menos importante a **Edgar Francisco Q.P.D.** (Zacatecas) amigo y compañero, por su amistad brindada durante el tiempo que convivimos y por los momentos alegres que compartiéramos.

## ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	iv
DEDICATORIAS.....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivo.....	2
1.2. Hipótesis.....	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Generalidades del Pasto Morado.....	3
2.1.1. Clasificación taxonomía.....	3
2.1.2. Descripción Botánica.....	4
2.1.3. Historia y Distribución.....	4
2.1.4. Adaptación.....	5
2.1.5. Importancia y uso.....	6
2.2. Digestibilidad.....	7
2.2.1. Concepto de digestibilidad.....	8
2.2.2. Factores que Afectan la digestibilidad.....	9
2.2.3. Digestibilidad Aparente y Real.....	11
2.2.4. Técnicas de Digestibilidad.....	12
2.2.5. Digestibilidad <i>in vitro</i> en variedades de <i>Pennisetum purpureum</i> .....	14
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
5. CONCLUSIONES.....	26
6. LITERATURA CITADA.....	27

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Pág.
1	Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca del pasto Pennisetum purpureum cv. king grass de acuerdo con la edad de corte.....	15
2	Medias de la digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca de tallo del Pasto Morado ( <i>P. purpureum</i> ).....	21
3	Medias de digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca de la hoja del Pasto Morado ( <i>P. purpureum</i> ).....	23

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Pág.</b>
<b>1</b>	<b>Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca del tallo del Pasto Morado (<i>P. purpureum</i>).....</b>	<b>22</b>
<b>2</b>	<b>Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca de la Hoja del Pasto Morado (<i>P. purpureum</i>).....</b>	<b>25</b>

## RESUMEN

El presente estudio se realizó en el Laboratorio de Producción Animal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. El objetivo fue determinar la digestibilidad *in vitro* de la Materia Seca (MS) tallo y hoja del Pasto morado (*Pennisetum purpureum*) mediante el uso de la incubadora Daisy. Se analizó el tallo y hoja del pasto morado, para el tallo se tomaron muestras de seis periodos de corte (45, 60, 75, 90, 105 y 120 días) utilizando 8 tiempos de incubación (0, 3, 6, 12, 24, 48, 72 y 96 horas), con respecto a la hoja se utilizaron los mismos tiempos de incubación pero con cinco periodos de corte (45, 60, 75, 90 y 120 días). Se realizaron 3 repeticiones por tratamiento, la determinación de la digestibilidad *in vitro* se realizó utilizando la incubadora Daisy, para la extracción de líquido ruminal se utilizó un becerro fistulado (Charoláis). El análisis estadístico se realizó utilizando un arreglo factorial de 6 x 8 (6 periodos de corte y 8 tiempos de incubación) para el tallo, en el caso de la hoja fue similar con arreglo factorial de 5 x 8 (5 periodos de corte y 8 tiempos de incubación). Se encontró que para ambas partes de la planta (tallo y hoja) el tiempo de corte óptimo en el cual se tiene mayor digestibilidad fue de 60 días con 98.76% y 97.99% respectivamente, además se determinó que a partir de las 24 a 96 horas de incubación la digestibilidad es aceptable (>70%), siendo estos los tiempos de incubación óptimos donde ocurre una mayor digestibilidad.

**Palabras clave:** Pasto morado, *Pennisetum purpureum*, Materia seca, digestibilidad, *in vitro*, incubadora Daisy.

## 1. INTRODUCCION

Debido a la competencia que existe hoy en día en el sector agropecuario los productores se ven obligados a desarrollar un uso de todo lo que tienen a disponibilidad de acuerdo a los recursos con los que cuentan. Esto los hace que hagan mejor uso de su producción de forrajes, por tal motivo se ven obligados a buscar fuentes alternativas de alimento para cubrir los requerimientos nutricionales de los animales y lograr que estén en mejores condiciones para evitar o reducir al máximo la incidencia de enfermedades (Jiménez, 2000).

El uso que se hace con las especies forrajeras de corte y que producen una buena cantidad de forraje es una práctica muy conocida en las producciones pecuarias especialmente en las lecheras (Rosa y Silva, 1997). Entre esas especies se encuentran las pertenecientes a *Pennisetum purpureum*, cuyo origen se encuentra en África del sur, estos son vigorosos, robustos y perennes, por lo cual se han estado introduciendo a las regiones tropicales y subtropicales (Bernal, 1991; Burger, 1980). Recientemente en nuestro país se han estado cultivando los *P. purpureum* conocidos como pasto elefante, pasto morado (llamado así por la presencia del color morado tanto en hojas como en el tallo).

Los rumiantes en el trópico se alimentan principalmente del consumo de forrajes, si el productor no conoce lo que el animal puede aprovechar del alimento consumido por los animales, está imposibilitado para establecer estrategias para un manejo alimenticio más eficiente. Por eso se debe conocer cuáles son los métodos más usados o adecuados para determinar los

parámetros productivos y así permitan tomar las decisiones más aceptadas para el manejo de su rebaño. Uno de esos parámetros es la digestibilidad. Sin embargo, la determinación *in vivo* de la digestibilidad es un proceso laborioso y costoso, y que requiere el empleo de grandes cantidades de alimento, por lo que se han propuesto distintos métodos *in vitro* para su estimación. El procedimiento propuesto por Tilley y Terry (1963) es, con ligeras modificaciones, el más ampliamente utilizado en la mayoría de los laboratorios.

Es de gran importancia el conocimiento de los valores nutricionales de las variedades del pasto morado (*P. purpureum*) y su digestibilidad, con el fin de buscar nuevas alternativas que permitan optimizar la producción y equilibrar fácilmente una ración para lograr cubrir los requerimientos nutricionales de los animales (Rostho *et. al.*, 2001).

## **1.1 OBJETIVO**

Determinar la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (MS) del tallo y hoja del Pasto morado (*P. purpureum*) en diferentes períodos de corte y diferentes tiempos de incubación, mediante el uso de la incubadora Daisy.

## **1.2 HIPÓTESIS**

El incremento en el tiempo de corte del pasto morado (*P. purpureum*) disminuye la digestibilidad de la M.S del tallo y la hoja, por el contrario el tiempo de incubación aumenta la digestibilidad del tallo y de la hoja del pasto morado (*P. purpureum*).

