

11662  
5



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLÁN

VARIACION EN LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y EFECTOS DIGESTIVOS DEL  
SALVADO DE MAÍZ ENSILADO CON FORRAJE DE SORGO

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS EN EL AREA DE  
NUTRICION ANIMAL  
P R E S E N T A :  
JOSÉ CRUZ SAAVEDRA MELAYES

ASESOR:  
Ph. D. JUAN DE DIOS GARZA FLORES

AJUCHITLAN, QRO.

296707

2001



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

# VARIACION EN LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y EFECTOS DIGESTIVOS DEL SALVADO DE MAÍZ ENSILADO CON FORRAJE DE SORGO

## RESUMEN

Se realizaron dos experimentos para comparar la composición química y los efectos digestivos de ensilado de maíz y ensilado de salvado de maíz húmedo (SMH) con forraje de sorgo (FS). En el primer experimento se prepararon tres tratamientos, con tres repeticiones cada uno (%BS), 80 SMH:20 FS, 70 SMH:30 FS Y 60 SMH:40 FS, los cuales se introdujeron en microsilos de 10 Kg, durante 15 días, y se compararon entre ellos, y con el ensilado de maíz, mediante un análisis de varianza de acuerdo con un modelo completamente al azar ( $P \leq 0.05$ ). Por otro lado, para evaluar el efecto del nivel del SMH y del tiempo de ensilaje sobre las características químicas de estos ensilajes; se destaparon 3 silos de cada tratamiento, al momento de ensilarse, a los 15 y a los 30 días, y se compararon mediante un análisis de varianza de acuerdo con un modelo completamente al azar con arreglo factorial (3 x 3), y las medias fueron comparadas por medio de contrastes ortogonales. Todos los tratamientos de salvado de maíz presentaron buenas características de conservación, y superaron al ensilado de maíz en cuanto a MS y PC, sin embargo el ensilado con 80% de SMH presentó mayor ( $P \leq 0.05$ ) cantidad de energía digestible, metabolizable, neta de mantenimiento y neta de ganancia respecto al ensilado de maíz y a los otros dos tratamientos. Al reducir el nivel de SMH, se incrementó el contenido de materia seca y de fibra. El tiempo de ensilaje no afectó ( $P > 0.05$ ) el contenido de MS, pero incrementó ( $P \leq 0.05$ ) el contenido de proteína cruda a los 15 días de ensilaje, y se redujo a los 30 días de ensilaje. El contenido de fibra detergente ácido, se concentró a medida que paso el tiempo. En el segundo experimento se evaluó y comparó la digestibilidad aparente del mejor de los tratamientos del experimento 1 (80 SMH:20 FS) y el ensilado de maíz, para lo cual se utilizó un marcador interno (cenizas

insolubles en ácido). También se determinó el consumo de agua, el fraccionamiento de la digestión de la MS, MO, FDN, FDA, hemicelulosa y celulosa, así como el tiempo Lag, la tasa de paso de sólidos, el pH ruminal y la degradabilidad efectiva, utilizando seis vaquillas Angus equipadas con cánula ruminal permanente. Todos los animales fueron alojados en corraletas individuales, y alimentados al 2% del peso corporal, de acuerdo a un diseño cruzado, con dos periodos experimentales de 18 días cada uno. Los primeros 12 días de cada periodo se utilizaron para adaptación y el resto para la colección de muestras. Para determinar la digestibilidad aparente se colectaron (día 13-15 de cada periodo) muestras de heces directamente del recto, se mezclaron en forma homogénea y se analizaron químicamente. Para determinar el fraccionamiento de digestión se introdujeron 10 g de ensilado seco y molido en bolsas de dacrón, las cuales fueron incubadas (día 16-18 de cada periodo) en el rumen de vaquillas consumiendo el mismo ensilado. Las bolsas se colocaron en orden inverso, a las 0, 2, 4, 8, 12, 24, 48 y 72 horas, y se analizaron químicamente. La desaparición de cada componente fue analizado con ayuda del programa Neway. Para determinar el pH ruminal se colectaron (día 13-15 de cada periodo) muestras de líquido ruminal y se analizaron con un potenciómetro pH 20. El consumo de agua fue mayor (20.94 vs 13.25 l/día ;  $P \leq 0.05$ ) en los animales alimentados con ensilados de salvado de maíz húmedo. La digestibilidad aparente de la MS (64.42 vs 73.89%), MO (66.66 vs 77.11%), PC (48.24 vs 82.45%), FDN (57.56 vs 69.85%) y hemicelulosa (59.18 vs 76.52%), fueron mayores ( $P \leq 0.05$ ) en los animales alimentados con SMH, al igual que la degradabilidad efectiva de la MS (56.20 vs 70.60%), MO (54.18 vs 70.22%) y FDN (40.41 vs 53.26%), sin embargo la digestibilidad de la FDA y la celulosa fue similar ( $P \geq 0.05$ ) en ambos tratamientos. El ensilado de SMH presentó una mayor fracción soluble de MS, MO, FDN y FDA, sin embargo una menor fracción soluble de celulosa. Para todas las variables analizadas el ensilado de SMH tuvo una mayor ( $P \leq 0.05$ ) tasa de degradación (c). El ensilado de maíz presentó un mayor

tiempo Lag para todos los componentes de la dieta excepto para la celulosa. El pH ruminal fue más ácido (6.71 vs 6.41) para los animales alimentados con SMH ensilado con forraje de sorgo.

La tasa de paso de sólidos fue similar (2.63 vs 2.78 %/hora) entre ambos ensilados. Los ensilados de SMH, presentan buenas características de conservación mediante este método, su composición química y digestibilidad supera al ensilado de maíz, por lo cual es una opción viable para sustituir en las raciones del ganado.

## CONTENIDO

CONTENIDO.....	I
INDICE DE CUADROS.....	IV
INDICE DE FIGURAS.....	VI

### CAPITULO I.

INTRODUCCIÓN.....	2
-------------------	---

### CAPITULO II.

REVISION BIBLIOGRAFICA.....	4
II.1 ANTECEDENTES.....	4
II.2 Digestión ruminal de la fibra.....	6
II.2.1 Digestión ruminal de la celulosa.....	6
II.2.2 Degradación de la hemicelulosa .....	7
II.3 Evaluación biológica de un forraje.....	8
II.4 Producción y composición del salvado de maíz húmedo.....	9
II.5 Forma física y fibra efectiva.....	10
II.5.1 Establecimiento de los requerimientos de fibra en rumiantes.....	10
II.6 Efecto de la substitución de fibra forrajera (fibra larga), por fibra no forrajera (fibra corta).....	11
II.6.1 Efecto de la alimentación con fibra no forrajera sobre el sitio de digestión de la fibra.....	13
II.7 Efecto del tamaño de partícula sobre la digestión de los forrajes.....	13
II.7.1 Tiempo Lag.....	13
II.7.2 Tasa de digestión.....	15
II.7.3 Tasa de paso.....	16
II.8 Utilización del salvado de maíz húmedo en la dieta de rumiantes.....	16

II.8.1 Efecto de la inclusión de salvado de maíz húmedo sobre la digestibilidad de los nutrimentos.....	17
II.9 Eficiencia del proceso fermentativo del salvado de maíz húmedo.....	18
II.10 Calidad del ensilaje.....	18

### CAPITULO III.

HIPOTESIS.....	20
----------------	----

### CAPITULO IV.

OBJETIVO GENERAL.....	20
-----------------------	----

### CAPITULO V.

#### COMPARACIÓN EN LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ENSILADO DE MAÍZ Y SILOS CON TRES NIVELES (80, 70 Y 60% EN BS) DE SALVADO DE MAÍZ CON FORRAJE DE SORGO.

Introducción.....	21
Objetivo general.....	23
Objetivos específicos.....	23
Material y métodos.....	24
Ubicación.....	24
Análisis químicos.....	27
Análisis estadísticos.....	27
Resultados y discusión.....	30

## CAPITULO VI.

### DIGESTIÓN RUMINAL EN VAQUILLAS ANGUS ALIMENTADAS CON SALVADO DE MAÍZ HÚMEDO ENSILADO CON FORRAJE DE SORGO, Y SU COMPARACIÓN CON EL ENSILADO DE MAÍZ..

Introducción.....	53
Objetivo general.....	54
Objetivos específicos.....	54
Material y métodos.....	55
Ubicación.....	55
Animales.....	55
Alimentación.....	56
Digestibilidad aparente.....	56
Tasa de digestión.....	57
Determinación de tasa de pasaje.....	58
Determinación de flujo bacteriano a intestino .....	58
Determinación de volumen ruminal .....	58
Estimación de la degradabilidad efectiva.....	61
Análisis estadístico.....	61
Resultados y discusión.....	64
VII.CONCLUSIONES.....	88
VIII. BIBLIOGRAFIA.....	89
IX. APENDICE.....	97

## INDICE DE CUADROS

### CUADRO

V.1 Conformación de los tratamientos de salvado de maíz al ser ensilados .....	25
V.2 Composición química de los ingredientes utilizados para realizar los microsilos en el experimento 1 .....	26
V.3 Composición química del ensilado de maíz y su comparación con diferentes ensilajes de forraje de sorgo a los 15 días del proceso.....	33
V.4 Contenido de fracciones de fibra en el ensilado de maíz y su comparación con diferentes ensilajes de salvado de maíz húmedo a los 15 días del proceso.....	35
V.5 Contenido de energía del ensilado de maíz y su comparación con diferentes ensilados de salvado de maíz húmedo.....	36
V.6 pH y producción de ácidos grasos volátiles en los diferentes tratamientos de salvado de maíz y su comparación con su similar de Maíz.....	37
V.7 Efecto del tiempo de ensilaje y el nivel de salvado de maíz húmedo, sobre el contenido de materia seca y materia orgánica y proteína cruda de los ensilados.....	41
V.8 Efecto del nivel de salvado de maíz húmedo y el tiempo de ensilaje sobre el contenido de nitrógeno amoniacal y pH de los ensilados (MMC; % MS) .....	45
V.9. Efecto del tiempo de ensilaje y el nivel de salvado de maíz húmedo, sobre el contenido de fibra detergente neutro y fibra detergente ácido en los ensilados de salvado de maíz húmedo con forraje de sorgo.....	49
V.10 Efecto del nivel de salvado de maíz húmedo y el tiempo de ensilaje sobre el contenido de hemicelulosa y lignina (MMC %MS).....	50
VI.1 Horario de colección de líquido ruminal para la determinación de pH.....	60
VI.2 Composición de los ensilados utilizados en el experimento 2.....	65
VI.3 Consumo de los componentes de la dieta de los tratamientos (Kg/día).....	67

VI.4 Consumo de agua de vaquillas Angus alimentadas con ensilados de maíz y de salvado de maíz húmedo con forraje de sorgo.....	68
VI.5 Digestibilidad aparente total de los componentes de la dieta, en vaquillas Angus alimentadas con ensilados de salvado de maíz húmedo con forraje de sorgo y ensilado de maíz (%MS).....	72
VI.6 Digestibilidad <i>in situ</i> de la materia seca del ensilado de salvado de maíz húmedo con forraje de sorgo y su similar de maíz (%MS) en vaquillas Angus.....	76
VI.7 Digestibilidad <i>in situ</i> de la materia orgánica del ensilado de salvado de maíz húmedo y su similar de maíz (%MS) en vaquillas Angus.....	77
VI.8 Digestibilidad <i>in situ</i> de la fibra detergente neutro del ensilado de salvado de maíz húmedo con forraje de sorgo y su similar de maíz en vaquillas Angus.....	79
VI.9 Digestibilidad <i>in situ</i> de la fibra detergente ácido del ensilado de salvado de maíz y su similar de maíz en vaquillas Angus.....	80
VI.10 Digestibilidad <i>in situ</i> de la hemicelulosa del ensilado de salvado de maíz húmedo con forraje de sorgo y su similar de maíz en vaquillas Angus.....	82
VI.11 Digestibilidad <i>in situ</i> de la celulosa del ensilado de salvado de maíz húmedo con forraje de sorgo y su similar de maíz en vaquillas Angus.....	84
VI.12 Tasa de paso y volumen ruminal en vaquillas Angus alimentadas con ensilado de SMH y forraje de sorgo, y con silo de maíz, calculados por ecuaciones propuestas por Owens.....	86

## INDICE DE FIGURAS

### FIGURA

1. Potencial de substitución de forraje tosco por fibra no forrajera en rumiantes.....	14
2. Efecto de la interacción entre el tiempo de ensilaje y el porcentaje de SMH en el contenido de proteína cruda de los diferentes tratamientos.....	42
3. Efecto del tiempo de ensilaje y el porcentaje de salvado de maíz húmedo en el pH de los ensilados.....	46
4. Efecto del tiempo de ensilaje y el porcentaje de salvado de maíz húmedo en el Contenido de FDA .de los ensilados.....	51
5.	

## I.INTRODUCCION

La utilización de almidón a partir de los granos está ganando terreno en la nutrición de ganado alrededor del mundo, la principal razón es el aumento de los requerimientos de energía en los animales, por una mayor capacidad de producción; sin embargo, la suplementación de esta en forma de carbohidratos no fibrosos usualmente decrece la digestibilidad de la fibra. Por lo cual cubrir las necesidades nutrimentales de los animales rumiantes es todo un reto, pero cada vez se tiene más conocimiento para cubrir tales requerimientos.

Las explotaciones intensivas de ganado de carne se han caracterizado por utilizar altos porcentajes de granos en la dieta, utilizando bajos porcentajes de forraje en la ración, esto desafortunadamente trae consigo problemas metabólicos que hacen ineficiente al rumiante. Para reducir estos problemas, se requiere de aportar una cantidad adecuada de fibra efectiva, que estimule la salivación y la rumia.

Una fuente común de fibra es el ensilado de maíz; solo que este ingrediente presenta el inconveniente de tener un elevado porcentaje de humedad, ocupa un gran volumen dentro del rumen, presenta una lenta tasa de paso y de digestión (Bal *et al.*, 1998); lo que limita el consumo y la velocidad de crecimiento del animal. Waldo *et al.* (1972) mencionan que cuando se emplean dietas energéticamente diluidas y poco digestibles, el consumo se disminuye por la capacidad física del rumen. Sin embargo, cuando se utilizan este tipo de ingredientes poco digestibles en vacas lactando se aumenta la tasa de paso, causando una reducción en la digestibilidad.

Con el objeto de disminuir el empleo de los forrajes, llenar los requerimientos de energía y mejorar la digestión de la fibra en los rumiantes, se han evaluado nuevas fuentes de fibra no proveniente de forraje. Que además de ser más digestibles y menos

voluminosas, tiene una mayor tasa de paso, lo que mejora el consumo, sin afectar el aprovechamiento del alimento; pero su empleo como única fuente de fibra puede provocar cambios en el pH ruminal, y por consecuencia puede presentar una pobre digestión de la dieta, por lo que se requiere hacer adecuaciones en la ración para poder ser utilizada. Kampman y Loerch (1989) reportan que la concentración (0, 40, 60 y 80%) de estas fibras en la dieta, como es el caso del salvado de maíz húmedo tienen un efecto cuadrático sobre la ganancia diaria de peso y la conversión alimenticia, y genera un mayor crecimiento bacteriano y este a su vez provee del 59-81% de la proteína en el rumiante (Mabjeesh *et al.*, 1997) . Además este es un subproducto que se produce constantemente y tiene una buena rentabilidad en las explotaciones ganaderas.

Algunas fuentes de fibra no forrajera, generalmente presentan limitantes para su almacenamiento, razón por la cual su empleo no ha sido relevante en la mayoría de las explotaciones. El salvado de maíz húmedo (SMH) presenta el inconveniente de tener un alto porcentaje de humedad, por lo que su vida de "anaquel" es muy corta; sin embargo utilizando métodos de conservación como el deshidratado y el ensilaje, podrían aumentar el uso de este subproducto en la alimentación de rumiantes. Bernard *et al.* (1991) mencionan que el utilizar el proceso de deshidratado en el salvado de maíz, acarrea problemas como bajo porcentaje de grasa en leche, a causa de que disminuye la digestibilidad de la fibra. Por lo cual este no es el método más adecuado para su conservación. En años anteriores Jaster *et al.* (1984) evaluarón el ensilaje como un método de conservación, observando que este es un proceso viable para la almacenar el salvado de maíz húmedo. Con estos antecedentes, en el presente estudio se evaluaron las características químicas del salvado de maíz húmedo, ensilado con forraje de sorgo, sus efectos sobre el pH ruminal, su tasa de digestión, así como su degradabilidad efectiva en vaquillas productoras de carne.

## II. REVISION BIBLIOGRAFICA

### II.1 Antecedentes

La fibra es una mezcla heterogénea de glúcidos (celulosas y hemicelulosas) y otros materiales como la lignina, que se encuentra presente en los forrajes y es indigestible por los animales no rumiantes. Se clasifica como fibra larga, la proveniente de forrajes toscos, y fibra corta, la presente en subproductos agroindustriales. Esta clasificación permite diferenciar la calidad de la fibra, ya que dependiendo del tipo será su efecto en el ambiente ruminal. El tamaño de partícula, las propiedades de superficie de contacto, la tasa de fermentación y el grado de lignificación son también parámetros relevantes de su calidad.

Los forrajes están cubiertos por una cutícula serosa delgada, que contiene una capa resistente de poliéster llamada cutina, la cual forma el componente estructural cutícula (Kolattukudy, 1980). En algunos forrajes, esta contiene de 18 a 24% de sílice, que da rigidez a la capa externa (Mc Allister *et al.*, 1994) y presenta una fuerte barrera a la invasión de los microorganismos del rumen (Akin, 1989; Monson *et al.*, 1972); con excepción de algunos hongos ruminales que pueden penetrarla (Ho *et al.*, 1988). Inmediatamente debajo de la cutícula, se encuentran las células de la planta, compuestas principalmente de una pared celular llamada celulosa, con pequeñas porciones de lignina (Van Soest, 1982). La celulosa está constituida por residuos de glucosa, unidos por enlaces  $\beta$  1-4 que forman cadenas de 14,000 residuos (McNeil *et al.*, 1984). La fracción de hemicelulosa está formada principalmente por xilanos unidos por enlaces  $\beta$  1-4 (Van Soest, 1982).

El uso de grandes cantidades de forrajes toscos para llenar los requerimientos de fibra detergente neutro (FDN) en rumiantes, dificulta cubrir las necesidades de proteína y

energía, lo que hace necesario el empleo de altas proporciones de granos en la dieta. Estos granos en México tienen un elevado costo, dada su escasa producción y se depende en gran medida de la importación, lo que pone en riesgo la rentabilidad en la producción de rumiantes. Klopfenstein (1997) indica que en un futuro, la producción de ganado de carne y lechero va a depender en gran medida de la habilidad de estos animales para utilizar la fibra, ya que se encuentran en desventaja con los animales no rumiantes, en cuanto a la eficiencia en la utilización de los granos.

Según Mertens y Loften (1980), el uso de granos en la dieta produce efectos nocivos sobre la estabilidad del rumen, propiciando una baja en la digestibilidad de la FDN de la dieta por la muerte de un gran número de bacterias celulolíticas. Hussein *et al.* (1995) y Grant (1997) reportan que al substituir parte del concentrado de la dieta con salvado de maíz húmedo, se mejora la digestión total de la dieta, y el crecimiento de vaquillas Holstein.

Con el fin de disminuir los efectos negativos asociados al uso de altas cantidades de granos en la dieta de ganado lechero, recientemente se ha incrementado el interés por el uso de subproductos industriales altos en fibra en la formulación de concentrados (Bernard y Mc Neil, 1991; Castaldo, 1995). Estos ingredientes tienen perfiles nutricionales notablemente diferentes de los alimentos convencionales. En muchos casos, el criterio para formular y evaluar las dietas difieren del utilizado para ingredientes de uso común.

