



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

## FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**DIGESTIBILIDAD “*IN VITRO*” POR EFECTO DE EPOCA Y EDAD AL CORTE, EN  
SEIS GRAMINEAS INTRODUCIDAS A VERACRUZ.**

TESIS  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

PRESENTA:  
**RAFAEL SANTIAGO ANAYA**

Asesores:  
MC. Francisco Alejandro Castrejón Pineda  
Dr. Luis Corona Gochi



México, D. F.

2015



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **AGRADECIMIENTOS.**

A Dios por no abandonarme en ninguna etapa de mi vida, y mostrarme el camino incluso en los tiempos más difíciles.

A mi Mama por apoyarme en cada etapa de mi vida y en esta más que en ninguna otra, te lo debo todo, te amo Mama!!!!

A mi hermano que a su manera nunca dejo de apoyarme te quiero Luis.

Al MC. Francisco A. Castrejón Pineda por su incondicional apoyo frente a las adversidades.

A la Dra. Yolanda Castañeda Nieto por enseñarme tantas cosas y apoyarme siempre con su amistad y cariño.

Al Dr. Luis Corona Gochi por su paciencia y apoyo.

A mis amigos Yaya que estuvo conmigo en el peor momento de mi vida, a Gabo mi hermano por sus consejos que siempre me hacen entrar en razón, a Paty, Lalo y Sandy por esos momentos tan divertidos que me dieron.

Al Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica por dejarme ser parte de él y trabajar conjuntamente.

A Dany, Clau, Pao y Tzay por qué enseñando aprendí muchísimo más.

AGRADECIMIENTO A LA DGAPA - UNAM, PROYECTO PAPIIT IN215310, POR EL APOYO FINANCIERO PARA REALIZAR LA INVESTIGACIÓN.

<b>CONTENIDO</b>	<b>Página</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	v
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	vi
<b>Resumen</b> .....	1
<b>1 Introducción</b> .....	2
1.1 Antecedentes.....	4
1.1.1 Sistemas de Producción Ganadera en México...	4
1.1.1.1 Intensivos.....	4
1.1.1.2 Mixtos.....	5
1.1.1.3 Extensivos.....	5
1.1.1.3.1 Pastoreo continuo.....	6
1.1.1.3.2 Pastoreo rotacional.....	6
1.1.1.3.3 Trashumante.....	6
1.2 <i>Cynodon plectostachyus</i> .....	7
1.3 <i>Urochloa humidicola</i> (antes <i>Brachiaria humidicola</i> )...	10
1.4 <i>Urochloa brizantha</i> (antes <i>Brachiaria brizantha</i> ).....	13
1.5 <i>Megathyrsus maximus</i> (antes <i>Panicum maximum</i> )	14
1.6 <i>Urochloa brizantha</i> x <i>Urochloa ruziziensis</i> .....	17
1.7 <i>Dichantium aristatum</i> .....	19
1.8 Digestibilidad.....	20
1.8.1 Técnicas analíticas para determinar la digestibilidad	21
1.8.1.1 Digestibilidad <i>in vitro</i> .....	21
1.8.1.1.1 Técnica de Tilley y Terry.....	21
1.8.1.1.2 Producción de gas <i>in vitro</i> .....	23
1.8.1.2 Digestibilidad <i>in situ</i> .....	23
1.8.1.3 Digestibilidad <i>in vivo</i> .....	24
1.8.1.4 Método enzimático.....	25

1.8.1.5 Métodos con indicadores o marcadores.....	26
1.8.2 DIVMS de gramíneas publicados.....	27
1.8.3 Factores que afectan la digestibilidad.....	28
1.8.4 Fisiología digestiva de los rumiantes.....	30
1.9 Justificación.....	39
2 Objetivo general.....	40
2.0.1 Objetivos específicos.....	40
2.1 Hipótesis.....	41
<b>3 Material y métodos.....</b>	<b>42</b>
3.1 Ubicación.....	42
3.2 Diseño experimental.....	44
3.3. Toma de Muestras.....	44
3.4 Análisis de Laboratorio.....	45
3.5 Análisis estadístico.....	46
<b>4 Resultados y discusión.....</b>	<b>47</b>
<b>5 Conclusiones.....</b>	<b>57</b>
<b>6 Literatura Citada.....</b>	<b>58</b>

## INDICE DE CUADROS

	<b>Página</b>
Cuadro 1. Contenido nutricional del pasto Estrella de África.	9
Cuadro 2. Contenido nutricional del pasto Chetumal.	12
Cuadro 3. Contenido nutricional del pasto Insurgente.	14
Cuadro 4. Contenido nutricional del pasto Mombasa.	16
Cuadro 5. Contenido nutricional del pasto Mulato.	18
Cuadro 6. Contenido nutricional del pasto Angleton.	20
Cuadro 7. Resultados de pruebas de DIVMS realizadas por otros investigadores con las gramíneas del presente estudio.	27
Cuadro 8. Desarrollo (%) de los compartimentos gástricos del rumiante de acuerdo a la edad.	31
Cuadro 9. Clasificación de bacterias ruminales y principales productos de su metabolismo.	38
Cuadro 10. Efecto de la interacción especie*época*edad sobre la DIVMS (%) en seis gramíneas introducidas al trópico.	48
Cuadro 11. Efectos principales: especie, época y edad sobre DIVMS en seis gramíneas introducidas a Veracruz.	49
Cuadro 12. Regresión para estimar la DIVMS en tres gramíneas introducidas al trópico en Veracruz.	56

## INDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
Figura 1. Estrella de África: <i>Cynodon plectostachyus</i>	7
Figura 2. Chetumal: <i>Urochloa humidicola</i>	10
Figura 3. Insurgente: <i>Urochloa brizantha</i>	13
Figura 4. Mombasa: <i>Megathyrsus maximus</i>	14
Figura 5. Mulato: <i>Urochloa brizantha x Urochloa ruziziensis</i>	16
Figura 6. Angleton: <i>Dichantium aristatum</i>	19
Figura 7. Regresión para estimar la DVMS en el pasto Insurgente.	54
Figura 8. Regresión para estimar la DVMS en el pasto Mulato.	54
Figura 9. Regresión para estimar la DVMS en el pasto Angleton.	55

**RESUMEN.** SANTIAGO ANAYA RAFAEL. Digestibilidad *in vitro* por efecto de época y edad al corte, en seis gramíneas introducidas a Veracruz. (Bajo la dirección de: MC Francisco Alejandro Castrejón Pineda y del Dr. Luis Corona Gochi.)

Con el objetivo de evaluar la Digestibilidad *in vitro* de la Materia Seca (DIVMS) de 6 gramíneas introducidas al trópico: *Megathyrsus maximus* (antes *Panicum maximum*) cv. Mombasa (**Mm**); *Cynodon plectostachyus* cv. Estrella de África (**EA**); *Urochloa brizantha* (antes *Brachiaria brizantha*) cv. Insurgente (**In**); *Urochloa brizantha* x *Urochloa ruziziesis* (antes *Brachiaria*) híbrido Mulato (**Mu**); *Urochloa humidicola* (antes *Brachiaria humidicola*) cv. Chetumal (**Ch**), y *Dichanthium aristatum* cv. Angleton (**An**). Las muestras de tallos + hojas se obtuvieron en el Campo Experimental “La Posta” del INIFAP, localizado a 16 msnm, en Medellín, Veracruz, con un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw1), un suelo Arenosol, textura migajón arcillo arenoso > 26 % arcilla; pH de 5.4 a 5.6 y 2.34 % de materia orgánica. Se utilizó un diseño de parcelas subdivididas: parcela grande (especie), parcela chica (época: lluvias, nortes, secas) y (edad: 21, 28, 35 días), con tres repeticiones. Previamente a cada parcela se le realizó un corte de uniformización y posteriormente se muestreó 1 m<sup>2</sup> del centro de la parcela, cortando a 10 cm de altura sobre el suelo para evitar contaminación. Las frecuencias de corte se arreglaron en un orden ascendente empezando con 21, 28 y 35 días de edad. Las muestras se deshidrataron a 55 °C y molieron en molino Thomas Wiley con criba de 1 mm; se llevaron al laboratorio de bromatología del DNAB-FMVZ-UNAM. Se utilizaron 0.25 g de cada muestra por triplicado para determinar la DIVMS según la técnica de Tilley y Terry. Los resultados se evaluaron por análisis de varianza para el diseño anteriormente mencionado. Cuando se encontró diferencia se realizó la comparación de medias por Tukey, el efecto de edad se evaluó por polinomios ortogonales. Se observó efecto de la interacción especie\*época\*edad (P< 0.05) de las gramíneas en estudio, sobre la DIVMS. Los valores mayores de DIVMS se registraron en **An y Mu** en época de lluvias a los 35 días de edad (66.22% y 63.11 %, respectivamente); los valores más bajos se registraron en **In y Mu** (49.91% y 47.48%, respectivamente) en época de nortes en el corte realizado a los 28 días de rebrote. Se concluye que la DIVMS de las especies evaluadas está determinada por la interacción del tipo de especie, época del año y edad de la planta al corte, por tanto la DIVMS de las gramíneas forrajeras tropicales debe ser evaluada en cada unidad de producción y condiciones de alimentación.

## INTRODUCCIÓN

La ganadería en México conforma una de las actividades más importantes del sector agropecuario del país y así mismo quizá la actividad productiva más propagada de la zona rural. Con la existencia de un gran número de unidades de producción pecuaria diseminadas por todo el territorio nacional que van desde una producción en pequeña escala más bien de tipo familiar llamada de “traspatio”, hasta ranchos ganaderos altamente tecnificados que trabajan con diferentes métodos y tecnologías en más del 50% de la superficie nacional (Osuna, 2006).

Desde sus inicios la producción de rumiantes se ha desarrollado como una actividad predominante extensiva, y los pastos naturales han sido la base de la alimentación animal. Al animal se le dejaba por largos periodos de tiempo para alimentarse en las praderas naturales, hasta alcanzar el peso adecuado para ser vendido. Este tipo de ganadería fue eficiente para las demandas anteriores, pero la demanda actual exige incrementar la producción, por lo que la disponibilidad de pastos de buena calidad es una de las principales limitantes para optimizar la alimentación y producción animal (Peralta *et al.*, 2007).

En las zonas tropicales la ganadería es considerada como una de las actividades económicas más importantes, sin embargo, uno de los problemas que enfrenta, es la escasez de forraje en épocas de estiaje, siendo determinante el papel que tienen los forrajes en esta actividad. Por esto la introducción de nuevas especies y variedades de pastos tropicales, es una forma de contribuir al desarrollo tecnológico de las unidades de producción, las gramíneas introducidas deben establecerse, persistir en el potrero y así obtener una mejor producción de forraje de buena calidad todo el año y con un menor costo de producción (Mena *et al.*, 2007). Por eso se inició con el establecimiento de pastos de origen africano, los cuales, además de resultar más productivos que los nativos, se adaptaron a las condiciones climáticas del trópico mexicano (Peralta *et al.*, 2007).

Por la importancia que representa la introducción de nuevas especies forrajeras que se adapten a las condiciones climáticas y edáficas de una localidad o región, se deben estudiar a fondo dichas especies así como sus características y comportamiento productivo y de calidad nutritiva en las zonas a introducir.

Los factores más relevantes en el área de la producción animal son: el consumo de materia seca, la digestibilidad de los nutrientes y la cantidad de nutrientes absorbidos, siendo estos los aspectos más importantes para ser analizados en todo sistema de alimentación (Theodorum y France, 2000).

La determinación de la digestibilidad se utiliza para conocer el nivel de aprovechamiento de los nutrientes, el cual refleja el nivel de asimilación que se puede esperar de los alimentos o ingredientes suministrados a los animales y constituye una información de mayor valor que el análisis químico proximal. La medición de la digestibilidad más la del consumo voluntario, dan como resultado una herramienta de gran utilidad para evaluar los alimentos (Ruelas, 1990).

Se puede afirmar que el análisis de la digestibilidad de los pastos introducidos a una zona tan importante como es el trópico de México es primordial para la elección de especies que puedan adaptarse mejor a las condiciones climáticas y edafológicas del trópico, para así contribuir con el avance de la ganadería y producción animal. Sin embargo, al hacer la revisión bibliográfica para la presente tesis se encontró que no hay una cantidad suficiente de estudios sobre el efecto que época o edad al corte producen sobre la digestibilidad de las gramíneas forrajeras introducidas al trópico Mexicano, incluso que esas variables se hayan evaluado en otros países tropicales bajo similares condiciones, por esa razón se elaboró la presente tesis.

## **1.1 Antecedentes**

Los antecedentes de la ganadería en México se remontan a la introducción de ganado equino, bovino, porcino, caprino y ovino por parte de los españoles a las tierras de Anáhuac, siendo estas especies desconocidas en México. La ganadería evolucionó en nuestro país siendo la producción y eficiencia de esta la prioridad de los productores (Saucedo, 1984).

En la actualidad en México se desarrollan diversos sistemas de producción según las condiciones y características del medio donde se encuentran las unidades pecuarias y son los siguientes:

### **1.1.1 Sistemas de Producción Ganadera en México**

Los sistemas de producción ganaderos tienen como propósito producir proteínas de origen animal (carne, leche, quesos, etc.) que puedan mantenerse a largo plazo mediante la conservación de las fuentes que proporcionen los recursos primarios de la producción agrícola o ganadera, sin dejar de lado los satisfactores sociales, económicos y “tecnológicos” (González *et al.*, 2006).

Cada sistema de producción depende de varios factores tales como el clima, la cantidad de terreno disponible, tamaño del hato, medidas para confinarlo dentro de cierta área, la finalidad y objetivo al que se dedique la unidad de producción (Bellido *et al.*, 2001).

Los principales sistemas de producción ganadero en nuestro país están clasificados como:

#### **1.1.1.1 Intensivos**

Se caracterizan por tener un mayor grado de tecnificación, por lo que en muchos casos son considerados como empresas productivas. En este sistema se utilizan programas productivos que incluyen instalaciones diversificadas para las

diferentes etapas productivas de los animales, medicina preventiva, economía, administración y mercadeo. Se llevan registros de producción y un control más estricto de la productividad de la empresa, logrando parámetros productivos altos y son considerablemente rentables. La mayoría de estas empresas se dedican a la producción de animales para venta (González *et al.*, 2013).

#### **1.1.1.2 Mixtos**

En estos sistemas la producción se basa en una combinación del pastoreo con el confinamiento en corral, se llevan algunos registros y se logra cierto control que se hace de acuerdo con las etapas fisiológicas y los requerimientos alimenticios de los animales. Se requiere contar con medios suficientes para hacer un buen manejo agronómico de las praderas (riego, control de plagas y malezas, fertilización y resiembras) (González *et al.*, 2013).

#### **1.1.1.3 Extensivos**

Por sus características este tipo de sistema es el más común en México, se basa en la utilización de especies ganaderas de interés zootécnico, capaces de aprovechar eficazmente los recursos naturales mediante el pastoreo. Generalmente las especies ganaderas explotadas corresponden a genotipos autóctonos adaptados a los factores limitantes y ecológicos del medio natural que en muchas ocasiones no cubre las necesidades básicas de requerimiento nutricional. Las instalaciones se presentan deficientes y poco funcionales, los cuidados y prácticas zootécnicas son mínimos o inexistentes, son principalmente unidades de producción de pequeño tamaño generalmente familiares. Los problemas más comunes bajo este sistema de producción son: potreros sobre pastoreados, se presenta escasez de zonas para pastoreo, pérdidas de animales por el ataque de los depredadores, la alimentación es insuficiente y no se practica la suplementación. Por las causas mencionadas, los parámetros productivos son muy pobres, y la remuneración económica sólo alcanza para contribuir en forma modesta a la economía familiar de los productores (Bellido *et al.*, 2001).

Dentro del sistema extensivo de producción ganadera se presentan varias opciones según el tipo de pastoreo que se utiliza:

#### **1.1.1.3.1 Pastoreo Continuo**

Se refiere a un sistema extensivo de pastoreo en el cual el animal permanece durante un período prolongado en el mismo potrero. Este sistema es generalmente utilizado en praderas con pastos nativos, en los cuales por su escasa producción y crecimiento no se justifica la subdivisión de potreros.

Este sistema favorece la propagación de las malezas, la re infestación de ectoparásitos y endoparásitos de los animales, una inadecuada distribución de las heces y orina en la pastura y especialmente, un deficiente aprovechamiento del forraje (Bellido *et al.*, 2001).