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Generalidades del Pasto morado (*Pennisetum purpureum*)

El pasto morado también es conocido con otros nombres como son: pasto Elefante, Camerún, Napier, Gigante. Este fue introducido en Cuba en 1917 procedente de Rhodesia por el Dr. Mario Calvino, distribuyéndose después en toda la América Tropical e incluso en Italia y el Norte de África, Islas Hawái y en las Filipinas (Calvino, 1952).

Este pasto, se ha constituido en una de las especies de corte más importantes en los trópicos y subtrópicos por la facilidad que tiene de establecimiento, adaptación amplia a los suelos, buena fertilización, un buen valor nutritivo y además una buena aceptación por el ganado (Gamarra, 1985).

#### 2.1.1 Clasificación Taxonómica

Familia: poaceae

Tribu: panicoide

Género: *Pennisetum*

Especie: *purpureum*

Nombre científico: *Pennisetum purpureum*

Nombres comunes: Pasto morado, Napier, Pasto elefante, Camerún, Gigante.

### **2.1.2 Descripción botánica**

Este es un pasto perenne robusto que forma racimos largos y amplios. Sus tallos son erectos y se ramifican en la parte superior y miden entre 2-4 metros de alto. Las hojas son alternas, dispuestas en 2 hileras sobre el tallo, presenta pelos erectos que tienen su base engrosada, y la parte superior de la hoja llamada lámina, por la cara interna, se presenta una pequeña prolongación membranácea de color café, llamada lígula que termina en largos pelos. Su inflorescencia en forma de espiga densa, de hasta 25 cm, amarilla ó a veces púrpura, compuesta de numerosas espiguillas. Una solo semilla fusionada a la pared del fruto; el fruto liso y lustroso. Con densas raíces.

### **2.1.3 Historia y distribución**

Los pastos de la familia *P. purpureum* son de uso generalizado en los sistemas tropicales, pero no existe una caracterización productiva que defina la producción promedio de los cultivares específicos, por eso es de gran importancia conocer tales fuentes forrajeras, describir su comportamiento fisiológico, producción y composición nutricional (Araya y Boschini, 2005).

El pasto *P. purpureum* se estableció en forma natural en toda África y América tropical, en las riberas de los ríos y en regiones muy húmedas, también en suelos secos de las sabanas y con frecuencia en suelos barbechados donde llegan a formar colonias muy extensas.

Ha sido introducido en todos los países tropicales y regiones subtropicales, y lo cultivan principalmente como forraje desde nivel de mar hasta los 2000 m de altitud y en menor escala como pradera para pastorear.

Son pastos resistentes a la sequía y poseen un alto valor proteínico, pueden brindarse al hato ganadero y son resistentes a altas temperaturas, según informa el Dr. Benjamín Ortiz de la Rosa, investigador catedrático del Instituto Tecnológico Agropecuario de Conkal.

#### **2.1.4 Adaptación.**

El pasto elefante (*Pennisetum purpureum*), es la especie más utilizada en los sistemas de producción por su fácil establecimiento, tolera plagas y enfermedades, soporta la sequía, buena persistencia, alta producción de biomasa, de mediana a buena calidad y permite elevar la carga animal. Sin embargo la limitante del uso de este forraje es su alto contenido de humedad, lo que implica mayor gasto de energía y mano de obra (Urbano y Dávila, 2007).

Este pasto produce muy poca semilla o nada; sus plántulas son pequeñas y frágiles se caracterizan por tener un crecimiento lento, por lo cual su establecimiento se realiza vegetativamente por medio de divisiones de macollos o cortes de tallos. Los cortes deben de provenir de los tallos más duros y que contengan por lo menos tres nudos.

Grof, (1969) y Whyte (1959) reportaron que se logró un establecimiento satisfactorio al arar los cortes dentro del suelo. Se puede aplicar una cantidad moderada de fertilización fosforada durante el establecimiento, alrededor de 1000-2000 Kg. de superfosfato por hectárea, de preferencia aplicar a chorrillo cerca de los cortes o divisiones. Si se utiliza estiércol, debe de aplicarse durante el arado. Para controlar las malezas existentes durante las primeras etapas de crecimiento, también se puede aplicar herbicida o realizar un

deshierbe entre las hileras; en una prueba se utilizó cerca de 6 kg de atrazine/ha, el cual resultó ser efectivo (Casamayor, 1970).

Farinas (1970), considera que el *P. purpureum* es un fuerte competidor y es posible erradicar la maleza cuando se planta dentro del suelo. En regiones donde la temporada de lluvias es definida, la plantación se realiza al inicio de ésta y prácticamente en cualquier época de lluvia o cuando se cuente con sistema de riego. El pasto puede ser cortado o pastoreado a los tres meses de haber sido plantado.

### **2.1.5 Importancia y uso.**

En la actualidad, se ha considerado que los pastos de corte son de bajo costo, y así ayudan a incrementar la producción animal. Esto implica minimizar el desperdicio de forraje y así eliminar el pisoteo, evitando el gasto de energía durante el pastoreo y a la vez se disminuye la selección del animal que normalmente deja residuo considerable en los potreros (Dávila y Urbano, 2005).

El pasto morado (*P. purpureum*) es una de las principales gramíneas de corte que se utiliza para la alimentación animal principalmente en las explotaciones intensivas, especialmente la variedad Taiwán A-146 (Betancourt, 1982). Recientemente en nuestro país, se han introducido nuevos genotipos del pasto, como es el caso de la Maralfalfa, el cual fue primero como un híbrido de gran potencial para aumentar principalmente la producción animal, sin contar con una investigación sistemática que demostrara su productividad de valor nutritivo o de materia seca, que permitiera recomendar su utilización

como una nueva alternativa forrajera (Márquez y Sánchez, 2006; Faria *et. al.*, 2007).

## **2.2 Digestibilidad**

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

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.

Un alimento ingerido y que por lo tanto penetra en el tubo digestivo, no es retenido al final totalmente por el organismo. En efecto, parte del mismo que no ha sufrido la acción de los jugos digestivos o ataques microbianos y que en definitiva no ha podido ser absorbida aparece en el excremento. El rendimiento de las acciones digestivas se caracteriza por el llamado coeficiente de digestibilidad o coeficiente de utilización digestiva. (Besse, 1977 y Crampton *et. al.*, 1974).