Comparadas con los forrajes toscos, las fuentes de fibra corta son menos voluminosas, lo que incrementa el consumo, tienen mayor porcentaje de proteína cruda (PC) y energía neta, su FDN es más digestible y se utiliza más eficientemente por el animal; sin embargo estas fuentes de fibra no generan una adecuada salivación, y pueden ocasionar problemas digestivos (Oliveros *et al.*, 1989; Subweeks *et al.*, 1980); lo que hace

necesario adecuar el uso de esta fibra, mediante la combinación de ambos tipos, para mejorar su utilización.

## **II.2 Digestión ruminal de la fibra**

Cuando el animal consume forraje, las bacterias del rumen se adhieren a componentes específicos, logrando una rápida y extensa digestión a través de una serie de enzimas microbianas. Los hongos de los géneros *Neocallimastix*, *Piromonas* y *Sphaeromonas*, producen zoosporas que son atraídas a las partículas lignocelulósicas por quimiotaxis, penetrando a través de estomas y por las rupturas provocadas por la trituración mecánica del forraje. Fleck *et al.* (1988), mencionan que la fibra proveniente del salvado de maíz húmedo, es muy digestible, debido a que durante el proceso de su producción las moléculas de celulosa se hinchan, favoreciendo la penetración de rizoides de los microorganismos para su digestión. Una vez establecidos estos microorganismos en el forraje, secretan gran cantidad de polisacaridasas y glucosidasas extracelulares, dejando los carbohidratos fermentables de las plantas disponibles para las bacterias, que los convierten en ácidos grasos volátiles, disponibles para el animal. Estos procesos digestivos en el rumen pueden ser explicados por modelos de cinética ruminal.

### **II.2.1 Digestión ruminal de la celulosa**

La degradación de la celulosa esta a cargo de las bacterias *Ruminococcus albus*, *Ruminococcus flavefasciens* y *Bacteroides succinogenes*, los cuales requieren para su crecimiento celulosa de los alimentos (Weimer, 1996). Estos microorganismos se adhieren firmemente a los fragmentos de alimento y secretan enzimas las cuales rompen el esqueleto de la molécula de celulosa, remueven las cadenas laterales y las hidrolizan en monosácaridos y oligosácaridos (celobiosa, glucosa). La celobiosa puede ser usada por la misma bacteria o servir de substrato para otro grupo de bacterias. Si la celobiosa no es hidrolizada, inhibe el ataque de *B. succinogenes* a la celulosa y suprimen la actividad

de la celulasa de *R. albus*, el ataque de *B. succinogenes* a esta celulosa produce succinato, que es convertido a propionato por otras especies. En algunos forrajes y cereales existen tejidos que protegen a la planta (cutícula), que la hace resistente a la digestión. En esta capa los ingredientes pueden llegar a tener del 18-24% de sílice que es muy rígida y limita la digestión del ingrediente, sin embargo las bacterias usualmente poseen estrategias para tener acceso al almidón y poderlo utilizar (McAllister *et al.*, 1994). Las bacterias celulolíticas, son muy susceptibles a cambios de pH ruminal, por esta causa, cuando se dan dietas altas en granos se disminuye la digestibilidad. (Russel y Wilson, 1996).

La hidrólisis enzimática que sufre la celulosa a causa del ataque bacteriano, genera glucosa (hexosa) y celobiosa (pentosa). Las hexosas entran al ciclo de Embden-Meyerhof, para la generación de piruvato. Las pentosas entran al ciclo de la pentosa-fosfato, que mediante reacciones de transcetolasa y transaldolasa, generan 2 hexosas-fosfato y una triosa-fosfato, y agentes reductores ( $\text{NADH}_2$ ), con la entrada de 3 pentosas fosfato al ciclo, y se genera succinato, que es utilizado por otras bacterias ruminales para la formación de propionato (Weimer, 1996).

## **II.2.2 Degradación de la hemicelulosa:**

*Ruminococcus albus*, *Ruminococcus flavefaciens* y *Bacteroides succinogenes*, también se encargan de hidrolizar hemicelulosa, que es otro polisacárido estructural de los tejidos de las plantas (Fahey y Berger en Church, 1988)

Los oligosacaridos y azúcares solubles son los productos terminales de la degradación extracelular de la celulosa, almidón y otros polímeros como la hemicelulosa, que mediante la hidrólisis intracelular de dicha hexosa (azúcares solubles y oligosacaridos) produce 2 moles de piruvato, proporcionando a la bacteria de energía por la formación de 2 ATP, produciendo NADH (Weimer, 1996).

### II.3 Evaluación biológica de un forraje.

La evaluación de cualquier forraje puede ser basada en la estimación de su grado y tasa de degradación de la pared celular en el rumen. Si las paredes celulares del forraje son degradadas lentamente en el rumen, el consumo puede ser bajo, si es así, el forraje es considerado de baja calidad, sin embargo, no siempre las sustancias degradadas lentamente en el rumen tienen baja digestibilidad. El consumo voluntario de los animales está controlado por la acumulación de fibra en el rumen y la tasa de digestión del alimento, por lo cual es importante determinar este rango de degradación. Por otro lado la falta de materia orgánica degradable fácilmente en rumen, disminuye el consumo voluntario, la tasa de paso y la digestibilidad (Wilman *et al.*, 1996).

Los nuevos sistemas de evaluación proteica en rumiantes, requieren para su aplicación del conocimiento de la degradabilidad ruminal del nitrógeno de los componentes de la ración, una técnica empleada para calcular la degradabilidad ruminal es la de la bolsa de nylon, utilizada para estimar la desaparición de materia seca, de nitrógeno y fracciones de fibra entre otros (Parra *et al.*, 1984).

La digestibilidad de un forraje se afecta por su nivel de lignificación, de esta forma la digestibilidad de la celulosa se incrementa por una remoción química de la lignina. El forraje inmaduro es digerido un 68% más rápido que el maduro (Cross *et al.*, 1974), la cantidad de sílica es otro posible factor que afecta la digestibilidad de la fibra.

Se han realizado estudios para evaluar como se afecta el consumo voluntario con el contenido de celulosa, observando que el consumo de materia seca, energía digestible y porcentaje de proteína, están correlacionados negativamente con el porcentaje de celulosa y positivamente con el contenido de proteína cruda y el consumo voluntario (Laforest *et al.*, 1986).

En la técnica de degradabilidad *in situ* se emplean bolsas de un material poroso de 70 x 32  $\mu\text{m}$ , estas bolsas contienen 10 gramos de muestra en base seca, se introducen al rumen del animal y se sacan a ciertas horas, determinadas por el tipo de alimento, y por diferencia de peso se calcula la digestibilidad (Gasa *et al.*, 1988). Otra técnica de gran importancia es la técnica *in vitro* que es una de las más cercanas a la realidad.

#### **II.4 Producción y composición del salvado de maíz húmedo**

El maíz al ser sometido a una molienda húmeda da origen al SMH, proveniente de un envolvente fibroso, llamado comúnmente cascarilla que en su interior se encuentra ligada íntimamente a la proteína. Este proceso involucra varios pasos, como lo son cocimiento, evaporación, separaciones mecánicas con moliendas y lavados a contracorriente en sistemas de cribado, centrifugas e hidrociclones. En el proceso de remojado antes del cocimiento, parte de los nutrimentos esenciales son mezclados con el licor escurrido, posteriormente en la molienda húmeda, el germen de maíz se separa del grano, para remover el aceite. La porción restante del grano da origen al SMH. Este es un ingrediente con cantidad media de proteína cruda (19%), sin embargo esta proteína es más soluble que la de los granos de destilería, y puede ser degradada más rápidamente que la de otros subproductos (Firkins *et al.*, 1985). En un estudio realizado por Fleck *et al.* (1988), para determinar la composición química del SMH, reportan que el SMH tiene un 18% de proteína cruda, de la cual el 26% es de sobrepaso y tiene 51.3% de FDN, 10% de FDA, 8.7% de celulosa y un 1.3% de lignina. Bernard *et al.* (1991), indican que la energía neta de lactancia, del SMH es 10% menor que la del grano de maíz; sin embargo este salvado tiene una mayor cantidad de FDN (principalmente hemicelulosa), que es digerida en el rumen, y que por la digestión bacteriana de esta fibra, se tiene una mayor cantidad de grasa en leche (Firkins *et al.*, 1985). Ham *et al.* (1995) estimaron la energía neta de

ganancia (ENg) del SMH en novillos en crecimiento y finalización en .99 y 1.03 Mcal/kg, respectivamente.

## **II.5 Forma física y fibra efectiva**

La forma física de un alimento tiene gran impacto sobre la efectividad de fibra en la dieta. El tiempo de masticación es un buen indicador de la fibra efectiva. Su aspecto benéfico se manifiesta en su efecto sobre la regurgitación, la masticación, la salivación, el pH ruminal y la función ruminal. Los subproductos industriales usualmente poseen considerable cantidad de fibra altamente fermentable, con baja cantidad de almidón y con similar contenido de energía digestible comparado con los granos de cereales (Anderson *et al.*, 1987, Oliveros *et al.*, 1989).

Cuando se incluyen subproductos industriales altos en fibra en las raciones del ganado lechero la relación ácido acético a propiónico se incrementa, comparado con raciones isocalóricas que contienen alta cantidad de grano. Muchos de estos subproductos tienen una alta relación FDN: carbohidratos no estructurales con respecto al producto que se derivan (Salvado de maíz, trigo, arroz), por lo que su incorporación en la dieta, tiende a mejorar la fermentación ruminal.

### **II.5.1 Establecimiento de los requerimientos de fibra en rumiantes.**

Los rumiantes requieren de forraje en sus dietas para maximizar la producción, mantenerse sanos y tener un comportamiento estable en el rumen. La habilidad de los forrajes para estimular la masticación ha sido investigada intensamente, por la relación entre la masticación y el flujo de buffers salivales al rumen, que son requeridos para neutralizar la fermentación ácida.

Welch y Smith (1969), citados por Allen (1997) reportan que la FDN es el componente nutricional de los forrajes relacionado con la habilidad para estimular la rumia, sin embargo, Grant (1997) reporta que las características químicas del forraje, no

solamente deben ser utilizadas para establecer requerimientos de fibra, ya que la fermentación ruminal de la fibra es variable.

Los requerimientos de fibra para el ganado deben ser determinados considerando la efectividad de la fibra y la producción de ácidos por la fermentación. Armentano y Pereira (1997), mencionan que el análisis de FDN provee una descripción útil de los forrajes y otros alimentos, sin embargo, el uso de FDN como única medida de la contribución de fibra del alimento tiene demasiados problemas para dos clases de alimentos: para forrajes procesados que tienen una forma física diferente y para subproductos altos en fibra. Los subproductos y los forrajes picados finamente, contribuyen con un valor de fibra en las dietas, pero contribuyen en menor grado que los forrajes largos. Por lo tanto, algunos factores deben ser asignados a estos ingredientes, si los requerimientos de fibra son usados para balancear la cantidad de carbohidratos necesarios para la dieta.

## **II.6 Efecto de la sustitución de fibra forrajera (fibra larga) por fibra no forrajera (fibra corta).**

La fibra corta generalmente se usa como una alternativa de alimentación en muchas explotaciones. Tradicionalmente esta fibra es usada como parte del concentrado, ya que tiene una alta cantidad de energía neta de lactancia y moderada cantidad de fibra efectiva, sin embargo Bernard *et al.*, (1991), mencionan que el SMH puede sustituir parte del concentrado y parte del forraje.

Firkins (1997) y Grant (1997) realizaron estudios sobre el efecto de sustitución de fibra larga, por fibra corta, observando que cuando se llena el requerimiento de FDN a partir de fibra no forrajera, se tiene una mayor digestibilidad del alimento; pero se observa una mayor presentación de problemas digestivos. Armentano y Pereira (1997) indican que la FDN no es un buen indicador de la cantidad de fibra en los rumiantes cuando se

emplean forrajes procesados y subproductos altos en FDN. Estos ingredientes ayudan a cubrir el requerimiento de fibra en el animal, pero carecen de efectividad para estimular la masticación, lo que puede generar problemas. Grant (1997) reporta que una inadecuada cantidad de fibra o fibra poco efectiva con un tamaño de partícula pequeño en la ración produce una disminución en la rumia, la salivación, el pH, la relación acetato-propionato, la producción de grasa en leche, y fluctuaciones en el consumo. Sin embargo, Woodford *et al.* (1986), reportan que el tamaño de partícula no afecta la producción de saliva pero disminuye la producción de grasa en leche, cuando el tamaño de la fibra es menor a 0.64 cm. Galyean y Owens (1991) mencionan que el tamaño de partícula puede influenciar la extensión de la digestión ruminal de los forrajes, alterando la tasa de paso y la tasa de digestión, así como el tiempo Lag, indicando que cuando se proporciona forraje con un tamaño de partícula pequeño se incrementa la tasa de paso, y esta debe ser compensada con un incremento en la tasa de digestión, para no tener una disminución de la digestibilidad.

Grant (1997), en una serie de estudios para determinar el efecto de la utilización de diferentes tipos de fibra en la ración de vacas lecheras, indica que la combinación de ambos tipos de fibra mejora la digestibilidad de la ración total (Figura 1). Posteriormente, Klopfenstein (1997) reporta que la inclusión de diferentes niveles de SMH en dietas de vacas, presenta un efecto cuadrático sobre la eficiencia alimenticia, observando el punto óptimo es de 40% de SMH en comparación con dietas basadas en cereales. Weidner y Grant, 1994 indican que al reemplazar el 47% de ensilado de alfalfa por salvado de maíz húmedo, tiene efectos similares a los de dietas altas en fibra, sobre la salivación y la rumia.

### **II.6.1 Efecto de la alimentación con fibra no forrajera sobre el sitio de digestión de la fibra.**

La alimentación con granos y con fibra no forrajera decrece la digestibilidad de la fibra, según Mertens y Loften (1980), por una depresión del pH ruminal. Sin embargo esta reducción en la digestión ruminal tiene un efecto compensatorio en la digestión intestinal de esta fibra (Sawar *et al.*, 1991).

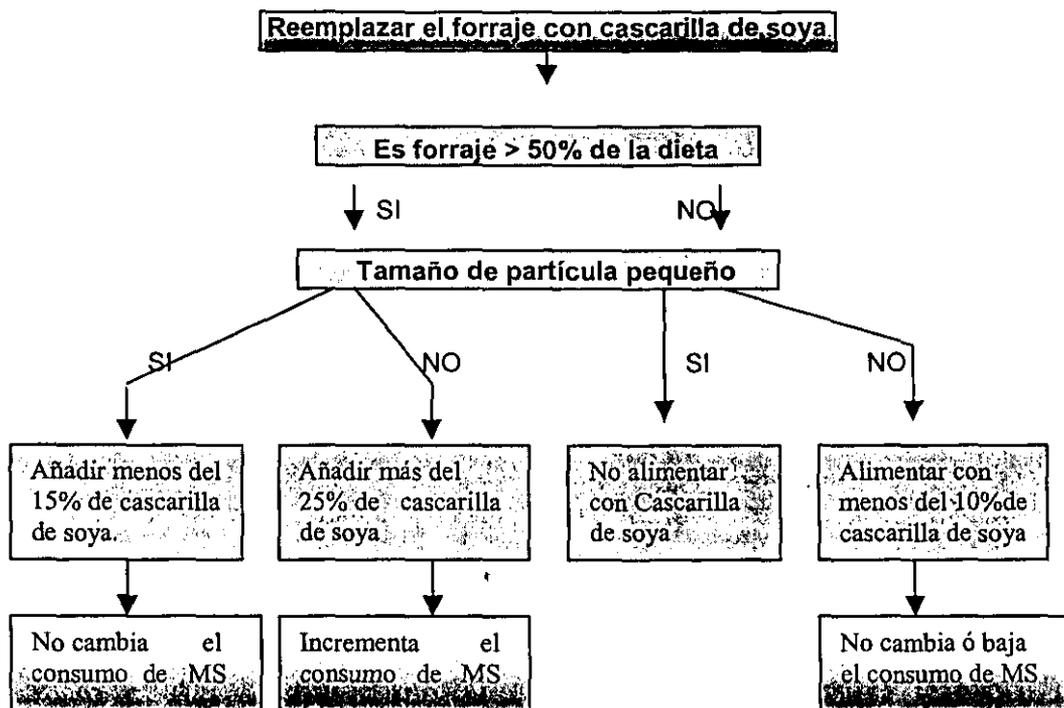
### **II.7 Efecto del tamaño de partícula sobre la digestión de los forrajes**

El tamaño de partícula puede influenciar la digestión ruminal de los forrajes, modificando la tasa de paso y la tasa de digestión, así como el tiempo Lag. Comparados con los forrajes procesados en partículas pequeñas, los forrajes largos tienen una tasa de paso más lenta (Van Soest 1982), sin embargo este efecto no es consistente (Faichney, 1986). Un incremento en la tasa de paso de las partículas sin una mejora en la tasa de digestión, reduce la digestión ruminal; pero la digestión de las partículas grandes puede ser menos satisfactoria que la de las partículas pequeñas, debido a que estas últimas son más susceptibles al ataque bacteriano.

#### **II.7.1 Tiempo Lag**

El tiempo Lag se define como el lapso en que las bacterias colonizan el alimento para iniciar la digestión y depende de la composición y el tamaño de las partículas presentes en el rumen (Mertens, 1973 en Van Soest 1987). Este tiempo tiene un impacto considerable sobre la digestión ruminal de los alimentos con tasas rápidas de paso como el SMH (Brazle y Habers 1977, en Owens y Goestch, 1984). El tiempo Lag se ve influenciado por diferentes factores como: la tasa de hidratación de la partícula, la remoción de inhibidores físicos y químicos, la composición de la dieta, la tasa de ataque microbiano, las especies bacterianas, el tiempo necesario para la multiplicación de los microorganismos, las cantidades de enzimas que secretan y otros factores asociados al

Figura. 1 Potencial de sustitución de forraje tosco por fibra no forrajera en rumiantes.



Grant (1997)

tipo de carbohidratos. Los carbohidratos solubles en una dieta basada en forraje pueden aumentar la digestión por un aumento del ataque bacteriano a las partículas de la digesta, tal vez este aumento es causado por ayuda de estos carbohidratos no estructurales a la formación del polisacárido extracelular glicocalix. Este glicocalix sirve para el ataque de los microbios a las partículas del alimento y provee protección para las enzimas bacterianas extracelulares, para una adecuada digestión (Russel, 1996).

### **II.7.2 Tasa de digestión**

La tasa de digestión ruminal es definida como la velocidad de degradación del alimento por unidad de tiempo (Van Soest, 1987). La predicción de la tasa de digestión de la MO del forraje es difícil, debido a que algunas estructuras morfológicas del forraje actúan como barrera de la digestión (Owens y Goetsch, 1984).

La cantidad y tipo de carbohidratos estructurales varían en los alimentos comunes. Más del 50% de la variación en digestibilidad observada entre los forrajes puede ser atribuida a distintas características cinéticas de la digestión. Los mecanismos de digestión de los carbohidratos estructurales pueden ser divididos en tres componentes: un periodo inerte de digestión microbiana escasa o nula (tiempo Lag), una tasa de digestión de la porción de fibra potencialmente digestible, descrita como una reacción de primer orden (Nocek y English, 1986). La estructura de la planta determina las fracciones solubles, potencialmente degradables y no degradables. Los componentes solubles de los alimentos se disuelven y salen del rumen a la velocidad de paso de los líquidos. Los concentrados pasan más rápidamente que las partículas grandes, que son retenidas selectivamente en el rumen y posteriormente rumiadas.

