



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**  
**FACULTAD DE CIENCIA ANIMAL**  
**SISTEMAS INTEGRALES DE PRODUCCION ANIMAL**

**Trabajo de Graduación**

**Degradación *in vivo* de la materia seca y materia orgánica del Teocinte (*Zea nicaraguensis* Iltis & Benz)**

**AUTORES**

**Br. Diego Armando García Mendieta**  
**Br. Daniel Alexander Martínez Canales**

**ASESOR**

**Bryan Mendieta PhD.**

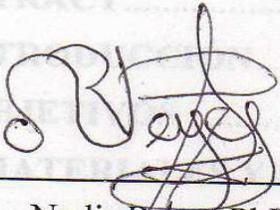
**Marzo, 2013**

**Managua, Nicaragua**

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el Honorable Tribunal Examinador designado por la Decanatura de la Facultad de Ciencia Animal como requisito para optar al título profesional de:

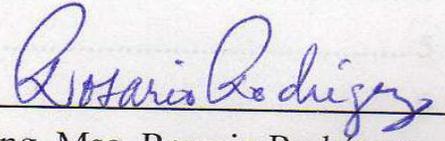
**INGENIERO ZOOTECNISTA**

**MIEMBROS DEL TRIBUNAL:**



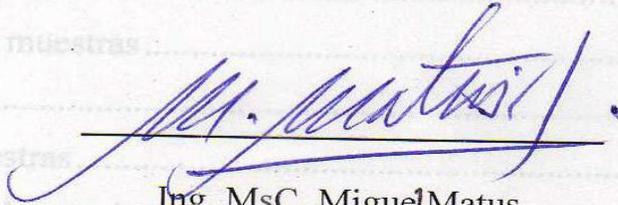
Nadir Reyes PhD.

**Presidente**



Ing. Msc. Rosario Rodriguez

**Secretaria**



Ing. MsC. Miguel Matus

**Vocal**

Managua, Nicaragua, marzo del 2013

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

SECCIÓN	PÁGINA
<b>DEDICATORIA</b> .....	i
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	iii
<b>ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS</b> .....	v
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	vi
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	vii
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b> .....	viii
<b>RESUMEN</b> .....	ix
<b>ABSTRACT</b> .....	x
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. OBJETIVOS</b> .....	5
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	6
3.1 Ubicación y fechas del estudio .....	6
3.2 Recolección y preparación de muestras. ....	6
3.3 Estudio de Degradabilidad.....	7
3.3.1 Animales .....	7
3.3.2 Instalaciones.....	7
3.3.3 Periodo de adaptación .....	7
3.3.4 Preparación de las muestras.....	8
3.3.5 Etapa de campo .....	9
3.3.6 Manejo de las muestras .....	10
3.4 Procedimientos de laboratorio .....	10
3.5 Variables evaluadas.....	10
3.5.1 Degradación de la materia seca.....	10
3.5.2 Degradación de la materia orgánica .....	11
3.6 Tratamientos .....	11
3.7 Diseño experimental y análisis de datos.....	12
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	14
4.1 Degradación de la materia seca (DMS).....	15

4.2 Degradación de la materia orgánica (DMO) .....	17
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	19
<b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....	20
<b>VII. LITERATURA CITADA</b> .....	21
<b>VIII. ANEXOS</b> .....	25

## **DEDICATORIA**

A Dios en primer lugar por darme sabiduría y guiarme por buen camino todos estos años, permitiéndome alcanzar el gran sueño de terminar mi carrera profesional.

A mi madre que siempre me brindó todo su amor y apoyo incondicional, su paciencia y sus valiosos consejos que me han ayudado en mi formación personal y profesional, con mucho cariño le dedico este gran logro que me ayudará a enfrentar la vida y alcanzar mis propios sueños.

Diego Armando García Mendieta

## **DEDICATORIA**

Primero a Dios por siempre darme fuerza, esperanza y perseverancia para cumplir con una meta más en mi vida, por brindarme salud para permitir que estuviera presente en los momentos más importante de mi vida y mi carrera.

A mis padres Karla Francella Canales y Wilberto de Jesús Martínez Tercero por apoyarme y estar siempre presente cuando tuve un problema, para aconsejarme en momentos difíciles y siempre decirme que mirara hacia adelante, que todos los problemas tienen solución.

A mi hermano Róger Ernesto Martínez Canales, porque también fue un pilar en mi vida apoyándome en decisiones difíciles de tomar y siempre estar ahí para darme un consejo.

Daniel Alexander Martínez Canales

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios nuestro padre por cuidarme y darme vida todos estos años hasta alcanzar esta meta de terminar mi carrera, por ponernos a las personas indicadas en nuestro camino, esos amigos y profesores que nos ayudaron cuando los necesitaba.

A mi asesor Bryan Mendieta PhD. por todos los conocimientos y el tiempo que me ha brindado para que este trabajo sea el mejor.

Al Ing. Álvaro Benavides MSc. y al Ing. Juan Morán Centeno, por haberme brindado mucha información y permitirme realizar nuestro trabajo de culminación de estudios mediante el financiamiento que formó parte de su trabajo de Maestría.

Muy especialmente a la profesora Damaris Mendieta por todo ese tiempo, paciencia y conocimientos brindados.

A la Universidad Nacional Agraria, que me brindó esa oportunidad de formar parte de ella, a la Facultad de Ciencia Animal por todo ese apoyo en mi formación académica, y muy especialmente a todos mis profesores por ayudar a superarme y guiarme en mi camino profesional.

Diego Armando García Mendieta

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por estar en los momentos más duros dándome fuerzas para seguir adelante por darme salud, sabiduría y perseverancia en mi vida.

A nuestro asesor el Bryan Mendieta Araica PhD. por aceptar desde el principio ser nuestro tutor, porque nos brindo confianza y siempre estuvo presente en los momentos que lo necesitamos.

Al MSc. Álvaro Benavides por darnos el apoyo y por tener confianza en nosotros para realizar este estudio.

A la Facultad de Ciencia Animal, por ser un eje esencial en nuestra vida, porque por medio de nuestros maestros se nos brindaron conocimientos nuevos cada día, para que cada uno de nosotros sea un profesional con cualidades y sobre todo una persona honesta y digna para la sociedad nicaragüense.