#### **1.1.1.3.2 Pastoreo Rotacional**

Sistema en el cual los animales se mueven de un potrero a otro con el fin de utilizar más eficientemente toda la pastura, en el cual el área de pastoreo se subdivide en cierto número de potreros (en muchas ocasiones el hato es llevado a terrenos vecinales o alejados) y se busca que el ganado utilice los mismos en forma rotacional. La longitud del período de pastoreo depende de la disponibilidad del forraje. El período de recuperación está influenciado por el grado de crecimiento y producción de la especie (Bellido *et al.*, 2001).

#### **1.1.1.3.3 Trashumante**

Se caracteriza por el desplazamiento del pastoreo del rebaño en distintos lugares, permaneciendo todo el tiempo en busca de mejores pastos sin regresar por las noches a algún lugar determinado. Este sistema está basado en el pastoreo de extensas áreas de tierra relativamente improductivas (González *et al.*, 2013), por lo que cada vez es menos común en México.

## Gramíneas Introducidas

Las especies de gramíneas que se utilizaron en el trópico para este estudio son:

### 1.2 Estrella de África: *Cynodon plectostachyus*

Este pasto también es conocido comúnmente por el nombre de estrella gigante, pasto minilla, estrella blanca, bermuda gigante (Más y García, 2006).

Es una gramínea originaria del oriente tropical de África, aunque se extiende hacia América probablemente a partir de Angola, es un pasto naturalizado en los trópicos y subtrópicos americanos. Es una gramínea perenne de vida larga,



Figura 1. *Cynodon plectostachyus*

frondosa y rastrera, produce estolones de rápido crecimiento con largos entrenudos y sus tallos pueden alcanzar hasta 3 m de longitud. Especie no rizomatosa que alcanza una altura de 80 cm a 1 m. Posee hojas exuberantes con vellos en forma de lanza. La inflorescencia presenta de 2 a 5 espiguillas solitarias de 2 a 3 mm. Es utilizada regularmente para pastoreo o cultivada para heno o ensilaje (Harlan *et al.*, 1970; Bogdan, 1977).

Es un pasto que crece en una amplia gama de tipos de suelo de arenoso a arcilloso, se desarrolla mejor en suelos húmedos y bien drenados, suelos de textura ligera. Es tolerante a suelos alcalinos. Se adapta a suelos con pH 6.5 hasta 8.5, pero le da un mejor rendimiento en el rango neutro a ligeramente alcalino. Resistente a las sequías pero producen poco forraje durante los períodos de estrés hídrico, produce mucho más cuando la precipitación pluvial va de 450 mm hasta 4000 mm (comúnmente 500-1500 mm). No tolera inundaciones prolongadas, pero puede soportar anegamiento durante 2-3 días (Velázquez, 2010).

Es una especie cuya temperatura óptima para el crecimiento se sitúa entre los 30-35 °C. Tolerante a pastoreo. Bajo pastoreo intensivo continuo o de corte regular en suelos infértiles (Bogdan, 1977; Mateo, 2005).

Se propaga vegetativamente, ya sea utilizando ramitas (encima del suelo tallos) o estolones a una dosis de siembra mínima de 1 t / ha y da mayor cobertura y rendimiento cuando se siembran 2 t estolones maduros / ha. Para el establecimiento óptimo y crecimiento temprano debe tener una aplicación inicial de 40 kg de N, P y K / ha, con una aplicación de seguimiento de 35-50 kg de N / ha, unos 30 días más tarde (Bogdan, 1977; Harlan, 1970).

Las principales enfermedades que afectan este especie son la roya, causada por *Puccinia graminis* y *P. cynodonis* y *Helminthosporium* que afectan la hoja *in situ*. También hay registros de la enfermedad tizón foliar causado por *Rhizoctonia solani* durante la estación lluviosa, estrangulador negro en inflorescencias y hojas causadas por *Ephelis* sp. Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y salivazo (*Prosapia bicinata*) son las principales plagas de insectos, junto con la oruga o falso medidor (*Mocis latipes*) (Velazquez, 2010).

Su rendimiento promedio es de 2.16 ton/MS/ha al corte, y un porcentaje de Materia Seca de 23.2% (Ramirez, 1997). Aunque es muy palatable cuando es joven, la aceptabilidad por el ganado disminuye rápidamente más allá de aproximadamente 5 semanas de rebrote. En cuanto a su toxicidad si bien existen informes de altos niveles de HCN en *C. plectostachyus*, éstos bien pueden ser el resultado de la identificación errónea de la especie en cuestión, y en realidad se refieren a *C. nlemfuensis*, presenta contenido de nitritos (Perez, 2001; Bogdan, 1970; Velazquez, 2010)

Valores nutricionales reportados por diferentes autores se indican en el Cuadro 1.

**Cuadro 1. Contenido nutricional del pasto Estrella de África.**

<b>Nutriente</b>	<b>(% de MS)</b>	<b>Autor</b>	<b>gr/Kg de MS</b>	<b>Autor</b>
Proteína Cruda	11,2	(Ramírez, 1997)	82,8	(López, 2010)
	22,8	(Ramchurn, 2000)		
	11,1	(Mahecha, 2000)		
	7,29	(Izaguirre, 2011)		
	11 – 16	(Mislevy, 1989)		
	6,6 – 13,8	(Amendola, 2009)		
Fibra	66,2	(Mahecha, 2000)	487	(Ramchurn, 2000)
Detergente Neutra	81,52	(Izaguirre, 2011)	695	(López, 2010)
Fibra	35,5	(Mahecha, 2000)	236	(Ramchurn, 2000)
Detergente Acida	56,54	(Izaguirre, 2011)	337	(López, 2010)
Extracto Etereo			13,2	(Ramchurn, 2000)
Calcio			1,8	(Ramchurn, 2000)
Fosforo			1,6	(Ramchurn, 2000)

### 1.3 Chetumal: *Urochloa humidicola* (antes *Brachiaria humidicola*).

También conocido como Chetumal, Humídicola y Africano (Olivera *et al.*, 2006).

Tiene su origen en África tropical oriental y suroriental, especialmente en zonas con alta precipitación. Se cultiva en Brasil, Ecuador, Venezuela y otros países de América Tropical. Es una gramínea perenne y estolonífera de hábito de crecimiento semierecto a postrado. Puede alcanzar de 38 a 60 cm de altura, con la presencia de



**Figura 2. *Urochloa humidicola***

estolones fuertes, largos, que pueden medir hasta 1,2 m de longitud. Los culmos son erectos, delgados, duros y glabros. Los internodios superiores miden de 8 a 10 cm de longitud y los inferiores de 2 a 3 cm. Estos son de color verde claro y sin vellosidades. Los limbos son lineales, duros, bastos y estrechos, con una coloración de verde a morado (principalmente en los bordes). Los ápices tienden a doblarse por la nervadura central y parecen unir los bordes en las horas de mucho calor o sequía, con una longitud de 10 a 30 cm y de 0,5 a 0,8 cm en su parte más ancha. Estos pueden ser glabros o poco pilosos en la base y la lígula es densamente ciliada. La vaina, de 6 a 20 cm, es de color verde a morado y puede ser desde glabra hasta algo vellosa en los bordes. Las hojas de los tallos vegetativos tienen de 10-30 cm de longitud y de 0,5 a 1,0 cm de ancho. Las hojas de los estolones son de 2,5 a 12,0 cm de largo y de 0,8 a 1,2 cm de ancho. La inflorescencia es en panícula racimosa, corta, de 24 a 45 cm de longitud, con uno a cuatro racimos de 3 a 5 cm de longitud. Espículas uniseriadas bifloras, alternadas a lo largo del raquis, de 5 a 6 cm con pedicelos cortos (Olivera *et al.*, 2006; Teixeira *et al.*, 1999).

Usado para pastoreo y control de erosión, se adapta a suelos húmedos, aunque presenta un comportamiento muy similar en suelos bien drenados. Es poco exigente a condiciones favorables, por lo que se adapta a suelos de baja fertilidad y pH ácido (4 a 6). También resiste climas extremos con estaciones secas rigurosas. Requiriendo precipitaciones de 800 mm al año (Meléndez, 2006; Teixeira *et al.*, 1999; Olivera *et al.*, 2006)

Se puede establecer por medio de semilla sexual, utilizando de 2 a 3 kg / ha de semilla escarificada y con más de 50% de germinación, o por estolones y cepas. Cuando se utiliza material vegetativo se requiere de 1.5 a 2.0 t de estolones / ha. A la siembra requiere una fertilización de 50 kg de N /ha, y una de mantenimiento de 100 kg de N y P /ha (Olivera *et al.*, 2006).

En cuanto a las plagas que la afectan su tolerancia a la Mosca Pinta es muy buena y es susceptible a la infección por roya. Presenta una palatabilidad y digestibilidad aceptables. Produce un aproximado de 8 a 10 toneladas de MS/año/ha (Jiménez *et al.*, 2010; Peters *et al.*, 2003).

Los valores nutricionales reportados por diferentes autores se indican en el Cuadro 2.

**Cuadro 2. Contenido nutricional del pasto Chetumal.**

<b>Nutriente</b>	<b>(% de MS)</b>	<b>Edad (Dias)</b>	<b>Época</b>	<b>Autor</b>
	6 - 9	nd	nd	(Olivera, 2006)
Proteína	5	21	Secas	(Jimenez, 2010)
Crua	4,9		Lluvias	
	7		Nortes	
	4,2	28	Secas	
	3,9		Lluvias	
	5,2		Nortes	
	4,1	35	Secas	
	4,7		Lluvias	
	6,6		Nortes	
Fibra	75,7	21	Secas	(Jimenez, 2010)
Detergente	76		Lluvias	
Neutra	73,9		Nortes	
	76,2	28	Secas	
	74,1		Lluvias	
	73,9		Nortes	
	72,9	35	Secas	
	76		Lluvias	
	75,1		Nortes	

nd: no descrita

#### 1.4 Insurgente: *Urochloa brizantha* (antes *Brachiaria brizantha*)

Conocida comúnmente como Marandú y Brizantha. Es originaria de África tropical, forma praderas más bien abiertas con tallos semierectos a decumbentes, de 60 150 cm de altura, hojas planas de verde brillante de hasta 2 cm de ancho por 100 cm de largo, se le emplea para praderas de pastoreo, para corte y acarreo y para conservación (Amendola, 2009; Olivera *et al.*, 2006)



Figura 3. *Urochloa brizantha*

Se encuentra distribuida en las regiones donde las precipitaciones varían entre 800 y 1 500 mm por año, y algunos materiales de esta especie toleran suelos con amplia variación de pH entre 4 y 8, de fértiles a muy poco fértiles, con buen drenaje. Respondiendo a una temperatura promedio de 26 °C (Amendola, 2009; Olivera *et al.*, 2006; Cruz *et al.*, 2011).

Para su establecimiento la densidad de siembra es de 6 a 8 kg /ha con una profundidad de siembra de 1 a 2 cm, a la siembra requiere una fertilización de 50 kg/ha de N y P, y una de mantenimiento de 100 a 200 kg/ha de N. Presenta resistencia al salvazo y una palatabilidad y digestibilidad excelentes (Olivera *et al.*, 2006; Cepero *et al.*, 2005; Amendola, 2009; Avilés, 1994).

Tiene una producción aproximada de 20 a 28 toneladas de MS/ha/año y un porcentaje de materia seca de 21 a 25% (Peters *et al.*, 2003; Olivera *et al.*, 2007; Sanchez y Soto, 1997).

Los valores nutricionales reportados por diferentes autores se indican en el Cuadro 3.

**Cuadro 3. Contenido nutricional del pasto Insurgente.**

<b>Nutriente</b>	<b>(% de MS)</b>	<b>Autor</b>
Proteína Cruda	10 – 12	(Sánchez, 1997)
	14,9	(Améndola, 2009)
	12 - 14	(Olivera, 2006)
Fibra Detergente Neutra	69 - 70	(Sánchez, 1997)
Calcio	0,37	(Sánchez, 1997)
Fosforo	0,33	(Sánchez, 1997)

### 1.5 Mombasa: *Megathyrsus maximus* (antes *Panicum maximum*).

Su antecesor conocido con nombres como pasto Guinea, mijo de guinea, gramalote, zaina, Colonial, guineo, hoja fina, pasto guineo, privilegio, rabo de mula, zacatón y panizo de Guinea (Martínez, 1979)

De origen genético en África, fue introducido a América en 1967 como una especie extremadamente productiva en ambientes tropicales, en México se ha registrado en



**Figura 4. *Megathyrsus maximus***

Campeche, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Colima, Estado de México, Guerrero, Jalisco, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luís Potosí, Sinaloa, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán (McVaugh, 1983; Chen y Hutton, 1992; Ramírez *et al.*, 2009)

Es una gramínea perenne, amacollada y robusta. Alcanza un tamaño de 1 a 2.5 m de alto. Tallos generalmente con pelos largos y erectos en los nudos. Sus hojas están dispuestas en 2 hileras sobre el tallo, con las venas paralelas, divididas en 2 porciones, la inferior llamada vaina que envuelve al tallo, es más corta que el entrenudo del tallo y que presenta pelos erectos con su base engrosada, y la parte superior de la hoja llamada lámina que es muy larga, angosta, plana, áspera al tacto en los márgenes y con pelos erectos principalmente hacia la base; entre la vaina y la lámina, por la cara interna, se presenta una pequeña prolongación membranacea terminada en pelos, llamada lígula. La inflorescencia se ve como una panícula grande (de hasta 50 cm de largo), con numerosos racimos rígidos y ascendentes. Los racimos de la parte inferior de la inflorescencia están dispuestos en verticilos. Cada racimo con numerosas espiguillas. Los ejes de la inflorescencia a veces ondulados (McVaugh, 1983).

Es una especie excelente para pastoreo, henificación y ensilado, se adapta a suelos fértiles, sin encharcamientos. Crece en alturas que van desde el nivel del mar hasta los 2,000 m.s.n.m. soporta un pH de 5 a 8 en el suelo y una precipitación de más de 800 mm de lluvias. Una condición ideal de 18 °C de temperatura y una humedad de 45%, Crece bien a pleno sol, pero se ha registrado como crecimiento mejor en el 30% de sombra, aunque los rendimientos se reducen a la mitad en el 50% de sombra (Suarez *et al.*, 2011; Verdecia *et al.*, 2012; Cheny Hutton, 1992).

La semilla puede ser sembrada a una dosis de 2-3 kg semilla con valor cultural / ha, y de ser una pequeña semilla, debe ser plantada a no más de 1 cm de profundidad. Tapándola con ramas después de la siembra mejora la germinación y el establecimiento, también puede establecerse a partir de retoños arraigados (o

esquejes con variedades de tallo de espesor) plantados en el contorno de cada 0,5-0,6 m en filas 01.25 a 01.05 m de distancia, o tan cerca como 40 cm en un patrón triangular, si se requiere una cobertura rápida. Se utiliza una fertilización a la siembra de 60 kg N, 60 kg P y 30 kg K/ ha, y fertilización de mantenimiento de 200 a 300 kg N y 100 kg P /ha/año (Chen y Hutton 1992; Verdecia *et al.*, 2012).

Presenta óptima palatabilidad, en cuanto a plagas es susceptible a salivazo, al cornezuelo (*Claviceps* spp.) y otras enfermedades de hongos (*Conidiospormyces*), *Fusarium roseum*, y *Tilletia* sp. En Sudáfrica, se sospecha de causar "dikoor" en el ganado ovino, una enfermedad por fotosensibilización, tal vez relacionada con la infección por *Claviceps* o carbón. La planta también se dice que causa cólico fatal en caballo si se come demasiado húmedo o en exceso (Chen y Hutton 1992; Verdecia *et al.*, 2012).

Produce un aproximado de 20 a 25 t de MS/ha/año, aunque algunos trabajos han reportado una producción de hasta 30 t de MS/ha/año. Así como un 22 a 25.5 % de Materia seca (Peters *et al.*, 2003; Verdecia *et al.*, 2012).

Los valores nutricionales reportados por diferentes autores se indican en el Cuadro 4.