Mecánicamente, el proceso de digestión y pasaje puede ser descrito por modelos compartamentales, en el cual cada compartimento representa un distinto proceso en el sistema digestivo. La extensión aparente de la digestión está en función del tiempo que el

alimento tarda en pasar por el tracto digestivo. Si el residuo del alimento pasa por el tubo digestivo rápidamente, la digestión se reduce debido a que el tiempo de exposición del sustrato no fue suficiente para permitir la degradación y absorción, sin embargo no ocurre lo mismo con todos los alimentos, como lo son las fuentes de fibra no forrajera, las cuales presentan una tasa de pasaje rápida, pero pueden presentar una mayor digestión que los forrajes toscos.

### **II.7.3 Tasa de paso**

Se define como el flujo o salida del rumen hacia el abomaso. Para los líquidos suele denominarse tasa de dilución, y para las partículas de concentrados o forrajes tasa de paso. El contenido del rumen no fluye todo junto, determinadas partículas que no son lo suficientemente densas o que no alcanzan el tamaño suficiente para salir, son detenidas en forma preferencial en el rumen (Owens, 1984).

### **II.8 Utilización del salvado de maíz húmedo en la dieta de rumiantes**

El empleo de SMH en la alimentación de rumiantes se ha generalizado en las explotaciones de ganado cercanas a las plantas procesadoras de maíz. Con el empleo de este subproducto se han observado mejoras en la digestibilidad de la dieta y en la ganancia diaria de peso. Sin embargo cuando no se emplea adecuadamente, ocasiona trastornos digestivos. Hussein *et al.* (1995) observaron que vaquillas alimentadas ad libitum con 25% de SMH durante la fase de crecimiento tuvieron mejor ganancia diaria de peso y conversión alimenticia, en dietas basadas en silo de maíz. Presentando los mejores comportamientos con un nivel de inclusión del 25 al 30% de la dieta, Bernard *et al.* (1991) y Richards *et al.* (1998), mencionan que cuando se sustituye parte de la dieta con salvado de maíz húmedo hasta en un 40%, no es necesario dar gran cantidad de ingredientes altos en proteína cruda, para cubrir los requerimientos de este componente

del alimento, sin embargo McCoy *et al.* (1998), señala un incremento en la eficiencia alimenticia del ganado en crecimiento, cuando se adiciona una proteína de sobrepaso.

En una prueba realizada por Ham *et al.* (1995), con novillos en finalización alimentados con un 95% de concentrado, en dietas que contenían 79% de maíz rolado, en combinación con 35 a 70% de salvado de maíz húmedo, obtuvieron ganancias y eficiencias similares a novillos alimentados con maíz rolado solamente. En un estudio posterior se reemplazó el 20,40,60, y hasta 100% del maíz rolado por salvado de maíz húmedo observando que la eficiencia no fue afectada por el nivel de sustitución, sin embargo la ganancia diaria de peso y el consumo de materia seca tuvieron un efecto cuadrático, teniendo una mayor ganancia y un máximo consumo cuando se incluyó en un 40%. Basados en su comportamiento se concluyó que el salvado de maíz húmedo tiene más energía neta de ganancia que el maíz rolado (Ham *et al.*, 1995).

#### **II.8.1 Efecto de la inclusión de salvado de maíz húmedo sobre la digestibilidad de los nutrimentos.**

Estudios encaminados a comparar la digestibilidad de la MS cuando se incluye salvado de maíz húmedo, con heno de alfalfa, avena y ensilaje de sorgo, indican que esta, fue mayor cuando se incluyó un nivel del 76.6% de SMH. Sin embargo la digestibilidad de la FDA, hemicelulosa y proteína cruda, fue mayor cuando se incluye en un 60.7% de la dieta (Jaster *et al.*, 1984; Mowrey *et al.*, 1999).

Dadas las características digestivas y propiedades químicas del salvado de maíz húmedo resulta importante su empleo en dietas de rumiantes, sin embargo su uso se ve limitado por la corta vida de anaquel de este subproducto. Para esto se han evaluado algunos métodos de conservación como el deshidratado y el ensilaje, observando que el deshidratado, reduce la digestibilidad de la fibra cuando es sustituido en un 50% de la MS de la dieta, sin embargo cuando se utiliza húmedo puede sustituirse hasta en un 90% de

la MS de la dieta sin tener efectos detrimentales, (Kampman y Loerch, 1989), por lo cual el ensilaje, es el método de conservación más adecuado.

### **II.9 Eficiencia del proceso fermentativo del salvado de maíz húmedo.**

El ensilaje de salvado de maíz húmedo, presenta una excelente conservación y calidad, además de un bajo pH durante el proceso de fermentación. Jaster *et al.* (1984) indican que el pH del silo de salvado de maíz disminuye aproximadamente de 4.3 a 4.1 después de 4 días de realizado el ensilaje, y se estabiliza en 4.2 a los 10 días; en el mismo periodo la temperatura disminuye de 59 C a 40.7 C. El silo de SMH contiene una mayor proporción de lactato y una menor producción de acetato, comparado con el ensilaje de alfalfa, de avena y el de sorgo-soya. El contenido de proteína cruda es mayor (21.9%) y se disminuye el porcentaje de FDN, FDA y lignina, sin embargo se incrementa la hemicelulosa (Jaster *et al.*, 1984).

### **II.10 Calidad del ensilaje**

La utilización de las características organolépticas para estimar la calidad del ensilado (color, olor etc.), aunque es subjetiva, es una forma de evaluarlo prácticamente, aunque su calidad también puede ser determinada a partir del valor de pH y contenido de materia seca (Van Soest, 1982). Shimada *et al.* (1986) mencionan que la composición ideal de un ensilado es de: MS, 35%, pH, entre 3.8 y 4.3, ácido láctico más del 3%, ácido butírico menos del 1% y N-NH<sub>3</sub> menos del 15% del nitrógeno total. La fermentación produce ácido láctico que es un mecanismo para controlar la acidez del ensilado. La bacteria al generar ácido láctico, forma iones H<sup>+</sup> libres, que disminuyen el valor del pH del producto. Según Moisio y Heikonen (1994) para la formación de .20g de ácido acético, 0.031 gramos de amonio y 0.09 g de ácido láctico, se presenta una reducción de 1.8g de azúcares, lo que ocasiona un detrimento de la calidad del ensilaje, pero es necesario para su conservación, al igual que un incremento en la temperatura al inicio del ensilaje, que

ocasiona un incremento en el pH y decremento de la cantidad de materia seca, por una pérdida de carbonos en forma de CO<sub>2</sub>, producto de la desaminación de proteínas (Moisio y Heikonen 1994).

Con base en estos antecedentes se realizaron dos experimentos para evaluar las características de conservación del SMH y su efecto sobre la digestión cuando se incluye combinado con fibra forrajera en la dieta de vaquillas productoras de carne.

### **III. HIPOTESIS**

El salvado de maíz húmedo ensilado con forraje de sorgo, tiene características nutricionales similares a las presentes en el ensilado de maíz, y el tiempo de ensilaje ocasiona cambios en la calidad de estos ensilajes.

### **IV. OBJETIVO GENERAL**

- Evaluar la composición química y características digestivas del salvado de maíz húmedo ensilado con forraje de sorgo, en ganado productor de carne.

## CAPITULO V.

### COMPARACIÓN EN LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ENSILADO DE MAÍZ Y SILOS CON TRES NIVELES DE SALVADO DE MAÍZ HÚMEDO (80, 70 Y 60% EN MS) CON FORRAJE DE SORGO.

#### INTRODUCCIÓN

En la actualidad el ritmo de crecimiento demográfico de nuestro país, es uno de los más altos del mundo, demandando una mayor producción de alimento de origen animal y vegetal. Una forma de cubrir esta demanda es mediante la aplicación de técnicas para acelerar los procesos productivos en las áreas pecuarias y agrícolas, obteniendo un mayor rendimiento y calidad de los productos finales.

Otra alternativa es emplear subproductos o desperdicios orgánicos del sector industrial, tanto de origen vegetal como animal. Dentro de los subproductos de origen animal se encuentran las harinas de carne y hueso, sangre, pluma hidrolizada, excretas de pollo y cerdo (Lotsyus *et al.*, 1980) entre otros. Dentro de los subproductos de origen vegetal por lo general, se tienen desechos agrícolas, dentro de los cuales destacan el rastrojo de maíz, la pata de sorgo y avena; desechos agroindustriales como residuos de brocoli, pulpa de cítricos, remolacha de azúcar, residuos de la industria del procesamiento de frutas y el salvado de maíz húmedo ( Deaville *et al.*, 1994).

Cuando se utilizan este tipo de subproductos de origen vegetal, generalmente se presenta el inconveniente de tener una corta vida de anaquel, por su alto contenido de humedad, y deben ser conservadas mediante algún método como el deshidratado, o el ensilaje, siendo este último el más económico. Estos subproductos se caracterizan por tener un alto contenido de FDN, sin embargo, tienen poca fibra efectiva para estimular la

rumina en el ganado, por lo que es necesario combinarlas con alguna fuente de fibra efectiva, como el forraje de sorgo. Con esta combinación se puede tener un ingrediente con un considerable nivel proteico y energético (Grasser *et al.*, 1995) que pueda sustituir parte de los granos en la dieta, con el fin de reducir los problemas metabólicos en el rumiante.

## **OBJETIVO GENERAL**

- Evaluar la composición química del salvado de maíz húmedo ensilado con forraje de sorgo.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Evaluar la composición bromatológica del ensilaje de salvado de maíz húmedo y forraje de sorgo.
- Evaluar los cambios ocurridos en el ensilado de salvado de maíz húmedo y forraje de sorgo a través del tiempo de ensilaje.
- Determinar la calidad nutritiva del salvado de maíz húmedo ensilado con forraje de sorgo a los 15 días de ensilaje y compararlo con el ensilado de maíz.
- Determinar la proporción más adecuada de salvado de maíz húmedo – forraje de sorgo, para ser ensilada.

## MATERIAL Y METODOS

### Ubicación

Los experimentos se realizaron en las instalaciones del Centro Nacional de Investigación en Fisiología y Mejoramiento Animal (CENIF-MA), localizado en el km 15 de la carretera a Colón, Municipio de Colón, estado de Querétaro, ubicado a 1950m sobre el nivel de mar, con clima BS1K'(w), semiseco templado, con lluvias en verano y precipitación pluvial anual de 500-600 mm y una temperatura media anual de 16 C (Soria *et al.*, 1970).

En el primer experimento se determinaron las características químicas y organolépticas del salvado de maíz húmedo, ensilado en diferentes niveles (80, 70 y 60% MS) con forraje de sorgo, durante 15 días, y se compararon con el ensilado de maíz. Por otro lado se determinaron los cambios ocurridos en los microsilos durante el proceso a los 0, 15 y 30 días, para los cuál se prepararon 3 tratamientos experimentales (microensilajes) con 3 repeticiones (10 kg BH) como se muestra en el Cuadro V.1, para lo cual se realizaron los análisis pertinentes a cada uno de los ingredientes (Cuadro V.2).

Previo a la preparación de los microensilajes, los ingredientes (SMH y forraje de sorgo) fueron mezclados en forma homogénea para obtener los porcentajes de inclusión requeridos. Posteriormente se introdujeron en bolsas negras de nylon (72 x 52 cm) dobles, y se compactaron por pequeñas capas para excluir la mayor cantidad de aire. Cada par de bolsas con 10 kg de material fue almacenada durante 15 ó 30 días en un cuarto cerrado.

Al término de los 15 ó 30 días de almacenaje, los microensilajes fueron abiertos para determinar sus características organolépticas (color y olor), pH, nitrógeno amoniacal, y acidez titulable.

Cuadro V.1 Composición de los tratamientos de salvado de maíz húmedo al ser ensilados (kg/silo).

	TRATAMIENTOS		
	80 <sup>a</sup> :20 <sup>b</sup>	70 <sup>a</sup> :30 <sup>b</sup>	60 <sup>a</sup> :40 <sup>b</sup>
Forraje de sorgo	1.03	1.57	2.30
Salvado de maíz	8.97	8.43	7.70

<sup>a</sup>: nivel de salvado de maíz húmedo, <sup>b</sup>: nivel de forraje de sorgo.

Cuadro V.2 Composición química de los ingredientes utilizados para realizar los microsilos en el experimento 1 (%MS n=4)

Ingrediente	MS	MO	PC	NA	FDN	FDA	HEM	LIG
SMH	42.50	93.25	23.01	5.32	39.89	10.45	29.44	1.85
FS	91.50	90.38	3.41	0.93	71.77	41.89	29.86	6.75

MS: materia seca, MO:materia orgánica, PC: proteína cruda, NA: nitrógeno amoniacal, FDN: fibra detergente neutro, FDA: fibra detergente ácido, HEM:hemicelulosa, LIG: lignina.  
SMH: Salvado de malz húmedo, FS: Forraje de sorgo.

El ensilado de maíz utilizado como control, se obtuvo de un silo de trinchera, donde se colectaron cuatro muestras, las cuales fueron analizadas por separado y comparadas con los diferentes tratamientos de salvado de maíz húmedo a los 15 días de ensilaje.

### **Análisis químicos**

Para determinar el pH, el material fue colocado en un matraz con agua destilada y la lectura se realizó con un potenciómetro (conductronic pH 20, Gupta y Pradhaw, 1977). La determinación de nitrógeno amoniacal fue realizada mediante la técnica de destilación (Tejada, 1992).

Las muestras fueron submuestreadas y una parte fue secada en una estufa de aire forzado a 55 C durante 72 horas, vuelta a pesar, y molida en un molino Wiley, posteriormente fue almacenada en frascos marcados. La otra porción submuestreada (húmeda) se utilizó para determinar humedad mediante la técnica de arrastre por tolueno (A.O.A.C. 1990), pH, proteína cruda por el método de Kjeldahl (Tejada, 1992), nitrógeno amoniacal (A.O.A.C, 1990), así como acidez titulable (Tejada, 1992).

Las fracciones de fibra (FDA y FDN) y lignina fueron estimadas mediante la técnica descrita por Van Soest y Robertson (1985), con ayuda de un equipo digestor de fibra ANKOM. La cantidad de hemicelulosa fue estimada por la diferencia entre la FDN y la FDA, y el porcentaje de celulosa restando el porcentaje de lignina a la FDN. La cantidad de energía digestible, metabolizable, neta de mantenimiento, neta de ganancia y neta de lactación fue calculada con el empleo del programa Feedtag (Bell *et al.*, 1995).

### **Análisis estadístico**

Los datos generados en el experimento de la comparación del ensilado de maíz con los tratamientos de salvado de maíz húmedo, fueron analizados mediante un análisis

de varianza de acuerdo a un diseño completamente al azar ( $P \leq 0.05$ ), y las diferencias entre medias fueron comparadas mediante una prueba de rango múltiple de Duncan (Steel y Torrie, 1980), con ayuda del paquete estadístico SAS (1988). El total de la variación se explica bajo el modelo

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

Donde:

$Y_{ij}$  es la  $i$ -ésima observación de la variable, asociada al  $j$ -ésimo tratamiento.

$\mu$  es la media general de la población

$T_i$  es el  $i$ -ésimo efecto de tratamiento,  $i = 1 \dots 4$ .

$\varepsilon_{(ij)}$  es el error aleatorio de la  $j$ -ésima observación dentro del  $i$ -ésimo grupo, normalmente distribuido ( $0, \sigma^2$ ).

Los datos obtenidos del cambio de los ensilajes a través del tiempo fueron evaluados mediante un análisis de varianza de acuerdo con un modelo completamente al azar, donde los tratamientos se agruparon en un arreglo factorial 3x3 (Steel & Torrie, 1980) donde el un factor fue el nivel de SMH (80, 70 y 60%) y el otro el tiempo de ensilaje (0, 15 y 30 días) y las medias fueron diferenciadas por una prueba de rango múltiple de DUNCAN y para evaluar el efecto de los factores sobre las variables de respuesta se realizó una prueba de contrastes ortogonales. La variación total esta explicada bajo el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  es la  $i$ -ésima observación de ensilado, asociado al  $i$ -ésimo tratamiento dentro del  $j$ -ésimo tiempo.

$\mu$  es la media general

$A_i$  es el  $i$ -ésimo efecto del tiempo =0, 15 y 30.

$B_j$  es el  $j$ -ésimo efecto de nivel de salvado de maíz húmedo  $j= 80, 70$  y  $60\%$ .

$AB_{ij}$  es el efecto de la interacción tiempo y nivel de salvado de maíz húmedo.

$\varepsilon_{ij}$  es el error aleatorio, normalmente distribuido  $(0, \sigma^2)$ .

## RESULTADOS Y DISCUSION

### V.3 Características de los ensilajes.

Los ensilajes de SMH presentaron buenas características de conservación en todos sus niveles (80, 70 y 60%).

Se observó un color amarillo claro similar al del salvado de maíz húmedo, solamente con una ligera decoloración, producto del proceso de ensilaje. Esta decoloración también fue encontrada por Jaster *et al.* (1984) al ensilar solamente salvado de maíz húmedo. Por otro lado, también encontraron una alta concentración de ácidos orgánicos en estos ensilados de salvado de maíz, como sucedió cuando el SMH fue ensilado en un nivel del 80%.

### V.4 Características químicas de los ensilajes de SMH y su comparación con el ensilado de maíz

El salvado de maíz húmedo supera en contenido nutrimental a muchos otros subproductos, utilizados comúnmente en la alimentación del ganado, como lo es la cascarilla de soya (Deaville *et al.*, 1994) y el forraje de sorgo. Los contenidos de materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) en el salvado de maíz fueron similares a los encontrados por Bernard *et al.* (1991) para este subproducto.

Todos los tratamientos de SMH superaron en el contenido de MS, PC, ENm y ENg al ensilado de maíz (Cuadro V.3). Sin embargo en el presente trabajo el valor de materia seca del ensilado de maíz se encuentra por debajo de lo reportado por Bal *et al.* (1997), quienes indican que este ingrediente debe tener un 33.5% de MS, para una adecuada conservación. Muck (1987), citado por Luchini *et al.* (1997), menciona que el contenido de

MS en el ensilaje es de gran importancia, ya que puede causar cambios en la distribución del nitrógeno y en los productos de la fermentación.

Todos los tratamientos de SMH superaron por una diferencia considerable (16.66 vs 8.47) al ensilado de maíz (Cuadro V.3) en cuanto a contenido de proteína. Sin embargo el porcentaje de proteína fue menor a lo encontrado por Shabi *et al.* (1998) para este último ensilado. Todos los tratamientos de salvado de maíz húmedo tuvieron una cantidad de proteína cruda comparable a la del heno de alfalfa, que es uno de los ingredientes de mayor empleo en las dietas de ganado lechero, pero que presenta un elevado costo.

Otra característica de gran importancia es la cantidad de nitrógeno amoniacal, donde se observa que a menor cantidad de SMH se tiene un porcentaje más alto de este nitrógeno, aún más que en el ensilado de maíz. En el caso del ensilado de maíz, se tuvo una menor cantidad de nitrógeno amoniacal, dada la poca cantidad de proteína del ensilaje.

El contenido de extracto etéreo fue similar en todos los tratamientos (2.57%), dada la similitud de los ingredientes en el contenido de éste. Deaville *et al.* (1994), indican que el SMH contiene un 4.6 % de extracto etéreo (Cuadro V.3).

La cantidad de fibra cruda y fibra detergente neutro fue similar entre el ensilado de maíz y los ensilados con 70 y 60% de SMH, pero el ensilado con un 80% de SMH presentó una menor cantidad de estas variables, comparado con el control y el resto de los tratamientos.

El porcentaje de fibra detergente ácido se incrementó al disminuir el nivel de SMH (Cuadro V.4), debido a que el forraje de sorgo presenta una alta concentración de esta, que no es utilizada para el crecimiento de bacterias durante el proceso de ensilaje. Sin embargo este valor de FDA se encuentra por debajo de lo reportado por Bal *et al.* (1997), al realizar determinaciones en ensilaje de maíz, con diferentes grados de madurez.