Daniel Alexander Martínez Canales

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

<b>FOTOGRAFÍA</b>	<b>PÁGINA</b>
1. Plantas de Teocinte de 3 meses 15 días en el área experimental del REGEN	6
2. Procedimiento de preparación de las muestras a incubar en el rumen	8
3. Dispositivos que sujetan las bolsas de nylon para que floten libremente en el rumen	9
4. Introducción de las muestras una a una a través de la fístula ruminal	9

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>	<b>PÁGINA</b>
1. Curva de tasa de degradación de la Materia Seca (MS) del Teocinte ( <i>Zea nicaraguensis</i> Iltis & Benz)	15
2. Curva de tasa de degradación de la Materia Orgánica (MO) del Teocinte ( <i>Zea nicaraguensis</i> Iltis & Benz)	17

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>CUADRO</b>	<b>PÁGINA</b>
1. Composición química del Teocinte ( <i>Zea nicaraguensis</i> Iltis & Benz)	14

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO</b>	<b>PÁGINA</b>
1. Degradabilidad de Materia Seca (MS)	26
2. Degradabilidad de Materia Orgánica (MO)	26

## RESUMEN

Este estudio se realizó con el objetivo de determinar la degradabilidad *in vivo* del Teocinte (*Zea nicaraguensis* Iltis & Benz). El ensayo de degradabilidad fue realizado en la galera experimental de la Facultad de Ciencia Animal adscrita a la Universidad Nacional Agraria. En este ensayo se utilizaron dos vacas de raza Reyna, secas y vacías, con fistulas ruminales. Los tiempos de incubación (0, 0.5, 1, 3, 6, 9, 12, 24, 48, 72, 96 horas) fueron considerados los tratamientos (11) por 4 réplicas por cada tiempo. Las variables evaluadas fueron: degradación de materia seca (DMS) y degradación de materia orgánica (DMO). Para la determinación de las variables, se utilizó el modelo exponencial descrito por Orskov and McDonald (1979). Como resultados finales de la Degradabilidad de la MS se obtuvo una fracción soluble de 2.44% (a), fracción insoluble pero potencialmente degradable del 23.35% (b), una tasa de degradación de la fracción potencialmente degradada estimada del 2.61%\* horas (c) y la fracción no degradable  $[100-(2.44 + 23.35)]$  del 74.05%. En la Degradabilidad de la MO la fracción soluble fue de 2.43% (a), la fracción insoluble pero potencialmente degradable de 23.35% (b), una tasa de degradación de la fracción potencialmente degradada estimada de 2.61%\* horas y la fracción no degradable  $[100-(2.43 + 23.35)]$  de 74.22%. El Teocinte en la edad de corte utilizada en este experimento no tiene valores de degradabilidad compatibles con sistemas de producción animal de alta intensidad por lo que se sugiere seguir investigando en su potencialidad.

**Palabras clave:** Teocinte, degradabilidad, *in vivo*, materia seca, materia orgánica.

## ABSTRACT

This study was conducted in order to determine the *in vivo* degradability of Teocinte (*Zea nicaraguensis* Iltis & Benz). The degradability test was conducted in the experimental galley, Faculty of Animal Science affiliated to the National Agrarian University. In this study we used two Reyna breed cows, dry and empty, with rumen fistulas. Incubation times (0, 0.5, 1, 3, 6, 9, 12, 24, 48, 72, 96 hours) were considered treatments (11) for 4 replicates for each time. The variables evaluated were: degradation of dry matter (DMD) and organic matter degradation (OMD). For the determination of the variables, we used the exponential model described by Orskov and McDonald (1979). Final results of the DM degradability was obtained soluble fraction of 2.44% (a), insoluble but potentially degradable fraction of 23.35% (b), a degradation rate of potentially degraded fraction estimated 2.61% \* h (c ) and the non-degradable fraction [100 - (23.35 + 2.44)] of 74.05%. In MO degradability of the soluble fraction was 2.43% (a), the insoluble but potentially degradable fraction of 23.35% (b), a degradation rate of potentially degraded fraction estimated 2.61% \* hours and undegradable fraction [100 - (23.35 + 2.43)] of 74.22%. Teocinte in the age cutoff used in this experiment has not degradability values compatible with animal production systems at high intensity suggests that further research into its potential.

**Keywords:** Teocinte, degradability, *in vivo*, dry matter, organic matter.

## I. INTRODUCCIÓN

El Teocinte nicaragüense (*Zea nicaraguensis* Iltis & Benz) es una especie silvestre única en América; diferenciándose de otros Teocintes como el *Zea luxurians* y el *Zea diploperennis* por sus características propias y por la evidencia morfológica tales como el número mayor de ramas y espiguillas por rama de la inflorescencia masculina, por rugosidad transversal pronunciada de las glumas inferiores, además de altura baja de su hábitat costero, eso ubica a esta especie como más primitiva según (Iltis y Benz, 2000).

Aunque el uso en alimentación animal del Teocinte tiene poca documentación en Nicaragua, Wilkes (1996), afirma que tiene un alto potencial forrajero para las regiones tropicales y subtropicales, y es un germoplasma valioso en la mejora genética del maíz, pero su importancia radica en el conocimiento actual del origen y evolución del maíz, puesto que es considerado un ancestro o al menos un contribuyente importante en sus características, especialmente en lo que respecta a resistencia a enfermedades y factores adversos.

Es importante investigar esta especie ya que con tan sólo el hecho de que el maíz sea el tercer cultivo alimenticio del mundo, y que el Teocinte es su pariente silvestre más cercano, le confieren al Teocinte nicaragüense una importancia única como fuente potencial de mejoramiento genético de las variedades comerciales, sin embargo, encontrar otros usos para el mismo puede fomentar que la población decida conservar y ampliar las áreas sembradas con dicho material.

El Teocinte, ha demostrado ser un material vegetal que se mantiene en condiciones adversas en las que otros forrajes difícilmente pueden prosperar, pobladores de áreas cercanas a la zonas de Teocinte han hechos reportes de testimonios sobre su abundante follaje perenne por todas las características ya mencionadas anteriormente. Un estudio de producción de forraje del Teocinte estableció que a los 95 días después de la siembra alcanza una producción de forraje por hectárea de 7.48 ton, lo que quiere decir que no pueden ser muy significativas las diferencias del estudio ya que se realizó en México bajo las mismas condiciones de no fertilización del mismo (Jiménez *et al.*, 2001).

El Teocinte puede ser considerado como la especie endémica más importante de todo el territorio nacional, pero para poder caracterizarlo como un forraje potencial para la alimentación del ganado se necesita conocer al menos las siguientes características tales como: disponibilidad del material, capacidad de rebrote, composición nutricional, palatabilidad y degradabilidad.

Los estudios de degradabilidad pueden dividirse al menos en dos grandes grupos:

Degradabilidad *in situ*: Este método consiste en introducir a través de una fístula ruminal, muestras de alimentos previamente molidos y tamizadas para ser analizadas.

Degradabilidad *in vitro*: Este método se realiza a través de procedimientos de laboratorio tratando de reproducir las reacciones que suceden en el tracto digestivo de los animales sobre el alimento.