McDonald (1969), señala que la digestibilidad de un alimento se define con más exactitud como la proporción del alimento que no excreta con las heces y que se supone, por lo tanto, que ha sido absorbida.

La digestibilidad de los forrajes y pajas por parte del animal depende de su contenido de fibra bruta, que aumenta paralelamente al desarrollo de la planta por contener los tallos de las especies gramíneas de prado, y ciertas leguminosas como la alfalfa en particular, una mayor impregnación de lignina y cutina, haciéndolos menos digestibles.

Cuanto más digestible es un forraje, menos necesidad tendrá el animal de completar su ración a base de concentrados, y sus requerimientos alimenticios.

### **2.2.1 Concepto de digestibilidad**

Puede definirse, con cierto grado de exactitud, como la cantidad de alimento que no se excreta en las heces y que, por 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.

La digestibilidad es una forma de medir el aprovechamiento de un alimento, es decir, la facilidad con que es convertido dentro del aparato digestivo en sustancias útiles para la nutrición. Comprende 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 el intestino.

### 2.2.2 Factores que Afectan la digestibilidad

Los coeficientes de digestión no son constantes para un alimento dado ni para una especie dada, pues son influidos por factores variables, (Maynard y Loosli, 1975).

- **Composición de los alimentos:** La digestibilidad de un alimento está ligada con su composición química. Otros alimentos, especialmente la hierba fresca o conservada, presentan una composición menos constante, la fracción fibra de los alimentos es lo que más afecta la digestibilidad, siendo importantes tanto la cantidad como la composición química de la fibra (McDonald *et. al.*, 1999).
- **Composición de la ración:** El alimento no solamente se ve afectado por su propia composición, si no también por otros alimentos consumidos al mismo tiempo, de acuerdo con este hecho, se administran a partes iguales en una ración mixta y un concentrado. La influencia de las relaciones entre los nutrientes de una ración se muestra en los resultados obtenidos con distintos valores de la razón de nutrición. La digestibilidad de todos los nutrientes disminuye, en especial la de las proteínas, (Maynard and Loosli, 1975).
- **Preparación de los alimentos:** Los tratamientos más comunes o usados a los que se les somete a los alimentos antes de ser administrados son: trocearlos, aplastarlos, molienda, triturados y la cocción. Esto se hace para obtener una mayor digestibilidad.
- **Factores dependientes de los animales:** La digestibilidad es una propiedad que guarda más relación con los alimentos que con los animales que los consumen. Las diferencias que existen en la capacidad

digestiva del ganado vacuno y ovino son pequeñas, y carecen de importancia práctica para la mayoría de las raciones; los alimentos que presentan mayor digestibilidad son los granos de cereales, y estos a su vez tienden a ser digeridos con más eficiencia por el ganado ovino, en contraparte los alimentos que presentan menos digestibilidad son los alimentos groseros de mala calidad, estos tienden a ser mejor dirigidos principalmente por el ganado vacuno (McDonald *et al.*, 1999). La digestibilidad es más bien propiedad del alimento que del consumidor, lo que quiere decir que un alimento dado a los animales distintos sea siempre digerido en el mismo grado. Los factores que afectan la digestibilidad por parte del animal más importantes son:

1. Especie
2. Edad
3. Etapa fisiológica

➤ **Nivel de alimentación:** En general, al aumentar la cantidad consumida de un determinado alimento, se produce a un ritmo de paso más rápido por el tracto digestivo, la limitación de la digestibilidad se debe a la falta de tiempo por la acción digestiva completa sobre las sustancias menos digestibles. Si el tránsito es demasiado lento en el intestino, eso indica que el alimento está expuesto a fermentaciones destructivas (Maynard and Loosli, 1975).

Cuando la ingestión de un alimento se reduce por debajo del nivel de mantenimiento, los animales tienden a ser más eficientes en la digestión de los alimentos y también en el aprovechamiento de nutrientes.

### 2.2.3 Digestibilidad Aparente y Real

Es el balance que le da la materia que se pierde en el pasaje a través del tracto digestivo es la medida más reproducible para un forraje dado. Consecuentemente, la digestibilidad aparente se le puede considerar como un balance del pienso menos las heces, pero por otro lado está la digestibilidad verdadera, que es la digestión. El coeficiente de la digestibilidad verdadera es mayor a la de la digestibilidad aparente y existe una pérdida metabólica en las heces. En dietas totales, los lípidos y las proteínas tienen una pérdida metabólica fecal, en otros casos como son los carbohidratos y las fibras esto no tienen pérdida fecal metabólica y los coeficientes aparentes igualan la digestibilidad verdadera.

La mayor parte de los nutrientes contenidos en los alimentos son absorbidos en el aparato digestivo, y una pequeña parte se excreta en las heces. Se denomina nutriente aparentemente digerido, a la diferencia entre la cantidad que es ingerida del nutriente y la cantidad de nutriente que se encuentra en las heces. Sin embargo, la mayor parte de los nutrientes que aparecen en las heces proceden del alimento, en las heces también aparecen los nutrientes que proceden de secreciones orgánicas al tubo digestivo, y de microorganismos de la flora intestinal; esta parte se conoce como excreción endógena. Así pues, una parte de los nutrientes presentes en las heces no proceden del alimento.

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

$$\text{Digestibilidad aparente} = \frac{\text{Consumo} - \text{Hces}}{\text{Consumo}} \times 100$$

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

El valor de digestibilidad real es superior al de la aparente ya 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.

## 2.2.4 Técnicas de Digestibilidad

Varios métodos se han creado, y algunos son más apropiados que otros para un propósito específico. Las técnicas para determinar digestibilidad, se describen a continuación:

### ➤ **Técnica *in vivo***

Como técnica *in vivo* se entiende a las evaluaciones de alimentos que se realizan empleando animales, tales como la digestibilidad o consumo voluntario. La digestibilidad *in vivo* es ampliamente utilizado para determinar la calidad de los alimento, puede verse afectada por numerosos factores como se conocen el estado fisiológico del animal, especie animal, el nivel, pauta de ingestión y tipo de ración, (Schneider and Flatt, 1975).