La cantidad de hemicelulosa fue mayor en los silos de salvado de maíz húmedo, en comparación con el ensilado de maíz como se observa en el Cuadro V.4; sin embargo, esta fue similar entre todos los tratamientos que contenían SMH.

La lignina un componente indigestible de los alimentos, se encontró en mayor concentración en el ensilado de maíz comparado con los ensilados de SMH (5.2 vs 4.08%), dada la naturaleza de la planta.

La partición de la energía de los diferentes silos se muestra en el Cuadro V.5, donde se observa que los ensilados con 80% de salvado de maíz húmedo presentan mayor ( $P \leq 0.05$ ) cantidad de energía digestible, metabolizable, neta de mantenimiento, neta de ganancia y neta de lactación, en comparación con el ensilado de maíz, pero este último tuvo una cantidad similar ( $P > 0.05$ ) de energía a los tratamientos con 70 y 60% de salvado de maíz. Valores similares han sido reportados por Kampman y Loerch (1989), quienes reportan 2.27 Mcal/kg de energía metabolizable para el salvado de maíz. Posteriormente, Ham *et al.* (1995) reportan 0.99 Mcal/kg de energía neta de ganancia para el salvado de maíz, basados en una prueba de comportamiento para novillos en finalización, estos resultados son cercanos a los obtenidos para el ensilaje con 80% de SMH evaluado en el presente estudio.

Megías *et al.* (1993) indican que la producción de los ácidos orgánicos es un indicador de la fermentación láctica, donde el rango normal de concentración oscila entre 3 y 13%, sin embargo, Shimada *et al.* (1986) reportan que un ensilaje con características satisfactorias de fermentación debe tener un 3% de ácido láctico, y muy poca cantidad de butírico (menos del 1%). En el presente estudio el ensilado con 80% de salvado de maíz húmedo y el ensilado de maíz, presentan una cantidad similar de ácidos grasos solubles en agua (Cuadro V.6). Pero al reducir el porcentaje de inclusión del SMH en el ensilaje, la proporción de ácidos disminuye, propiciando una mayor producción de amoniaco; y según

Cuadro V.3 Composición química del ensilado de maíz (EM) y su comparación con los diferentes tratamientos de salvado de maíz húmedo a los 15 días del proceso (%).

VARIABLE	EM	NIVEL DE SMH (%)			EEM
		80	70	60	
Materia seca	28.94 <sup>a</sup>	42.84 <sup>b</sup>	52.81 <sup>c</sup>	55.30 <sup>c</sup>	0.93
Proteína cruda	8.47 <sup>a</sup>	19.62 <sup>c</sup>	19.22 <sup>c</sup>	16.66 <sup>b</sup>	0.40
NA	4.52 <sup>c</sup>	5.77 <sup>f</sup>	6.13 <sup>g</sup>	6.14 <sup>g</sup>	0.10
Extracto etéreo	2.42	2.63	2.51	2.75	0.09

a,b,c: medias con diferente literal en el mismo renglón difieren ( $P \leq 0.01$ )

e,f,g: medias con distinta literal en el mismo renglón difieren ( $P \leq 0.05$ )

EEM (error estándar de la media), EM: MS : 1.60; PC (proteína cruda): 0.69; NA (nitrógeno amoniacal : 0.18; EE (extracto eteréo): 0.16.

SMH: salvado de maíz húmedo

Nicklas (1998), también de clostridios, debido a que el medio no se acidifica en forma satisfactoria. Cuando no se acidifica suficientemente el medio, bacterias como las antes mencionadas, tienen la capacidad de utilizar el ácido láctico y las proteínas, para convertirlo en ácido butírico, amoníaco y aminas, deteriorando la calidad del ensilaje.

Cuadro V.4 Contenido de fracciones de fibra en el ensilado de maíz (EM) y su comparación con los diferentes ensilajes de salvado de maíz húmedo a los 15 días del proceso.

VARIABLE (%)	EM	NIVEL DE SMH (%)			EEM
		80	70	60	
Fibra cruda	23.27 <sup>d</sup>	13.65 <sup>a</sup>	17.32 <sup>b</sup>	19.34 <sup>c</sup>	0.43
FDN	53.74 <sup>b</sup>	50.43 <sup>a</sup>	55.24 <sup>b</sup>	56.27 <sup>b</sup>	0.74
FDA	29.14 <sup>h</sup>	17.05 <sup>e</sup>	20.56 <sup>f</sup>	22.29 <sup>g</sup>	0.30
Hemicelulosa	24.60 <sup>e</sup>	33.37 <sup>f</sup>	34.68 <sup>f</sup>	33.98 <sup>f</sup>	0.58

a,b,c,d: medias con diferente literal en el mismo renglón difieren ( $P \leq 0.05$ )

e,f,g,h: medias con distinta literal en el mismo renglón difieren ( $P \leq 0.001$ )

EEM (error estándar de la media) EM: FC: 0.75; FDN: 1.28; FDA: 0.51; Hemicelulosa: 1.01. SMH: salvado de maíz húmedo. FDN: fibra detergente neutro, FDA: fibra detergente ácido.

Cuadro V.5 Contenido de energía del ensilado de maíz (EM) y su comparación con los diferentes tratamientos de salvado de maíz húmedo.

VARIABLE	EM	NIVEL DE SMH (%)			EEM
		80	70	60	
ED Mcal/kg	2.72 <sup>a</sup>	2.79 <sup>b</sup>	2.69 <sup>a</sup>	2.70 <sup>a</sup>	0.01
EM Mcal/kg	2.23 <sup>a</sup>	2.29 <sup>b</sup>	2.20 <sup>a</sup>	2.21 <sup>a</sup>	0.01
ENm Mcal/kg	1.37 <sup>a</sup>	1.42 <sup>b</sup>	1.34 <sup>a</sup>	1.35 <sup>a</sup>	0.00
ENg Mcal/kg	0.92 <sup>a</sup>	0.98 <sup>b</sup>	0.90 <sup>a</sup>	0.90 <sup>a</sup>	0.00
ENI Mcal/kg	1.39 <sup>a</sup>	1.44 <sup>b</sup>	1.38 <sup>a</sup>	1.38 <sup>a</sup>	0.00
TND (%)	61.92 <sup>a</sup>	63.50 <sup>b</sup>	61.11 <sup>a</sup>	61.31 <sup>a</sup>	0.29

ED: energía digestible, EM: energía metabolizable, ENm: energía neta de mantenimiento, ENg: energía neta de ganancia, ENI: energía neta de lactancia, TND: total de nutrientes digestibles.

a,b: medias con diferente literal en el mismo renglón difieren ( $P \leq 0.05$ )

EEM ( Error estándar de la media) EM: ED: 0.02; EM:0.02; ENm: 0.01; ENg: 0.01; ENI: 0.01; TND:0.51.

SMH: salvado de maíz húmedo.

Cuadro V.6 pH y producción de ácidos grasos volátiles en los diferentes tratamientos de salvado de maíz y su comparación con el ensilado de maíz (EM).

VARIABLE	EM	NIVEL DE SMH (%)			EEM
		80	70	60	
pH	3.9 <sup>a</sup>	4.12 <sup>b</sup>	4.22 <sup>c</sup>	4.22 <sup>c</sup>	0.02
Ac. láctico(%)	1.8 <sup>sf</sup>	1.94 <sup>g</sup>	1.52 <sup>e</sup>	1.71 <sup>f</sup>	0.04
Ac. acético(%)	1.2 <sup>sf</sup>	1.29 <sup>g</sup>	1.01 <sup>e</sup>	1.14 <sup>f</sup>	0.02
Ac. Propiónico(%)	1.5 <sup>sf</sup>	1.59 <sup>g</sup>	1.25 <sup>e</sup>	1.40 <sup>f</sup>	0.03
Ac. Butírico(%)	1.8 <sup>sf</sup>	1.90 <sup>g</sup>	1.49 <sup>e</sup>	1.67 <sup>f</sup>	0.04

a,b,c: medias con diferente literal en el mismo renglón difieren ( $P \leq 0.01$ )

e,f,g: medias con distinta literal en el mismo renglón difieren ( $P \leq 0.05$ )

EEM (error estándar de la media) EM: pH: 0.03; Ac láctico; 0.07; Ac. acético:0.04; Ac. propiónico: 0.05; Ac. butírico: 0.06.

SMH: salvado de maíz húmedo.

## **V.5 Efecto del nivel de salvado de maíz húmedo y el tiempo de ensilaje sobre el contenido de materia seca en el ensilado.**

El porcentaje de materia seca de los todos ensilajes fue menor ( $P \leq 0.05$ ) a los 30 días de ensilaje, sin embargo este decremento es menor en el ensilado con 80% de SMH(Cuadro V.7) esto pudo ser causado por una baja actividad fermentativa como lo menciona Nicklas (1998), donde reporta que por una baja actividad fermentativa, por un pH bajo en el ensilado, se afecta el desarrollo de bacterias que degradan los carbohidratos. También se observa que al reducir el nivel de inclusión de SMH en el ensilado y aumentar la cantidad de forraje de sorgo, el porcentaje de materia seca aumenta, esto causado por la escasa humedad de este último ingrediente. Esta variable fue afectada por una doble interacción entre el tiempo y el nivel de salvado de maíz húmedo. Dicha interacción consiste en que durante los 30 días del proceso se observo un decremento en el contenido de materia seca en los silos que contenían 60 y 70% de SMH (Cuadro V.7), sin embargo al utilizar el 80% de SMH, se observa un decremento en el contenido de MS hasta los 15 días de ensilaje, y posteriormente se tiene un incremento a los 30 días de ensilaje, esto pudo haber sido causado por pérdida o precipitación de líquidos. Esta pérdida de MS en los tratamientos de 70 y 60% de SMH coincide con lo mencionado por Muck (1990) citado por Luchini *et al.* (1997), quienes atribuyen esta disminución al tipo de ingredientes ensilados e indirectamente a la presencia de oxígeno en el silo. En estos niveles de SMH fue más difícil compactar, por lo que una mayor presencia de oxígeno, pudo causar una mayor proliferación de bacterias que convierten los carbohidratos en  $CO_2$  y agua, disminuyendo la cantidad de materia seca. Nicklas (1998), menciona que el porcentaje de materia seca en un ensilado puede disminuir cuando no se alcanza la humedad necesaria, para asegurar la adecuada exclusión del oxígeno.

#### **V.6 Efecto del nivel de salvado de maíz húmedo y el tiempo de ensilaje sobre el contenido de materia orgánica en el ensilado.**

Esta variable fue afectada por una doble interacción la cual consiste en que el contenido de materia orgánica fue mayor cuando se utilizó un 60% de SMH, a los 0 días de ensilaje (Cuadro V.7), sin embargo este mismo tratamiento presentó una menor cantidad de materia orgánica a los 30 días de ensilaje, ya que por la presencia de oxígeno parte de esta materia orgánica pudo ser convertida a  $\text{CO}_2$  y agua por parte de las bacterias, debido a que el pH no fue tan ácido para evitar que siguieran creciendo, de manera que siguió habiendo actividad fermentativa en el ensilado, a costa de la utilización de la materia orgánica.

La materia orgánica en los ensilados con 80 y 70% de SMH fue similar (Cuadro V.8), esto pudo ser ocasionado, por la poca diferencia en el contenido de este nutrimento en ambos ingredientes, pero al utilizar el nivel más bajo de SMH (60%), se afectó de manera significativa el contenido de materia orgánica, por la mayor utilización de esta, de manera que fue estadísticamente diferente.

#### **V.7 Efecto del nivel de salvado de maíz húmedo y el tiempo de ensilaje sobre el contenido de proteína cruda en el ensilado.**

El contenido de proteína cruda fue mayor cuando se utilizó un 80% de SMH (Cuadro V.7), por el mayor contenido de esta en el este ingrediente.

El porcentaje de proteína cruda (Cuadro V.7) disminuyó al reducir el porcentaje de inclusión de SMH; esto porque el forraje de sorgo contiene menor cantidad de proteína cruda y al mezclarlo se diluye. Presentó un efecto de concentración, de proteína a los 15 días de ensilaje. Este incremento pudo ser causado por la utilización de los carbohidratos fácilmente disponibles, y por la síntesis de proteína bacteriana,

posteriormente a los 30 días disminuyó, esto pudo ser causado por la liberación de nitrógeno amoniacal, producto de la proteólisis, razón por la cual disminuyó. Este comportamiento fue observado por Cervera *et al.* (1985), al ensilar pulpa de cítricos con 18 g de urea por kg, donde reporta que los ensilajes que contenían urea, presentaban un incremento marcado de proteína durante los primeros días de ensilaje, y posteriormente se mantiene estable o disminuye. Johnson *et al.* (1982) atribuyen este comportamiento a una baja retención de nitrógeno por parte de las bacterias durante la fermentación. Este componente se vio afectado por una doble interacción entre tiempo y nivel de forraje. Esta interacción consiste en que la proteína cruda se incrementó durante los primeros 15 días de ensilaje, en todos los tratamientos con SMH. Sin embargo este fue más notorio cuando se utilizó un 70% de SMH; (Figura 2), posiblemente por presentar un ambiente propicio en cuanto a humedad, para que las bacterias se siguieran desarrollando por más tiempo. Al tener un pH menos ácido, y pocos carbohidratos fácilmente fermentables, las bacterias probablemente desaminaron a las proteínas para obtener esqueletos carbonados como fuente de energía. Esta desaminación produjo una mayor liberación de nitrógeno amoniacal, que por una ineficiente utilización por parte de las bacterias se volatilizó, resultando en una reducción en la cantidad de nitrógeno amoniacal en los últimos 15 días de ensilaje, razón por la cual el contenido de proteína se reduce en forma más drástica.

Cuadro V.7 Efecto del tiempo de ensilaje y el nivel de salvado de maíz húmedo, sobre el contenido de materia seca, de materia orgánica y proteína cruda en los ensilados.

%MS	Tiempo de ensilaje (días)									N x T
	0			15			30			
	%SMH									
80	70	60	80	70	60	80	70	60		
MS	46.15 <sup>aA</sup>	50.92 <sup>bA</sup>	53.73 <sup>cA</sup>	42.84 <sup>aB</sup>	52.81 <sup>bA</sup>	55.30 <sup>bA</sup>	50.81 <sup>bC</sup>	47.37 <sup>aB</sup>	52.76 <sup>cB</sup>	
MO	91.42 <sup>cA</sup>	90.89 <sup>aA</sup>	92.01 <sup>bA</sup>	90.66 <sup>aB</sup>	90.69 <sup>aA</sup>	91.43 <sup>bB</sup>	90.40 <sup>cB</sup>	89.67 <sup>bB</sup>	87.20 <sup>aC</sup>	
PC	18.27 <sup>bA</sup>	16.91 <sup>aA</sup>	16.46 <sup>aA</sup>	19.62 <sup>bB</sup>	19.22 <sup>bB</sup>	16.66 <sup>aA</sup>	18.46 <sup>cA</sup>	16.42 <sup>bA</sup>	15.16 <sup>aB</sup>	

MS: materia seca, MO: materia orgánica, PC: proteína cruda SMH: salvado de maíz húmedo.

a,b,c: medias con distinta literal en el mismo renglón dentro del mismo tiempo de ensilaje difieren ( $P \leq 0.05$ )

A,B,C: medias con distinta literal en el mismo renglón dentro del mismo nivel de SMH difieren ( $P \leq 0.05$ ).

Error estándar de la media: MS=0.91, MO=0.12 y PC=0.39

N x T: interacción ( $P \leq 0.05$ ).

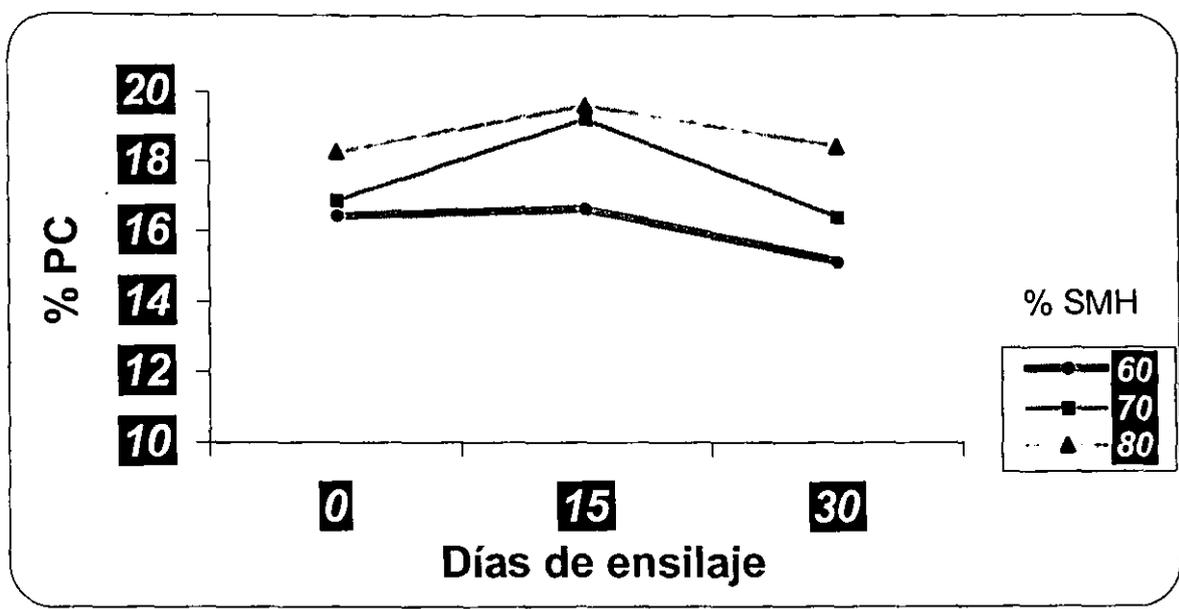


Figura 2. Efecto de la interacción entre el tiempo de ensilaje y el porcentaje de SMH en el contenido de proteína de los de los diferentes tratamientos.

## V.8 Efecto del nivel de salvado de maíz húmedo y el tiempo de ensilaje sobre el contenido de nitrógeno amoniacal y el pH en el ensilado.

La cantidad de nitrógeno amoniacal fue mayor a los 30 días de ensilaje (Cuadro V.8), cuando se utilizó un 70% de SMH, esto posiblemente fue causado porque se origino un medio propicio para el desarrollo de microorganismos Gram positivos que se encargan de desaminar las proteínas, y este se libera en forma de nitrógeno amoniacal. Cuando se utilizó un 80% de SMH, se tuvo un menor porcentaje de nitrógeno amoniacal que cuando se utilizó un 70% de SMH, según Jaster *et al.* (1984), por una mayor presencia de oxígeno, que favorece el desarrollo de estos microorganismos.

La concentración de nitrógeno amoniacal no se afectó por el nivel de forraje. Pero pH del ensilado fue ligeramente mayor ( $P \leq 0.05$ ) cuando se adicionó un 60 y 70% de SMH, lo que corresponde a un ligero aumento en la cantidad de nitrógeno amoniacal, que disminuye la calidad del ensilaje. Al paso del tiempo la cantidad de nitrógeno amoniacal se incrementó, esto pudo ser debido a un incremento en la desaminación de proteínas. Johnson *et al.* (1982) mencionan que altos niveles de amoniaco (4% de N como porcentaje de la MS) por periodos de más de 54 días disminuye la cantidad de aminoácidos esenciales en el ensilado. Esta variable no se afectó por una interacción.