**Cuadro 4. Contenido nutricional del pasto Mombasa.**

Nutriente	(% de MS)	Autor
	9,1	(Suarez, 2011)
	6,3 – 13,6	(Améndola, 2009)
Proteína Cruda	10 - 13	(Verdecia , 2006)
	6 - 25	(Chen, 1992)
Fibra Detergente Neutra	67,6	(Suarez, 2011)
Fibra Detergente Acida	40,3	(Suarez, 2011)
Calcio	0,6 – 0,8	(Chen, 1992)
Fosforo	0,15 – 0,18	(Chen, 1992)

## 1.6 Mulato: *Urochloa brizantha* x *Urochloa ruziziensis* (antes *Brachiaria*).

El pasto Mulato es un híbrido de *Brachiaria* proveniente del cruce No. 625 (*Brachiaria ruziziensis* clon 44-6 x *Brachiaria brizantha* CIAT 6297), realizado en 1988 por el programa de pastos tropicales del CIAT. Se reporta buen crecimiento del cv. Mulato en condiciones subtropicales como las de Florida en EE.UU. y Torreón en México. Es una gramínea perenne,



Figura 5. *Urochloa brizantha* x *Urochloa ruziziensis*

vigorosa, de hábito amacollado, decumbente y estolonífero, lo que le permite tener una alta capacidad de establecimiento. La altura de la planta sin incluir la inflorescencia, varía de 90 a 100 cm. Sus hojas son lineales, lanceoladas de color verde intenso, en promedio de 35 a 40 cm de longitud y de 2.5 a 3.0 mm de ancho, presentando abundante pubescencia. Sus tallos de color verde intenso y con alta pubescencia son cilíndricos de 55 a 80 cm de largo. La inflorescencia es una panícula de hasta 40 cm de longitud, con 4 a 7 racimos con doble hilera de espiguillas, con un promedio de 42 espiguillas, de 2.4 mm de ancho y 6.2 mm de longitud (Miles, 1999; Cruz *et al.*, 2011; Guiot y Meléndez, 2002).

El principal uso del cv. Mulato ha sido bajo pastoreo con bovinos de carne y vacas con alto encaste lechero y de doble propósito. Los ovinos consumen el híbrido muy bien. Requiere suelos bien drenados con pH entre 4.5 y 8, puede crecer en suelos poco fértiles pero responde muy bien a una fertilización a la siembra de 50 kg N-P /ha y de mantenimiento de 150 kg N /ha. Se adapta a condiciones de trópico húmedo y trópico sub-húmedo. Con alturas de 0 hasta 1800 msnm y precipitaciones pluviales de 700 a 800 mm en adelante. Los rendimientos tienden a ser menores en la medida que se incrementa la altura sobre el nivel del mar de

los diferentes sitios y baja la temperatura media de 29 a 18.4 °C (Loch y Miles, 2002; Améndola, 2009; Guiot y Meléndez, 2002; Olivera *et al.*, 2006; Estrada, 2004).

Para su establecimiento la densidad de siembra es de 5 a 8 kg semilla con valor cultural/ha y una profundidad de siembra de 2 cm, tiene una excelente capacidad de establecimiento, es posible tener una pradera establecida entre 90 a 120 días, con una cobertura superior al 80%. Aunque no presenta la resistencia a la mosca pinta denominada “antibiosis” del pasto Insurgente (progenitor de Mulato), ha demostrado gran tolerancia a la presencia de este insecto al no presentar daño alguno en los años de estudio. Además no es dañado por gusanos (falso medidor y soldado) y presenta resistencia parcial al salivazo. Se ha reportado la presencia aislada de hongos de los géneros *Fusarium* y *Rhizoctia*, pero el daño no ha sido de importancia económica, controlándose con el simple pastoreo (Olivera *et al.*, 2006; Améndola, 2009)

Presenta una muy buena palatabilidad, y se reporta que puede provocar fotosensibilidad. Produce forraje alrededor de 25 t/ha/año de MS (122 t/ha/año de forraje húmedo) y 20 % de contenido de materia seca, lo que hace posible mantener altas cargas (Améndola, 2009; Guiot y Meléndez, 2003; Cruz *et al.*, 2011).

Los valores nutricionales reportados por diferentes autores se indican en el Cuadro 5.

**Cuadro 5. Contenido nutricional del pasto Mulato.**

Nutriente	(% de MS)	Autor
	13,1	(Améndola, 2009)
	12 - 15	(Olivera, 2006)
Proteína Cruda	14 - 16	(Guiot, 2002)
	11,5	(Sánchez, 1997)
Fibra Detergente Neutra	65	(Sánchez, 1997)

### 1.7 Angleton: *Dichantium aristatum*.

Conocido comúnmente como Carretero, Pajón, yerba de via, Angleton, hierba (Australia, Cuba), Alabang (Filipinas), Angleton tallo - azul (Estados Unidos), wildergrass (Hawaii) (Más y García, 2006).

Planta nativa de África y Asia, en México es perenne naturalizada. Presenta estolones cortos con follaje denso de 1 m, así como tallos lisos y delgados, normalmente forma macollos, pero con altas densidades de



**Figura 6. *Dichantium aristatum***

siembra puede formar césped. Las hojas son lanceoladas (Más y Garcia, 2006; Farinas, 1968).

Es utilizado para pastoreo, corte y acarreo (heno). Su crecimiento óptimo se da en suelo franco y fértil; puede crecer en suelos de mediana fertilidad, con pH entre 5.0 y 8.0; requiere buen drenaje, resiste periodos de déficit hídrico inferiores a 2 meses. Requiere precipitaciones anuales de verano de 750-1,400 mm. Moderadamente tolerante a la sequía, muy tolerante de las inundaciones y anegamiento. Parece tener tolerancia a la sombra moderada (Peroza, 2013; Bisset y Sillar, 1984)

Puede establecerse por semilla sexual o en forma vegetativa, estableciéndose rápidamente y los estolones enraízan bien. Se utilizan de 3 – 4 kg de semilla con valor cultural/ha. Presenta un requisito de P bajo, pero puede dar respuesta en rendimiento 3 veces a 100-200 kg de N / ha puede necesitar al menos 1 t / ha de cal para tener éxito en suelos ácidos. En cuanto a las plagas que la afectan es susceptible al mion de los pastos (*Aeneolamia* sp. y *Zulia pubescens*) que pueden

causar daños considerables. El cornezuelo (*Claviceps pusilla*) puede causar problemas en la producción de semillas, aunque las variedades están disponibles con mínima incidencia de la enfermedad (Peroza, 2013; Bisset y Sillar, 1984).

Es muy palatable y también es aceptada por el ganado después de que ha madurado. Contiene un bajo contenido de oxalato. Su rendimiento promedio es de 10 a 13 t de materia seca/ha/ año y generalmente presenta 37,6 % de materia seca (Peroza, 2013; Archer, 1953; Bisset, 1984).

Los valores nutricionales reportados por diferentes autores se indican en el Cuadro 6.

**Cuadro 6. Contenido nutricional del pasto Angleton.**

<b>Nutriente</b>	<b>(% de MS)</b>	<b>Autor</b>
Proteína Cruda	7 - 9	(Peroza, 2013)
	4,8	(Cardona, 2002)
Fibra Cruda	36,9	Peroza, 2013)

## **1.8 Digestibilidad**

El conocer el valor nutritivo de los alimentos es fundamental para la nutrición animal, y hay que tener presente que no es suficiente con los análisis químicos que revelen su composición, además hay que considerar los efectos de los procesos de digestión, absorción y metabolismo animal (Bondi, 1989).

La digestibilidad de un alimento indica la cantidad de este o de un nutriente en particular del alimento que no se excreta en las heces y que, por consiguiente, se considera que es utilizable por el animal tras la absorción en el tracto digestivo. La

obtención de la digestibilidad supone la determinación de la cantidad del alimento o nutriente en particular que no se degrada y absorbe durante su paso por el aparato digestivo, se trata de una faceta muy importante de la utilización de los nutrientes (Malca *et al.* 2006)

Las técnicas de análisis para determinar la digestibilidad permiten estimar la proporción de nutrientes presentes en una ración que pueden ser absorbidos por el aparato digestivo quedando disponibles para el animal (Church y Pond, 2004).

### **1.8.1 Técnicas analíticas para determinar la digestibilidad**

Por lo importante de conocer la digestibilidad de un ingrediente se han desarrollado varias pruebas para determinarla, las cuales se describen a continuación.

#### **1.8.1.1 Digestibilidad *in vitro***

Esta determinación fue la utilizada en el presente estudio debido a que es considerada más rápida y menos costosa que la digestibilidad *in vivo*. La técnica de Tilley y Terry (1963) así como la técnica de producción de gas (Stern *et al.*, 1997), son las que se usan comúnmente en dietas basadas en forraje. Estas técnicas emulan la fermentación ruminal, bajo condiciones controladas en un laboratorio (Church y Pond, 2004).

##### **1.8.1.1.1 Técnica de Tilley y Terry**

El método de fluido ruminal y pepsina de Tilley y Terry desarrollado en 1963 sigue siendo muy utilizado, debido a su precisión para predecir la digestibilidad *in vivo* de algunos forrajes. La técnica de Tilley y Terry es una herramienta de predicción de la digestibilidad de los alimentos para rumiantes (Givens *et al.*, 2002).

Esta técnica consiste en obtener líquido ruminal de al menos dos animales que previamente se han adaptado al consumo de la dieta o ingrediente que se quiere evaluar; el líquido se mezcla con una solución amortiguadora o buffer (para simular la saliva), dicha solución amortiguadora (solución amortiguadora de McDougall) se prepara adicionando dos soluciones agitando y burbujeando al mismo tiempo con CO<sub>2</sub> y se coloca en un tubo al que previamente se ha introducido el forraje o la dieta que se quiere evaluar; después se pone a incubar toda la mezcla a 39°C, que es la temperatura del rumen, bajo condiciones anaerobias, por un periodo de 48 horas. El tubo se centrifuga y el residuo se somete a una digestión con pepsina ácida 1:10,000 por otro periodo de 48 horas, al final el residuo se filtra con vacío moderado recuperando el residuo en rodaja de celulosa deshidratada con peso determinado previamente, el residuo se deseca en estufa a 55 °C hasta peso constante y por diferencia se determina la digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) (Church, 1993).

Sin embargo, esta técnica tiene algunas desventajas y la principal es la variabilidad que produce la calidad del fluido ruminal, lo que está relacionado con el tipo de proceso al que se somete la muestra, el tipo y dieta del animal donante, momento de recolección, condiciones de anaerobiosis, pH y temperatura, etc. Sin embargo, estos problemas serían comunes a todas las técnicas que utilizan fluido ruminal. Una opción para compensar por esto es la inclusión de una muestra de alimento “estándar” en cada corrida (Tilley y Terry, 1963). Además los sistemas *in vitro*, no utilizan la cinética de la digestión, y pueden no detectar las diferencias en la digestión del sustrato. El inóculo ruminal se filtra a través de por lo menos 16 capas de gasa y se diluye (20:80) en solución salina, saliva artificial o varios buffers. Se ha sugerido que el líquido ruminal filtrado no es tan efectivo solo como al que se le ha añadido un inóculo de bacterias asociadas, para simular la fermentación ruminal de la fibra de los distintos alimentos (Stern *et al.*, 1997)

#### **1.8.1.1.2 Técnica de Producción de gas *in vitro*.**

La medición de la producción de gas *in vitro* puede utilizarse para estudiar la degradabilidad de los nutrientes, ya que la fermentación anaeróbica realizada por la microbiota ruminal produce AGV, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y H<sub>2</sub>. (Stern *et al.*, 1997).

Esta técnica requiere el uso de un inóculo o medio con un sustrato poco fermentable para que la acumulación de gas sea baja en la fermentación del testigo. El uso de esta técnica presenta una ventaja sobre los métodos gravimétricos tradicionales porque considera tanto los sustratos solubles como los insolubles. El volumen de gas producido está sujeto a variaciones considerables en relación con la altitud y esto debe tomarse en cuenta cuando se comparan los resultados de diferentes laboratorios (Stern *et al.*, 1997).

#### **1.8.1.2 Digestibilidad *in situ***

Es una técnica utilizada para estimar la degradación de nutrientes en el rumen, también es un método simple y de bajo costo, comparado con otros métodos que involucran animales y jaulas metabólicas sin embargo su principal desventaja es que requiere de animales con cánula ruminal, mismos que requieren cuidados posoperatorios y en ocasiones no logran adaptarse (Fahey, *et al.*, 1994) .

La técnica utiliza bolsas de nylon (o de otro tejido indigestible) aunque se ha mencionado que es preferible utilizar bolsas de dacron (poliéster) las cuales evitan estirarse con el uso repetido de las bolsas como es el caso del nylon; se debe utilizar un tamaño de poro de 40-50 µm; y al moler los diferentes tipos de alimentos deben hacerse pasar por la malla 40 (1mm) colocando 3 o 6 g de muestra dentro de cada bolsa según la especie rumiante (Ruiz, 1990). Las bolsas son colocadas preferentemente en la región ventral del rumen permitiendo cierta libertad de movimiento, a fin que se expongan a las diferentes condiciones del rumen, las bolsas presentan un método de sujeción; posteriormente se mide la

desaparición del contenido después de varios intervalos de tiempo, las bolsas se lavan y desecan para determinar cuánto material fue digerido. La ventaja de este método es que involucra los procesos fermentativos que ocurren en un animal vivo. Sin embargo presenta como desventajas que muchos factores afectan la estimación de la digestión de nutrientes y se necesitan estándares para esta técnica. Entre los factores que la afectan se incluyen el tamaño de poro del material de la bolsa, la cantidad de muestra, el tamaño de la bolsa y de la partícula de la muestra y la acumulación de gases dentro de la bolsa. También influye el tipo de animal y la dieta, al igual que la posición de la bolsa dentro del rumen (Stern *et al.*, 1997; Ruiz y Ruiz, 1997; Church, 1993; Fahey, *et al.*, 1994).

### **1.8.1.3 Digestibilidad *in vivo***

En esta técnica los animales se colocan dentro de jaulas metabólicas en las que se puede evaluar exactamente la ingestión total y por otra parte son utilizados para llevar a cabo la evaluación de la digestión en el tracto digestivo total, los animales deben de ser adaptados previamente a la dieta que se desea probar con la finalidad de remover del tracto gastrointestinal los restos del alimento previo al estudio, se utiliza un periodo de 10 a 14 días generalmente para que se dé la adaptación de la microbiota ruminal al nuevo alimento, así, los datos que se obtendrán en el estudio estarán directamente relacionados con la dieta o alimento a evaluar (Schinder y Flatt, 1995; Givens *et al.*, 2002).

Hay dos métodos posibles: el método de recolección total de heces consistente en la recolección cuantitativa de las heces emitidas diariamente que corresponden a uno o muchos alimentos, y el método con marcador interno o externo al alimento como indicador que ha sido desarrollado para obviar los problemas de la recolección cuantitativa del total de heces, usando un marcador inerte indigerible; el marcador más frecuente usado es el óxido crómico que es incorporado al alimento y luego analizado en él y en las heces. La principal ventaja del método con indicador es la no necesidad de una recolección total, sino que sólo basta una

muestra de heces tomada al azar que contenga el indicador (Windell *et al.*, 1978; Schinder y Flatt, 1995; Givens *et al.*, 2002).

Finalmente se hace un cálculo aritmético, aplicando la fórmula de digestibilidad aparente. El éxito de esta prueba depende del control que se tenga sobre el consumo del alimento por parte de los animales y la precisión en la recolección de las heces. Comúnmente se utilizan de 4 a 6 animales por tratamiento para detectar diferencia entre las dietas. (Church, 1993; Schinder y Flatt, 1995; Givens *et al.*, 2002).

La cantidad de nutrientes que un rumiante puede extraer de un alimento puede modificarse por el tipo y cantidad de otros alimentos consumidos el mismo día. Todos estos procesos interactivos pueden tener consecuencias sustanciales para la nutrición y producción animal. Este fenómeno se conoce como efecto asociativo (Church y Pond, 2004).

#### **1.8.1.4 Método enzimático**

Esta técnica se realiza completamente independiente del animal, lo cual resulta en menor variación. Aun así la validez biológica de los resultados puede ser limitada como resultado de una actividad enzimática incompleta, comparada con el ambiente ruminal del animal (Stern *et al.*, 1997).

Cuando se utilizan este tipo de técnicas para predecir la fermentación microbiana del rumen, se debe restringir la concentración enzimática, ya que la acumulación de los productos finales durante la incubación puede provocar una inhibición progresiva de la actividad enzimática (Church y Pond, 2004).