La digestibilidad se estima mediante la técnica *in vitro*, en la cual se hace una simulación del proceso digestivo del rumen Besses (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 las condiciones controladas la fermentación que tiene como lugar el rumen. Los sistemas químicos son rápidos y por eso son utilizados y a la vez son la mejor copia; pero a su vez

no refleja el proceso biológico de digestión la cual es la que ocurre en el rumen. Por otro lado, está la técnica de la bolsa de tela que puede proveer un mejor resultado sobre la digestión en el rumen, pero como todo este también tiene su propio conjunto de problemas. El éxito de cualquier rumen y el sistema de digestibilidad *in vitro* depende del acontecimiento del rumen y principalmente de los procesos secuenciales del tracto digestivo rumiante. Pero todo esto depende 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).

➤ **Técnica *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 para determinar la degradación de los alimentos, con una cantidad de 3-5 g de materia seca, se introduce en pequeñas bolsas sintéticas permeables, posteriormente se introduce al rumen a través de la cánula, encubándola en tiempos que se requieran, puede ser de 24-48 horas o hasta de 72 a 96 horas. Después se retiran a los sacos y se lavan manualmente con agua hasta que escurra limpia. Y se desecan, para así poder determinar la cantidad de materia seca del alimento y a lo que quedo en las bolsas se les llama material no digerido (McDonald *et. al.*, 1999).

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

### ➤ **Técnica *in vitro***

La técnica *in vitro* intenta simular el proceso de digestión que ocurre en el rumen donde se lleva a cabo la mayor parte de la degradación de los alimentos voluminosos (forrajes frescos y conservados). Los sistemas *in vitro* son una fermentación anaerobia en la cual se utiliza una solución buffer simulando la saliva del rumiante. Esto es importante para observar cuidadosamente la técnica anaerobia (sin presencia de aire) y suministrar todos los nutrientes posibles, en particular amoníaco, este podría limitarse con los forrajes de mala calidad a diferencia del rumen (Sosa, 1974).

En este procedimiento, la incubación de muestras de alimentos en líquido del rumen en condiciones anaerobias, simula lo que ocurre en el rumen y los procesos secuenciales del tracto digestivo de los rumiantes. El medio suele ser una solución que simula la saliva de los rumiantes. La técnica *in vitro* es un procedimiento muy efectivo y poco laborioso ya que simula lo que ocurre en el rumen y los procesos secuenciales del tracto digestivo de los rumiantes que trata de dos fases con una digestión (Johnson, 1962).

#### **2.2.5 Digestibilidad *in vitro* en variedades de *Pennisetum purpureum***

En un estudio realizado por Chacón *et. al.*, (2008), para evaluar el efecto de la edad de rebrote en el valor nutricional del *P. purpureum* cv. King grass, las edades de rebrote utilizadas fueron 60, 75 y 90 días. Los resultados reportados se muestran en el Cuadro 1, de acuerdo al análisis estadístico no se encontraron diferencias significativas ( $p>0,05$ ), encontrando una mayor DIVMS (y por lo tanto una mayor calidad nutricional) en materiales de menores

edades de crecimiento, lo mismo que una disminución de la digestibilidad de los materiales conforme avanza la época del año.

**Cuadro 1.** Digestibilidad *in vitro* de la materia seca del pasto *P. purpureum* cv. King grass de acuerdo con la edad de corte.

Tratamiento	DIVMS*
60 días	58.64% a
75 días	55.91% a
90 días	51.99% b

\* Valores con letras diferentes presentan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). Fuente: Chacón *et. al.*, 2008

Espinoza *et al.*, (1992) encontraron en sorgo negro forrajero, valores de DIVMS de 39.7% a 53.85%; siendo estos valores reportados menores a los encontrados para el King grass en comparación a los reportados por Chacón *et. al.*, (2008), posiblemente por la mayor proporción de tallos presentes en el sorgo. Por otra parte, Dall’Agnol *et. al.*, (2004) reportaron porcentajes de DIVMS superiores al 60% en pasto elefante cultivado en una zona de clima frío en Brasil, pero esto según los autores, se debe a que en el clima frío se da un menor crecimiento del pasto y por consiguiente un envejecimiento más lento de la planta, la cual mantiene su calidad nutricional por más tiempo; contrario a lo mencionado por Arias y Gamarra (1997), quienes aseveran que los pastos tropicales reducen su crecimiento y su calidad nutricional cuando las temperaturas promedio son bajas.

En un estudio realizado por Ibarra y de León (2001) realizado en variedades

de Taiwán 801-4 y Taiwán 144, para evaluar la digestibilidad de dichas variedades, reportan valores de 60.30% a 75 días de crecimiento y 69.53% a 45 días, las cuales son mayores a las reportadas a las de Chacón *et. al.*, (2008). Además, aseguran que dicha variable es afectada por la precipitación, la evaporación y la humedad relativa, siendo posible que la alta precipitación presentada durante el desarrollo del proyecto afectara los valores de digestibilidad observados.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de la determinación de la digestibilidad *in vitro* del pasto morado (*P. purpureum*) del tallo y hoja se llevó a cabo en el laboratorio de Producción Animal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Que se encuentra entre las coordenadas 25° 22' de latitud N y 101° 01' de longitud W, con una altitud de 1742 msnm, con una temperatura promedio anual de 16.7 °C y precipitación media anual de 417 mm (Cantú *et. al.*, 2007).

#### 3.1 Obtención de las muestras

Las muestras del pasto morado (*P. purpureum*) fueron traídas del centro norte del estado de Yucatán, las cuales se obtuvieron de diferentes tiempos de corte (45, 60, 75, 90, 105 y 120 días) obteniendo muestras de tallo y hoja. Se encuentra entre las coordenadas 21° 05' de latitud N y 89° 27' de longitud W, con una altitud de 8 msnm. El municipio cuenta con clima cálido sub-húmedo, con lluvias en verano. Tiene una temperatura media anual de 26.1° C y su precipitación media alcanza los 55.7 mm. (Orozco, 2010).

Se realizó la limpieza del terreno eliminando todo tipo de maleza. La superficie total que se utilizó fue de 50 x 50 m<sup>2</sup> (2.500 m), y la parcela útil fue de 48 x 48 m<sup>2</sup> (2.304 m) también se probó el buen funcionamiento del sistema de riego, posteriormente se realizaron las pocetas de 10 cm de profundidad, con 20 cm de largo y 10 cm de ancho empleando un distanciamiento de 0.50 m entre poceta y 1 m entre surco.