Cuando se trata de la evaluación nutritiva de forrajes de arbustos y árboles, no podemos obviar según Soto (2007) cuatro aspectos que se relacionan: potencial de producción, consumo y preferencia, valor nutritivo y digestibilidad y adaptación ecológica y capacidad de regeneración. Para cuantificar la dinámica de los procesos digestivos se han desarrollado metodologías que han permitido conocer las variaciones en la tasa de pasaje o tiempo de retención en el rumen entre las cuales se nombran:

- Estimación directa de la tasa de pasaje usada para estudiar factores que afectan el consumo, dinámica de digestión y la forma física del forraje (Laredo y Minson, 1973 citados por Ruiz y Ruiz, 1990).
- Estimación indirecta con marcadores, mediante el uso de marcadores solubles en agua o que se adhieran a las partículas del alimento con lo que se realiza la estimación de las tasas de pasaje de la fase líquida o sólida en el rumen.
- Técnica *in situ*, de incubación de substratos en el rumen la que permite determinar de manera simultánea la muestra que es digerida y la tasa a la cual esta digestión se realiza y es utilizada cuando se requiere información acerca del efecto de las condiciones ruminales y el cambio en el ambiente ruminal sobre la tasa y potencial de degradación de los alimentos (Ruiz y Ruiz, 1990).

Por otro lado, se han propuesto modelos para describir la degradación acumulativa de las diferentes fracciones que componen un alimento en función del tiempo de fermentación ruminal, entre ellos:

- Modelo de cinética de primer orden propuesto por Smith (1971).
- Modelo propuesto por Pezo y Vohnout (1977) para la estimación de parámetros de velocidad de degradación de la materia seca (MS) o de sus componentes.
- Modelo propuesto por Mertens y Ely (1982) que estima los componentes de las tasas de degradación y el periodo pre-fermentativo donde se asume que en este no ocurre fermentación.
- Modelo propuesto por Espinoza (1983) para la degradación de los constituyentes de la pared celular.

Con el fin de calcular degradabilidad *in vivo*, es muy usual auxiliarse del método *in sacco*, también denominado de la bolsa de nylon, el mismo tiene como objetivo fundamental medir la desaparición de materia seca y orgánica, el nitrógeno u otro nutriente de los alimentos sometidos al efecto del ambiente ruminal; para ello los alimentos son colocados en bolsas que se incuban en el rumen, a través de una cánula permanente en el saco dorsal de este órgano (Pedraza, 2001).

Para generar información sobre degradabilidad, la metodología *in sacco* es uno de los métodos más confiables por lo que se ha utilizado en distintas investigaciones con excelentes resultados.

El método *in sacco* nos brinda información sobre la cantidad de alimento degradado en el rumen, sin embargo, otro punto importante a estudiar es la dinámica de la degradación, misma que se hace por medio de modelos matemáticos; diversos se han reportado a lo largo de los años, pero el más conocido es el de Orskov y McDonald (1979) quienes describieron un modelo exponencial para estimar la degradación ruminal con respecto al tiempo que se encuentre incursionada en el rumen la muestra, calculando así la descomposición que hubo en cierta cantidad de tiempo, mediante la siguiente ecuación:

$$Y = a + b * (1 - \exp^{-c*t})$$

y: degradación del material después de t horas, %

a: fracción soluble, % (la que es eliminada rápidamente en el lavado)

b: fracción degradable, % (se degrada lentamente)

e: base de los logaritmos neperianos

c: tasa de degradación por hora (constante del ritmo de degradación de b)

t: tiempo de incubación ruminal en horas

La degradabilidad total de la muestra es a +b, la cual no puede exceder de 100. Por consiguiente 100- (a+b) representa la fracción que no es degradada en el rumen.

Por lo tanto, con el presente trabajo pretendemos estudiar en los aspectos relacionados con la degradabilidad del follaje de Teocinte utilizando el método *in sacco*, para aportar al uso más eficiente del mismo y generar conocimiento sobre su potencial y valor nutritivo en alimentación animal.

## II. OBJETIVOS

Objetivo General:

- Aportar información preliminar sobre la potencialidad forrajera del Teocinte (*Zea nicaraguensis* Iltis & Benz).

Objetivos Específicos:

- Evaluar la tasa de degradabilidad de Materia Seca (MS) y Materia Orgánica (MO) del forraje de Teocinte (*Zea nicaraguensis* Iltis & Benz) de tres meses y medio de edad.
- Calcular ecuaciones de predicción de degradabilidad del forraje de Teocinte (*Zea nicaraguensis* Iltis & Benz) de tres meses y medio de edad usando la técnica *in sacco*.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Ubicación y fechas del estudio

El ensayo de degradabilidad fue realizado en la galera experimental de la Facultad de Ciencia Animal (FACA) de la UNA, ubicada en la finca Santa Rosa, comarca Sabana Grande, Municipio de Managua, localizada geográficamente a 12° 08'15" latitud norte, 86° 09'36" longitud este, con una elevación de 56 msnm (INETER, 2012).

La recolección de muestras, etapa de campo y los análisis bromatológicos se llevaron a cabo en los meses de septiembre a noviembre del 2011.

#### 3.2 Recolección y preparación de muestras

La toma de muestras del forraje de Teocinte se llevó a efecto en el terreno del Programa de Recursos Genéticos Nicaragüenses (REGEN), adscrito a la Universidad Nacional Agraria (UNA). La recolección de las muestras de forraje de Teocinte se realizó en septiembre del 2011 en las parcelas experimentales del REGEN, el área total sembrada tiene 800 m<sup>2</sup>, del área total se seleccionó un área de 150 m<sup>2</sup> al centro del área total para evitar el efecto de borde, de ahí se tomó una muestra de 15 kg de Teocinte. Al momento del corte las plantas tenían una altura promedio de 4 a 5 metros con hojas de 0.8 a 1.2 metros de largo y de 3 cm de ancho tal como puede verse en la Fotografía 1.



Fotografía 1. Plantas de Teocinte de 3 meses 15 días en el área experimental del REGEN.

Las plantas de Teocinte tenían una edad al corte de 3 meses y 15 días, la altura de corte fue de 10cm sobre el nivel del suelo. La muestra fresca recolectada se picó con el fin de homogenizarla y poder distribuirla en bandejas de aluminio en un horno de circulación de aire forzado para secarla a 60 °C durante 3 días.

Después del secado se procedió a moler en partículas de 1mm con un molino Cyclotec, el material molido se envasó en recipientes de vidrio herméticos para evitar contaminación y daño aeróbico.

### **3.3 Estudio de Degradabilidad**

#### **3.3.1 Animales**

Para el experimento se utilizaron 2 vacas de la raza Reyna del hato de la UNA, con un peso corporal promedio al inicio del ensayo de 376.5 ( $\pm 8.1$ ) kg y una edad de 7 años. Las vacas tenían un año de haber sido fistuladas con una cánula #1C de la compañía Bar Diamond.