El nivel de nitrógeno amoniacal está relacionado con el pH del silo, a mayor cantidad de  $\text{NH}_3$  mayor pH como sucedió en el ensilado de SMH (Cuadro V.8). Johnson *et al.* (1982) reportaron un comportamiento similar al tratar el ensilado de maíz con amoniaco, donde el pH del ensilado se incrementa cuando aumenta el nivel de amoniaco. Este pH también esta inversamente relacionado con la cantidad de ácidos grasos solubles en agua, es decir a menor pH mayor cantidad de ácidos grasos solubles en agua. (Shimada *et al.*, 1986).

El pH del silo se incrementó en los primeros 15 días de ensilaje, estabilizándose en los siguientes 15 días (Figura 3), de manera similar Johnson *et al.* (1982), indican que a partir de los 12 días de ensilaje, el pH se estabiliza en el ensilado de maíz. Velazco *et al.* (1985), obtienen resultados similares, al tratar el ensilado de maíz con amoníaco, mencionando que al incrementar el nivel de este aditivo en el ensilaje del .48% al 1.44% del nitrógeno total, el pH de se incrementa.

El tratamiento que presentó un menor pH después del proceso de ensilaje, fue el que contiene un 80% de SMH a los 30 días de ensilaje, posiblemente por no haber mucha actividad fermentativa, ya que también este tratamiento presentó una menor cantidad de nitrógeno amoniacal.

#### **V.9 Efecto del nivel de salvado de maíz húmedo y el tiempo de ensilaje sobre el contenido de FDN en el ensilado.**

El contenido de FDN fue similar en todos los tratamientos de SMH, a excepción de cuando se utilizó un 80% de SMH a los 0 días de ensilaje, donde fue menor, y a un nivel de 60 y 70% de SMH a los 15 días del proceso (Cuadro V.9) donde fue mayor. Esto pudo ser originado por la utilización de los carbohidratos no estructurales, por lo que este componente se concentró. Sin embargo a los 30 días de ensilaje todos los tratamientos presentaron la misma cantidad de FDN, por una mayor o menor utilización de hemicelulosa, no fueron estadísticamente diferentes.

Cuadro V.8. Efecto del nivel de salvado de maíz húmedo y el tiempo de ensilaje sobre el contenido de NH<sub>3</sub> y pH de los ensilados. (MMC; % MS)

Variable	% DE SMH				P <			DIAS DE ENSILAJE				P <			NXT
	80	70	60	EEM	80vs70	80vs60	60vs70	0	15	30	EEM	0 vs 15	15 vs 30	0 vs 30	
NH <sub>3</sub>	5.56	6.17	5.95	0.34	0.67	0.44	0.24	4.84	6.01	6.83	0.34	0.03	0.12	0.00	NS
pH	3.99	4.07	4.12	0.01	0.04	0.00	0.00	3.79	4.18	4.22	0.01	0.00	0.14	0.00	NS

NH<sub>3</sub>: nitrógeno amoniacal, N x T: interacción entre el nivel de SMH y el tiempo de ensilaje. \* ( $p \leq 0.05$ ), MMC: medias mínimo cuadráticas. Error estándar de la media: NH<sub>3</sub>:0.58, pH:0.02

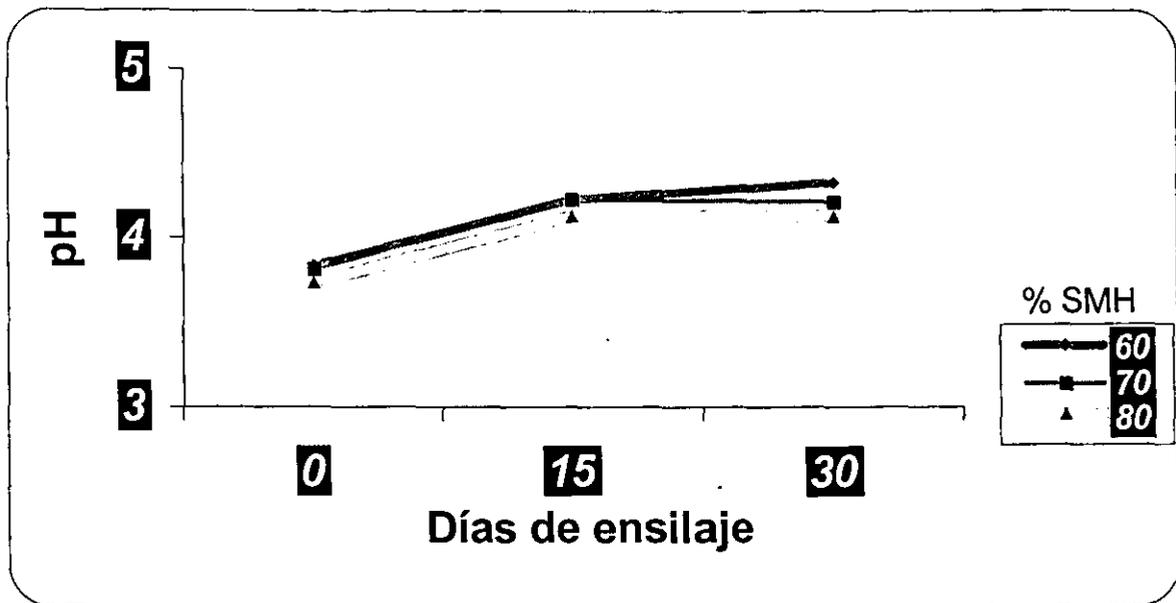


Figura 3. Efecto de la interacción entre el tiempo de ensilaje y el porcentaje de inclusión de SMH en el pH, de los ensilados.

El porcentaje de FDN fue menor ( $P>0.05$ ) cuando se adicionó el 80% de salvado de maíz (Cuadro V.9), sin embargo al disminuir la inclusión de este ingrediente a un nivel del 60%, y aumentar la de forraje de sorgo, el porcentaje de FDN se incrementa, debido a que dicho forraje tiene mayor porcentaje de este componente, que además de ser poco utilizado por las bacterias del ensilaje, tiene un efecto de concentración.

El porcentaje de FDN se afectó por el nivel de salvado de maíz húmedo, donde los primeros 15 días del proceso de ensilaje esta se incrementó, esto posiblemente por una concentración, y la utilización de los carbohidratos solubles. Cuando se agotan estos carbohidratos fácilmente degradables, y aumenta la concentración de ácidos orgánicos, la hemicelulosa sufre una hidrólisis ácida (Nicklas, 1998), probablemente este comportamiento se reflejó en la disminución de FDN de los 15 a los 30 días de ensilaje. Este comportamiento coincide con lo reportado por Megías *et al.* (1993), al ensilar cascara de naranja. Este componente se vio afectado por una doble interacción tiempo y nivel de forraje de sorgo (Cuadro V.9), la cual consiste en que el porcentaje de FDN sufrió un efecto de concentración hasta los 15 días de ensilaje, sin embargo esta fue menos marcada en los ensilajes con 80 y 70% de salvado de maíz húmedo (cuadro V.12). Esta respuesta puede corresponder a un menor pH, que limitó el crecimiento bacteriano y evitó se siguieran utilizando más carbohidratos. Esto no sucedió en los tratamientos con 70 y 60% de SMH donde se observó una mayor actividad fermentativa y por el agotamiento de carbohidratos solubles de los 15 a los 30 días de ensilaje se concentraran aún en mayor cantidad los carbohidratos estructurales.

#### **V.10 Efecto del nivel de salvado de maíz húmedo y el tiempo de ensilaje sobre el contenido de FDA en el ensilado.**

La cantidad de FDA tuvo un incremento en los primeros 15 días de ensilaje (Cuadro V.9) por un efecto de concentración, estabilizándose de los 15-30 dado que las

bacterias no tienen la capacidad de utilizar la celulosa y la lignina para su crecimiento, pero pueden utilizar otros componentes del ensilado, como la hemicelulosa, razón por la cual el resto se concentra.

Esta variable se afectó por una doble interacción, donde se observa que de los 0 a los 15 días de ensilaje se incrementó el contenido de esta, y se mantuvo constante de los 15 a los 30 días en un nivel del 80% de SMH, pero cuando se utilizaron niveles de 70 y 60% de SMH esta concentración fue mayor, debido al rápido agotamiento de carbohidratos solubles, las bacterias comenzaron a utilizar la hemicelulosa, lo cual concentra aún más la FDA (Figura 4).

#### **V.11 Efecto del nivel de salvado de maíz húmedo y el tiempo de ensilaje sobre el contenido de hemicelulosa en el ensilado.**

El nivel de SMH, no afectó el contenido de hemicelulosa, debido a la similitud en este componente en ambos ingredientes (Cuadro V.10). Sin embargo a través del tiempo se observó un efecto cuadrático, encontrándose una mayor concentración a los 15 días de ensilaje, este comportamiento corresponde al de la FDN, dado que a los 15 días se tiene un efecto de concentración por la utilización de los carbohidratos solubles, sin embargo, a los 30 días esta hemicelulosa sufre una hidrólisis ácida o es utilizada por las bacterias, por lo cual su concentración disminuye (Nicklas, 1998). Esta variable no se afectó por una doble interacción.

#### **V.12 Efecto del nivel de salvado de maíz húmedo y el tiempo de ensilaje sobre el contenido de lignina en el ensilado.**

El contenido de lignina se incrementó al disminuir el porcentaje de inclusión de salvado de maíz húmedo, debido a que el forraje de sorgo tiene una mayor cantidad de este componente. La cantidad de lignina no se concentró a través del tiempo de ensilaje ya que las bacterias no tienen acción sobre ella (Cuadro V.10).

Cuadro V.9 Efecto del tiempo de ensilaje y el nivel de salvado de maíz húmedo, sobre el contenido de fibra detergente neutro y fibra detergente ácido en los ensilados de salvado de maíz húmedo con forraje de sorgo.

%MS	Tiempo de ensilaje (días)									NxT
	0			15			30			
	%SMH									
	80	70	60	80	70	60	80	70	60	
FDN	47.91 <sup>aa</sup>	50.53 <sup>ba</sup>	51.72 <sup>ba</sup>	50.44 <sup>ab</sup>	52.24 <sup>bb</sup>	56.27 <sup>bb</sup>	51.58 <sup>B</sup>	52.02 <sup>A</sup>	51.24 <sup>A</sup>	*
FDA	15.44 <sup>aa</sup>	18.43 <sup>ba</sup>	19.28 <sup>ba</sup>	17.05 <sup>ab</sup>	20.56 <sup>bb</sup>	22.29 <sup>cb</sup>	19.06 <sup>Bc</sup>	20.40 <sup>ab</sup>	21.22 <sup>ac</sup>	*

FDN: fibra detergente neutro, FDA: fibra detergente ácido, SMH: salvado de maíz húmedo.

a,b,c: medias con distinta literal en el mismo renglón en el mismo tiempo de ensilaje difieren ( $P \leq 0.05$ )

A,B,C: medias con distinta literal en el mismo renglón dentro del mismo nivel de forraje difieren ( $P \leq 0.05$ ).

Error estándar de la media: FDN= 0.75, FDA=0.37.

N x T: interacción ( $P \leq 0.05$ )

Cuadro V.10. Efecto del nivel de salvado de maíz húmedo y el tiempo de ensilaje sobre el contenido de hemicelulosa y lignina (MMC; % MS).

Variable	% DE SMH				P <			DIAS DE ENSILAJE				P <			NxT
	80	70	60	EEM	80vs70	80vs60	60vs70	0	15	30	EEM	0 vs 15	15 vs 30	0 vs 30	
HEM	33.01	32.80	32.14	0.29	0.30	0.18	0.74	32.34	34.23	31.37	0.29	0.00	0.00	0.14	NS
LIG	3.56	4.21	4.32	0.09	0.52	0.00	0.00	3.59	4.08	4.44	0.09	0.00	0.04	0.00	NS

HEM: hemicelulosa, LIG:lignina, IN x T: interacción entre el nivel de SMH y el tiempo de ensilaje. \* (  $P \leq 0.05$ ), MMC: medias mínimo cuadráticas. EEM: error estándar de la media.

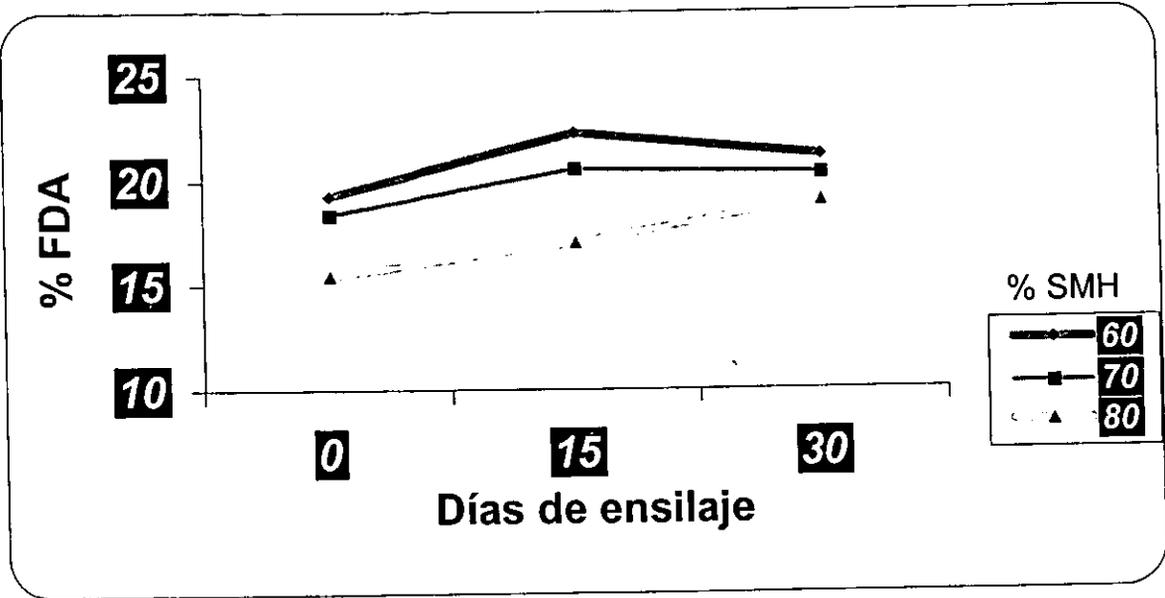


Fig. 4 Efecto de la interacción entre el tiempo de ensilaje y el porcentaje de inclusión de SMH en el contenido de FDA de los ensilados.

### V.13 Conclusiones

Con base en los resultados observados en el presente experimento se puede concluir que los ensilados con salvado de maíz húmedo y forraje de sorgo, pueden ser utilizados en el ganado, ya que presentan mayor cantidad de materia seca (50.37 vs 28.94) que el ensilado de maíz, y que aún cuando rebasan los niveles adecuados de materia seca para una óptima fermentación, no presentan problemas para su conservación por este método. El nivel de 80% SMH y 20% FS, resultó ser el más adecuado para ensilarse, por presentar una cantidad de materia seca (46%), más cercana a la óptima y tener una mayor cantidad de proteína, en comparación con el ensilado de maíz (19.62 vs 8.47%), y el tratamiento con 60% de SMH (19.62 vs 16.66). El tratamiento con 80% de SMH también presentó un pH más ácido en comparación con el resto de los tratamientos (4.12 vs 4.22 y 4.22), una menor producción de  $\text{NH}_3$  (5.77 vs 6.13 y 6.14%), menor cantidad de FDN y FDA y una mayor cantidad de energía, en comparación con el ensilado de maíz (2.79 vs 2.72 Mcal/kg de ED) y el resto de los tratamientos (2.79 vs 2.69 y 2.70 Mcal/kg de ED). Debido a que el tratamiento con 80% de SMH y 20% de forraje de sorgo, presentó las mejores características de conservación y mejor composición nutrimental para la alimentación del ganado, este tratamiento se utilizó para llevar a cabo el segundo experimento en este trabajo.

## CAPITULO VI

### DIGESTIÓN RUMINAL EN VAQUILLAS ANGUS ALIMENTADAS CON SALVADO DE MAÍZ HÚMEDO ENSILADO CON FORRAJE DE SORGO, Y CON ENSILADO DE MAÍZ.

#### INTRODUCCIÓN

Al utilizar fuentes de fibra no forrajera en las dietas de rumiantes se produce un mayor aprovechamiento de sus componentes, además de reducir algunas enfermedades metabólicas. Este mejor aprovechamiento de la dieta se atribuye a un mayor crecimiento bacteriano, que acelera y facilita la colonización de las partículas del alimento, y por lo tanto la digestión (Jaster *et al.*, 1984).

La reducción de las enfermedades metabólicas se debe al empleo de un nivel adecuado de FDN, y debido a que llena parte de los requerimientos nutrimentales del rumiante, se puede disminuir el empleo de concentrados en estos animales, sin tener un efecto detrimental en la producción (Grant, 1997).

Cuando se combina forraje tosco con fuentes de fibra no forrajera, se incrementa la masticación, la rumia y se reduce la tasa de paso, propiciando una mayor exposición del alimento al ataque bacteriano, y por lo tanto se incrementa la extensión potencial de la digestión. Por otro lado el flujo de saliva aumenta, haciendo un medio más adecuado para el crecimiento bacteriano, causando un incremento en la digestión y reduciendo el tiempo para el inicio de la digestión (Owens y Goetsch, 1984; Firkins, 1997).

## **OBJETIVO GENERAL:**

Determinar la tasa de desaparición del salvado de maíz húmedo ensilado con forraje de sorgo, y compararla con su similar de maíz.

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS:**

Determinar las fracciones de digestión de cada uno de los componentes del ensilado de SMH con forraje de sorgo.

Estimar la cuantía máxima de digestión de los componentes del ensilado de SMH con forraje de sorgo.

Estimar los efectos del ensilado de SMH con forraje de sorgo, en el pH ruminal y la digestión de los componentes de la dieta.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Ubicación:

El experimento 2 fue realizado en el mismo sitio del experimento 1.

Para lograr los objetivos específicos de este estudio, se utilizaron 2 tratamientos que consistieron en ensilado de maíz y en ensilado de salvado de maíz húmedo con forraje de sorgo, que presentó el mayor contenido de proteína cruda, energía y menor cantidad de lignina del experimento 1 (80SMH:20FS). El material fue ensilado y compactado en forma similar a la descrita en el experimento 1, en un silo con capacidad para 2500 kg en BH. Posteriormente se procedió a evaluar el material ensilado en vaquillas. Previo al inicio de la fase de alimentación, los ensilajes fueron sometidos a un análisis bromatológico, nitrógeno amoniacal, humedad por arrastre de tolueno (A.O.A.C., 1990), PC por el método de Kjeldahl (Tejada, 1992), fracciones de fibra (FDA y FDN) mediante la técnica descrita por Van Soest y Robertson (1985), con la ayuda de un aparato digestor de fibra ANKOM, y se determinó la cantidad de carbohidratos no estructurales mediante la ecuación propuesta por Wu y Palmquist (1991).

### Animales

Seis vaquillas de la raza Angus (450 kg) con cánulas (10 cm de diámetro) permanentes en el rumen fueron alojadas en corraletas individuales techadas, con comedero y bebedero individual y piso mixto de tierra y cemento.

Previo al inicio del experimento los animales fueron desparasitados internamente con Dectivet (Ivermectina) 1ml/50kg de peso, y vitaminados con una dosis única de ADE forte (5ml).

El estudio tuvo una duración de 36 días y constó de 2 periodos experimentales de 18 días cada uno, de acuerdo a un diseño cruzado. Los primeros 12 días de cada periodo

experimental fueron utilizados para adaptar a las vaquillas a las dietas en estudio y en los últimos 6 días se realizó la medición y la colección de muestras.