La siembra se realizó el 15 de Diciembre de 2008 empleando varetas con dos nudos y dos yemas colocándolas en las pocetas para posteriormente taparlas con el suelo. La orientación fue de Oriente a Poniente para una mejor captación de luz solar.

Como fuente de fertilización se empleó 0.5 kg de abono orgánico (ovinaza) por poceta, el cual se aplicó alrededor de ésta una semana después de la siembra.

El periodo experimental fue de seis meses, para la obtención de los indicadores morfológicos y estimación de producción de materia seca.

### **3.2 Determinación de Materia Seca**

Para la determinación de materia seca se utilizó el método descrito por la A. O. A. C. (1995). Se colocaron los crisoles dentro de la estufa a una temperatura de 80-110 °C durante 24 horas para que estuvieran a peso constante, después de transcurrido ese tiempo, se sacaron, se dejaron enfriar y se registraron los pesos de los crisoles vacíos. A continuación se pesaron 2 gramos de cada una de las muestras y se colocaron en crisoles respectivamente, nuevamente se metieron a la estufa durante 24 horas para liberar la humedad contenida en la muestra. Por último se sacaron los crisoles de la estufa, se dejaron enfriar, se pesaron y se registró su peso. Para el cálculo de la materia seca, se utilizó la formula siguiente:

$$\% MS = \frac{\text{Peso del crisol con muestra seca} - \text{peso del crisol vacio}}{\text{Gramos de la muestra}} \times 100$$

Nota: Este procedimiento se realizó para ambas muestras (tallo y hoja).

### **3.3 Determinación de la Digestibilidad *in vitro* mediante la incubadora *DAISY***

#### **Material Utilizado:**

- Molino de cuchillas con criba de 1 mm.
- Balanza Analítica
- Estufa
- Incubadora *DAISY*
- Bolsa de tela para forraje de 10 X 20 cm.
- Estufa de secado
- Tanque con CO<sub>2</sub>
- 3 termos de 500 ml c/u
- Tela para filtrar (gasa)
- Un becerro fistulado (Charoláis) que se mantuvo con una dieta similar (forraje), durante la evaluación.
- Sellador MODEL: AIE-200 AC-120V 60 Hz
- Muestras de tallo y hoja de pasto morado (*P. purpureum*) de los diferentes tiempo de corte (45, 60, 75, 90, 105, y 120 días).

### **3.4 PROCEDIMIENTO**

#### **3.4.1 Preparación de las bolsas y muestras**

Primeramente se lavaron las bolsas en agua, con jabón y cloro, luego se dejaron secar por 24 horas, posteriormente se metieron a la estufa con una temperatura de 50 °C durante 24 horas. Se sacaron las bolsas, se pesaron y se registró su peso (W1). Por último, después de tomarse el peso de las bolsas se agregó 0.5 grs. de muestra (W2), se dejaron bolsas vacías previamente selladas las cuales se registraron como blancos, para ser utilizada como factor de corrección (C1).

### **3.4.2 Tiempos de Incubación**

Al tener preparadas todas las bolsas con muestras (3 repeticiones de cada uno de los tiempos de corte), se metieron a los distintos frascos (4 frascos; 3 bolsas por frasco), previamente se agregó la solución buffer y se colocaron dentro de la incubadora *DAISY*. De acuerdo a los diferentes tiempos que se utilizaron, se comenzó primeramente por el tiempo de 96 horas, seguido por 72, 48, 24, 12, 6, 3, 0 horas; en este último tiempo solo se introdujeron las bolsas por un momento para hacer contacto con la solución, y por último se sacaron juntas todas las bolsas.

Se dejaron secar las bolsas durante 24 horas para posteriormente introducirlas a la estufa, se sacaron, y se registró su peso (W3).

### **3.5 Variables de estudios**

- Muestra: tallo y hoja del pasto morado (*P. purpureum*)
- Tiempos de incubación: 0, 3, 6, 12, 24, 48, 72 y 96 horas.
- Tiempo de corte:
  - Tallo: 45, 60, 75, 90, 105, y 120 días.
  - Hoja: 45, 60, 75, 105, y 120 días.

### **3.6 Análisis Estadístico**

Para el análisis estadístico de los resultados de la prueba de Digestibilidad *in vitro* para tallo del Pasto morado (*Pennisetum purpureum*), se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo factorial de 6 x 8 (Periodos de corte 45, 60, 75, 90, 105, 120: Tiempos de incubación 0, 3, 6, 12, 24, 48, 72, y 96 horas), mientras que para la hoja se utilizó un diseño similar, con arreglo factorial de 5 x 8 (Periodos de corte 45, 60, 75, 105, 120: Tiempos de incubación 0, 3, 6, 12, 24, 48, 72, y 96 horas), utilizando el PROC GLM de SAS (1999).

## 4. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1 Digestibilidad *in vitro* de la materia seca total del tallo del Pasto morado (*P. purpureum*).

De acuerdo al análisis estadístico realizado para los valores de la digestibilidad *in vitro* en “Tallo” del pasto morado (*P. purpureum*) reportados en el cuadro 2, se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en los factores de tiempo de incubación y periodos de corte del pasto, así como también en la interacción de ambos factores.