#### **3.3.2 Instalaciones**

Las dos vacas del ensayo estuvieron estabuladas en la galera experimental de la Facultad de Ciencia Animal (FACA). El área total de la galera era de 7.27x12.50 metros con 6 divisiones para las vacas de 2x2.80 metros. Cada división contó con comederos con las siguientes dimensiones: 77 cm de ancho, 54 cm de largo, 32 cm de profundidad y una altura del suelo de 50 cm.

#### **3.3.3 Periodo de adaptación**

En el periodo de adaptación las vacas se estabularon para acostumbrarlas al manejo experimental y evitar estrés que pudiera interferir en los resultados. En los 15 días de adaptación la dieta base fue 100% Taiwán (*Pennisetum purpureum*) de 45 días de edad al corte, obtenido de las áreas experimentales de la Finca Santa Rosa y se les suministró agua *ad libitum*.

### 3.3.4 Preparación de las muestras

Se utilizaron bolsas de nylon PSE 28/17 con tamaño de poros de 28 micras y área abierta de 17%. Las bolsas tenían un tamaño exterior de 120 x 60 mm e interior de 100 x 50 mm, cosidas con hilo de poliéster y los agujeros de la aguja (los puntos) sellados con pegamento Bostic 1782. Las bolsas de nylon fueron numeradas en orden secuencial para tener un control del material a incubar. Se hizo un pesaje individual de cada bolsa, y se taró la balanza digital con ese peso, en cada una se introdujeron 12g de material molido como se aprecia en la Fotografía 2. (a, b, c).



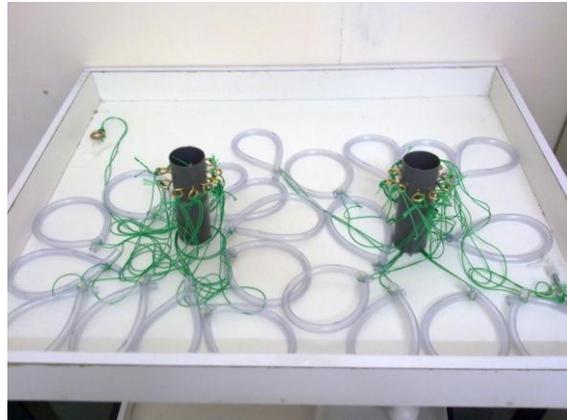
Fotografía 2. Procedimiento de preparación de las muestras a incubar en el rumen.

Todos los datos de análisis físico-químicos, pesajes de material, introducción y extracción de los tiempos de incubación fueron anotados en una base de datos.

Después de haber hecho esto a las 88 bolsas de nylon se procedió a construir un dispositivo para sujetarlas, consistente en un tubo de PVC de 5cm de ancho y 14cm de largo con 10 armellas pequeñas atornilladas alrededor del tubo. Se construyó uno por cada vaca.

Cada bolsa estaba sellada y sujeta con una brida plástica de 3.5x180 mm; cortando el exceso para evitar laceraciones internas a las vacas cuando las muestras estuvieran dentro del rumen; a una manguera plástica transparente en forma de anillos de 35 cm de largo con 4 incisiones para alojar 4 muestras se sujetó con hilo nylon de 30 cm a cada armella pequeña.

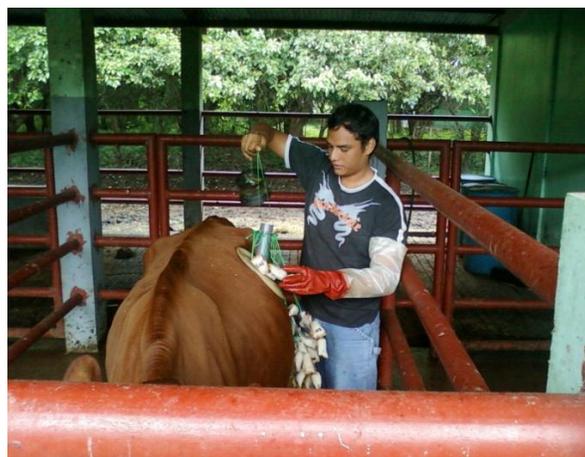
Todo el dispositivo (Fotografía 3.) ya finalizado estaba sujeto con un hilo nylon de 55 cm a una armella grande atornillada al tapón de la fístula de cada vaca.



Fotografía 3. Dispositivos que sujetan las bolsas de nylon para que floten libremente en el rumen.

### 3.3.5 Etapa de campo

La etapa de campo consistió en introducir un dispositivo con las bolsas de nylon llenas con el material a estudiar a través de la cánula en el rumen de las vacas experimentales, como se aprecia en la Fotografía 4, esta etapa duró cuatro días.



Fotografía 4. Introducción de las muestras una a una a través de la fístula ruminal.

### **3.3.6 Manejo de las muestras**

El dispositivo de PVC con las bolsas de nylon con muestra de Teocinte fueron introducidos en el rumen de cada vaca experimental, posteriormente se sacó una de las mangueras en forma de anillo con sus cuatro muestras por cada tiempo de incubación, al sacar las muestras se lavaron a mano con abundante agua fría para cortar el proceso de fermentación hasta que el agua saliera clara, las muestras lavadas se introdujeron al horno durante 3 días a 60 °C este procedimiento se repitió hasta finalizar con las 44 muestras de cada vaca.

Después de que estas muestras salían del horno, cada bolsa se pesaba para calcular la pérdida de material que hubo, después se procedió a moler el material que estaba dentro de la bolsa porque este estaba compactado en partículas muy grandes.

### **3.4 Procedimientos de laboratorio**

Antes de iniciar el ensayo se tomó una muestra inicial de forraje de Teocinte a la que se le calcularon materia seca (MS) y materia orgánica (MO) según los procedimientos de AOAC (1990), al material degradado también se le calcularon MS y MO, el mismo procedimiento se utilizó para calcular cenizas tanto al material inicial como al material degradado.