### **Alimentación.**

Durante la fase de adaptación los animales fueron alimentados diariamente (0800) ad libitum, con su tratamiento correspondiente. Posteriormente se ajustó el consumo de MS para ambos ensilados, de manera que las vaquillas consumieran la misma cantidad de MS con relación al porcentaje de su peso corporal (2%). Para ajustar la cantidad ofrecida de alimento, los animales se pesaron (0700) sin previo ayuno de agua o alimento, el primer día de cada periodo experimental. Los consumos de alimento fueron registrados diariamente por la diferencia de lo ofrecido el día anterior y lo rechazado, durante los últimos tres días de cada periodo experimental, los rechazos de alimento fueron muestreados para formar una muestra compuesta, la cual fue analizada (MS, PC, MO, FDN) en el laboratorio, para ajustar los consumos de MS, de cada ensilado en las vaquillas. El consumo de agua se registró durante los últimos 3 días de cada periodo experimental.

### **Digestibilidad aparente.**

Para estimar la digestibilidad aparente de los nutrimentos (MS, MO, PC, FDN y FDA) se utilizó la cantidad de cenizas insolubles en ácido como marcador interno, según la fórmula propuesta por Van Keulen y Young (1977). Se colectaron 3 muestras de heces/día directamente del recto (0800, 1400 y 2000) durante los días 13, 14 y 15 de cada periodo experimental; posteriormente todas las muestras fueron secadas en un horno de aire forzado a 55 C durante 72 h y molidas en un molino Wiley con criba de 2 mm. Antes de analizarlas se formaron muestras compuestas, a las cuales se determinó MS, MO (A.O.A.C. 1990), PC (por el método de Kjeldahl) y fracciones de fibra (Van Soest y Robertson, 1985).

Para registrar el pH se colectaron 100 ml de contenido ruminal del saco ventral del rumen los mismos días de muestreo para el cálculo de la digestibilidad aparente, según el horario que se muestra en el Cuadro VI.1.

### **Tasa de digestión**

Durante el día 13, 14 y 15 de cada período, se incubaron  $10 \pm 0.5$  gramos de muestra de cada uno de los materiales utilizados, los cuales fueron secados previamente en la estufa de aire forzado, molidos y contenidos en bolsas de dacrón (11x 23 cm), de acuerdo a la técnica propuesta por Mehrez y Orskov (1977). Las bolsas se colocaron por duplicado y se incubaron a distintos tiempos (0, 2, 4, 8, 12, 24, 48, 72 y 96h) en el rumen del animal, que consumió el mismo tratamiento. Para evitar la flotación y asegurar la acción bacteriana sobre el substrato, las bolsas se sujetaron a un contrapeso de aproximadamente 0.20 kg colocado en el saco ventral del rumen. El orden de incubación fue inverso, iniciando en el tiempo mayor (72 horas) y finalizando en el tiempo más corto (2 horas), para realizar el retiro de las bolsas en un solo paso. Al término de la incubación las bolsas se sumergieron en un recipiente con agua a temperatura ambiente, posteriormente se lavaron con agua corriente hasta que se eliminaron impurezas adheridas a las bolsas y el agua apareció clara, enseguida se colocaron en la estufa de aire forzado a 55 C para su secado, durante 72 horas. A las muestras de alimento y en el residuo de las bolsas se le determinó MS, MO, FDN, Hemicelulosa, FDA, y lignina.

Los estimadores de degradabilidad de MS, MO, FDN, Hemicelulosa, FDA y celulosa, fueron: fracción (a), aquella rápidamente soluble, (b), la fracción degradada a una tasa medible o potencialmente digestible, (a+b) es la degradabilidad total de la muestra, (c) la tasa de digestión de (b) y t. lag es el tiempo de retraso para el inicio de la digestión; los cuales fueron calculados con apoyo del programa Neway (Rowett Research

Institute; Mc Donald, (1981), por un procedimiento de cuadrados mínimos, el cual utiliza la ecuación propuesta por Orskov *et al.* (1980) ( $P=a + b (1-e^{-a})$  [1]).

La tasa de digestión de la fibra se calculó realizando una regresión del logaritmo natural del residuo de la fracción potencialmente digestible con el tiempo de incubación. La fracción potencialmente digestible fue calculada como la diferencia entre el residuo de la fracción en el tiempo x de incubación y la fracción residual indigestible a las 72h.

### **Determinación de la tasa de pasaje**

Para la estimación de la tasa de pasaje fue utilizada la ecuación propuesta por Owens y Goetsch (1988):

$$Tf= 0.94 + 1.34 CC + 1.24 CF$$

Donde;

Tf es la tasa de paso de sólidos.

CC es el consumo de concentrados.

CF es el consumo de forrajes.

### **Determinación de flujo de nitrógeno bacteriano a intestino**

Para estimar la cantidad de nitrógeno que llega a intestino de origen bacteriano se utilizó una de las ecuaciones propuestas por Oldick *et al.* (1999):

$$NM= -31.8 + 39.8 \times MO - 1.01 \times MO$$

Donde:

NM= Flujo de nitrógeno microbial (gramos/día).

MO= materia orgánica digerida en rumen (kgs/día)

### **Determinación del volumen ruminal**

Para la estimación del volumen ruminal fue utilizada la ecuación propuesta por Owens y Goetsch (1988):

Cuadro VI.1. Horario de colección de líquido ruminal para la determinación de pH.

	Día del periodo experimental		
	16	17	18
Horas	0800	1000	1200
de	1400	1600	1800
Colección	2000	2200	2400
	0200	0400	0600

### Estimación de la degradabilidad efectiva.

La degradabilidad efectiva de la MS, MO, PC, FDN, FDA, hemicelulosa, celulosa y lignina se calculó tomando en cuenta la tasa de pasaje de partículas. Para la determinación de la degradabilidad efectiva de la fibra se utilizó la ecuación propuesta por Mertens (1977):

$$Rd = a + (b \times c) / (c + k_2)$$

Donde:

Rd= degradabilidad efectiva

a, b y c= constantes calculadas en la ecuación [1]

$k_2$ = tasa de pasaje del ingrediente.

### Análisis estadístico.

La información de estimadores de degradabilidad *in situ* y degradabilidad efectiva fue analizada por un diseño cruzado, con dos periodos experimentales de 18 días cada uno, utilizando el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (1988), con efecto de animal, periodo y tratamiento. Las medias fueron diferenciadas mediante una prueba de t de Student. El total de la variación se explica bajo el siguiente modelo lineal:

$$Y_{ijk} = \mu + A_{ij} + P_k + T_l + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ij}$  es la observación asociada al k-ésimo periodo, al j-ésimo animal y al l-ésimo tratamiento.

$\mu$  es la media general

$A_{ij}$  es el efecto del j-ésimo animal en el i-ésimo grupo  $j=1, 2, 3$

$P_k$  es el efecto de k-ésimo periodo  $k=1,2$

$T_l$  es el efecto del l-ésimo tratamiento  $h=1,2$

$\varepsilon_{ijk}$  es el error aleatorio de la j-ésima observación dentro del i-ésimo grupo, normalmente distribuido  $(0, \sigma^2)$ .

El pH se analizó como parcelas divididas en el tiempo (Federer, 1955). El término error para la parcela grande (tratamiento) fue la interacción tratamiento x animal x periodo. El término error para la parcela chica (tiempo) y la interacción tratamiento x tiempo, fue el error experimental, los datos se analizaron con ayuda del paquete estadístico SAS (1988). El modelo lineal utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + P_j + T_k + A(P)_{i(jk)} + \delta + H_l + TH_{kl} + \varepsilon_{(ijkl)}$$

Donde:

$Y_{ijkl}$  es la lectura en el l-ésimo tiempo, en el k-ésimo tratamiento, durante el j-ésimo periodo del i-ésimo animal.

$\mu$  es la media general

$A_i$  es el efecto del i-ésimo animal.

$P_j$  es el efecto del j-ésimo periodo.

$T_k$  es el efecto del k-ésimo tratamiento.

$A(P)_{i(jk)}$  es el efecto del animal anidado en el periodo y el tratamiento, tomado como el error de la parcela grande.

$\delta$  es el error de restricción.

$H_l$  es el efecto del l-ésimo tiempo de muestreo.

$TH_{kl}$  es el efecto de la interacción del k-ésimo tratamiento y el l-ésimo tiempo de muestreo, tomado como el error para la parcela chica.

$\varepsilon_{(ijkl)}$  es el error aleatorio de la j-ésima observación en el i-ésimo animal, en el k-ésimo tratamiento y el l-ésimo tiempo de muestreo, normalmente distribuido  $(0, \sigma^2)$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al momento de abrir los silos de SMH con forraje de sorgo su contenido presentó un color y olor agradable, los que puede indicar una adecuada fermentación y por consecuencia un método de conservación práctico y adecuado. Este ensilado tuvo un mayor contenido de proteína cruda comparado con el ensilado de maíz, así como una menor cantidad de paredes celulares, esto posiblemente indique una mejor calidad del ingrediente (Cuadro VI.2).

### **V.6 Consumo de ensilado de SMH con forraje de sorgo, y ensilado de maíz en vaquillas Angus.**

El consumo de MS seca fue similar ( $P \leq 0.05$ ) en los dos tratamientos, debido a que fue ajustado al peso corporal (%). Sin embargo, Mertens (1982) y Hoover (1986) mencionan, que el consumo de materia seca esta relacionado inversamente con el contenido de fibra detergente neutro en la dieta, razón por la cual los consumos de materia seca pudieron haber sido diferentes, de no haber limitado el consumo. Posteriormente Dawson y Maynet (1998), reportan que el consumo de ensilado esta controlado por la cantidad de ácidos grasos volátiles, la distensión del rumen, la tasa de degradación y pasaje. Sin embargo, Bernard *et al.* (1991) mencionan que el consumo de materia seca no se afecta en dietas basadas en ensilado de maíz cuando se sustituye el 50% con salvado de maíz húmedo,, por lo cual los consumos no debieran afectarse, al alimentar con uno u otro ensilado.

El consumo de proteína cruda y hemicelulosa fue mayor ( $P \leq 0.05$  Cuadro, VI.3) en los animales que consumieron ensilado de SMH con forraje de sorgo debido a que este, presenta una mayor concentración de ambos componentes.

VI.2 Composición química de los ensilados utilizados en el experimento 2 (%MS).

	<u>Control</u>	<u>SMH</u>
Materia seca	35.36	50.15
Materia orgánica	92.28	89.46
Proteína cruda	6.93	20.90
FDN	59.55	51.04
FDA	32.47	19.36
Hemicelulosa	27.08	31.68
Celulosa	27.44	16.83

SMH:silo de salvado de maíz húmedo con forraje de sorgo(80:20%). FDN:fibra detergente neutro, FDA: fibra detergente ácido.

El consumo de materia orgánica y de fibra detergente neutro (FDN) también fue similar entre el tratamiento de SMH y el control, ya que los alimentos tienen una proporción semejante de estos componentes. El consumo de fibra detergente ácido (FDA) y celulosa, fue mayor ( $P \leq 0.05$ ) en los animales que consumieron ensilado de maíz, dada su mayor proporción de estos en el ensilado de maíz.

#### **VI.7 Comportamiento de vaquillas Angus**

Las vaquillas alimentadas con ensilado de SMH, tuvieron una mayor ganancia diaria de peso (.71 vs .21kg/día.) y un mayor consumo ( $P < 0.01$ ) de agua por día, con relación a las vaquillas alimentadas con ensilado de maíz (Cuadro VI.4). Este consumo de agua se vio afectado por el periodo y por los animales. Los litros de agua consumida por kilogramo de alimento, fueron mayores en las vaquillas alimentadas con ensilado de SMH con forraje de sorgo. Winchester y Morris (1956) y Murphy *et al.* (1983), mencionan que existe una relación entre el consumo de agua y la materia seca presente en el alimento, razón por la cual los consumos de agua fueron diferentes.

#### **VI.8 Digestibilidad aparente de los componentes de la dieta.**

La digestibilidad aparente de materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC), fibra detergente ácido (FDA), fibra detergente neutro (FDN), hemicelulosa y celulosa se muestra en el Cuadro VI.5. Con excepción de la fibra detergente ácido y de la celulosa, la digestibilidad aparente de los demás componentes químicos del ensilaje, fue superior ( $P \leq 0.05$ ) en el ensilado de SMH con forraje de sorgo. La falta de respuesta en digestibilidad de la FDA y la celulosa pudo estar asociada a un menor pH ruminal en las vaquillas alimentadas con este ensilado, lo que no permitió la rápida y eficiente colonización bacteriana del substrato para su digestión (Russell y Wilson, 1996). La digestibilidad de la materia seca estuvo correlacionada con el nivel de FDA en el alimento (0.86), como lo indican Singh *et al.*, (1992).

VI.3 Consumo de vaquillas Angus de cada uno de los componentes de la dieta en los diferentes tratamientos (kg/día).

	Control	SMH	EEM
CMS	5.56	5.96	0.21
CMO	5.13	5.33	0.19
CPC	0.37 <sup>a</sup>	1.24 <sup>b</sup>	0.03
CFDN	3.30	3.04	0.11
CFDA	1.80 <sup>a</sup>	1.15 <sup>b</sup>	0.05
CHEM	1.50 <sup>a</sup>	1.88 <sup>b</sup>	0.06
CCEL	1.52 <sup>a</sup>	1.00 <sup>b</sup>	0.04

CMS:consumo de materia seca, CMO: consumo de materia orgánica, CPC;consumo de proteína cruda, CFDN:consumo de fibra detergente neutro, CFDA:consumo de fibra detergente ácido, CHEM:consumo de hemicelulosa, CCEL:consumo de celulosa.

a,b: medias con distinta literal en el mismo renglón difieren ( $P \leq 0.05$ )

Cuadro VI.4. Consumo de agua en vaquillas Angus alimentadas con ensilados de maíz y de salvado de maíz húmedo con forraje de sorgo.

	Control	SMH	EEM
CA(L/día)	13.25 <sup>a</sup>	20.94 <sup>b</sup>	0.56
CAA(L/Kg)	2.61 <sup>a</sup>	3.60 <sup>b</sup>	0.11

a,b: medias con distinta literal en el mismo renglón difieren ( $P \leq 0.05$ )

CA: consumo diario de agua, CAA: consumo de agua por kilogramo de alimento.

Teóricamente la digestión de todos los componentes del ensilado de salvado debe de ser mayor a los del ensilado de maíz por la naturaleza de su fibra, su menor cantidad de lignina (Jaster *et al.*, 1984), y su menor tamaño de partícula (Firkins, 1997). Singh *et al.* (1992), reportan que la baja digestión de la celulosa, puede ser causada por una baja concentración de esta en el rumen, ya que se relaciona linealmente con su digestibilidad, es decir, cuando hay una mayor proporción de celulosa en el rumen, hay una rápida y eficiente digestión de esta, razón por la cual la digestión de este componente fue similar ( $P > 0.05$ ) entre ambos ensilados.

La digestibilidad aparente de la materia seca del ensilado de salvado de maíz húmedo y forraje de sorgo fue 73.89%, lo que concuerda con la digestibilidad aparente de materia seca, publicada por Bernard *et al.* (1991) al alimentar vacas Holstein con este subproducto. Pero reportan una digestibilidad del 73.6 y 65.8% para PC y FDN, que son inferiores a las encontradas en el presente estudio, al utilizar salvado de maíz húmedo combinado con forraje de sorgo, por lo que puede pensarse en un efecto del proceso de ensilado sobre la digestibilidad de la PC y la FDN.

La mayor digestibilidad de los componentes de la dieta en el ensilado de salvado de maíz húmedo según Galyean y Owens (1991) puede ser causada por el menor tamaño de partícula, que afecta positivamente la digestibilidad, por una mayor disponibilidad del sustrato. Por otro lado Jaster *et al.* (1984) reportan que la digestibilidad del salvado de maíz húmedo es más rápida y mayor, por el proceso de lavado al cual es sometida la cascarilla del maíz (salvado de maíz) que hincha las moléculas de celulosa y hemicelulosa, lo que facilita la colonización bacteriana y la digestión de las partículas.

Se puede observar una mayor cantidad de proteína cruda y una mejor digestión de esta en el ensilaje de salvado de maíz húmedo. Esta digestibilidad de la proteína del ensilado de SMH y forraje de sorgo, fue superior a lo reportado por Taniguchi *et al.* (1999)

para la cascarilla de soya. Según Swingle *et al.* (1977), la digestión de la proteína se ve afectada positivamente por un incremento de su contenido en la dieta, siempre que la materia seca se mantenga constante. Sin embargo cambios en la digestibilidad son cuantitativamente pequeños cuando el nivel de PC es superior a 15% (Maynard *et al.*, 1989); En contraste Mabeesh *et al.* (1997) atribuyen esta mayor digestión de la proteína a una mayor disponibilidad de la materia orgánica en el rumen, que acelera el crecimiento bacteriano y la síntesis de proteína bacteriana. Kitamoto y Sadahiro (1993), reportan que cuando el ensilaje presenta un pH poco ácido, la gustosidad y la digestión de proteína del ensilaje se reducen, sin embargo en el presente trabajo el ensilado de salvado de maíz húmedo con forraje de sorgo tuvo un pH menos ácido y la digestibilidad de la proteína fue mayor.

El pH ruminal fue menor cuando se utilizó el ensilado de SMH con forraje de sorgo, como se observa en la Figura 5. Esta mayor acidez puede ser causada por una rápida digestión de los componentes de la dieta por una menor cantidad de lignina, que genera una mayor producción de ácidos grasos y acidifican el medio; razón por la cual puede disminuir la digestión de la fibra (Owens y Goetsch, 1984). Además este presenta una menor cantidad de fibra efectiva, que no estimula una adecuada salivación, por lo cual se secretan menor cantidad de carbonatos que neutralicen el pH ruminal (Grant y Colenbrander, 1992). Sin embargo McCoy *et al.* (1998) reportan que al substituir el 50% de maíz rolado por SMH, el pH ruminal aumenta. La digestibilidad de los componentes del ensilado de maíz, a excepción de la FDA y la celulosa, fue superior en los ensilados de SMH con forraje de sorgo. Weimer (1996), menciona que cuando el pH ruminal desciende por debajo de 6.0, la digestibilidad de la fibra se afecta severamente, ya que las bacterias celulolíticas, son sensibles a un pH menor al antes mencionado. Sin embargo esta menor digestión en el ensilado de maíz, puede ser debida a la deficiencia de proteína y de

carbohidratos no estructurales en el rumen, que según Stokes *et al.*, 1991 deber ser de 13.7 y 38% respectivamente, y en este caso el ensilado de maíz tiene solamente un 8.47% de proteína cruda y un 25.97% de carbohidratos estructurales, lo que limita el crecimiento bacteriano y afecta la digestión. En el presente trabajo, no se detectaron pH's en el líquido ruminal menores a 6 en ninguno de los dos tratamientos, coincidiendo con lo reportado por Pereira *et al.* (1999), al substituir salvado de maíz húmedo, por ensilado de alfalfa, donde encuentran pH's ruminales superiores a 5.8.

#### **VI.9 Tasa de digestión de la materia seca.**

Los parámetros de digestibilidad *in situ* de la MS se muestran en el Cuadro VI.6. El salvado de maíz húmedo alcanzó una desaparición máxima de materia seca fracción a + fracción b de 85.47% a las 72 horas de incubación, sin ser diferente ( $P \geq 0.05$ ) al ensilado de maíz. La fracción soluble (a) y la tasa de degradación (c) (curva de degradación, apéndice Fig. 1), fueron superiores en el ensilado de salvado de maíz húmedo con forraje de sorgo. Esta mayor tasa de digestión y mayor porcentaje de fracción soluble, se puede atribuir a la facilidad que presenta el salvado de maíz para la colonización bacteriana, ya que las moléculas de celulosa y hemicelulosa se encuentran hinchadas por el proceso que sufre la cascarilla del maíz (Jaster *et al.*, 1984). Sin embargo, la tasa de degradación no siempre esta relacionada con la degradabilidad total; es decir la extensión de la digestión en el rumen está influenciada por la composición e indigestibilidad de cada fracción química del residuo de alimento, así como por el tiempo de residencia de este en el rumen (Varga y Hoover, 1983; Carro *et al.*, 1991) por lo cual la degradación total no fue diferente. La fracción (a) en el ensilado de salvado corresponde a la reportada por DePeters *et al.* (1997), para los granos de destilería, sin embargo, estos últimos presentan una mayor tasa de degradación de la materia seca.