**Cuadro 2. Medias de la digestibilidad *in vitro* de la materia seca de tallo del Pasto Morado (*P. purpureum*).**

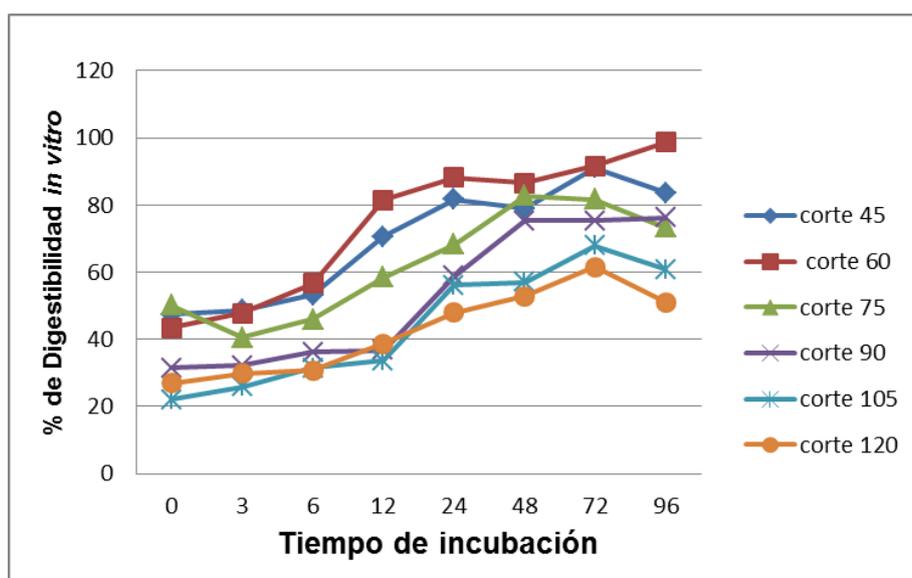
Media de DIV (%) en base a MS del Tallo							
Tiempo	corte 45	corte 60	corte 75	corte 90	corte 105	corte 120	Pr>0.05
0	47.51	43.41	50.09	31.47	22.01	27.04	<0.0001 <sup>d</sup>
3	48.80	47.78	40.50	32.22	25.87	29.96	<0.0001 <sup>d</sup>
6	53.25	56.68	46.08	36.20	31.53	30.73	<0.0001 <sup>d</sup>
12	70.58	81.53	58.41	36.74	33.64	38.66	<0.0001 <sup>c</sup>
24	81.64	88.18	68.35	58.92	56.17	48.04	<0.0001 <sup>b</sup>
48	78.95	86.53	82.82	75.29	57.02	52.95	<0.0001 <sup>ab</sup>
72	91.06	91.61	81.70	75.36	67.90	61.50	<0.0001 <sup>a</sup>
96	83.61	98.76	73.40	76.16	60.86	51.11	<0.0001 <sup>a</sup>
Pr>0.05	<0.0001 <sup>a</sup>	<0.0001 <sup>a</sup>	<0.0001 <sup>b</sup>	<0.0001 <sup>c</sup>	<0.0001 <sup>d</sup>	<0.0001 <sup>d</sup>	

<sup>abcd</sup> Medias en las mismas columnas y filas con diferentes letras presentan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ).

En el cuadro 2, se presenta la comparación de medias para los factores de tiempo de incubación y periodos de corte. Se puede observar que los mejores resultados de digestibilidad *in vitro* se obtuvieron a partir de los tiempos de incubación de 48 a 96 horas, obteniendo el mayor porcentaje con respecto a los tiempos de cortes, el de 60 días con un valor de 98.76%, en este

mismo tiempo, el corte de 90 días obtuvo su mejor resultado con valor de 76.13%. En cuanto los periodos de cortes de 45, 105 y 120 días su mayor porcentaje de digestibilidad se presentó en el tiempo de incubación de 72 horas, con valores de 91.06, 67.90, y 61.50% respectivamente, mientras que para el corte de 75 días, el valor más alto se obtuvo en un tiempo de incubación de 48 horas con un valor de 82.02%. Dichos valores obtenidos son mayores a los reportados por Duque (2003), en un estudio realizado en digestibilidad *in vitro* de MS del Nopal forrajero (*O. ficus indica*) encontrando los mayores porcentajes a las 48 y 72 horas de incubación con valores de 64.4 y 71.1% respectivamente.

Chacón *et. al.*, (2008) reportan que el mejor valor en un estudio en Digestibilidad *in vitro* de la materia seca del pasto *P. purpureum* cv. *king grass* fue a los 60 días con un valor de 58.64% inferior a lo que se muestra en el cuadro 2 a los 60 días de corte y 72 horas de incubación con un valor de 98.76%.



**Fig.1. Digestibilidad *in vitro* de la materia seca del tallo del Pasto Morado (*P. purpureum*).**

En la figura 1 se observa que los mejores resultados se obtuvieron a las 72 horas de incubación con excepción del corte 60, estos resultados son similares a lo reportado por Abrego (2009) en un estudio realizado de Nopal *in natura* adicionado con sub productos de cervecería y melaza, en seis tiempos de incubación (0, 12, 24, 48, 72 y 96 horas), reportando que los mayores % de digestibilidad se obtuvieron a las 72 horas.

#### 4.2 Digestibilidad *in vitro* de la materia seca de la hoja del Pasto morado (*P. purpureum*).

De acuerdo al análisis estadístico realizado para los valores obtenidos la digestibilidad *in vitro* de la hoja del pasto morado (*P. purpureum*) reportados en el cuadro 3, se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) para los factores de periodo de corte, tiempos de incubación, así como también en la interacción de ambos factores.

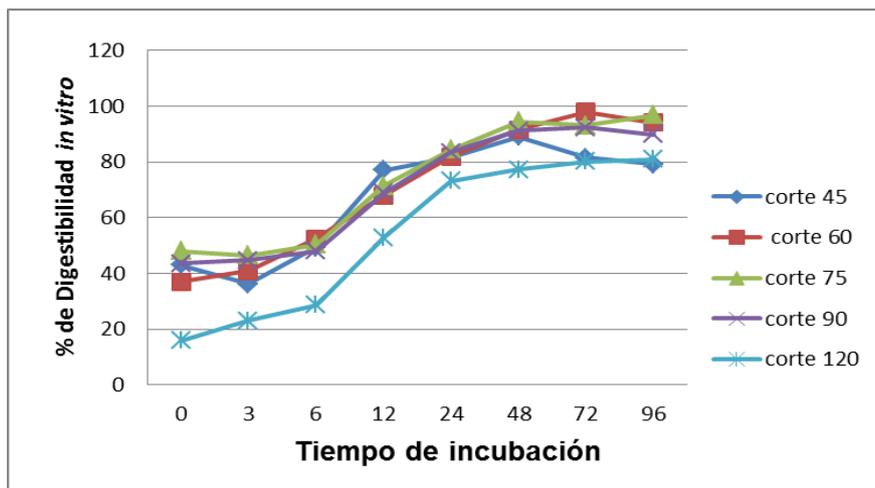
**Cuadro 3. Medias de la digestibilidad *in vitro* de la materia seca de hoja del Pasto Morado (*P. purpureum*).**