### **3.5 Variables evaluadas**

#### **3.5.1 Degradación de la materia seca**

Para estimar el % de degradación de la materia seca (%DMS) se tomó en cuenta el valor calculado de la materia seca uno (MS1) del forraje de teocinte antes de la incubación en el rumen menos los valores de la materia seca final (MSf) después de los periodos de incubación, entre el valor de la materia seca inicial, multiplicado por 100.

$$\% \text{ DMS} = \frac{(MS1 - MSf) * 100}{MSi}$$

Dónde:

DMS: Degradación de la materia seca

MS1: Materia seca uno

MSf: Materia seca final

MSi: Materia seca inicial

### **3.5.2 Degradación de la materia orgánica**

El % de degradación de la materia orgánica (%DMO) se calculó como la diferencia de la materia orgánica inicial (MO1) del forraje de Teocinte antes de la incubación en el rumen con los resultados de la materia orgánica final (MOf) después de los periodos de incubación, divididos entre los valores de materia orgánica inicial, multiplicado por 100.

$$\% \text{ DMO} = \frac{(\text{MO1} - \text{MOf}) * 100}{\text{MOi}}$$

Dónde:

DMO: Degradación de la materia orgánica

MO1: Materia orgánica uno

MOf: Materia orgánica final

MOi: Materia orgánica inicial

### **3.6 Tratamientos**

Los tiempos de incubación (0, 0.5, 1, 3, 6, 9, 12, 24, 48, 72, 96 horas) fueron considerados los tratamientos, es decir 11 tratamientos por 2 vacas por 4 réplicas por tiempo de incubación para un total de 88 réplicas.

### 3.7 Diseño experimental y análisis de datos

El ensayo fue planeado con un diseño completamente al azar con un arreglo unifactorial donde se consideró el tiempo de incubación como efecto fijo.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

$\mu$  = media poblacional

T = el i ésimo tiempo de incubación

$\varepsilon_{ij}$  = error experimental

La degradabilidad de las variables DMS y DMO fueron estimadas por el modelo propuesto por Orskov y McDonald (1979).

$$Y = a + b * (1 - \exp(-c*t))$$

Dónde:

y = degradación del material después de t horas, (%)

a = fracción soluble, (%)

b = fracción degradable, (%)

e = base de los logaritmos neperianos

c = tasa de degradación por hora

t = tiempo de incubación ruminal en horas

El ajuste de las curvas de degradabilidad se realizó por medio de modelos no lineales asumiendo que las curvas de degradación de ambas vacas eran iguales. Los coeficientes iniciales del modelo fueron estimados por prueba y error; después del ajuste de los modelos se realizó análisis de residuales para detectar heterocedasticidad y no normalidad y pruebas conexas tales como las pruebas de Fligner y Shapiro.

Para conocer el efecto del tiempo sobre la tasa de degradabilidad se realizó análisis de varianza, después del ajuste del modelo se siguió el mismo procedimiento que para los modelos no lineales. Para el caso del ajuste en los modelos de la degradabilidad de MS (modelos no lineales) se utilizó una matriz robusta de varianza-covarianza (estimador sándwich) y los datos fueron transformados por el método Box-Cox (modelos lineales).

Para conocer las diferencias entre los diferentes tiempos de incubación se utilizó la prueba honesta de Tukey. Todos los análisis fueron realizados en el paquete estadístico R (R Development Core Team, 2011).

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos de la composición química de la muestra base del Teocinte se muestran a continuación (Cuadro 1.).

Cuadro 1. Composición química del Teocinte (*Zea nicaraguensis* Iltis & Benz)

<b>Especie</b>	<b>% MS</b>	<b>% MO</b>	<b>% Ceniza</b>
Follaje de <i>Zea nicaraguensis</i> Iltis & Benz	13.4	83.8	10.5

Fuente: Laboratorio Bromatología, UNA; MS: materia seca MO: materia orgánica

Al comparar los resultados de la composición química del follaje de Teocinte encontramos que los porcentajes de materia seca son inferiores a los de pastos usualmente suministrados a bovinos en Nicaragua, Delgado *et al.*, (2006) reporta contenidos de MS de *Cynodon nlemfluenensis* de 20.23, Hio y Rojas (1996) por otro lado reporta 26.23 para *Brachiaria brizantha*, ambos superiores al 13.4 % que se tiene en Teocinte, esto puede estar causado por varios factores, entre ellos edad de corte.

Vergara y Araujo (2006) encontraron valores ligeramente superiores de MO 87.97% en *Brachiaria humidicola* y Bugarín *et al.*, (2009) reporta 14.97% de Ceniza en *Brachiaria brizantha*. Según Benavides y Morán (2011), encontraron valores en materia seca inferiores con un 11.95 % en *Zea may*. Jiménez *et al.*, (2001) en su estudio de producción de forraje de Teocinte encontró que en *Zea diploperennis* Iltis, Doebley y Guzmán bajo condiciones naturales obtuvo un 11.80% de materia seca, 11.23% de cenizas, comparando con lo que vemos en el cuadro 1 de composición química los resultados son superiores excepto el de ceniza a los obtenidos en este estudio.