Cuadro VI.5. Digestibilidad aparente total de los componentes de la dieta, en vaquillas Angus alimentadas con ensilados de salvado de maíz húmedo con forraje de sorgo y ensilado de maíz (%MS).

	Control	SMH	EEM
DMS	64.42 <sup>a</sup>	73.89 <sup>b</sup>	1.33
DMO	66.66 <sup>a</sup>	77.11 <sup>b</sup>	1.07
DPC	48.24 <sup>a</sup>	82.45 <sup>b</sup>	0.94
DFDN	57.56 <sup>a</sup>	69.85 <sup>b</sup>	1.21
DFDA	56.24	59.03	1.97
DHEM	59.18 <sup>a</sup>	76.52 <sup>b</sup>	1.03
DCEL	66.16	69.04	1.86
pH ruminal	6.71 <sup>a</sup>	6.41 <sup>b</sup>	0.02

a,b: medias con distinta literal en el mismo renglón difieren ( $P \leq 0.01$ )

DMS: digestibilidad aparente de materia seca, DMO: digestibilidad aparente de materia orgánica, DPC: digestibilidad aparente de proteína, DFDN: digestibilidad de fibra detergente neutro, DFDA: digestibilidad de fibra detergente neutro, DHEM: digestibilidad de hemicelulosa, DCEL: digestibilidad de celulosa.

Control: ensilado de maíz, SMH: ensilado de salvado de maíz húmedo con forraje de sorgo (80:20)

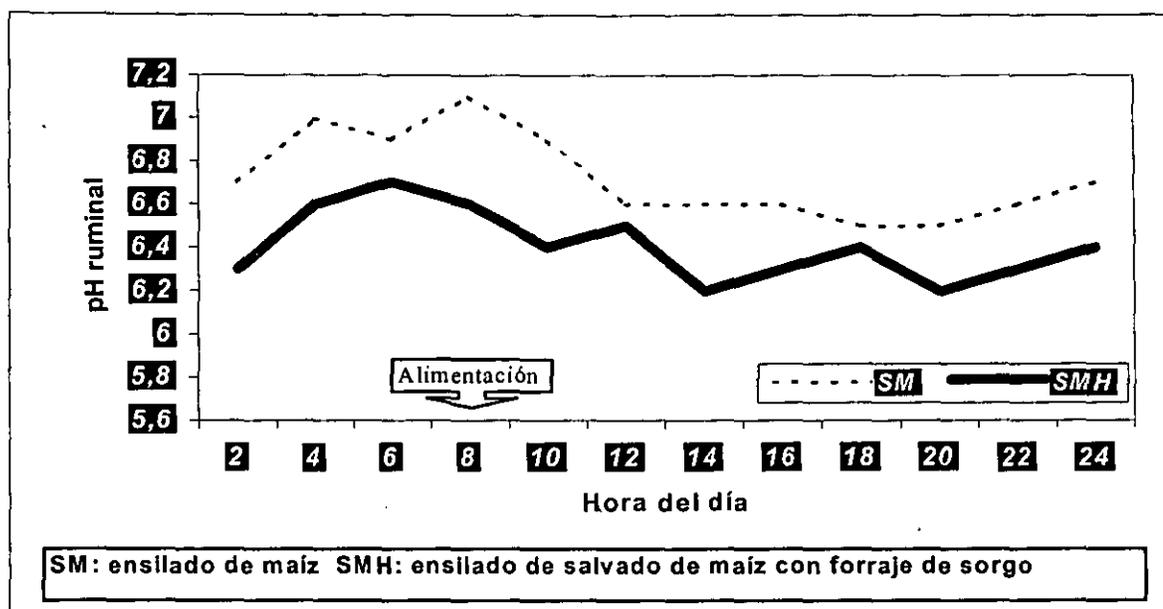


Figura 5. pH ruminal durante las 24 horas del día de vaquillas Angus alimentadas con ensilado de maíz y salvado de maíz húmedo ensilado con forraje de sorgo.

La degradabilidad efectiva de la materia seca, fue superior ( $P \leq 0.01$ ) en el ensilado de salvado de maíz húmedo (Cuadro VI.6), en comparación con el ensilado de maíz, pero la degradabilidad de este último en el presente trabajo, fue menor a la encontrada por Philippeau y Michalet-Doreau, (1998). Wilson y Kennedy (1996), mencionan que la menor digestión de materia seca, en alimentos bajos en proteína cruda, se debe a que el nitrógeno de reciclamiento no es suficiente para el crecimiento bacteriano y una eficiente digestión de la materia seca. Por lo cual la mayor degradabilidad efectiva para el ensilado de SMH puede ser atribuida a la cantidad de proteína cruda, presente en este ensilado. Sin embargo, Casper *et al.* (1999) mencionan que al incrementar el nivel de carbohidratos no estructurales en la dieta mejora la utilización del nitrógeno por parte de las bacterias, y por este mayor crecimiento de microorganismos se mejora la digestión ruminal, pero en este trabajo no sucedió lo mismo, ya que el ensilado de maíz presentó mayor cantidad de carbohidratos solubles (25.67 vs 16.64%) y no presentó mayor digestión. En contraste Hóover y Stokes (1991) y Feng *et al.* (1993), mencionan que al disminuir la cantidad de carbohidratos solubles y aumentar el nitrógeno degradable en rumen se incrementa la síntesis de proteína bacteriana, lo cual pudo ocasionar esta mayor digestión, sin embargo estos últimos también mencionan un 29% de carbohidratos no estructurales como mínimo.

Firkins (1997) reporta que los ingredientes que tienen una baja digestión ruminal, proveen de muy poca cantidad de proteína cruda de origen bacteriano al intestino delgado, lo que puede afectar las ganancias diarias de peso en ganado de engorda.

El tiempo Lag para la materia seca fue similar ( $P > 0.05$ ) entre el ensilado de SMH con forraje de sorgo y el de maíz, diferente a lo reportado por Allen y Grant (2000), donde ellos observan que al substituir ensilado de alfalfa por salvado de maíz húmedo, esta fase ocupa un mayor tiempo. Sin embargo esto se puede explicar por molido de la muestra,

que posiblemente facilito la colonización bacteriana, ya que se observó que este tiempo Lag fue cercano a "0". Smith *et al.* (1972) reportan que una mayor cantidad de paredes celulares y un mayor contenido de lignina limitan el inicio de la digestión, pero en el presente experimento, por las razones antes mencionadas, no fue diferente, aún existiendo diferencia en el contenido de paredes celulares entre ambos tratamientos.

La fracción soluble de materia orgánica fue mayor en el ensilado de SMH con forraje de sorgo (Cuadro VI.7). La fracción potencialmente digestible fue mayor en el ensilado de maíz. Pero la digestión total fue similar ( $P \geq 0.05$ ) entre ambos tratamientos a las 72 horas de incubación. Esto por un mayor porcentaje de fracción potencialmente degradable presente en el ensilado de maíz. La tasa de degradación también fue mayor en el ensilado de SMH con forraje de sorgo, dada su mayor disponibilidad para el ataque bacteriano (curva de degradación referirse apéndice Figura.2). El tiempo Lag para la materia orgánica no fue diferente ( $P > 0.05$ ) entre el ensilado de maíz y el ensilado de SMH con forraje de sorgo.

La degradación de la FDN se muestra en el Cuadro VI.8, observando que la fracción soluble es mayor (16.66 vs 12.97%,  $P \leq 0.05$ ) en el ensilado de salvado de maíz húmedo, sin existir diferencia ( $P > 0.05$ ) en la fracción potencialmente degradable, y en la suma de las fracciones (a) y (b). Sin embargo la tasa de degradación fue mayor en el ensilado de salvado de maíz húmedo (4.00 vs 1.8%/h); (curva de degradación apéndice Figura. 3). También el ensilado de SMH con forraje de sorgo presentó, un menor tiempo Lag y una mayor degradabilidad efectiva de la FDN, esto se atribuye a la disposición de sus fracciones de fibra (Jaster *et al.*, 1984). La menor tasa de degradación en el ensilado de maíz se atribuye a que tiene una mayor cantidad de carbohidratos estructurales, de

Cuadro VI.6. Digestibilidad *in situ* de la materia seca del ensilado de salvado de maíz húmedo con forraje de sorgo y su similar de maíz (% MS) en vaquillas Angus.

Fracción	Control	SMH	EEM
A	35.39 <sup>a</sup>	45.53 <sup>b</sup>	0.49
B	48.89 <sup>a</sup>	39.93 <sup>b</sup>	1.57
AB	84.54	85.47	1.47
C	2.10 <sup>a</sup>	4.83 <sup>b</sup>	0.00
TL	0.15	-0.44	0.53
DEF	56.20 <sup>a</sup>	70.60 <sup>b</sup>	1.75

A: materia seca soluble(%), B: materia seca potencialmente degradable (%), AB: suma de las fracciones A y B (%), C: tasa de degradación de B (%/hora) TL: tiempo lag (horas), DEF: degradabilidad efectiva de la materia seca (%).

a,b: medias con distinta literal en el mismo renglón difieren ( $P \leq 0.01$ )

Control: ensilado de maíz, SMH: ensilado de salvado de maíz húmedo con forraje de sorgo (80:20)

EEM: error estándar de la media.

Cuadro VI.7. Digestibilidad *in situ* de la materia orgánica del ensilado de salvado de maíz húmedo con forraje de sorgo y su similar de maíz.(%MS) en vaquillas Angus.

Fracción	Control	SMH	EEM
A	30.96 <sup>a</sup>	43.06 <sup>b</sup>	0.57
B	56.55 <sup>a</sup>	42.71 <sup>b</sup>	1.29
AB	87.69	85.78	1.06
C	1.78 <sup>a</sup>	4.99 <sup>b</sup>	0.00
TL	0.75	0.50	0.69
DEF	54.18 <sup>a</sup>	70.22 <sup>b</sup>	1.41

A: materia orgánica soluble (%), B: materia orgánica potencialmente degradable (%), AB: suma de las fracciones A y B (%), C:tasa de degradación de B (%/hora) TL: tiempo lag (horas),

DEF:degradabilidad efectiva de la materia orgánica (%).

a,b: medias con distinta literal en el mismo renglón difieren ( $P \leq 0.01$ )

Control: ensilado de maíz, SMH: ensilado de salvado de maíz húmedo con forraje de sorgo (80:20)

lenta colonización y difícil acceso para la digestión. Smith *et al.* (1972), observan que la tasa de digestión de la FDN esta correlacionada positivamente con el contenido celular de los forrajes, lo que concuerda con los resultados encontrados en el presente experimento, ya que se observa una tasa de digestión más rápida, en el ensilado de SMH con forraje de sorgo, que tiene menor cantidad de paredes celulares.

El ensilado de SMH con forraje de sorgo, presentó un mayor porcentaje de FDA soluble y una mayor ( $P \leq 0.05$ ) tasa de degradación; pero una menor fracción potencialmente digestible y ( $P > 0.05$ ) digestión total en comparación con el ensilado de maíz (Cuadro VI. 9). Se puede observar en ambos tratamientos la división de las fracciones de fibra en altamente degradable, de lenta degradación e indegradable como lo mencionan Signh *et al.* (1992). Esta mayor degradabilidad de la fracción de FDA potencialmente degradable posiblemente fue causada por un pH ruminal, más cercano a la neutralidad y más estable. Este ambiente más apropiado, pudo haber permitido un mayor crecimiento bacteriano que mejoró la digestión de esta fibra, y además por presentar una menor tasa de paso, se tiene una mejor digestión. No obstante esto, Fleck *et al.* (1988), reportan que el pH ruminal no afecta la digestibilidad de la fibra de algunos ingredientes como el ensilaje de alfalfa, sin embargo Weimer (1996) menciona que un pH por debajo de 6 afecta la digestibilidad de la fibra.

Cuadro VI.8. Digestibilidad *in situ* de la fibra detergente neutro del ensilado de salvado de maíz húmedo con forraje de sorgo y su similar de maíz en vaquillas Angus.

Fracción	Control	SMH	EEM
A	12.97 <sup>a</sup>	16.66 <sup>b</sup>	0.55
B	66.71	63.84	1.39
AB	79.68	80.50	1.81
C	1.86 <sup>a</sup>	4.00 <sup>b</sup>	0.00
TL	6.74 <sup>a</sup>	1.01 <sup>b</sup>	0.61
DEF	40.41 <sup>a</sup>	53.86 <sup>b</sup>	0.86

A: fibra detergente neutro soluble (%), B: fibra detergente neutro potencialmente degradable (%), AB: suma de las fracciones A y B (%), C: tasa de degradación de B (%/hora) TL: tiempo lag(horas), DEF: degradabilidad efectiva de la fibra detergente neutro (%).

a,b: medias con distinta literal en el mismo renglón difieren ( $P \leq 0.01$ )

Control: ensilado de maíz, SMH: ensilado de salvado de maíz húmedo con forraje de sorgo (80:20)

ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA

Cuadro VI.9. Digestibilidad *in situ* de la fibra detergente ácido del ensilado de salvado de maíz húmedo con forraje de sorgo y su similar de maíz en vaquillas Angus.

Fracción	Control	SMH	EEM
A	7.47 <sup>a</sup>	14.09 <sup>b</sup>	0.78
B	66.94 <sup>a</sup>	52.22 <sup>b</sup>	2.06
AB	74.39 <sup>a</sup>	66.30 <sup>b</sup>	2.10
C	1.90 <sup>a</sup>	3.99 <sup>b</sup>	0.00
TL	10.56 <sup>a</sup>	2.65 <sup>b</sup>	0.64
DEF	35.62 <sup>a</sup>	43.78 <sup>b</sup>	0.93

A: fibra detergente ácido soluble (%), B: fibra detergente ácido potencialmente degradable (%), AB: suma de la fracciones A y B (%), C: tasa de degradación de B (%/hora) TL: tiempo lag(horas), DEF: degradabilidad efectiva de la fibra detergente ácido (%).

a,b: medias con distinta literal en el mismo renglón difieren ( $P \leq 0.01$ )

Control: ensilado de maíz, SMH: ensilado de salvado de maíz húmedo con forraje de sorgo (80:20)

El tiempo Lag de la FDA fue mayor ( $P \leq 0.05$ ) en el ensilado de maíz según Latham *et al.* (1978), citado por Singh *et al.* (1992), esto se debe a que el ensilado de maíz tiene una mayor cantidad de lignina, lo que puede retardar la colonización bacteriana del substrato en el rumen. Owens y Goetsch (1984), atribuyen esta mayor fase de retraso a otros factores, como la tasa de hidratación de la partícula, la remoción de inhibidores físicos y químicos, y a la cantidad de carbohidratos solubles en la dieta que pueden acelerar la tasa de degradación. En combinación con la tasa de pasaje, se mejora la digestión ruminal, como sucedió en este caso, donde el ensilado de salvado de maíz húmedo, presentó una mayor degradabilidad efectiva de la FDA.

La digestibilidad *in situ* de la hemicelulosa, se muestra en el Cuadro VI.10. Se puede observar que tanto la fracción soluble, la potencialmente degradable, la suma de ambas fracciones y el tiempo Lag, fueron mayores ( $P \leq 0.05$ ), en el ensilado de SMH con forraje de sorgo. Esta mayor tasa de degradación y digestión total, se pueden atribuir a que el SMH presenta moléculas de fácil acceso, razón por la cual se coloniza rápidamente y su digestión se lleva a cabo en menor tiempo. También la degradabilidad efectiva del ensilado de salvado de maíz húmedo fue mayor, ya que por su disponibilidad se digiere rápidamente en el rumen. (Curva de degradación apéndice Figura. 5).

El ensilado de SMH con forraje de sorgo no presenta celulosa soluble en rumen (Cuadro VI.11), pero presenta una mayor cantidad de celulosa potencialmente digestible, comparada con el ensilado de maíz, por lo cual la suma de ambas fracciones (a) y (b), son similares ( $P > 0.05$ ).

Laptev (1995), reportan que el rango de digestión de la celulosa (curva de degradación apéndice Figura.6), es proporcional a la concentración de este substrato en el rumen, y que un déficit en el rumen de este componente, puede

Cuadro VI.10. Digestibilidad *in situ* de la hemicelulosa del ensilado de salvado de maíz húmedo con forraje de sorgo y su similar de maíz en vaquillas Angus.

Fracción	Control	SMH	EEM
A	18.68	18.54	0.74
B	65.20	68.33	1.79
AB	83.89	86.88	1.77
C	1.93 <sup>a</sup>	4.73 <sup>b</sup>	0.00
TL	2.56	2.05	1.52
DEF	46.00 <sup>a</sup>	60.99 <sup>b</sup>	1.02

A: hemicelulosa (%), B: hemicelulosa potencialmente degradable (%), AB: suma de las fracciones A y B (%), C: tasa de degradación de B (%/hora) TL: tiempo lag(horas), DEF: degradabilidad efectiva de la hemicelulosa (%).

a,b: medias con distinta literal en el mismo renglón difieren ( $P \leq 0.01$ )

Control: ensilado de maíz, SMH: ensilado de salvado de maíz húmedo con forraje de sorgo (80:20)

ocasionar su digestión incompleta, lo cual coincide con lo encontrado en el presente trabajo.

El ensilado de SMH con forraje de sorgo presentó una mayor tasa de degradación, y un tiempo Lag más largo para la celulosa (Cuadro VI.11). Según Singh *et al.* (1992), esta mayor fase de retraso es causada por una baja concentración de substrato en el rumen. Esta mayor concentración de substrato en el rumen, se tiene cuando se han digerido los carbohidratos no estructurales. Esto coincide con el inicio de la digestión de la celulosa en el presente estudio, ya que el animal tenía varias horas de haber consumido alimento. En contraste Weimer en (1996) y Hoover (1986), atribuyen este mayor tiempo Lag al pH ruminal, ya que las bacterias celulolíticas tienen dificultades para reproducirse o desarrollarse en pH's menores a 6, teniendo su máxima actividad entre 6 y 7, razón por la cual la digestión de la celulosa comenzó cuando el pH se acercó a la neutralidad. Sin embargo Akin y Amos (1975) citados por Owens y Goetsch (1984) atribuyen este mayor tiempo Lag, a algunas estructuras morfológicas del forraje. Bauchemin *et al.* (1991) obtienen resultados similares al sustituir parte del ensilado de maíz, por trigo en una relación 50:50, donde observaron que el tiempo Lag se hace más largo, a causa de un pH ruminal bajo, durante las primeras horas posprandiales. Laptev (1995), reporta que el pH ácido, evita la penetración de los hongos a la estructura de la celulosa, que es el primer paso en su digestión, sin embargo, las bacterias como *Ruminococcus albus* comienzan a colonizar, pero no en forma eficiente, como sucede cuando actúan en conjunto con protozoos, por tal motivo la degradación de la celulosa fue menor en el ensilado de salvado de maíz húmedo.

Cuadro VI.11. Digestibilidad *in situ* de la celulosa del ensilado de salvado de maíz húmedo con forraje de sorgo y su similar de maíz en vaquillas Angus.