Así mismo el pH también influye en la proteólisis. Los cambios en la conformación proteínica dependen del pH al cual la proteína se expone. Los resultados de esta prueba deben tomarse con reserva, pues las enzimas de origen no ruminal no

actúan igual que las enzimas que sí lo son, y esta diferencia puede generar conclusiones incorrectas o poco precisas (Stern *et al.*, 1997).

#### **1.8.1.5 Métodos con indicadores o marcadores**

Esta técnica se utiliza para estimar la digestibilidad cuando no es posible medir el consumo total del alimento o recolectar heces en su totalidad. Se utiliza una sustancia de referencia, que debe ser no absorbible, no tóxica, indigerible, sin efecto farmacológico en el tracto gastrointestinal, tener una velocidad de tránsito uniforme y ser fácilmente detectable en el alimento y en las heces. Dicha sustancia puede ser algún componente natural del alimento o algunas sustancias químicas que se mezclen con él (Maynard *et al.*, 1981; Church, 1988; Ruelas, 1990).

Los marcadores internos son sustancias no digestibles, que se presentan naturalmente en los alimentos. Como ejemplo de estos esta, el sílice, la lignina, y algunos n-alcanos de cadena larga. En el caso del sílice, su uso es limitado, debido a que es difícil de recuperar y es frecuente la contaminación del forraje con el suelo, lo que proporciona resultados erróneos (Zamudio, 2001; Church, 1993; Church y Pond, 2004).

Los marcadores externos, son sustancias químicas que se suministran al animal, bien sea directamente con la ración, en cápsulas o en soluciones y, que al igual que los internos no son digeridos ni absorbidos (Church y Pond, 2004). Como por ejemplo de estos esta, óxido de cromo, óxido de titanio, cobalto, EDTA e iterbyum. El óxido de cromo es el más destacado y comúnmente empleado de los marcadores externos. Es prácticamente insoluble en agua y no se asocia con los componentes de la ingesta, ofrece la ventaja de tener una recuperación completa en las heces (Pond *et al.*, 1987; Van Soest, 1994).

## 1.8.2 DIVMS de gramíneas publicados

Los resultados de digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) obtenidos por otros investigadores en las gramíneas del presente estudio se muestran en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Resultados de pruebas de DIVMS realizadas con las gramíneas de este estudio por otros investigadores.

Especie	% de DIVMS	Edad	Época	Autor
Estrella de África <i>Cynodon plectostachyus</i>	61,3	nd	nd	(Mahecha, 2000)
	55 – 60	4 semanas	Lluvias	(Mislevy, 1989)
	45 – 52	nd	nd	(Améndola, 2009)
	55,7 63,21	nd nd	nd nd	(Cabrera, 1988) (Barajas, 1994)
Chetumal <i>Brachiaria humidicola</i>	50 – 56	nd	nd	(Olivera, 2006)
	57.8 57.5 55	21 días	Secas Lluvias Nortes	(Jimenez, 2010)
	55,3 64,6 55,1	28 días	Secas Lluvias Nortes	
	56,5 60,8 Nortes	35 días	Secas Lluvias 50,2	
	55.6 52.41	nd nd	Secas Secas	(Jarma, 2012) (Bolivar, 1998)
Insurgente <i>Brachiaria brizantha</i>	47 – 52	nd	nd	(Améndola, 2009)
	55 – 60	nd	nd	(Olivera, 2006)
	52.6 55.2	nd nd	Secas Lluvias	(El-Memari, 2003)
	53	nd	nd	(Tonissi, 2005)
Mombasa <i>Panicum máximum</i>	50,2			(Suarez, 2011)
	46 – 50	nd	nd	(Améndola, 2009)
	55	30 días	Lluvias	(Verdecia, 2006)
	50	nd	nd	(Chen, 1992)
Mulato <i>Brachiaria brizantha x ruziziensis</i>	70	nd	nd	(Améndola, 2009)
	55 – 62	nd	nd	(Olivera, 2006)
	62	nd	nd	(Guiot, 2002)
	62	nd	nd	(Plazas, 2001)
Carretero <i>Dichantium aristatum</i>	50 – 57	nd	nd	(Peroza, 2013)
	51,89	15 días	Lluvias	(Roncallo, 2001)
	55	nd	Lluvias	(Torres, 2001)
	52 - 57	nd	nd	(Peters, 2003)

nd: no descrita

### **1.8.3 Factores que afectan la digestibilidad**

El proceso digestivo puede verse afectado por distintos factores los cuales pueden relacionarse con características de los alimentos o con el procesamiento que sufrió, también puede deberse a la fisiología de los animales o bien a diferentes aspectos en el diseño del experimento (Ruelas, 1990).

#### **Composición del alimento o ración:**

Considerado como el factor que más influye el proceso de digestión debido a la notable variabilidad de la composición nutrimental de los alimentos la cual determina una digestibilidad que es igualmente variable (Church y Pond, 2004).

Así mismo la digestibilidad de un alimento puede ser modificada por otros alimentos ingeridos conjuntamente. Se conoce como un efecto asociativo positivo por ejemplo el aporte de un alimento rico en proteína que mejora la digestibilidad de alimentos deficientes en nitrógeno y altamente lignificados (Hacker y Minson, 1981).

Los principios químicos nutrimentales básicos que afectan más la digestibilidad de un alimento son la fracción fibrosa tomando en cuenta la cantidad y composición química de la fibra y la cantidad de proteína presente (Ruelas, 1990).

#### **Tratamiento o preparación de los alimentos:**

La digestibilidad es afectada también por la presentación o tratamiento que se le da al alimento, en el caso de alimentos groseros picar el alimento aumenta de 5 a 10% la digestibilidad cuando el tamaño de la partícula se reduce a 2 - 2.5 cm, pero al picar o moler demasiado el alimento disminuye el porcentaje de digestibilidad, esto se debe a que el alimento pasa rápidamente por el rumen y no

es adecuadamente fermentado. La digestibilidad se ve afectada en el caso de los forrajes cuando la celulosa se encuentra ligada a la lignina, para esto se les da un tratamiento químico con álcalis para mejorar la digestibilidad. En cambio los procesos de conservación de forrajes como la henificación o el ensilaje cuando se realizan adecuadamente no producen cambios sobre la digestibilidad (Bondi, 1988).

### **Nivel de ingesta de alimento**

Cuando se cubre las necesidades de mantenimiento los animales tienden a ser más eficientes en la digestión de los alimentos y en el aprovechamiento de nutrientes. Los cambios pueden tener mayores efectos sobre la capacidad metabólica. El aumento en el nivel de ingestión sobre el mantenimiento produce aumento de la tasa de paso y ligera disminución de la digestibilidad la cual se hace mayor en la medida en que aumenta la cantidad de concentrados en la ración total (Bondi, 1988; Mc Donald, 1988).

### **Factores relacionados con los animales:**

Aun cuando los factores dependientes del animal guardan menos relación con la digestibilidad que la composición química de los alimentos, también constituyen un factor importante sobre la digestión. Un ejemplo es la diferencia de digestibilidad entre un bovino y un caprino aun cuando se les proporciona el mismo alimento, así los alimentos con bajo contenido de fibra son bien digeridos por animales rumiantes y no rumiantes, pero los alimentos fibrosos sólo son bien digeridos por los primeros (Bondi, 1988).

Otro factor es que en rumiantes la deficiencia de nitrógeno amoniacal en el medio ruminal limita el crecimiento microbiano y, como consecuencia, reduce la digestibilidad de la fibra (Ruelas, 1990).

### **Uso de fármacos:**

Mediante el uso de monensina y lasalocida en la dieta se puede incrementar la digestibilidad de la materia seca. Así mismo al incluir ionóforos a dietas basadas en forrajes se aumenta la digestibilidad de la fibra, debido a una reducción en la tasa de pasaje ruminal. Se ha observado una disminución en la digestibilidad durante el uso de tetraciclinas, ya que este antibiótico disminuye la población de bacterias ruminales (Ruelas, 1990).

### **Temperatura ambiental:**

La zona de confort térmico es un factor importante sobre la digestibilidad ya que al haber una disminución en esta la digestibilidad también presenta una baja. Se cree que se debe a que el tiempo de retención del alimento en el rumen a bajas temperaturas es menor que a las que se encuentran en óptimas condiciones medioambientales (Mc Donald, 1988).

## **1.8.4 Fisiología digestiva de los rumiantes**

El estómago de los rumiantes está formado por cuatro compartimientos o divertículos estomacales: el retículo, el rumen, el omaso y el abomaso. El rumen está dividido en cavidades por fuertes bandas musculares llamadas pilares, el complejo retículo rumen ocupa la mayor parte de la cavidad abdominal y es el componente más pesado del tracto gastrointestinal. La superficie interior del rumen está cubierta por papilas que incrementan la superficie de absorción de los productos finales de fermentación ruminal. El retículo se encuentra separado del rumen dorsal a la apertura del esófago, su superficie interior presenta apariencia de panal. El omaso es una estructura compuesta por muchos pliegues musculares, es responsable de la absorción de grandes cantidades de agua y minerales ( $\text{Na}^+$  y  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) derivados del líquido que entra con la digesta por el

rumen. El interior del abomaso está formado por pliegues que incrementan el área de secreción de este compartimento, tiene dos tipos de secreciones la de HCL que se da en el fondo (fondus) y la de enzimas que funcionan en un medio ácido (Mc Donald *et al.*, 1988; Annison, 1986).

En el caso de rumiantes lactantes, los dos primeros compartimentos, el retículo y el rumen, están poco desarrollados, de modo que la leche que llega al estómago, es canalizada mediante un pliegue tubular del retículo, llamado gotera esofágica, hasta el tercer y cuarto compartimentos omaso y abomaso. Una vez que los terneros o corderos empiezan a consumir alimentos sólidos, los dos primeros compartimentos aumentan considerablemente de tamaño de manera que en los animales adultos, suponen el 85 por ciento de la capacidad del estómago, el 75% de la cavidad abdominal (Mc Donald *et al.*, 1988; Annison, 1986).

El desarrollo de los divertículos gástricos del rumiante se muestra en el Cuadro 8.

**Cuadro 8. Desarrollo (%) de los compartimentos gástricos del rumiante de acuerdo a la edad.**

Edad	Neonato	4 semanas	8 semanas	Adulto
Pre-estómagos			%	
Rumen – retículo	38	54	60	85-90
Omaso	13	12	13	3-5
Abomaso	49	38	27	8-9

Fuente: modificado de Quintero, 2007

El cambio de lactante a rumiante adulto consiste en una serie de procesos tanto funcionales como morfológicos en el aparato digestivo, entre esos cambios se producen procesos metabólicos que el principio de la vida del rumiante no se han desarrollado, posteriormente la función del tracto digestivo y su desarrollo dependen de la dieta, crecimiento y desarrollo de la flora microbiana normal y el incremento de las papilas ruminales a través de la concentración de AGV, esto para aumentar la superficie de absorción (Shimada, 2010).

El desarrollo del rumen en ovinos que son los animales de los que frecuentemente se obtiene el líquido ruminal, se suele dividir en tres períodos:

**Entre el nacimiento y las tres semanas de vida.**

En este periodo el aparato digestivo solo puede digerir leche dependiendo de la absorción de la glucosa a nivel intestinal para mantener un nivel de glucemia que es semejante al de un monogástrico (Rellin y Mattioli, 2003).

**Entre las tres a ocho semanas de vida.**

Es en este periodo donde el animal va desarrollando gradualmente el rumen alimentándose ya con pequeñas cantidades de alimento sólido. Comienzan haber cambios en los valores de la glucemia disminuyendo mientras aumenta la concentración plasmática de ácidos grasos volátiles (AGV), especialmente acetato (C2), propionato (C3) y butirato (C4) (Rellin y Mattioli, 2003).

**A partir de las ocho semanas de vida.**

El desarrollo del rumen llega a su término y es completamente funcional con lo cual puede ya llevar a cabo una digestión fermentativa que es característica de un rumiante adulto (Rellin y Mattioli, 2003).

Los rumiantes se caracterizan por su capacidad para alimentarse de pasto o forraje. Tal característica se basa en la posibilidad de poder degradar los hidratos de carbono estructurales del forraje, como celulosa, hemicelulosa y pectina, muy poco digestibles para las especies de estómago simple o no-rumiantes. Basada en esta diferencia fundamental, la fisiología digestiva del rumiante adquiere características particulares. La degradación del alimento se realiza mayoritariamente por digestión fermentativa y no por acción de enzimas digestivas, y los procesos fermentativos los realizan diferentes tipos (Shimada, 2010).

La digestión del alimento en los rumiantes es realizada casi en su totalidad por degradación fermentativa, debido a los microorganismos en el rumen, y posteriormente por la acción de las enzimas digestivas que actúan en el abomaso e intestino delgado de los rumiantes. La digestión fermentativa, favorece al rumiante para degradar hidratos de carbono estructurales y para poder digerir los demás componentes de la dieta, expuestos a los mismos procesos fermentativos (Rellin y Mattioli, 2003).

Esta digestión fermentativa es realizada por microorganismos presentes en la cámara de fermentación del rumiante, los cuales dependen de condiciones ideales para su crecimiento y multiplicación, que son aportadas a nivel retículo-ruminal por el rumiante. Estas condiciones son:

- Debe existir un aporte suficiente de sustratos.
- Se debe mantener un potencial de óxido-reducción.
- La temperatura debe estar en un rango de 39 - 40°C.
- Una osmolaridad cercana a los 300 mosm.
- Un pH de 6-7.
- Remoción de los desechos no digeribles.
- Remoción de microorganismos congruente con la regeneración de los mismos.
- Remoción de los ácidos grasos volátiles (**AGV**), producidos durante la fermentación.

El rumen y el retículo se encargan de realizar la remoción de desechos y microorganismos a través un patrón complejo de contracciones que se originan en el retículo; además el retículo colecta el alimento que ha sido suficientemente fermentado para transportarlo hacia el omaso; las contracciones del retículo y rumen también participan en el eructo. Debido a la fermentación ruminal, se producen diferentes gases, cerca de 30-50 litros/hora en un bovino adulto y 5 en un borrego; estos son eliminados a través del eructo; los principales gases son:

*Bióxido de carbono (60-70%).*

*Metano (30-40%).*

*Nitrógeno (7%).*

*Oxígeno (0.6%).*

*Hidrógeno (0.6%).*

*Ácido sulfhídrico (0.01%).*

Los **AGV** son principalmente retirados del líquido ruminal, al ser absorbidos en las paredes del rumen y retículo. Su producción así como el resultado final de la digestión se ve alterada cuando se generan cambios en el proceso tales como:

**Cambios de tamaño de partículas:** a través de la rumia las partículas ingeridas disminuyen su tamaño hasta lograr pasar por el orificio retículo – omasal provocando el vaciado del rumen y el ingreso de alimentos a través del consumo. Esta disminución de tamaño genera una mayor superficie que es colonizada por las bacterias, afectando el proceso de fermentación (Annison, 1986).

**Control de temperatura:** la temperatura del contenido ruminal oscila entre 38 y 40° C. Estas altas temperaturas están asociadas a la fermentación activa y a la producción de calor por el animal (Annison, 1986).

**Control del pH:** el pH es uno de los factores más variables del ambiente ruminal, es afectado por la naturaleza del alimento, forma física del mismo, frecuencia de la ingesta, etc. En condiciones de pastoreo, los cambios de pH son muy marcados, y están asociados a la ingesta. Varias experiencias han demostrado que la efectividad del crecimiento de las bacterias predominantes en el rumen varía considerablemente con el pH. Las bacterias celulolíticas y las metanógenas son afectadas intensamente una vez que el pH del rumen desciende por debajo de 6. También son afectados los protozoos del rumen por el descenso de pH determinado por un consumo excesivo de concentrados en la dieta. Si se

mantiene el pH en 5,5 puede aparecer en el rumen un elevado número de protozoos (Santini, 1994).

**Aporte de nutrientes endógenos:** a través de la saliva, de descamaciones epiteliales y pasaje a través de las paredes ruminales se aportan nutrientes para el crecimiento bacteriano, tales como: urea, fosfatos y otros. Estos son importantes sobre todo en animales que pastorean forrajes secos de baja calidad, y deficientes en varios nutrientes necesarios para un adecuado crecimiento bacteriano (Hobson y Wallace, 1982).