#### 4.1 Degradación de la materia seca (DMS)

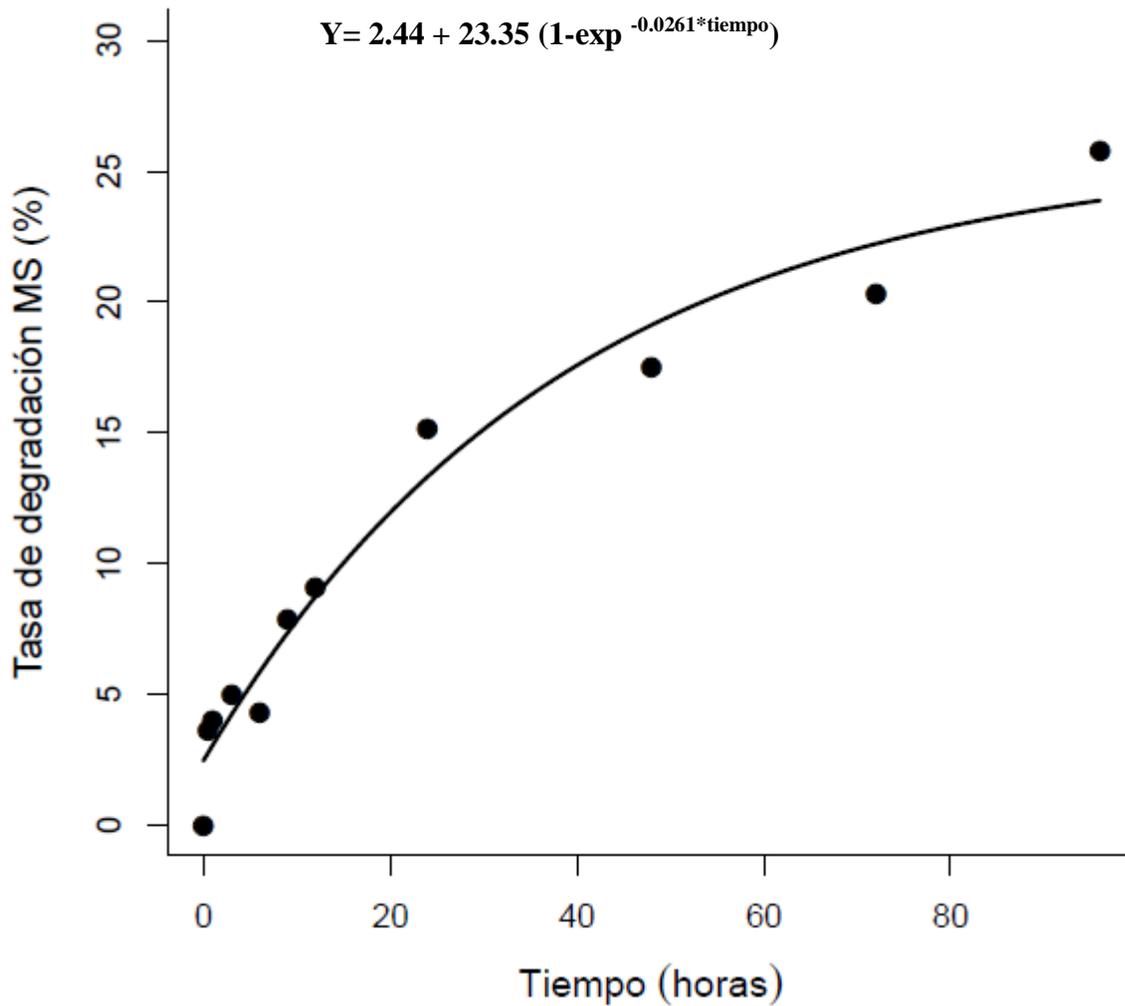


Figura 1. Curva de tasa de degradación de la Materia Seca (MS) del Teocinte (*Zea nicaraguensis* Iltis & Benz).

Como resultados finales de la degradabilidad del follaje de Teocinte obtuvimos una fracción soluble de 2.44% (a), fracción insoluble pero potencialmente degradable de 23.35% (b), una tasa de degradación de la fracción potencialmente degradada estimada de 2.61%\*hora (c) y la fracción no degradable  $[100 - (2.44 + 23.35)]$  de 74.05% (ver anexo 1).

Se observó una rápida degradación de Teocinte en las primeras 24 horas alcanzando casi un 22% de degradación, luego fue un poco más lenta llegando a un 26.95% de degradación hasta llegar a las 96 horas, esto puede ser causado por la alta cantidad de fibra que tenía el pasto a la edad del corte.

Estos resultados son muy distintos a los del *Zea mays*, su familiar más cercano con un 74.65% de Degradabilidad Potencial (Boschini y Amador, 2001), *Hyparrhenia rufa* con un 71.75% y *Brachiaria brizantha* con un 89.12% (Estrada, 1997), al *Panicum maximum* con 73,72% (Razz, *et al.*, 2004).

Los resultados bajos de degradabilidad de MS, encontrados en el Teocinte pueden estar relacionados con el aumento de la concentración de los constituyentes estructurales de la pared celular con el avance de la edad. Estos cambios químicos y estructurales tienen un impacto negativo debido a que disminuyen la accesibilidad de los microorganismos ruminales a los carbohidratos de las paredes celulares, como resultado afecta la capacidad de degradación microbiana ruminal del forraje.

La fibra es la estructura que da fuerza, rigidez y es el componente principal de los tallos de gramíneas y otras plantas. Los azúcares complejos (celulosa y hemicelulosa) se encuentran encerrados en las paredes de las células e inaccesibles para animales no-rumiantes. Sin embargo, la población microbiana que vive en el rumen de la vaca permite degradar y obtener energía de la fibra. Benavides y Morán (2011) reportan 33.92% de fibra en Teocinte, este valor se puede considerar alto pero es similar a los encontrados en *Zea mays* (33.06%) por el mismo autor.

La fibra la dividen en dos, como fibra soluble (pectinas, gomas etc.) e insolubles (lignina, pectinas etc.). El contenido de lignina y la naturaleza de la unión entre este compuesto con la celulosa y con la hemicelulosa, constituyen los carbohidratos más importantes en términos cuantitativos para la alimentación de los rumiantes (Buxadé, 1994).

La función de las celulasas consiste en descomponer la celulosa transformándola en numerosos monómeros de glucosa, esto hace que la degradación sea más fácil en el rumen. Por esta función de la celulasa se facilita la degradación de la fibra en la materia seca, pero es aún complicada para el rumen su digestión y degradación, dado que el pasto puede llegar a estar compuesto de un gran porcentaje de materia seca y no es totalmente aprovechado.