Tiempo	Media de DIV (%) en base a MS del Hoja					Pr>0.05
	corte 45	corte 60	corte 75	corte 90	corte 120	
0	42.97	36.88	47.95	43.58	15.83	<0.0001 <sup>e</sup>
3	36.25	40.90	46.37	44.65	22.96	<0.0001 <sup>e</sup>
6	49.33	52.50	50.26	48.09	28.70	<0.0001 <sup>d</sup>
12	77.01	67.95	71.45	68.95	52.74	<0.0001 <sup>c</sup>
24	81.64	81.76	84.28	83.39	73.08	<0.0001 <sup>b</sup>
48	89.01	91.53	94.38	91.14	77.22	<0.0001 <sup>a</sup>
72	81.48	97.99	93.10	92.34	80.15	<0.0001 <sup>a</sup>
96	79.13	94.08	96.69	89.76	80.86	<0.0001 <sup>a</sup>
Pr>0.05	<0.0001 <sup>c</sup>	<0.0001 <sup>a</sup>	<0.0001 <sup>a</sup>	<0.0001 <sup>b</sup>	<0.0001 <sup>d</sup>	

<sup>abcd</sup> Medias de las mismas columnas ó filas con las mismas letras no presentan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ).

En el cuadro 3, se presentan las medias respectivas para los factores de tiempo de incubación y periodos de corte para la variable hoja. Se puede observar que los mejores resultados se obtuvieron a partir de los tiempos de incubación de 48 a 96 horas, misma tendencia encontrada en la variable de "tallo". Encontrando el mayor porcentaje de digestibilidad en el corte de 60 días con un valor de 97.99% a las 72 horas de incubación, en este tiempo el corte de 90 días obtuvo el mayor % de digestibilidad con un valor de 92.34%. Mientras que para los cortes 75 y 120, su mayor digestibilidad se encontró a las 96 horas de incubación con valores de 96.69% y 80.86% respectivamente, para el corte de 45 días, su valor más alto se registró en el tiempo de 48 horas de incubación con un valor de 89.01%. Estos valores son superiores a los reportados por (Fuentes *et. al.*, 2001) en el estudio realizado en la determinación de digestibilidad *in vitro* de materia seca (DIVMS) y materia orgánica (DIVMO) de rastrojo de maíz tratado con amoníaco anhidro (NH<sub>3</sub>), reportando los valores de 66.05, 71.50 y 71.94% para el rastrojo molido, picado y entero respectivamente, y de 64.67% para el rastrojo sin aditivo.

Ibarra y de León (2001) al determinar digestibilidad *in vitro* en variedades de Taiwán 801-4 y Taiwán 144, reportan que el valor máximo fue de 60.30% en el periodo de corte de 75 días y de 69.53% a los 45 días de corte, siendo estos inferiores a los encontrados en el cuadro 3.



**Fig. 2. Digestibilidad *in vitro* de la materia seca de la Hoja del Pasto Morado (*P. purpureum*).**

En la figura 2 se observa que los mejores valores para los cortes de 60 y 90 días respectivamente se encontraron a las 72 horas de incubación, mientras que para los cortes de 75 y 120 días se encontraron a las 96 horas, en el caso del corte de 45 días se encontró a las 48 horas, superiores a los reportados por Romero *et. al.*, (1991), en un estudio realizado en forrajes tropicales (Digestibilidad *in vitro*) a diferentes edades de rebrote, con valores de 66.90% y 58% en los tiempos de corte de 60 y 120 días respectivamente.

## 5. CONCLUSIONES

- ❖ Los análisis presentados indican que la digestibilidad *in vitro* del *P. Purpureum* se ve afectada significativamente por la edad de corte, tiempo de incubación y parte de la planta.
- ❖ En el tallo del pasto morado, el valor de digestibilidad más alto de acuerdo al periodo de corte se obtuvo a los 60 días con un valor de 98.76%. Además que en periodos de corte mayores a 90 días la digestibilidad empieza a disminuir.
- ❖ En la hoja del pasto morado, el tiempo de corte en el cual se presentó el mejor valor para la digestibilidad fue el de 60 días con un valor de 97.99%, al igual que en el caso del tallo los periodos de cortes superiores a los 90 días disminuye la digestibilidad.
- ❖ Los mejores resultados en ambos factores tallo y hoja, se encontraron en el periodo de corte de 60 días, con el cual este sería el tiempo óptimo de corte del pasto morado para ser ofrecido a los animales
- ❖ Un tiempo de incubación óptimo para llevar a cabo una buena digestibilidad de los forrajes en base a los resultados sería a partir de las 24 horas.

## 6. LITERATURA CITADA

- Abrego**, A. 2009. Evaluación bromatológica y tasa de degradabilidad *in vitro* de Nopal (*Opuntia ficus-indica*) adicionado con sub-producto de cervecería. Tesis de Licenciatura. Buenavista, Saltillo, Coahuila. pp. 39-44.
- A.O.A.C.** 1995. Official Methods of Analysis. Association of Official Agricultural Chemist. 16<sup>th</sup> Ed. Washington, D.C.
- Araya**, M. y Boschini C. 2005. Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum* en la Meseta Central de Costa Rica. Facultad de Ciencias Agroalimentarias. Universidad de Costa Rica. 16 (1): 37-43.
- Arias**, J. y Gamarra J. 1997. Estudio de comportamiento productivo y utilización del pasto elefante enano (*Pennisetum purpureum*) pastoreo por alpacas (*Lamas pacos*). Consultado: 5 enero 2009. Disponible en: [http://tumi.lamolina.edu.pe/resumen/anales/2001\\_166.pdf](http://tumi.lamolina.edu.pe/resumen/anales/2001_166.pdf)
- 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.p17.
- Bernal**, J. E. 1991. Pastos y forrajes tropicales. Producción y manejo. Unidad de Divulgación y Prensa. Banco Ganadero. 2<sup>a</sup> Ed. Bogotá. Colombia. 544 p.
- Besse**, J. 1977. La alimentación del ganado. 2<sup>a</sup> 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. Mérida, Venezuela.
- Calvino. M.** (1952) plantas forrajeras y subtropicales. Ediciones Agrícolas Trucco.
- Cantú D., Muñoz L. A., García E. y Cuellar R.** 2007. Manual de Procedimientos para el uso de Campos Experimentales en la UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Pp.5
- Casamayor, R.** 1970 Pre-emergent herbicides in elephant grass (*Pennisetum purpureum schum*), Revta. Cub. Cienc. Agric., 4 No.1, pp. 79-83.
- Chacón H., Andres P., Vargas R. y Claudio F.** 2008. 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
- Church, C. D., Pond G. W. y Pond R. K.** 2002. Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales 2ª Edición Editorial LIMUSA. México DF. pp.60
- Cramptom, E. W. y Harris L. E.** 1974. Nutrición Animal Aplicada. 2ª Edición; Editorial Acribia, Zaragoza. España. Pp. 105.
- Dall'agnol M., Scheffer S., Nascimento J., Silveira C. y Fischer R.,** 2004. Producao de forragem de capim-elefante sub clima frio. Curva de crecimiento e valor nutritive. Brasileña de Zootecnia 33(5):1110:1117