**Eliminación de los productos finales de la digestión:** los AGV, el ácido láctico, el NH<sub>3</sub> son eliminados por absorción o pasaje, por lo tanto no se acumulan y no modifican la fermentación. Ya que una acumulación de los mismos provocaría una reducción del pH (Hobson y Wallace, 1982).

**Eliminación por pasaje de la fracción no digerida:** todo material que no ha sido fermentado en el rumen y que por ende no aporta nutrientes a las bacterias ruminales, deja el rumen por pasaje al tracto digestivo posterior, permitiendo una nueva ingesta de alimento fresco, es decir nuevo sustrato para los microorganismos (Hobson y Wallace, 1982).

**Mantenimiento de la anaerobiosis:** los microorganismos que habitan el rumen viven y se reproducen en condiciones de ausencia de oxígeno. El oxígeno que entra por el proceso de deglución y rumia es rápidamente eliminado por los gases dióxido de carbono y metano, que genera el proceso de fermentación en cantidades importantes. También existen bacterias encargadas de eliminar el oxígeno, permitiendo que el rumen este siempre en anaerobiosis (Hobson y Wallace, 1982).

## Microorganismos del Rumen

Al nacer los rumiantes cuentan con una flora bacteriana que va desarrollándose al mismo tiempo que la funcionalidad del rumen.

Edad	Función
Primera semana	Rumen primitivo posee algunas bacterias celulíticas
Tercera semanas	Aumenta flora productora de lactato
Sexta semana	Están presentes todas las especies propias de un adulto

(Rellin y Mattioli, 2003)

Esto hace una parte vital a los microorganismos del rumen los cuales son responsables de la digestión fermentativa, en esta población se incluyen bacterias, protozoos y hongos. El neonato consigue esta flora a través de varios métodos como es el contacto directo con otros rumiantes o al compartir el agua o alimento de sus congéneres que se los aportan (Shimada, 2010).

En el proceso de fermentación ruminal el producto de esta depende del sustrato que se utiliza y de la población bacteriana que participa. Aun así una misma especie bacteriana puede cumplir más de una función metabólica (Rellin y Mattioli, 2003).

La importancia a nivel nutricional de las bacterias en el rumen consiste en ser capaces de sintetizar a partir de compuestos nitrogenados no proteicos (NNP), en especial amoniaco ( $\text{NH}_3$ ) sus propias proteínas, además de esto son responsables de la mayor parte de la actividad celulolítica del rumen (Shimada, 2010).

El número de bacterias presentes en el líquido ruminal, varía entre  $1 \times 10^{10}$  a  $1 \times 10^{11}/\text{g}$ , lo cual representa de 3 a 8 kilos de bacterias en el rumen de un bovino adulto. El pH ruminal puede afectar el desarrollo bacteriano, se recomienda mantenerlo entre 5,5 a 6,9. Las bacterias representan el 50% de la biomasa

ruminal, se han aislado más de 200 especies, pero se asume que sólo 30 y 40 especies son nativas del rumen, las demás pueden encontrarse de manera transitoria por contaminación de alimentos (Shimada, 2010).

Los protozoarios son parte de la microflora ruminal, la concentración en el rumen es de unos  $1 \times 10^4$  a  $1 \times 10^6$ /ml de contenido ruminal. Todos los protozoos son anaerobios estrictos y la mayoría de las especies son ciliadas. Los protozoos no pueden sintetizar proteínas a partir de NNP, tampoco pueden degradar la celulosa, pero en compensación están capacitados para almacenar hidratos de carbono en forma de polisacáridos somáticos, los cuales pueden ser usados como fuente de energía durante los intervalos de ingesta de alimentos. El ingreso posterior de células protozoarias al abomaso y al intestino permite el aprovechamiento de sus proteínas somáticas por parte del rumiante. El valor biológico de estas proteínas es de 80-81 %, y su digestibilidad en 91 %. El establecimiento de la población de protozoos ciliados depende de la presencia de otros animales que ya tengan protozoos en su rumen. La transferencia normal hasta los animales jóvenes se realiza mediante su transmisión con saliva, bolos alimenticios, o bien cuando se higienizan, o consumen alimentos (Santini, 1994).

Los hongos poseen una importante actividad celulolítica, esta aumenta con una dieta rica en forrajes muy maduros o encañados. Los hongos no predominan en el rumen debido a su baja tasa de multiplicación en comparación con las bacterias y la competitividad con ellas, tal es el caso del *Ruminococcus* spp, que reprime el crecimiento de los hongos. Predominan hongos anaerobios celulolíticos (Rellin y Mattioli, 2003; Shimada, 2010).

El pH ruminal tiene 3 factores que ayudan a modificarlo:

Producción de AGV

Los AGV se producen en mayor cantidad en dietas ricas en concentrados energéticos como granos, y en menor cantidad en dietas basadas en forrajes

maduros. Por su naturaleza ácida al aumentar la producción de AGV se reduce el pH ruminal (Shimada, 2010).

#### Absorción de AGV

La velocidad de absorción de AGV tiene relación directa con la producción de la misma y una relación inversa con la del pH, esto da como resultado una regulación evitando su acumulación en el rumen (Rellin y Mattioli, 2003).

#### Saliva

La saliva posee un pH de entre 8.1 y 8.3 por lo cual tiende a elevar el pH ruminal. Su influencia como factor alcalinizante depende de su producción, la cual depende de las horas de rumia, período en el cual la secreción se duplica (Rellin y Mattioli, 2003).

La clasificación de las bacterias ruminales de acuerdo a su sustrato y los productos de fermentación producidos se muestran en el Cuadro 9.

**Cuadro 9. Clasificación de bacterias ruminales y principales productos de su metabolismo.**

<b>Grupo de bacteria</b>	<b>Características</b>	<b>Principales productos finales de su metabolismo</b>
Celulíticas	Fermentación de hidratos de carbono estructurales de la pared celular como: celulosa, hemicelulosa y pectinas.	AGV (especialmente acetato)
Sacarolíticas	Fermentación de hidratos de carbono simples	AGV (especialmente butirato)
Lactolíticas	Metabolizan el lactato	AGV (especialmente propionato)
Lipolíticas	Metabolizan las grasas	AGV (especialmente propionato) y Ácidos grasos libres
Amilolíticas	Fermentación de hidratos de carbono de reserva de granos (almidón)	AGV (especialmente propionato)
Proteolíticas	Degradan proteínas	AGV y amoníaco (NH <sub>3</sub> )
Metanogénicas	Producen metano	Metano (CH <sub>4</sub> ).
Ureolíticas	Hidrolizan la urea	CO <sub>2</sub> y NH <sub>3</sub>

Fuente: Relling y Mattioli, 2003.

## 1.9 Justificación

La alimentación es uno de los principales costos en la producción animal por lo que su correcta implementación es primordial, por esto se han hecho muchos estudios en el área. Saber los requerimientos del animal, y así cubrir sus necesidades es lo que se busca en cualquier producción, por lo anterior los productores buscan alternativas para reducir los gastos en el rubro de la alimentación de una explotación.

Estudiar las alternativas en sistemas basados en pastoreo utilizando recursos disponibles y económicos presentes de la región es muy conveniente para reducir los costos. Una alternativa es implementar praderas con forrajes introducidos a la región que contengan un mayor valor nutritivo que se pueda comparar con concentrados aportados comercialmente.

El uso de gramíneas forrajeras introducidas en México que contengan un alto valor nutritivo sugiere un avance en la producción animal, la alternativa de utilizar estos pastos que se encuentran por encima de los valores de los pastos nativos ayuda tanto al productor reduciendo los gastos de la producción animal, como a los animales para llenar más fácil y apropiadamente los requerimientos nutricionales.

Sin embargo la calidad nutritiva de un pasto cambia de acuerdo con las condiciones ambientales y con la madurez de la planta. También es afectada por el tipo de animal que lo consume y su estado fisiológico por consiguiente, el valor nutritivo de un pasto es variable y por lo tanto difícil de estimar sin el apoyo de los análisis de laboratorio (Van Soest et al., 1966; Fox et al., 1992).

La digestibilidad es un principio muy importante en la alimentación y aprovechamiento por el animal ya que influye en aspectos tan importantes como la absorción de los nutrientes así como su crecimiento, ganancias de peso etc.

La finalidad de este estudio es determinar cómo se modifica la digestibilidad de gramíneas forrajeras introducidas dependiendo de la especie, edad al corte y época del año, para dar una mejor recomendación a los productores sobre que especie de forraje y manejo de edad al corte utilizar en los diversos sistemas de producción.

## 2 Objetivo General

Analizar el efecto de especie, edad al corte (21, 28 y 35 días) y época del año (lluvias, nortes y secas) sobre la Digestibilidad “*in vitro*” en seis gramíneas forrajeras: (*Cynodon plectostachyus*, *Megathyrsus* (antes *Panicum*) *máximum*, *Urochloa* (antes *Brachiaria*) *humidicola*, *Urochloa* (antes *Brachiaria*) *brizantha*, *Urochloa* (antes *Brachiaria*) *brizantha* x *Urochloa* (antes *Brachiaria*) *ruzizensis* y *Dichantium aristatum*) introducidas a Veracruz.

### 2.0.1 Objetivos Específicos

1. Determinar la DIVMS utilizando la técnica de Tilley y Terry de digestibilidad “*in vitro*” por especie de gramínea introducida a Veracruz:

Estrella Africana (*Cynodon plectostachyus*)

Mombasa (*Megathyrsus maximum*) (antes *Panicum maximum*)

Chetumal *Urochloa humidicola* (antes *Brachiaria humidicola*)

Insurgente *Urochloa brizantha* (antes *Brachiaria brizantha*)

Mulato *Urochloa brizantha* x *Urochloa ruzizensis* (antes *Brachiaria ruzizensis*)

Angleton (*Dichantium aristatum*)

2. Determinar el efecto de la época de corte (nortes, lluvias y secas) sobre la digestibilidad “*in vitro*” de la materia seca.
3. Determinar el efecto de la edad al corte (21, 28 y 35 días) sobre la digestibilidad “*in vitro*” de la materia seca.

## 2.1 Hipótesis

La digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) de seis gramíneas forrajeras introducidas al trópico en el municipio de Paso del Toro Veracruz, disminuye con la edad de cosecha al avanzar de 21 a 28 o 35 días y es diferente de acuerdo con la especie y época del año (nortes, lluvias y secas).

### **3. MATERIAL Y MÉTODOS**

#### **3.1 Ubicación**

El presente estudio se realizó en dos fases:

La primera fase en el Campo Experimental “La Posta” perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en Paso del Toro, municipio de Medellín, Veracruz. Localizado en el Kilómetro 22.5 de la carretera libre Veracruz-Córdoba. El centro experimental se encuentra a una altura de 16 msnm (INEGI, 2004).

Suelo:

El campo experimental “La Posta” presenta un tipo de suelo vertisol con textura arcillosa, un contenido de materia orgánica de aproximadamente 2.6 % y un pH ácido de aproximadamente 5.5.

Clima:

Corresponde al tipo cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw1) según la clasificación climática de Köppen modificada por Enriqueta García. (García, 1981).

La estación más meteorológica más cercana a este campo experimental “El Copital”, reporta una precipitación pluvial de 1336.4 mm y una evaporación de 1379.8 mm. Así mismo un promedio de temperatura media de 25.2 °C, máxima de 31.2 y mínima de 19.7 °C.

Superficie:

Establecidas en una superficie total de 1 ha de suelo bajo un diseño de bloques completos al azar (el factor de bloqueo fue la pendiente de la superficie), cada especie se sembró un año antes en parcelas grandes de 2.5 m de ancho por 5 m de largo dando un área total de 12.5 m<sup>2</sup>. Cada parcela constó de 4 surcos a lo

largo del rectángulo para sembrar, con una separación de surcos y bordes de la parcela de 0.5 m libres a todos los lados para evitar el efecto de orilla. La distancia entre los bloques y alrededor del rectángulo fue de 2.0 m. La unidad experimental fue de 1 m<sup>2</sup> en el centro del rectángulo en el que se cosechó el forraje (planta completa) presente a distinta edad al corte y época, como se describe a continuación.

#### Siembra:

La siembra de las parcelas se realizó al principio de la época de lluvias, alrededor del 15 de Junio del 2006, el terreno se preparó con barbecho, rastra y siembra, buscando garantizar una adecuada distribución de la semilla y condiciones óptimas para el establecimiento de los pastos.

La siembra se realizó a chorrillo al fondo de los surcos previamente marcados a una profundidad no mayor de 2 a 3 cm. Se fertilizó con una dosis de 100-50-00, que se refiere a la aplicación en kilogramos (Kg) por hectárea (ha), de nitrógeno (N), fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) y potasio (K<sub>2</sub>O), respectivamente. El N se aplicó en forma de urea y el P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en forma de superfosfato triple de calcio (278 g de urea y 139 g de superfosfato triple de calcio en los 12.5 m<sup>2</sup> de cada parcela experimental). La urea se aplicó en dos porciones iguales, las cuales se aplicaron al inicio y a mediados de la época de lluvias. El superfosfato se aplicó todo en una sola ocasión, mezclado con la primera fracción de urea.

#### Especies:

Las especies de gramíneas a evaluar fueron: Estrella Africana (*Cynodon plectostachyus*), Mombasa (*Megathyrsus maximum* antes *Panicum maximum*), Chetumal (*Urochloa humidicola* antes *Brachiaria humidicola*), Insurgente (*Urochloa brizantha* antes *Brachiaria brizantha*), Mulato (*Urochloa brizantha* x *Urochloa ruziziensis* antes *Brachiaria brizantha* x *Brachiaria ruziziensis*), y Angleton (*Dichantium aristatum*).

Después de un primer corte de uniformización que se llevó a cabo el 15 de Junio del 2007, todas las gramíneas se cosecharon a los 21, 28 y 35 días de rebrote. y el experimento duró dos años. Se establecieron para este estudio tres épocas: Sequía o secas del 15 Febrero y el 14 de Junio, Lluvias del 15 de Junio al 14 de Octubre y Nortes del 15 Octubre al 14 de Febrero.

### **3.2 Diseño experimental**

Para evaluar el efecto de la especie, edad al corte y la época así como la interacción de estas variables sobre la DIVMS, se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con arreglo en parcelas subdivididas, con cuatro repeticiones (bloques) para parcela mayor que representa especie y 24 repeticiones para parcela menor que representa frecuencia de corte o época. Cabe aclarar que para evitar efectos nocivos entre alturas del rebrote adyacente, las frecuencias de corte no se aleatorizaron sino que se arreglaron en un orden ascendente empezando con 21 días en un extremo de la parcela y acabando con 35 días en el extremo opuesto siempre en el mismo orden.

### **3.3 Toma de muestras**

Posteriormente a un corte de uniformización que se realizó el 15 de Junio del 2008 la toma de muestra se realizó manualmente (utilizando una hoz como herramienta) dependiendo el día de corte a 21, 28 y 35 días de rebrote. Se utilizó un cuadrante de metal de 1.0 m<sup>2</sup> que se colocó en el centro de la parcela (como ya se mencionó siguiendo siempre el mismo orden). En las especies cespitosas como Estrella de África y Chetumal la altura de corte fue a los 5 cm de la superficie del suelo; en las especies semi-amacolladas como Insurgente y Mulato la altura de corte fue a los 10 cm, y en las gramíneas amacolladas, como Mombasa y Angleton, la altura de corte fue a los 20 cm sobre el nivel del suelo.

La muestra se homogenizó y mediante la técnica de cuarteo se obtuvo una submuestra de 500 g, se colocaron en bolsas de papel identificadas. Se deshidrataron en estufas de aire forzado a 55 °C por 48 horas o peso constante.

Se determinó el porcentaje de materia seca (MS) de la muestra. La muestra deshidratada se molió en molino de cuchillas Thoma Wiley con criba de 1 mm. Las muestras se almacenaron en refrigeración hasta su envío al laboratorio.

### **3.4 2ª Fase. Análisis de laboratorio.**

La segunda etapa se llevó a cabo en el Laboratorio de Bromatología del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica (DNAB) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ), UNAM.