## 4.2 Degradación de la materia orgánica (DMO)

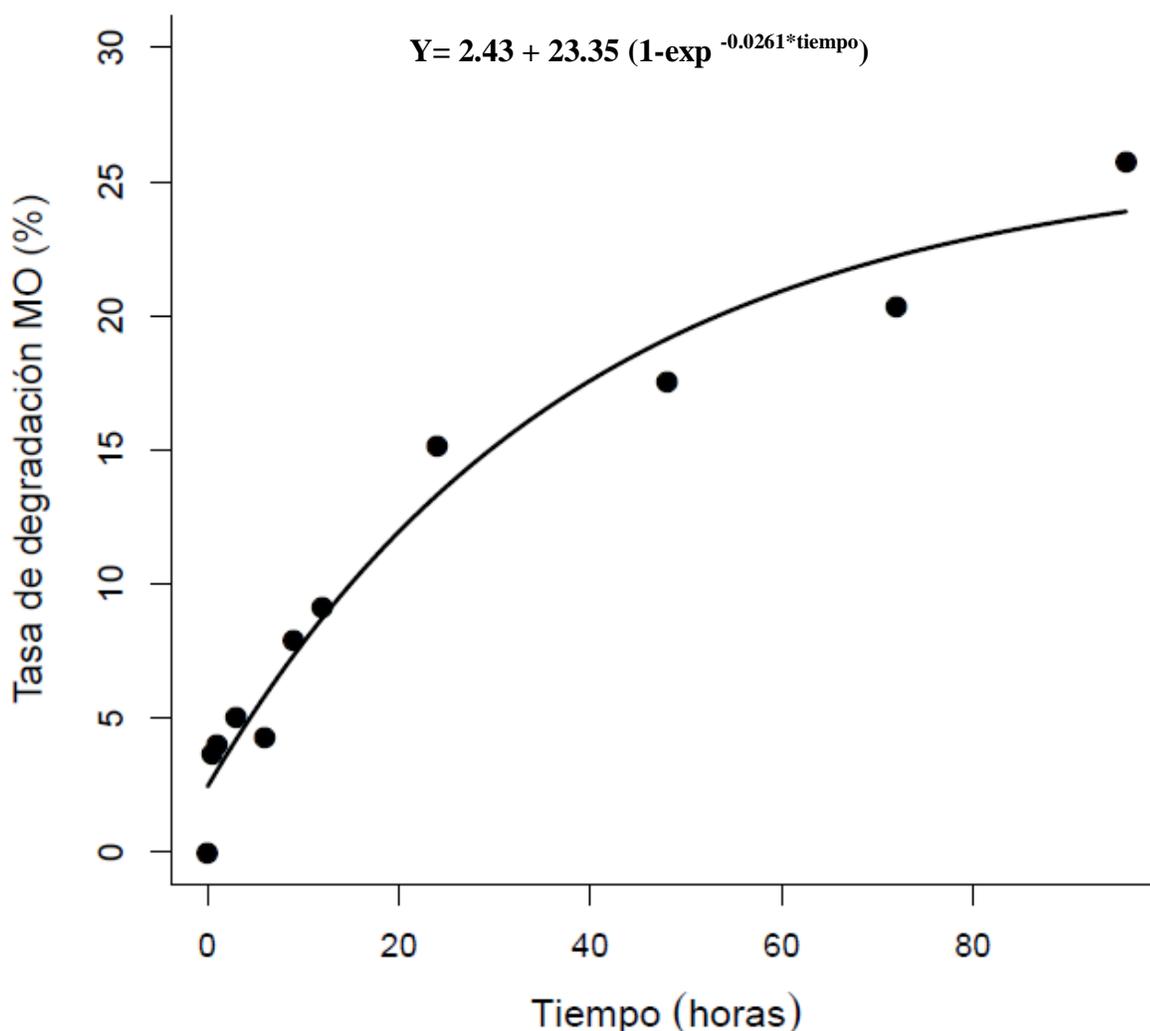


Figura 2. Curva de tasa de degradación de la Materia Orgánica (MO) del Teocinte (*Zea nicaraguensis* Iltis & Benz).

Como resultados finales obtuvimos una fracción soluble de 2.43% (a), fracción insoluble pero potencialmente degradable de 23.35% (b), una tasa de degradación de la fracción potencialmente degradada estimada de 2.61%\*hora y la fracción no degradable de 74.22% (ver anexo 1).

La figura de la MO del Teocinte, muestra que en las primeras 24h ocurrió la mayor cantidad de degradación que oscila entre un 15 a un 17 %, al final.

Estos resultados son inferiores a los encontrados por Gómez *et al.*, (2007) en *Cynodon plectostachyus* 60.47% y Ojeda *et al.*, (2012) en *Cynodon dactylon* 60.3%.

Los resultados obtenidos del Teocinte en DMO pueden ser asociados a que el material no está en las mejores condiciones nutricionales para suministrarlo a las vacas, ocasionando que el animal no tenga una buena digestión, disminuyendo la actividad microbiana en el rumen, con una baja actividad microbiana y una mala asociación de ellas con el material, impiden que la materia orgánica se degrade favorablemente.

Cabe resaltar por otro lado, la relación materia orgánica-proteína (6-1), si esta tasa de relación aumenta, la cantidad de energía disponible para los microorganismos ruminales excede la cantidad de proteína disponible y limita la actividad microbiana, como resultado provoca una fermentación ruminal no óptima con la consecuente reducción en el consumo de forraje (Villalobos *et al.*, 2000).

## V. CONCLUSIONES

- El Teocinte obtuvo valores de 25.95 % de degradabilidad de MS y 25.78% de MO hasta las 96 horas con un intervalo de cambios significativos entre las 18 y 24 horas.
- Las ecuaciones utilizadas para la determinación del cálculo de las tasas de degradación de las fracciones MS y MO del follaje de Teocinte se ajustan a los procesos fisiológicos de las vacas en estudio.

## VI. RECOMENDACIONES

- Seguir realizando estudios sobre el Teocinte para tener mayor conocimiento sobre él y con esa información decidir si es recomendable para la alimentación del ganado bovino.
- Realizar estudios de Degradabilidad utilizando la misma técnica *in sacco* con Teocinte a diferentes edades de corte.
- Realizar otros estudios sobre esta misma temática del Teocinte como: Disponibilidad del material, capacidad de rebrote, composición nutricional, palatabilidad, digestibilidad.
- Hacer más investigaciones sobre el Teocinte (*Zea nicaraguensis* Itis & Benz) ya que es un ancestro del Maíz y un recurso genético local, para obtener el máximo provecho y conservarlo, ya que es una planta endémica de nuestro país.

## VII. LITERATURA CITADA

AOAC (Analysis Association of Official Analytical Chemists).1990. Official Methods of Analysis Association of Official Analytical Chemists, 15ed, Washington, D.C.US. 1213p.

Benavides, G.A; Morán, C.J. 2011. Caracterización y potencial forrajero del teocintle anual (*Zea nicaraguensis* Iltis & Benz), Biodiversidad y Ecoturismo en la Reserva de Recursos Genéticos de Apacunca (RRGA), Chinandega. Caracterización morfológica y potencial forrajero del teocintle anual (*Zea nicaraguensis* Iltis & Benz), recolectado en la Reserva de Recursos Genéticos de Apacunca (RRGA), Chinandega, Nicaragua. FAO. Chinandega, NI. P. 1–17.

Boschini, C.; Amador, A. 2001. Degradabilidad ruminal de la planta de maíz forrajero en diferentes edades de crecimiento. *Agronomía Mesoamericana*. (en línea). Consultado el 25 mar. 2012. Disponible en <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=43712112> ISSN 1021-7444

Bugarín, J.; Lemus, C.; Sangines, L.; Aguirre, J.; Ramos, A.; Soca, M.; Arece, J. 2009. Evaluación de dos especies de *Leucaena*, asociadas a *Brachiaria brizantha* y *Clitoria ternatea* en un sistema silvopastoril de Nayarit, México: II. Producción y composición bromatológica de la biomasa. *Pastos y Forrajes*. (en línea). Consultado el 30 oct. 2012. Disponible en <<http://www.redalyc.org/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=269119692007>> ISSN 0864-0394

Buxadé, C. 1994. *Zootecnia Bases de producción animal*. Mundi Prensa. Madrid, España. 345 p

Delgado, D.; Chongo, B.; Castellanos, E. 2006. Degradabilidad ruminal de materia seca y nitrógeno total en vacas, en un sistema de pastoreo de gramíneas y leguminosas. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* (40). (en línea). Consultado el 17 dic. 2011. Disponible en <http://www.redalyc.org/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=193017708010>. ISSN 0034-7485.

Espinoza, J.R. 1983. Consumo y Parámetros de digestión de rastrojos de maíz cultivado solo o en asocio con leguminosas. Tesis Maestría. Programa Universidad de Costa Rica. CATIE. Turrialba, CR. p 71.