- 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.
- Duque, B. R.** 2003. Valoración nutricional del nopal forrajero para rumiantes. Tesis Lic. U.A. de San Luis Potosí. Soledad de Graciano Sánchez, S. L. P. pp.11-19.
- 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.
- Espinoza, F., Argenti P., Gil J., Perdomo E. y León L.** 1992. Rendimiento y calidad nutritiva de cuatro híbridos y una variedad de sorgo forrajero (*Sorghum bicolor* Pers.) bajo riego complementario. Zootecnia Tropical 10(2):171-188.
- Farías, 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.
- Farinas, E. C.** 1970. Pasture legumes and grasses and other forage plants in the National Forage Park, Philippines (1958-68), Proc. 11 th int. Grassld Congr. Surfers Paradise, 1970. 224-6.
- Fuentes, J., Magaña C., Suarez L., Peña R., Rodriguez S. y Ortiz de la Rosa B.** 2001. Analisis químico y digestibilidad "in vitro" de rastrojo de maíz (*Zea mays L.*). Agronomía Mesoamericana. 12(2): 189-192.
- Gamarra, M. J. C.** (1985). *Pennisetum purpureum*: su productividad agronómica y valor nutritive en la zona henequenera de Yucatán y su uso en la alimentación animal. Tesis de Maestría en ciencias. Facultad

de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán, México. 124.

**Grof, B.** 1969. Notes on selections from hybrid derivatives of elephant grass (*Pennisetum purpureum schum.*), Qd. J. agric. Anim, 26, No.1, pp. 49-53.

**Ibarra, G. y León J.** 2001. Comportamiento bajo corte de dos variedades de *Pennisetum purpureum*: Taiwán 801-4 y Taiwán 144 en condiciones de secano. Producción Animal 13(1):31-34.

**Jiménez, R. V.** 2000. Efecto de varios aditivos sobre pH y temperatura en Microensilados de Rye grass (*Lolium multiflorum L.*). Tesis Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Pp. 10-31.

**Johnson, R. R., B. A. Dehority, J. L. Parsons and H. W. Scott.,** 1962. Discrepancies between grasses and alfalfa when estimating nutritive value from in vitro cellulose digestibility by rumen microorganisms. J. Anim. Sci. 21:892.

**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.

**Maynard, L. A. y Loosli J. K.** 1975. Nutrición Animal. Unión Tipografía editorial Hispano-Americana. México. Pp.371-373.

**McDonald, P.,** 1969. Nutrición Animal. Traducido del inglés. Aurora Pérez Torrome. Editorial Aribia. Zaragoza, España.

**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.

- Orozco**, J. 2010. Calidad y Producción de Gas (*in vitro*) del pasto morado (*Pennisetum purpureum*) bajo seis frecuencias de corte. Tesis Licenciatura. Instituto Tecnológico de Conkal. pp. 42.
- Romero**, F., Chana C., Montenegro J., Sánchez L. A. y Guevara G. 1991. Productividad de *Gliricidia sepium* y *Erythrina berteroana* en cercas vivas manejadas bajo tres frecuencias de poda en la zona Atlántica de Costa Rica. Agroforestería. vol. 6. pp. 1-4.
- Rosa**, B. y Silva S. R. C. 1997. Efeito das época de diferimento na producao e composicao química do capim-ele-fante (*Pennisetum purpureum*, Schum. Cv. cameroon).Anais das Escolas de Agronomia e Veterinaria. Goiania, Universidade Federal de Goiás. 27(2): 109-115.
- Rostho**, S. y Branda L. 2001. Determinación de los nutrientes digestibles totales en ovinos a partir del *Penisetum purpureum* y variedades. Revista de Ciencia y Tecnología. Asunción, Paraguay. Vol.1.Nº3. pp. 83-87.
- SAS**. 1999. Statistical Analysis System Institute. SAS/SAST. User's Guide (Version 8). SAS Publishing. Cary, NC.
- Sosa** M. E., 1974. Manual de Procedimientos Alimenticios para Alimentos de Consumo Animal. Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- Schneider**, B. H. and Flatt W. P. 1975. The Evaluation of Feeds Through Digestibility Experiments. The University of Georgia Press, Athens.
- Tejada**, I. 1992. Control de Calidad y Análisis de Alimentos para animales. Sistema de Educación Continua en Producción Animal, A. C. Secretaría de Educación Pública. Mexico, D. F. pp. 15-16.

**Tilley.** J. M. and Terry R. A. 1963. A two stage technique for the in vitro digestion of farage crops. J.Br. Grassi. Soc, 18: 104-111.

**Urbano,** D., Dávila C. y Damata S. 2007. Efecto de la altura y frecuencia de corte sobre el rendimiento y contenido de proteína de tres variedades de maní forrajero (*Arachis pintoï*) en el estado Mérida, Venezuela. XX Reunión Asociación Latinoamericana de Producción Animal. Cuzco, Perú. (Memorias).

**Van Soest,** P. J. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant. Second edition. New York, U. S. A. pp.8,115,116.

**Whyte,** R. O., Moir T. R. G y Cooper J. P. 1959. Grasses in Agriculture, FAO Agricultural Studies, No.42, FAO, Rome.