Se utilizó la técnica de Tilley y Terry (1963) consistente en la obtención de líquido ruminal de al menos dos animales (2 ovinos mantenidos en el CEPIPSA de la FMVZ-UNAM); el líquido se filtró a través de por lo menos 16 capas de gasa y se diluyó (20:80) en solución con saliva artificial que contiene varios buffers y se mantuvo a 39°C, esta mezcla se burbujeo con CO<sub>2</sub> durante varios minutos y cuando quedó saturada de CO<sub>2</sub>, 25 ml se colocaron en un tubo de 50 ml, al que previamente se había introducido 0.25 g del forraje a evaluar; después se puso a incubar toda la mezcla a 39°C bajo condiciones anaerobias por un primer periodo de 48 horas (que simula la etapa de fermentación ruminal), posteriormente se centrifugaron los tubos a 25000 rpm y se desechó el sobrenadante; luego al residuo se le agregó 25 ml de pepsina ácida 1:10,000 y se sometió a un segundo periodo de digestión de 48 horas en baño maría a 39°C (que simula la digestión abomasal). Finalmente el residuo se filtró a través de una rodaja desecada (de peso conocido), y se puso a desecar a 55°C para determinar (por diferencia de peso) la digestibilidad de la materia seca (MS) (Tilley y Terry, 1963).

Utilizando la siguiente fórmula para obtener el porcentaje de digestibilidad de la materia seca:  $100 - (((\text{rodaja seca sola (R)} + \text{residuo de muestra (M)}) - \text{rodaja seca sola (R)}) / \text{g de muestra}) * 100$ .

### 3.5 Análisis estadístico

Los resultados se analizaron de acuerdo a un diseño de parcelas subdivididas. Mediante el siguiente modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + X_k + \sigma_{ij} + \lambda_{ik} + \delta_{jk} + \eta_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

$Y_{ijkl}$  = Observación de la i-ésima especie, cortada a la j-ésima época, en la k-ésima edad de corte.

$\mu$  = Media

$\alpha_i$  = efecto de la i-ésima especie (parcela principal)

$\beta_j$  = Efecto debido al j-ésima época del año.

$X_k$  = Efecto de la k-ésima edad de corte.

$\sigma_{ij}$  = Efecto de la interacción especie por época.

$\lambda_{ik}$  = Efecto de la interacción especie por edad.

$\delta_{jk}$  = Efecto de la interacción época por edad.

$\eta_{ijk}$  = Efecto de la interacción especie por época por edad.

$\varepsilon_{ijkl}$  = Error experimental

Se asume que el error experimental se distribuye normal, independiente, con media cero y varianza sigma cuadrada.  $\varepsilon \sim NI(0, \sigma^2)$  La comparación de medias se llevó a cabo por el método de Tukey y para la edad de corte se utilizaron polinomios ortogonales (Cochran, 1957).

Se realizaron regresiones lineales simples con el software statistix V8 (Statistix for Windows), para estimar la DIVMS por especie a partir de la edad de la planta.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observó interacción ( $P < 0.05$ ) especie\*época\*edad) sobre la DIVMS de las gramíneas en estudio (Cuadro 10). Los valores mayores de DIVMS se registraron en Angleton (*Dichanthium aristatum*) y Mulato (*Urochloa brizantha* x *Urochloa ruzizensis*) en época de lluvias a los 35 días de edad (66.22 % y 63.11 %); los valores más bajos ( $P < 0.05$ ) correspondieron a Mulato (*Urochloa brizantha* x *Urochloa ruzizensis*) (47.48 %) e Insurgente (*Urochloa brizantha*) (49.91 %) en época de nortes en el corte realizado a los 28 días de rebrote.

La interacción triple de los factores en estudio la que determinó los cambios en la DIVMS, implica que cuando se modifican las condiciones, principalmente meteorológicas sobre las cuales el productor no tiene control, la DIVMS de las gramíneas introducidas evaluadas puede ser distinta a la obtenida en el presente estudio.

**CUADRO 10. EFECTO DE LA INTERACCIÓN ESPECIE\*ÉPOCA\*EDAD SOBRE LA DIVMS (%) EN SEIS GRAMÍNEAS INTRODUCIDAS AL TRÓPICO.**

Época	Secas			Lluvias			Nortes		
	21	28	35	21	28	35	21	28	35
<b>Mombasa</b>	60.09 <sup>bcdef</sup>	56.45 <sup>defghijkl</sup>	57.92 <sup>bcdefghij</sup>	55.65 <sup>efghijklm</sup>	61.29 <sup>abcd</sup>	58.49 <sup>bcdefghij</sup>	58.27 <sup>bcdefghij</sup>	53.82 <sup>ijklmno</sup>	50.71 <sup>mno</sup>
<b>Estrella África</b>	53.30 <sup>ijklmn</sup>	56.09 <sup>defghijkl</sup>	51.99 <sup>lmno</sup>	54.08 <sup>ghijklmn</sup>	54.63 <sup>ghijklmn</sup>	61.75 <sup>abc</sup>	54.66 <sup>ghijklmn</sup>	52.29 <sup>klmno</sup>	52.30 <sup>ghijklmn</sup>
<b>Insurgente</b>	56.71 <sup>defghijkl</sup>	54.93 <sup>efghijkl</sup>	54.81 <sup>efghijkl</sup>	59.00 <sup>bcdefghi</sup>	55.98 <sup>efghijkl</sup>	60.64 <sup>bcde</sup>	57.31 <sup>cdefghijk</sup>	49.91 <sup>no</sup>	54.65 <sup>ghijklmn</sup>
<b>Mulato</b>	55.71 <sup>efghijkl</sup>	54.19 <sup>ghijklmn</sup>	58.73 <sup>bcdefghi</sup>	59.15 <sup>bcdefgh</sup>	60.10 <sup>bcdef</sup>	63.11 <sup>ab</sup>	63.07 <sup>ab</sup>	<b>47.48<sup>o</sup></b>	54.21 <sup>ghijklmn</sup>
<b>Chetumal</b>	58.98 <sup>bcdefghi</sup>	55.07 <sup>efghijklmn</sup>	56.07 <sup>defghijkl</sup>	57.45 <sup>cdefghijk</sup>	58.45 <sup>bcdefghij</sup>	57.17 <sup>cdefghijkl</sup>	54.28 <sup>ghijklmn</sup>	53.73 <sup>ijklmno</sup>	54.49 <sup>ghijklmn</sup>
<b>Carretero</b>	55.97 <sup>efghijklm</sup>	53.23 <sup>ijklmn</sup>	58.06 <sup>bcdefghij</sup>	53.86 <sup>hijklmn</sup>	61.87 <sup>abc</sup>	<b>66.22<sup>a</sup></b>	56.29 <sup>defghijkl</sup>	55.80 <sup>efghijklm</sup>	59.18 <sup>bcdefg</sup>

Interacción especie\*época\*edad (P < 0.05)

abcdefgh - literales diferentes entre columna e hilera indican diferencia (P < 0.05)

Reconociendo que se encontró interacción de los factores en estudio, en la DIVMS, se analizaron los efectos (Cuadro 11).

**CUADRO 11. EFECTO DE ESPECIE, ÉPOCA Y EDAD SOBRE LA DIVMS EN SEIS GRAMÍNEAS INTRODUCIDAS A VERACRUZ.**

ESPECIE	DIVMS	EPOCA	DIVMS	EDAD <sup>1</sup> (días)	DIVMS
<b>Mombasa</b>	56.97 <sup>ab</sup>	<b>secas</b>	56.06 <sup>b</sup>	<b>21</b>	56.75 <sup>a</sup>
<b>Estrella de África</b>	55.06 <sup>c</sup>	<b>lluvias</b>	58.60 <sup>a</sup>	<b>28</b>	55.17 <sup>b</sup>
<b>Insurgente</b>	56.19 <sup>abc</sup>	<b>nortes</b>	54.62 <sup>c</sup>	<b>35</b>	57.36 <sup>a</sup>
<b>Mulato</b>	57.06 <sup>ab</sup>				
<b>Chetumal</b>	55.76 <sup>bc</sup>				
<b>Angleton</b>	57.53 <sup>a</sup>				

Interacción (P < 0.05) especie\*época\*edad

<sup>1</sup> Efecto cuadrático (P < 0.01)

<sup>abc</sup> distinta literal por columna indica diferencia (P < 0.05).

En cuanto a la especie, las gramíneas Angleton, Mulato y Mombasa (57.56 %, 57.06 % y 56.97 %, respectivamente) registraron una DIVMS superior (P < 0.05) a Estrella de África, mientras que Insurgente (56.19 %) y Chetumal (55.76 %) tuvieron una DIVMS similar (P > 0.05) a la del pasto Estrella de África (55.06 %). No obstante, los valores de DIVMS que se obtuvieron en las gramíneas de la presente investigación fueron evaluadas también por otros investigadores y sus resultados que pueden verse resumidos en el Cuadro 7 muestran que en el pasto Estrella de África la gramínea introducida más difundida en el trópico mexicano, la DIVMS en época de lluvias fue similar a la que reportó Améndola (2009); por otra parte Mahecha (2000) informó una DIVMS igual a 61.3 %, similar a la que registró ese mismo pasto en época de lluvias a 35 días de edad al corte. Por el contrario la

DIVMS que reportó Barajas (1994) fue inferior a la que este pasto en promedio registró en la presente investigación, sin embargo, en aquel estudio no señalan la edad del forraje al corte y como mencionaron Church y Pond (2004) la edad es un factor importante que modifica la DIVMS. El % de DIVMS registrado en Estrella Africana (*Cynodon plectostachyus*) es similar al obtenido por Mislevy *et al.* (1989) en un estudio sobre digestibilidad de varias gramíneas efectuado en Florida, y ligeramente superior al 52 % de DIVMS que Améndola (2009) exponen en su revisión sobre varias especies de gramíneas forrajeras en México.

En lo que se refiere a la DIVMS del pasto Mombasa el resultado del presente estudio (56.97 %) fue superior al que reportó Améndola (2009) quien indicó en el trópico mexicano una fluctuación en la digestibilidad de ese pasto dentro del intervalo (42 - 50 %) esa cantidad, inferior a la del presente estudio, también fue reportada por Suarez (2011) quien señaló en su estudio una DIVMS de tan sólo 50.2 % en la misma especie. Por el contrario la DIVMS del presente estudio fue similar a la que registró Chen (1992) en el pasto Mombasa cosechado a los 30 días de rebrote (55.0 %); y similar también al (55.01 %) que reportaron Verdecia *et al.* (2012) en un estudio sobre el valor nutricional de Mombasa efectuado en Cuba. La DIVMS obtenida en el presente estudio fue superior por 6.76 unidades porcentuales a la registrada por Emiro (2011) en un estudio de digestión *in situ* realizado en Colombia.

En cuanto a la DIVMS del pasto Insurgente la cantidad registrada en el presente estudio (56.19 %) fue similar a la reportó Olivera (2006) en un estudio sobre digestibilidad de varias gramíneas efectuado en Cuba que reportó una fluctuación entre (55 – 60 %). Por el contrario, Améndola (2009) señaló una digestibilidad en el mismo pasto entre 47 y 52 %, cantidad inferior a la de la presente investigación pero similar a la de EL-Memari (2003) que reportó (52.6 y 55.2 %) en temporada de secas y de lluvias respectivamente así como Tossini (2005) que reportó (53%)

de DIVMS en época y edad no especificada, la razón más probable es que en su revisión estos investigadores señalan una edad (40 a 45 días) del pasto, más avanzada. De acuerdo con Castrejón-Pineda *et al.* (2013) en el trópico de Guerrero en época de lluvias una semana de diferencia al corte es suficiente para que estos pastos presenten modificación de su valor nutritivo.

En lo que se refiere a la DIVMS del pasto Mulato (57.06 %) el estudio realizado en el trópico cubano por Olivera (2006) registró un intervalo similar en digestibilidad al de la presente investigación (55 – 62 %); por el contrario los estudios de Guiot (2002) sobre varias especies de Brachiarias en Tabasco, y Améndola (2009) en su revisión sobre diversos pastos introducidos al trópico de México, mostraron una DIVMS superior a la del presente estudio, ya que sus resultados fluctuaron entre 62 y 70 %.

En relación con la DIVMS del pasto Chetumal la cantidad obtenida (55.76 %) fue similar a la que reportó Olivera (2006) en el trópico cubano (50 – 56 %), y similar también a la que obtuvo Jiménez (2010) en el trópico de Tabasco, México, en la cosecha realizada a los 21 días de rebrote en la época de nortes (55.0 %) y a los 28 días de rebrote en la época de secas (55.3 %) y nortes (55.1 %), sin embargo, fue inferior a la que registró ese mismo investigador en el pasto Chetumal a los 28 y 35 días al corte en la época de lluvias (64.6 y 60.8 %, respectivamente), **asimismo es muy similar a la reportada por Jarma (2012) estudio realizado en época de secas (55.6 %) y superior a la reportada por Bolívar (1998) realizada en la misma época (52.41 %)**. La razón es que en la época de lluvias el pasto Chetumal manifiesta mayor proporción de hojas en relación a los tallos y las hojas proporcionan mayor digestibilidad.

En cuanto al contenido de DIVMS en el pasto Angleton (57.53 %) la cantidad obtenida en la presente investigación es similar a la que Peroza (2013) reportó en un estudio realizado en Colombia sobre la asociación del pasto Angleton con otros

forrajes de aquel país en los que la DIVMS se registró entre 50 y 57 %, resultados muy similares a los obtenidos por Peters (2003) registrados entre 52 y 57 %. Los resultados obtenidos fueron similares a los reportados por Roncallo (2001) que se realizaron en la época de lluvias a los 15 días de edad (51.89 %) aunque inferiores se puede inferir que se debe a una menor edad en la especie, el autor Torres (2001) reportó una DIVMS de (55 %) en época de lluvias ligeramente inferior a las obtenidas en este estudio.

En lo que se refiere a la época los resultados de la presente investigación mostraron que la mayor ( $P < 0.05$ ) DIVMS se registró en época de lluvias (58.60 %), le siguió la época de secas (56.06%), y finalmente hubo mayor disminución ( $P < 0.05$ ) en la DIVMS en la mayoría de las seis especies de gramíneas estudiadas, en la época de nortes (54.62 %). Esos resultados son similares a los reportados por Jiménez (2010) en Tabasco, México, donde analizaron el valor nutricional de Chetumal utilizando diferentes fertilizaciones en las mismas épocas y edades a las utilizadas en el presente estudio, y hallaron mayor DIVMS en la época de lluvias, no obstante, comparando aquellos resultados con los de la presente investigación, reportó porcentajes de DIVMS con diferencias mínimas apenas de 1.18 % más en el corte a 21 días de edad, solamente 0.23 % menos en el corte a 28 días de edad, y 1.42% más en el corte a 35 días, en época de secas; por el contrario en la época de lluvias aquel investigador reportó diferencias más notables, no tanto en el corte realizado a 21 días de edad que presentó una diferencia de apenas 0.16 % mayor DIVMS en comparación al mismo pasto en el presente estudio, sobre todo la diferencia fue 6.16 unidades porcentuales más a los 28 días de edad y 3.63% más a los 35 días de edad, en la época de lluvias (Jiménez, 2010). Por último, la comparación hecha en la época de nortes con el estudio de aquel investigador, arrojó que en el presente estudio el pasto Chetumal manifestó 0.73% menos DIVMS en el corte a 21 días de edad, 1.37% menos para el corte efectuado a los 28 días, pero 4,28% mayor en el corte realizado a los 35 días. Esta variación en los resultados puede atribuirse a las diferencias del medio

ambiente de los dos diferentes lugares donde fueron llevados a cabo los estudios, reportando una mayor diferencia en el caso de lluvias ya que la precipitación pluvial fue mayor 787 mm en el caso de Tabasco. Además, una temperatura menor en el caso de Veracruz. Por otra parte los tipos de suelo también fueron distintos correspondiendo un acrisol húmico con pH de 4,6 a 5,4 en el caso de Tabasco, y un vertisol con textura arcillosa y pH ácido de aproximadamente 5.5 en el presente estudio. Todo esto explica las variaciones de resultados en ambos estudios, cabe mencionar que las comparaciones hechas con el estudio de Jiménez (2010) en Tabasco, fueron con los resultados de los testigos que no recibieron ningún tratamiento de fertilización.

En cuanto al efecto de la edad de rebrote de las gramíneas al corte sobre la DIVMS se registró un efecto cuadrático altamente significativo ( $P < 0.0001$ ). La mayor digestibilidad se presentó a los 35 días de edad (57.36 %), esta cantidad disminuyó a 55.29 % para los 28 días de edad y posteriormente se volvió a elevar a 56.88 % para los 21 días al corte.