Estrada, X. 1997. Efecto de la sustitución del King Grass (*Pennisetum purpureum*\* *Pennisetum typhoides*) por Morera (*Morus sp*) sobre los parámetros de degradación y fermentación ruminal de cuatro forrajes de calidad contrastante. Centro Agronómico tropical de investigación y enseñanza, Programa de enseñanza para el desarrollo y la conservación. Escuela de Post Grado. Turrialba, CR. p. 74. (en línea). Consultado el 10 ene. 2013. Disponible en <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0475E/A0475E.PDF>

Gómez, H.; Molina, V.; Rubio, K. 2007. Evaluación de la Degradabilidad ruminal de materiales forrajeros en dos sistemas de producción ganadera a través de la técnica *in situ*. Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad de el Salvador. San Salvador, SV. p. 106. (en línea). Consultado el 17 dic. 2012. Disponible en <http://ri.ues.edu.sv/1594/>

Iltis, H.H.; Benz, B.F. 2000. *Zea nicaraguensis* (Poacea), a new teosinte from Pacific coastal Nicaragua. *Novon* 10: 382-390. (en línea). Consultado el 20 feb. 2013. Disponible en <http://www.jstor.org/stable/3392992>

Jiménez, R.G.; García, E.; Peña, B. 2001. Producción de forraje *in situ* del teocintle perenne *Zea diploperennis* Iltis, Doebley y Guzmán. *Técnica Pecuaria en México*. 39 (2). p. 153-161. (en línea). Consultado el 6 de feb. 2013. Disponible en <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=61339206>

INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales). 2012. Normas Históricas. sp.

Hio, S.; Rojas, A. 1996. Parámetros ruminales y degradabilidad de forrajes en toretes consumiendo ensilaje de fruto de pejibaye. Estación experimental de ganado lechero y escuela de Zootecnia. Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, CR. p. 159-165. (en línea). Consultado el 15 feb. 2013. Disponible en [http://www.mag.go.cr/rev\\_agr/v20n02\\_159.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_agr/v20n02_159.pdf)

Mertens, D.R.; Ely, L.O. 1982. Relationship of rate and extent of digestion forage utilization a dynamic model evaluation. *Journal of Animal Science*. 54: 895 p.

Ojeda, A.; Reyes, M.; Rodríguez, W. 2012. Efecto de la liberación controlada de nitrógeno sobre la fermentación y la degradabilidad *in situ* de *Cynodon dactylon*. Editorial CSIC. Madrid, España. 17 (3). p. 3133-3139. (en línea). Consultado 13 ene. 2013. Disponible en [http://www.erevistas.csic.es/ficha\\_articulo.php?url=oai\\_revista208:272&oai\\_iden=oai\\_revista208#](http://www.erevistas.csic.es/ficha_articulo.php?url=oai_revista208:272&oai_iden=oai_revista208#).

Orskov, E.R y McDonald, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science*. 92. p. 499-503.

Pedraza, R. 2001. Estimación del valor nutritivo de los alimentos para rumiantes con énfasis en las técnicas *in sacco* y de producción de gas *in vitro*. Artículo Reseña. Centro de estudios para el desarrollo de la producción animal (CEDEPA). Facultad de Ciencia Agropecuarias. Universidad de Camagüey. Camagüey, CU. 13 (1). p. 45-54. (en línea). Consultado el 6 dic. 2012. Disponible en <http://www.reduc.edu.cu/147/01/1/14701110.pdf>

Pezo, D. y Vohnout, K. 1977. Tasas de digestión *in vitro* en seis gramíneas tropicales. *Journal of Animal Science*. p. 27-74.

R Development Core Team. 2011 R: A language and environment for statistical computing. R foundation for statistical computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. (en línea). Consultado el 8 octubre 2012. Disponible en <http://www.r-project.org/>

Razz, R.; Clavero, T.; Vergara, J. 2004. Cinética de degradación *in situ* de la *Leucaena leucocephala* y *Panicum máximum*. *Revista Científica*. p. 424-430. (en línea). Consultado 14 de feb. 2012. Disponible en <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/959/95914507.pdf>

Ruiz, M.; Ruiz, A.1990. Nutrición de rumiantes: guía metodológica de investigación. San José, CR: IICA, 105-139 p.

Smith, L.W. 1971. *In vitro* digestion rates of forage cell Wall components. Journal of Dairy science. 54:71 p.

Soto, R.S. 2007. Digestibilidad *in vitro* en forrajes tropicales a diferentes edades de rebrote. Tesis. Ing. Agr. San José, CR. Universidad EARTH. 32 p.

Vergara, J.; Araujo, O. 2006. Producción, Composición Química y Degradabilidad Ruminal *In Situ* de *Brachiaria humidicola* (RENDLE) Schweick en el Bosque Seco Tropical. *Rev. Cient. (Maracaibo)*. 16 (3). p. 239-248. (en línea). Consultado el 26 ene. 2013. Disponible en [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0798-22592006000300005&script=sci\\_abstract](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0798-22592006000300005&script=sci_abstract). ISSN 0798-2259.

Villalobos, C.; Gonzales, M.; Ortega, J. 2000. Técnica para estimar la degradación proteína y materia orgánica en el rumen y su importancia en rumiantes de pastoreo. p. 119-134. (en línea). Consultado el 28 ene 2013. Disponible en <http://www.tecnicapecuaria.org.mx/trabajos/200212175725.pdf>

Wilkes, H.G. 1996. El Teocintle en México: Panorama retrospectivo y Análisis Personal. (21-25 Sep: 1995); El Batán, México, MX. En: Memoria del foro Flujo Genético entre Maíz Criollo, Maíz Mejorado y Teocintle: Implicaciones para el Maíz Transgénico. Memoria. Universidad Nacional Agraria, Managua, NI. 11- 19 p.

## **VIII. ANEXOS**

Anexo 1. Degradación de la Materia Seca (DMS)

<b>Degradación de la Materia Seca (DMS)</b>				
<b>Parámetro</b>	<b>Estimado</b>	<b>Error Estándar</b>	<b>t valor</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
<b>a</b>	2.437986	0.558969	4.362	3.61e-05***
<b>b</b>	23.350871	1.619173	14.421	< 2e-16***
<b>c</b>	0.026116	0.004864	5.370	6.75e-07***

Anexo 2. Degradación de la Materia Orgánica (DMO)

<b>Degradación de la Materia Orgánica (DMO)</b>				
<b>Parámetro</b>	<b>Estimado</b>	<b>Error Estándar</b>	<b>t valor</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
<b>a</b>	2.432031	0.558597	4.354	3.71e-05 ***
<b>b</b>	23.354567	1.616037	14.452	< 2e-16 ***
<b>c</b>	0.026137	0.004859	5.379	6.50e-07 ***