Como ya se mencionó con anterioridad, sin duda esos resultados fueron influidos por los factores de época y especie que interactuaron con la edad en el presente estudio. Al respecto, la literatura indica que conforme aumenta la edad de la planta, se incrementa el contenido de carbohidratos estructurales y disminuye la DIVMS, sin embargo en el presente estudio se observó una disminución de digestibilidad de los 21 días a los 28 días de edad pero un aumento al pasar a los 35 días, un comportamiento similar se reportó en el estudio hecho por Jiménez (2010) cuando se evaluó la DIVMS en el pasto Chetumal a las mismas edades que en la presente investigación.

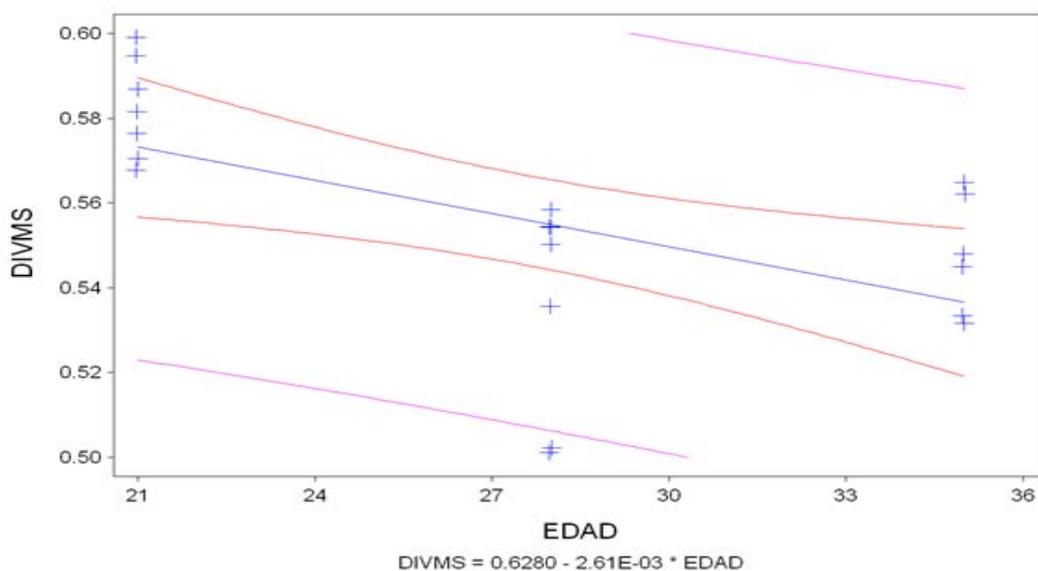
El análisis de regresión del efecto de la edad sobre la DIVMS indicó que la respuesta no fue la misma para todas las especies. Al respecto el aumento de la edad al corte en el pasto Insurgente produjo disminución de la DIVMS ( $r^2$  0.3209,

$P < 0.0092$ ) y la ecuación (Figura 7) para estimar la DIVMS en esta gramínea según los resultados obtenidos en la presente investigación es la siguiente:

$$\text{DIVMS} = 0.62796 - 0.00261 * (\text{días de edad al corte}).$$

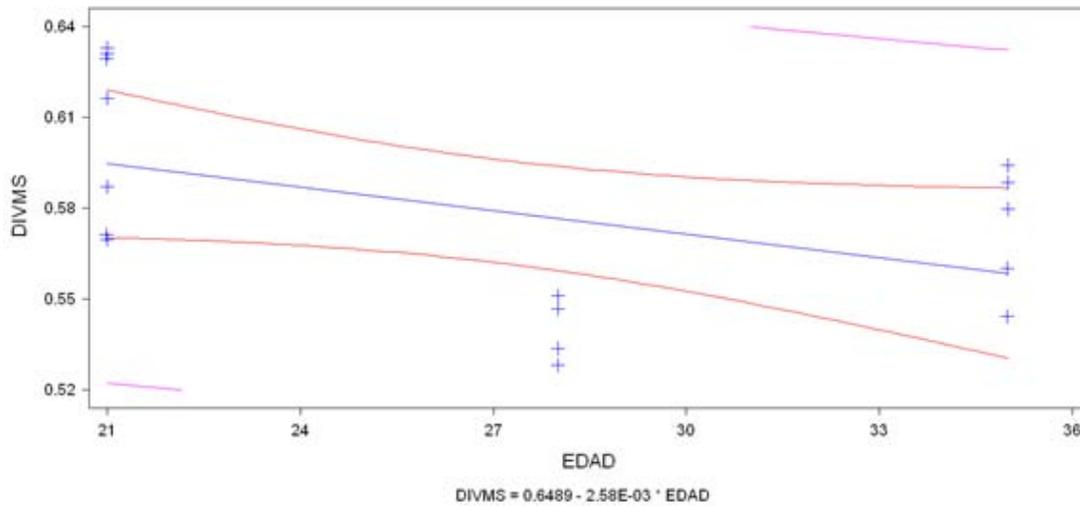
En el pasto Mulato el análisis de regresión del efecto de la edad sobre la DIVMS manifestó que el aumento en la edad al corte en esta gramínea disminuye la DIVMS ( $r^2$  0.2134,  $P < 0.0716$ ), la ecuación (Figura 8) para estimar la DIVMS según los resultados obtenidos en la presente investigación es la siguiente:

$$\text{DIVMS} = 0.64890 - 0.00258 * (\text{días de edad al corte}).$$



**Figura 7. Regresión para estimar la DVMS en el pasto Insurgente.**

**( $r^2$  0.3209,  $P < 0.0092$ )**

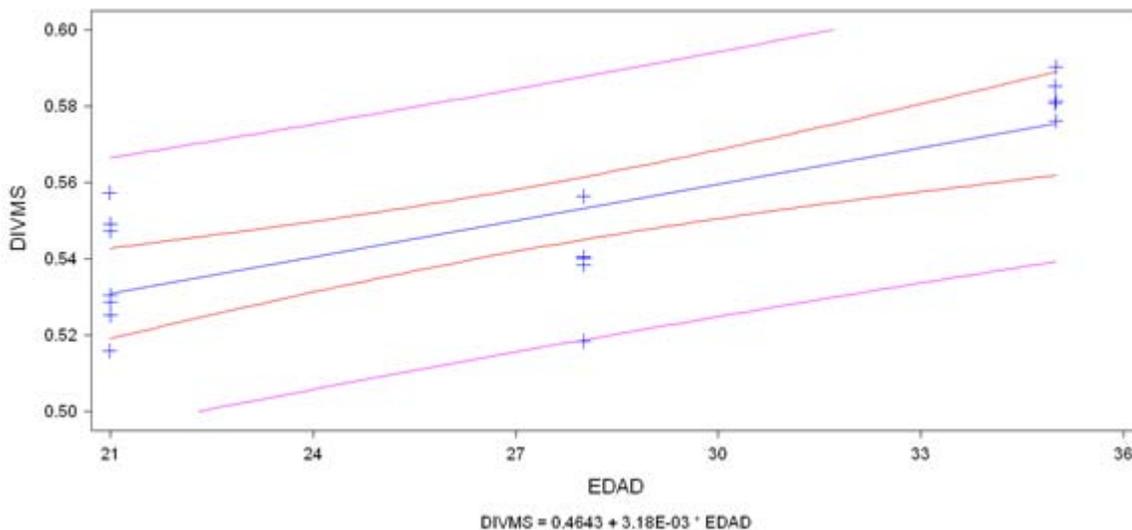


**Figura 8. Regresión para estimar la DVMS en el pasto Mulato.**

**( $r^2$  0.2134,  $P < 0.0716$ )**

En el pasto Angleton el análisis de regresión del efecto de la edad sobre la DIVMS, mostró que contrario a lo que se esperaba, el aumento de la edad al corte de esta gramínea incrementó la DIVMS ( $r^2$  0.6108,  $P < 0.0002$ ), la ecuación (Figura 9) para estimar la DIVMS según los resultados obtenidos en la presente investigación es la siguiente:

$$\text{DIVMS} = 0.46430 + 0.00318 * (\text{días de edad al corte}).$$



**Figura 9. Regresión para estimar la DVMS en el pasto Angleton.**  
 ( $r^2$  0.6108,  $P < 0.0002$ )

En las gramíneas: Estrella de Africa, Chetumal y Mombasa el incremento en la edad al corte disminuyó la DIVMS, sin embargo la relación no fue significativa ( $P > 0.05$ ). La explicación a esta falta de significancia se debe a la variabilidad registrada en las muestras probablemente originada al deshidratar las muestras, ya que bajo las condiciones de campo algunas veces la falta o cambios en la corriente alterna provocan que la temperatura de deshidratación no sea completamente uniforme. En estas gramíneas la ecuación para estimar la DIVMS se indica en el Cuadro 12.

**CUADRO 12. REGRESIÓN PARA ESTIMAR LA DIVMS EN TRES GRAMÍNEAS INTRODUCIDAS AL TRÓPICO EN VERACRUZ.**

Gramínea	Regresión	Ecuación
----------	-----------	----------

Estrella de África	$r^2$ 0.0019, $P < 0.8640$	DVMS = 0.53801 - 9.762 * edad
Chetumal	$r^2$ 0.0460, $P < 0.4085$	DVMS = 0.57965 - 6.444 * edad
Mombasa	$r^2$ 0.0691, $P < 0.1852$	DVMS = 0.61568 - 0.00164 * edad

Estudios realizados en 2013 por Cardoso y otros investigadores 38,44 señalan que un forraje es de alta calidad cuando tiene aproximadamente 70% de DIVMS y de buena calidad cuando es > 50% de DIVMS. En general los niveles de DIVMS en la presente investigación fueron superiores al 50%, lo que significa que estas especies pueden ser una alternativa para suplir las deficiencias nutricionales de los animales bajo pastoreo, principalmente en lo que respecta a la DIVMS que poseen aún durante la época seca.

## 5. CONCLUSIONES

La hipótesis propuesta en el presente estudio exponía que la DIVMS disminuía con la edad de cosecha al avanzar de 21 a 28 o 35 días y que era diferente de acuerdo con la especie y época del año, hipótesis confirmada en casos como Mombasa en época de Nortes que bajo de 58.27 a 50.71 % de la edad de 21 a 35 días, así como en Insurgente en época de Secas que redujo su DIVMS de 56.71 a 54.81 % de 21 a 35 días respectivamente. En la mayoría de los casos la DIVMS tuvo una variación poco predecible en cuanto a edad.

Bajo las condiciones del presente estudio, se encontró interacción de los factores: especie x época x edad al corte de las gramíneas sobre la DIVMS, por lo que al modificarse las condiciones (principalmente las meteorológicas en las que el productor no tiene control), la DIVMS puede ser distinta a la obtenida en el presente estudio.

Los valores mayores de DIVMS se registraron en An y Mu en época de lluvias a los 35 días de edad (66.22% y 63.11 %, respectivamente); los valores más bajos se registraron en In y Mu (49.91% y 47.48%, respectivamente) en época de nortes en el corte realizado a los 28 días de rebrote.

En el caso de época esta investigación ayuda a ampliar el conocimiento ya que no hay mucha información de los cambios en DIVMS que manifiestan las gramíneas en trópico por efecto de época, por lo que resulta importante que las especies estudiadas hayan mostrado una mayor digestibilidad en las muestras cosechadas en lluvias, esta disminuyó en las muestras cosechadas en secas y disminuyó más la DIVMS en las muestras cortadas en la época de nortes.

Con respecto al efecto de la edad al corte, el análisis de regresión reveló que bajo las condiciones de la presente investigación es posible estimar la digestibilidad en

las siguientes especies:

Insurgente ( $r^2$  0.3209,  $P < 0.0092$ ) DIVMS =  $0.62796 - 0.00261 * (\text{días edad})$ .

Mulato ( $r^2$  0.2134,  $P < 0.0716$ ) DIVMS =  $0.64890 - 0.00258 * (\text{días edad})$ .

Angleton ( $r^2$  0.6108,  $P < 0.0002$ ) DIVMS =  $0.46430 + 0.00318 * (\text{días edad})$ .

## 6. LITERATURA CITADA.

1. Améndola, R. 2009. ESPECIES FORRAJERAS DISPONIBLES EN MÉXICO. [Online] 2009 Disponible en: [http://borrego.com.mx/CIBO2013/docs/ESPECIES\\_FORRAJERAS\\_MEXICO\\_2009.pdf](http://borrego.com.mx/CIBO2013/docs/ESPECIES_FORRAJERAS_MEXICO_2009.pdf) [Consultado el 18 de Marzo del 2015].
2. Annison E.F. 1986. *El metabolismo en el rumen*. 1ª ed. México: UTEHA.
3. Archer, S.G. y Bunch, C.E. 1953. *The American Grass book*. USA: Univ. Of Oklahoma Press.
4. Avilés, W; Ayala, A. 1994. Establecimiento de *Brachiaria brizantha* con mínima labranza en el norte de Yucatán, México. *Pasturas tropicales*, 15(3): 22-26.
5. Barajas, C. R.; Virgilio, A. J.; Pérez, G. L.; Romero, F. J. 1994. Digestibilidad in situ de materia seca de seis pastos en dos cortes desarrollados en temporal en el centro de Sinaloa. *Revista Interdisciplinaria de Divulgación Científica y Tecnológica (INTER)*, 3(1): 32-38.
6. Bellido, M.; Sánchez, F.; Mesías, A. Rodríguez de Ledesma, V. y Pulido, F. 2001. SISTEMAS EXTENSIVOS DE PRODUCCIÓN ANIMAL. *Archivos de Zootecnia*. 50(192): 465-489.
7. Bisset, W.J. y Sillar, D.I. 1984. Angleton Grass (*Dichanthium aristatum*) in Queensland. *Tropical Grasslands*, 18(1): 161-174.

8. Bogdan, A.V. 1977. Tropical Pasture and Fodder Plants. *Grasses and Legumes*, 19: 98-103.
9. Bolivar V, Diana. 1998. Contribucion de Acacia mangium al mejoramiento de la calidad forrajera de Brachiaria humidicola y la fertilidad de un suelo acido en el trópico húmedo. Tesis Magister Scientae. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
10. Bondi, A.A. 1989. *Nutrición Animal*. España: Acribia.
11. Cabrera, C.D.; Carvajal, A.J. 1988. Valor nutritivo de la dieta de bovinos en potreros de Estrella africana. en *Reunión de investigación pecuaria en México*. México, 1988. Técnica Pecuaria en México, 26(2): 104.
12. Cardona, M.G.; Sorza, J.D.; Posada, S.L.; Carmona, J.C.; Ayala, S.A.; Alvarez, O.L. 2002. Establecimiento de una base de datos para la elaboración de tablas de contenido nutricional de alimentos para animales. *Rev Col Cienc Pec*, 15(2): 244.
13. Castrejón-Pineda, FA; Hernandez-Hernandez, H; Martinez-Rojero, RD; Carrillo-Pita, S. 2013. Fracciones de proteína (A, B1, B2, B3 y C) en gramíneas cosechadas a tres edades de rebrote, en época de lluvias, en Cocula, Gro. Foro de Estudios sobre Guerrero, 1(1): 313-317.
14. Cepero, B.; Machado, C.R.; Olivera, C.Y.; Ramirez, P.J.; Pozo, R. 2005. Evaluación agronómica de una colección de Brachiaria brizantha en suelos ácidos e infértiles en época de mínimas precipitaciones. *Revista Pastos*, 35(2):131-140.
15. Chen, C.P. y Hutton, E.M. 1992. *Panicum maximum* Jacq. In: Mannerje, L. and Jones, R.M. (eds) *Plant Resources of South-East Asia*, 4:172-174.
16. Church D.C. 1993. *El rumiante: fisiología digestiva y nutrición*. España: Acribia.

17. Church D.C., Pond W.G. 2004. *Fundamentos de nutrición y alimentación de los animales*. 2a ed. México: Limusa Wiley.
18. Cochran W.G., Cox G.M. 1992. *Experimental Design*. 2th Ed. New York: John Wiley and Sons, Inc.
19. Cruz, P.L.; Hernández G.A.; Enríquez, J.Q.; Mendoza, S.P.; Quero A.C.; Bertín, M.J. 2011. Desempeño agronómico de genotipos de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickt en el trópico húmedo de México. *Revista fitotecnica mexicana*, 34(2):123-131.
20. Cruz, P.L.; Hernández G.A.; Enríquez, J.Q.; Mendoza, S.P.; Quero A.C.; Bertín, M.J. 2011. Producción de forraje y composición morfológica del pasto Mulato (*Brachiaria* híbrido 36061) sometido a diferentes regímenes de pastoreo. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 2(4):429-443.
21. El-Memari, A.C.; Zeoula, L.M.; Cecato, U. Ferreira, P. 2003. Suplementação de Novilhos Nelore em Pastejo de *Brachiaria brizantha* com Diferentes Níveis e Fontes de Concentrado. *R. Bras. Zootec.*, 32(6):1945-1955.
22. Estrada, J. E. 2004. *Efecto de la temperatura sobre la producción y el contenido de proteína cruda y fibra neutro detergente de Panicum maximum cv. Tobiata, Digitaria eriantha cv. Transvala y Brachiaria híbrido cv. Mulato*. Tesis de Ing. Agr. Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano (Honduras).
23. Fahey G.C. et al. 1994. *Forage quality, evaluation, and utilization*. USA: SSSA.
24. Farinas, E. C. 1970. Pasture legumes and grasses and other forage plants at the national Forage Park, Philippines. En *Proceedings 11th International Grassland Congress*. Surfers Paradise, Australia, del 13-23 abril de 1970. Australia:224-226.
25. Fox, D. G.; Sniffen C.J.; O'Connor J.D.; Russell J. B. y Van Soest P. J. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. III.

- Cattle requirements and diet adequacy. *Journal of Animal Science*. 70:3578-3596.
26. García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climático de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. México, D. F. Instituto de Geografía. UNAM.
27. García, M. 2011. La ganadería en México: su contribución a la seguridad alimentaria. Instituto interamericano de cooperación para la agricultura. en la *Reunión de la Academia Mexicana de Ciencias*, Enero 2011.
28. Givens, D.I. et al. 2002. *Forage Evaluation in ruminant nutrition*. 1th Ed. USA: CABI Publishing.
29. Guiot, G.J. y Meléndez, N. F. 2002. Comparación morfológica de *Brachiaria* híbrido cv . Mulato y *Brachiaria brizantha* cv . Insurgente. en *XV Reunión Científica Tecnológica Forestal y Agropecuaria*. 14 y 15 de noviembre de 2002. Villahermosa, Tabasco.
30. Guiot , G.J. y Meléndez , N.F. 2003. Producción anual de forraje de cuatro especies de *Brachiaria* en Tabasco. en *XVI Reunión Científica Tecnológica Forestal y Agropecuaria*. 17, 18 y 19 de noviembre de 2003. Villahermosa, Tabasco.
31. González, G.R.; Blardony R.K.; Ramos, J.J.; Ramírez H.B.; Sosa R.; Gaona P.M. 2013. Rentabilidad de la producción de carne de ovinos Katahdin x Pelibuey con tres tipo de alimentación. *Avances en Investigación Agropecuaria* 17(1):135-148.
32. González, C.; Ríos, H.; Brunett, L.; Zamorano, S. y Villa, C. 2006. ¿Es posible evaluar la dimensión social de la sustentabilidad? Aplicación de una metodología en dos comunidades campesinas del Valle de Toluca, México. *Convergencia*, 13 (40):107-139.
33. Hacker, J.B.; Minson, D.J. 1981. The digestibility of plant parts. *Herbage Abstracts*. 51(9):459-482.

34. Harlan, J.R.; de Wet, J.M. y Rawal, K.M. 1970. Geographic distribution of the species of *Cynodon* L. C.Rich (Gramineae). *East African Agricultural and Forestry Journal*, 36:220-226.
35. Hobson, P.N. y Wallace R.J. 1982. Microbial ecology and activities in the rumen: Part I and II. *CRC Critical Rev. In microbiology*, 9(4):253-320
36. INEGI. 2004. *Anuario Estadístico. Veracruz del municipio Ignacio de la Llave*. Tomo I. Veracruz, México.
37. Izaguirre, F.F.; Martínez, J.T.; Jiménez, J.F.; Posada, S.C.; García, C.C.; León, H.V.; Martínez, G.P. 2011. Digestibilidad in situ de la materia seca de hojas de árboles multipropósito y pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*) en ovejas. *Quehacer Científico en Chiapas*, 1(12):27-35.
38. Jarma, O.A.; Maza, A.; Pineda, P.A.; Hernández, J. 2012 Aspectos fisiológicos y bromatológicos de *Brachiaria humidicola*. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, Universidad CES Medellín, Colombia 7(1):88-99.
39. Jiménez, O.M.; Granados, L.; Oliva, J.; Quiroz, J.; Barrón, M. 2010. Calidad nutritiva de *Brachiaria humidicola* con fertilización orgánica e inorgánica en suelos ácidos. *Archivos zootécnicos*. 59(228):561-570.
40. Loch, D.S. y Miles, J.W. 2002. *Brachiaria ruziziensis* x *Brachiaria brizantha*. *Brachiaria 'Mulato'*. *Plant Varieties Journal*, 5(3):20-21.
41. López, F.G.; Estrada, J.G.; Avilés, F.; Yong, G.; Hernández, P.; Martínez, R.; Pedraza, P.E.; Castelán, O.A. 2010. AGRONOMIC EVALUATION AND CHEMICAL COMPOSITION OF AFRICAN STAR GRASS (*Cynodon plectostachyus*) IN THE SOUTHERN REGION OF THE STATE OF MEXICO *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 12(1):1-9.
42. Mahecha, L.; Rosale, M.; Molina C.N.; Molina C.E. 2000. Experiencias en un sistema silvopastoril de *Leucaena leucocephala*-*Cynodon plectostachyus* *Prosopis juliflora* en el Valle del Cauca, Colombia. en *Agroforestería para la*

*Producción Animal en Latinoamérica - II.* Cali, Colombia, Agosto de 2000-marzo de 2001. Colombia: CIPAV.

43. Malca, S.O.; Lucas, O.A.; Arbaiza, T.F.; Carcelén F.C.; San Martín, F.H. 2006. COMPARACIÓN DE DOS TÉCNICAS PARA DETERMINAR LA DIGESTIBILIDAD PROTEICA DE INSUMOS Y ALIMENTOS COMERCIALES PARA CANINOS. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 17(2):96-103.
44. Martínez, M. 1979. *Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas*. México, D.F: Fondo de Cultura Económica.
45. Mas, E.G. y García M.O. 2006. *Guía ilustrada de yerbas comunes en Puerto Rico*. Puerto Rico: Universidad de Puerto Rico.
46. Mateo, J.M. 2005. *Prontuario de agricultura*. DF, México: Mundiprensa.
47. Maynard, A.L.; Loosli, K.J.; Hintz, F.H.; Waener, G.R. 1981. *Nutrición Animal*. 7ma. Ed. México: McGraw-Hill.
48. Mc Donald P., Edwards R.A. y Greenhalgh J.F.D. 1988. *Nutrición animal*. 3a ed. España: Acribia.
49. McVaugh, R., 1983. Gramineae. En: W. R. Anderson (ed.). *Flora Novogaliciana. A descriptive account of the vascular plants of Western Mexico*. *The University of Michigan Press*, 14:436
50. Mena, U.; Hernandez, A.; Enriquez, F.; Perez, J.; Zaragoza, J.; Velasco, M.; Avallaneda, J. 2007. Efecto de asignaciones de forraje, sobre pasto insurgente y producción de vaquillas en el trópico húmedo. *Agrociencia*, enero-febrero, 41(001):1-12.
51. Miles, J. W. 1999. Nuevos híbridos de *Brachiaria* . *Pasturas Tropicales*. 21(2):78.

52. Mislevy, P. 1989. Effect of grazing frequency on forage quality and stolon characteristics of tropical perennial grasses. *Soil Crop Sci. Soc Fla. Proc.* 41:77-83.
53. Olivera, Y.; Machado, R. y Del Pozo P.P. 2006. Características botánicas y agronómicas de especies forrajeras importantes del género *Brachiaria*. *Pastos y Forrajes*, 29(1):5.
54. Olivera, Y.; Machado, R.; Del Pozo, P.P.; Ramírez, J.; Cepero, Bárbara. 2007. Evaluación de accesiones de *Brachiaria brizantha* en suelos ácidos. Época de máximas precipitaciones. *Pastos y Forrajes*, 30(3):303-313.
55. Osuna, O. 2006. La problemática de la ganadería en México. [Online] Disponible en: [www.congresosinaloa.gob.mx/ediciones/revista16/pdf/24\\_apuntes\\_othon.pdf](http://www.congresosinaloa.gob.mx/ediciones/revista16/pdf/24_apuntes_othon.pdf) [Consultado 13 de Diciembre 2014]
56. Peralta, A.M.; Carrillo, S.P.; Hernández, H.H.; Porfirio, P.N. 2007. Características morfológicas y productivas, en etapa de producción, para ocho gramíneas forrajeras tropicales. APPA - ALPA . Cusco, Perú.
57. Pérez, J.P.; Alarcón, B.Z.; Mendoza, G.M.; Bárcena, R.G.; Hernández, A.G.; Herrera, J.H. 2001. Efecto de un banco de proteína de kudzú en la ganancia de peso de toretes en pastoreo de estrella africana. *Técnica Pecuaria en México*, 39(1):39-52.
58. Peroza, C.V. 2013. Micorrizas arbusculares asociadas al pasto angleton (*Dichanthium aristatum* Benth) en fincas ganaderas del municipio de Tolú, Sucre-Colombia. *Rev.MVZ Córdoba* 18(1):3362-3369.
59. Peters, M.; Franco, L.; Schmidt, A.; Hincapié, B. 2003. Especies Forrajeras Multipropósito: Opciones para productores de Centroamerica. *Publicacion CIAT*, 333:113.

60. Plazas, C.H. 2001. Experiencias en el establecimiento de *Brachiaria* híbrido cv. Mulato CIAT 36061 como alternativa para rehabilitar pasturas degradadas. Cali, Colombia. *Pasturas Tropicales*, 28(1):9-16.
61. Pond, K. R., J. C. Burns and D. S. Fisher. 1987. External markers - Use and methodology in grazing studies. Proceeding, Grazing livestock nutrition conference. North Carolina State University and USDA, ARS. 49 - 53 p.
62. Ramchurn, R.; Dullull, Z.B.; Ruggoo A.; Raggio, J. 2000. Effects of feeding star grass (*Cynodon plectostachyus*) on growth and digestibility of nutrients in the domestic rabbit. *University of Mauritius, Reduit, Mauritius. Livestock Research for Rural Development* 12(2).
63. Ramírez, H. 1997. Evaluación de dos sistemas silvopastoril es integrados por *Cynodon plectostachyus*, *Leucaena leucocephala* y *Prosopis juliflora*. en: *Seminario Internacional de Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria*. Cali, Colombia, Abril a septiembre de 1997. Colombia: CIPAV.
64. Ramírez, O.R.; Hernández, A.G.; Carneiro, S.S.; Pérez, J.P.; Enríquez, J.Q.; Quero, A.C.; Herrera J.H.; Cervantes, A.N. 2009. Acumulación de forraje, crecimiento y características estructurales del pasto Mombaza (*Panicum maximum* Jacq.) cosechado a diferentes intervalos de corte. *Técnica Pecuaria en México*, 47(2):203-213.
65. Rellin A.E., .Mattioli G.A. 2003. *Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes*. [Online] Facultad de Ciencias Veterinarias. U.N.L.P. Disponible: [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/201506/Rec.\\_Nuri\\_rumia/Texto%20Nutricion%20de%20rumiantes/fisio%20dig%20rumiantes.pdf](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/201506/Rec._Nuri_rumia/Texto%20Nutricion%20de%20rumiantes/fisio%20dig%20rumiantes.pdf) (Consultado el 24 de febrero 2015)
66. Roncallo, B.F.; Torres, E.; Sierra, M. 2001. Producción de vacas de doble propósito suplementadas con frutos de Algarrobito (*Pithecellobium saman*) durante las lluvias. en *Agroforestería para la Producción Animal en*

- Latinoamérica - II. Cali, Colombia, Agosto de 2000- marzo de 2001. Colombia: CIPAV.
67. Ruelas, A. 1990. *Manual de técnicas de investigación en ruminología*. México: Sistemas de educación continua en producción animal en México.
68. Ruiz, M. y Ruiz, A. 1990. *Nutrición de Rumiantes: Guía metodológica de Investigación*. 1ra ed. Costa Rica: ALPA
69. Sánchez, J. y Soto, H. 1997. Contenido Estimado de la Energía para la Producción de leche de los Forrajes del Distrito de Florencia, Cantón de San Carlos. *Agronomía Costarricense*, 21(2):273-278.
70. Santini, F. J. 1994. *Nutrición animal en rumiantes*. Argentina: INTA.
71. Saucedo, M. 1984. *Historia de la ganadería en México*. DF, Mexico: Universidad Nacional Autónoma de México. Dirección General de Publicaciones.
72. Schinder, B.H.; Flatt, W.P. 1995. The evaluation of feeds through digestibility experiments. *The university of Georgia press*, 18:423.
73. Shimada M.A. 2010. *Nutrición animal*. 2ª ed, reimpresión. México: Trillas.
74. Statistix for Windows. Versión 8.0, Tallahassee, (Florida) USA. Analytical software [on CD].
75. Stern, M.D.; Bach, A.; Calsamingla, S. 1997. Alternative techniques for measuring nutrient digestion in ruminants. *Journal of Animal Science*, 75:2256-2276.
76. Suárez, E.P.; Reza, S.G.; García, F.C.; Pastrana, I.V.; Díaz, E.A. 2011. Comportamiento ingestivo diurno de bovinos de ceba en praderas del pasto Guinea (*Panicum maximum* cv. Mombasa). *Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 12(2):167-174
77. Teixeira, J.F.; Lourenço, J.B.; Couto, W.S.; Camarao, A.P.; Moraes, M.P. 1999. Proteína bruta e teores de minerais em *Brachiaria humidicola* na l/ha de Marajó, *Pasturas Tropicales*. 21 (3):49

78. Tilley J.M.A. y Terry R.A.A. 1963. Two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *J. Br. Grassland Soc.* 18:104-111
79. Theodorum, M.; France J. (2000). *Feding. Systems and feed evaluation models*. USA: CABI.
80. Torres, O.D.; Herrera, J.P.; Holmann, F. 2001. Análisis de alternativas tecnológicas de los sistemas de producción agropecuarios en el Valle del Cesar, Colombia. *Pasturas Tropicales* 23(3):2-11.
81. Tonissi, R.H.; Goes, B.; Bento M. A.; Lana, P.M.; Silvestre, S. 2005. Effects of Different Supplementation Levels on Animal Performance of Post Weaning Steers Grazing *Brachiaria brizantha*, in the Amazonian Area. *R. Bras. Zootec.*, 34(5):1740-1750
82. Van Soest P. J.; Wine, R. H. y Moore, L. A. 1966. Estimation of the true digestibility of forages by in vitro digestión of cell walls. *Proc. 10 th Int. Grassland Congress*. Helsinky, Julio de 1966. Helsinky.
83. Van Soest, P. J. 1994. *Nutritional Ecology of the ruminan*. Cornell University Press. II Edición. 108 – 195.
84. Velázquez D.L. 2010. Características y Producción del Pasto Estrella (*Cynodon Plectostachyus*). Monografía Presentada como Requisito Parcial para obtener el Título de: INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA. Disponible en: UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO.
85. Verdecia, D.M.; Herrera, R.S.; Ramírez, J.L.; Leonard, I.; Bodas, R.; Andrés, S.; Giráldez, F.J.; Álvarez, Y.; López, S. 2012. Valoración nutritiva del *Panicum maximum* vc. Mombasa en las condiciones climáticas del Valle del Cauto, Cuba *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 46(1):97-101.
86. Windell, J.T.; Foltz, J.W.; y Sarakon, J.A. 1978. Methods of fecal collection and nutrient leaching in digestibility studies. *The Progressive Fish-Culturist*, 40:51–55.

87. Zamudio, R.A. 2001. *Digestibilidad de la materia seca y materia orgánica en Dietas integrales elaboradas con ensilados de residuos sólidos de excretas porcinas*. Tesis de licenciatura México, D.F. Universidad Nacional Autónoma de México.