Fracción	Control	SMH	EEM
A	33.07 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.76
B	60.02 <sup>a</sup>	86.69 <sup>b</sup>	2.38
AB	93.18 <sup>a</sup>	86.69 <sup>b</sup>	1.93
C	2.30 <sup>a</sup>	5.63 <sup>b</sup>	0.00
TL	1.30 <sup>a</sup>	11.80 <sup>b</sup>	0.56
DEF	60.04 <sup>d</sup>	56.34 <sup>c</sup>	1.65

A: celulosa soluble (%), B: celulosa potencialmente degradable (%), AB: suma de la fracciones A y B (%), C: tasa de degradación de B (%/hora) TL: tiempo lag (horas), DEF: degradabilidad efectiva de la celulosa (%).

a,b: medias con distinta literal en el mismo renglón difieren ( $P \leq 0.01$ )

c,d: medias con distinta literal en el mismo renglón difieren ( $P \leq 0.05$ )

Control: ensilado de maíz, SMH: ensilado de salvado de maíz húmedo con forraje de sorgo (80:20)

Los valores de la tasa de pasaje de retículo-rumen (Cuadro VI.12) de fluidos, de sólidos, la materia seca ruminal y el volumen ruminal, no fueron diferentes ( $P > 0.05$ ) en cada uno de los tratamientos, sin embargo Casper *et al.* (1999), mencionan que al incrementar la cantidad de carbohidratos no estructurales, y nitrógeno soluble en rumen se incrementa la tasa de paso. La tasa de pasaje de sólidos de ambos tratamientos fueron similares a las reportadas por Poore *et al.* (1990) para pajas marcadas con tierras raras, y ligeramente menores a las reportadas por Fleck *et al.* (1988), al marcar salvado de maíz con iterbio. Sin embargo no superaron los niveles óptimos de tasa de pasaje para vacas lecheras (Erdman *et al.*, 1987). Firkins (1996), reporta que flujos elevados de materia seca pueden estimular la síntesis de proteína bacteriana por disminuir su energía de mantenimiento bacteriano.

Owens y Goetsch (1984), y Wilson y Kennedy (1995), indican que el flujo de materia seca cambia de acuerdo al consumo, a la gravedad específica y al tamaño de partícula, que también pueden afectar el volumen ruminal y el contenido de materia seca ruminal, sin embargo como el consumo fue limitado y similar entre los dos tratamientos, no se presentó diferencia.

Con base en los datos observados en el presente experimento, se puede concluir que el SMH ensilado con 20% de forraje de sorgo, presenta una mayor degradabilidad efectiva en la mayoría de sus componentes, con excepción de la FDA y la celulosa. Las vaquillas alimentadas con este ensilado tuvieron un pH ruminal menor comparadas con los animales alimentados con ensilado de maíz. No obstante estos pH's se encuentran en valores aceptables, que no comprometen la digestión de la fibra ( 6.71 vs 6.41 ). También el ensilado de SMH tuvo una mayor fracción soluble de la materia seca (45.53 vs 35.39%)

CuadroVI.12. Tasa de paso y volumen ruminal de vaquillas Angus alimentadas con ensilado de SMH y forraje de sorgo, y con silo de maíz.

	Control	SMH	EEM
TPF (%/h)	7.37	7.65	0.12
TPR (%/h)	2.63	2.78	0.06
MSR (% peso c)	11.12	11.43	0.13
VRUM (%peso c)	15.86	16.14	0.12

TPF:tasa de paso de fluidos, TPR: tasa de paso de solidos, MSR: materia seca ruminal, VRUM: volumen ruminal, % peso c: porciento del peso corporal en MS.

Control: ensilado de maíz, SMH: ensilado de salvado de maíz húmedo con forraje de sorgo (80:20)

y una mayor tasa de digestión (4.83 vs 2.10 %/hora) en comparación con el ensilado de maíz. En forma similar la fracción soluble de materia orgánica (43.06 vs 30.96%), y la tasa de digestión (4.99 vs 1.78 %/hora) fueron superiores a las observadas en el ensilado de maíz. Por lo cual se puede concluir que el ensilado de SMH con 20% de forraje de sorgo, tiene un mejor y más rápido aprovechamiento que el ensilado de maíz. Excepto en la digestión de la FDN donde no existió diferencia entre ambos tratamientos, y en la digestibilidad total de la FDA donde fue mayor en el tratamiento control (74.39 vs 66.30%), que puede ser causado por un mayor crecimiento bacteriano en el ensilado de salvado de maíz con forraje de sorgo, ya que este último presenta un mayor flujo de nitrógeno bacteriano hacia intestino (113 vs 76 g/día). Por esta misma razón las becerras alimentadas con este ensilado presentaron mayor ganancia de peso, ya que la proteína bacteriana provee del 59% de la proteína aprovechable por el rumiante (Oldick *et al.* , 1999).

## VII. CONCLUSIONES

1. El salvado de maíz húmedo con forraje de sorgo, presenta características fermentativas aceptables, siendo esta una opción viable para su conservación.
2. En el primer estudio el ensilar 80% de salvado de maíz húmedo con 20% de forraje de sorgo en base seca, presentó las mejores características químicas (MS, MO, PC, energía) y la mayor calidad en comparación con el resto de los tratamientos, dada la pobre calidad del forraje de sorgo.
3. Al incrementar la inclusión de forraje se disminuyó la calidad del ensilado y aumenta la liberación de nitrógeno en forma de amoniaco.
4. El tiempo de ensilaje no afecta el contenido de materia seca en estos ensilajes, sin embargo el contenido de materia orgánica y de hemicelulosa disminuyen.
5. En el segundo experimento el ensilado de salvado de maíz húmedo con forraje de sorgo (80:20 MS), presentó una mejor digestibilidad aparente, degradabilidad efectiva, tasa de digestión, una mayor fracción soluble, tasa de digestión y una mayor digestión total, de todos los componentes de la dieta, a excepción de la celulosa, comparado con su similar de maíz.
6. El ensilado de salvado de maíz húmedo con forraje de sorgo (80:20 MS), presenta una mayor calidad nutricional, y un mejor aprovechamiento, por lo cual puede sustituir al ensilado de maíz en dietas de ganado de engorda.

## IX. BIBLIOGRAFIA

- Allen, S.M. 1997. Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. *J. Dairy Sci* 80:1447-1462.
- Allen, W.R., K. R. Stevenson and J. Buchanan Smith. 1975. Influence of additives on short-term preservation of wet brewers grain stored in uncovered piles. *Can. J. Anim. Sci* 55:609.
- Anderson, S. J. , J. K. Merrill, M.L. Mc Donell and T.J. Klopfenstein. 1987. Digestibility and utilization of mechanically processed soybean hulls. *J. Anim. Sci.* 66:2965
- A.O.A.C. 1990. Official Methods of Analysis, the Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C., USA.
- Akin, D.E. 1989. Histological and physical factors affecting digestibility of forages. *Agron J.* 81:17.
- ANKOM fiber analyzer, Operator's manual. ANKOM technology corporation, USA. 1997.
- Armentano, L. and M. Pereira. 1997. Measuring the effectiveness of fiber by animal response trials. *J. Dairy Sci.* 80:1416-1425.
- Bal, M.A., J.G. Coors, and R.D. Shaver. 1997. Impact of the maturity of corn for use as silage in the diets of dairy cows on intake, digestion, and milk production. *J. Dairy Sci.* 80:2497-2503.
- Beauchemin, K.A., B.I. Farr, and L.M. Rode. 1991. Enhancement of the effective fiber content of barley-based concentrates fed to dairy cows. *J. Dairy Sci.* 74:3128-3139.
- Bell, F.L., A. Ahmadi, J. R. Dunbar, and W.N. Garrett. 1995. Calculate energy values from feed tag analysis. Department of animal science. University of California Davis, C. A.
- Bernard, J.K., R.C. Delost, F.J. Mueller, and J.K. Miller. 1991. Effect of wet or dry corn gluten feed on nutrient digestibility and milk yield and composition. *J. Dairy Sci.* 74:3913-3919.
- Bernard, J.K., and W.W. Mc Neil. 1991. Effect of high fiber supplements on nutrient digestibility and milk production lactating cows. *J. Dairy Sci.* 74:991-995.
- Carro, M. D., S. Lopéz, J.S. Gonzáles, and F.J. Ovejero. 1991. The use of the rumen degradation characteristics of hay as predictor of its voluntary intake by sheep. *Anim. Prod.* 52:133-139.

- Casper, D. P., A. M. Harouna, Brouk, M.J. and Schingoethe, D.J. 1999. Synchronization of carbohydrate and protein sources on fermentation and passage rates in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82: 1779-1790.
- Castaldo, D.J. 1995. Dairy feeds: byproduct recommendations and precautions, In: *Feed management*, vol 46, No.7 Pag.16-17
- Cervera, C., Fernández – J. Carmona, y J. Martí. 1985. Effect of urea on the ensiling process of orange pulp. *Anim. Feed Sci. Technol.* 12:233-238.
- Church, D. C. 1988. *El Rumiante Fisiología Digestiva y Nutrición*, 1ra edición en español, editorial Acibia, Zaragoza (España).
- Cross, N.H., L.W. Smith and J.V. Debarth. 1974. Ratios of in vitro forage fiber digestion as influenced by chemical treatment. *J. Anim. Sci.* 39 (4).802-812.
- Dawson, L.E.R. y Maynet, C.S. 1998. The effect of silage fermentation characteristics on dry-matter intake of steers. *J. Anim. Sci.* 66:105-113.
- Deaville, E.R., Angela R. Moss, and D. J. Givens. 1994. The nutritive value and chemical composition of energy-rich by-products for ruminants. *Animal Feed Science and Technology.* 49:261-276.
- DePeters, E.J., J.G. Fadel, A. Arosamena. 1997. Digestion kinetics of neutral detergent fiber and chemical composition within some selected by-product feedstuffs. *Animal Feed Science and Technology.* 67:127-140.
- Erdman, R.A., J.H. Vandersall, R.E. Russek-Cohen, and G. Switalski. 1987. Simultaneous measures of rates of ruminal digestion and passage of feeds for prediction of ruminal nitrogen and dry matter digestion in lactating dairy cows. *J. Anim. Sci.* 64:565-577.
- Faichney, G.J. L.P. Milligan, W.L. Grovum, and A. Dobson. 1986. The kinetics of particulate matter in the rumen In "Control of Digestion and Metabolism in Ruminants". Prentice-Hall, Englewoos Cliffs, N.J. pp. 173-195.
- Federer, W.T. 1955. *Experimental Design. Theory and Application.* Oxford & IBM publishing co. New Delhi.
- Feng, P., W.H. Hoover, T.K. Miller, y R. Blauwikel. 1993. Interactions of fiber and nonstructural carbohydrates on lactation and ruminal function. *J. Dairy Sci.* 76:1324.
- Fleck, A.T., K.S. Lusby, F.N. Owens and F.T. Mc Collum. 1988. Effects of corn gluten feed on forage intake digestibility on ruminal parameters of cattle fed native grass hay. *J. Anim. Sci.* 66:750-757
- Firkins J. L. 1997. Effects of feeding nonforage fiber sources on site of fiber digestion. *J. Dairy Sci.* 80:1426-1437.

- Firkins, J.L. L.L. Berger and G.C. Fahey Jr. 1985. Evaluation of wet and dry distillers grains and wet and dry corn gluten feed in beef growing and finishing diets. *J. Anim. Sci* 60:847-860.
- Galyean, M.L. F.N. Owens, 1991. Effects of diet composition and level of feed intake on site and extent of digestion in ruminants. Seventh international symposium on ruminant physiology.
- Gasa, J., C. Castrillo, M.D. Baucells and J.A. Guada. 1988. By products from the canning industry as feedstuff for ruminants: Digestibility and its prediction from chemical composition and laboratory bioassays. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 25:67-77.
- Grant, R.J. y V. F. Colenbrander. 1992. Milk fat depression in dairy cows: Role of silage particle size. *J. Dairy Sci.* 73:1834-1842.
- Grant, R.J. 1997. Interactions among forages and nonforage fiber sources. *J. Dairy Sci.* 80:1438-1446.
- Grasser, L.A., Faadel, J.G., Garnett, I. and De Peters E.J. 1995. Quantity and economic importance of nine selected by-products usual in California dairy rations, *J. Dairy Sci* 78:962-971.
- Gupta, M.L., K. Pradhan. 1977. Chemical and biological evaluation of ensiled wheat straws. *J. Dairy Sci.*, 60 (7):1088-1094.
- Ham, G.A., R.A. Stock, T.J. Klopfenstein, and R.P. Huffman. 1995. Determining the net energy value of wet and dry corn gluten feed in beef growing and finishing diets. *J. Anim. Sci.* 73:353-359.
- Ho, Y.W., N. Abdullah and S. Jalaludin. 1988. Penetrating structures of anaerobic rumen fungi in cattle and swamp buffalo. *J. Gen Microbiol* 134:177.
- Hoover, W. H., and S. R. Stokes, 1991. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. *J. Dairy Sci* 74:3630-3644.
- Hussein H.S. and L.L. Berger. 1995. Effects of feed intake and dietary level of wet corn gluten feed on feedlot performance, digestibility of nutrients, and carcass characteristics of growing-finishing beef heifers. *J. Anim. Sci.* 73:3246-3252.
- Jaster, E.H., C.R. Staples, G.C. Mc Coy and G.K. Davis. 1984. Evaluation of wet corn gluten feed, oatlage, sorghum-soybean, silage, and alfalfa haylage for dairy heifers. *J. Dairy Sci.* 67:1976-1982.
- Johnson, C.O.L.E., J.T. Huber y W.G. Bergen. 1982. Influence of ammonia treatment and time of ensiling on proteolysis in corn silage. *J. Dairy Sci* 65: 1740-1747.
- Kampman, K.A. and Loerch. 1989. Effects of dry corn gluten feed on feedlot cattle performance and fiber digestibility. *J. Anim. Sci.* 67:501-512.

- Klopfenstein, T.R. 1997. Future use of crop residue and other coproducts in ruminant feeding. *Simposium Internacional Subproductos para la Alimentación Animal*.
- Kitamoto, H.K. y Ohmomo, S. 1993. Selection of killer yeasts (*Kluyveromyces lactis*) to prevent aerobic deterioration in silage making. *J. Dairy Sci.* 76:803-811
- Kolattukudy, P.E. 1980. Biopolymer membranes of plants: cutin and suberin *Science* 208:990.
- Laforest, J.P., J.R. Seoane, G. Dupuis, L. Phillip and Paul M. Flipot. 1986. Estimation of the nutritive value of silages. *J. Anim. Sci.* 66:117-127.
- Laptey, G.Yu. 1995. Relationships between Cellulolytic Microorganism populations during fiber digestion by cattle rumen fluid. *Applied Biochemistry and Microbiology*, Vol. 31, No. 4.
- Lotsyus, G.M., Baranauskas, S. and Plotnikova, M. 1980. Feed meal from dried poultry droppings. *Ptisevodsto* 6:11-12.
- Luchini, N.D., G.A. Broderick, R.E. Muck, N.F. Makoni y R.L. Vetter. 1997. Effect of storage system and dry matter content on the composition of alfalfa silage.
- Mabjeesh, S.J., A. Arieli, I. Bruckental, S. Zamweell and H. Tagari. 1997. Effect of ruminal degradability of crude protein and nonstructural carbohydrates on the efficiency of bacterial crude protein synthesis and amino acid flow to the abomasum of dairy cows. *J. Dairy Sci* 80:2939-2949.
- Maynard, L.A., J. K. Loosli, H.F. Hintz y R.G. Warner. 1989. *Nutrición animal*, 4ª edición en español. Trad. Por: Ortega, S. A. McGraw-Hill México, D.F. 640.
- Mc Allister, T.A., H.D. Bae, G.A. Jones and K.J. Cheng. 1994. Microbial attachment and feed digestion in the rumen. *J. Anim. Sci.* 72:3004
- McCoy, R.A., R. A. Stock, T.J. Klopfenstein, D.H. Shain, D. H. Y Klemesrud, M.J. 1998. Effect of energy source and escape protein on receiving and finishing performance and health of calves. *J. Anim. Sci.* 76:1488-1498.
- McDonald, E.I. 1981. A revised model for the estimation of protein degradability. *J. Anim. Sci.* 37:350 (Abstrc.)
- McNeil, M.A., C. Darvill, S.C. Fry and P. Albersheim. 1984. Structure and function of the primary cell walls of plants. *Ann. Rev Biochem* 53:625.
- Megías, D.M., A. Martínez-Teruel, J.A. Galleg y J.M. Núñez. 1993. Chemical changes during the ensiling of orange peel. *Anim. Feed Sci. Technol.* 43:269-274.
- Mehrez, A.Z. y E.R. Orskov. 1977. The use of a dacron bag technique to determine rate of protein and energy in the rumen. *J. Agric. Sci.* 93:645.

- Mertens, D.R. 1977. Dietary fiber components: relationship to the rate and extent of ruminal digestion. *Fed. Proc.* 36:187.
- Mertens, D.R. y J.R. Loften. 1980. The effect of starch on forage fiber digestion kinetics in vitro. *J. Dairy Sci.* 63:1437-1450.
- Mertens, D.R. 1982. Using neutral detergent fiber to formulate dairy rations and estimate the net energy content of forages. In: *Proc Cornell Nutr. Conf. Feed Manuf, Syracuse N.Y.* pp 60-68.
- Moisio, T. and M. Heikonen. 1994. Lactic acid fermentation in silage preserved with formic acid. *Animal Feed Science and Technology.* 47:107-124.
- Monson, W.G., J.B. Powell and G.W. Burton. 1972. Digestion of fresh forage in rumen fluid. *Agron J.* 64:231.
- Mowrey, A., M. R. Ellersieck y J.N. Spain. 1999. Effect of fibrous by-products on production and ruminal fermentation in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci* 82:2709-2715.
- Murphy, M. R., C.L. Davis y G.C. Mc Coy. 1983. Factors affecting water consumption by Holstein cows in early lactation. *J. Dairy Sci.* 66:35-38.
- Nocek, J.E. y J.E. English. 1986. In situ degradation kinetics: Evaluation of rate determination procedure. *J. Dairy Sci* 69:77-87.
- Nycklas-Bray, Sylvia A. 1998. Nuevos desarrollos en los ensilajes. México-Holstein, junio de 1998.
- Oldick, B.S., J.L. Firkins y N.R. St-Pierre. 1999. Estimation of microbial nitrogen flow to the duodenum of cattle based on dry matter intake and diet composition. *J. Dairy Sci.* 82:1497-1511.
- Oliveros, B.A., T.J. Klopfenstein, F.K. Goedecken, M.L. Nelson y E.E. Hawkins. 1989. Corn fiber as energy supplement in high-roughage diets fed to steer and lambs. *J. Anim. Sci.* 67:1784-1792.
- Orskov, E.R., F.D. DeB Hovell y F. Mould. 1980. Uso de la técnica de la bolsa de nylon para evaluación de los alimentos. *Producción Animal Tropical*, 5:213-233.
- Owens, F.N. y A.L. Goetsch. 1984. Digesta passage and protein synthesis. 196-223. Milligan, L.P. Grovum, W.L. y Dobson, A. *Control of Digestion and Metabolism in Ruminants. Proceedings of the Sixth International Symposium on Ruminants.* A Reston Book Premice-Hall. New Jersey. U.S.A.
- Parra, A., J. Combellas y R. Dixon. 1984. Degradabilidad ruminal de algunas materias primas tropicales. *Producción animal tropical* 9:208-211.

- Pereira, M.N., E.F. Garrett, G.R. Oetzel y L. E. Armentano. 1999. Partial replacement of forage with nonforage fiber sources in lactating cow diets. I. Performance and Health. *J. Dairy Sci* 82:2716-2730.
- Philippeau, C. and B. Michalet-Doreau. 1998. Influence of genotype and ensiling of corn grain on in situ degradation of starch in the rumen. *J. Dairy Sci.* 81:2178-2184.
- Poore, M.H., J.A. Moore, T.P. Eck and R.S. Swingle. 1990. Influence of sorghum grain processing and forage fiber source on passage of rare earth labeled feed particles and cobalt EDTA through lactating Holstein cows. *Abst. Anim. Sci.*, 739.
- Richards, C. J., R. A. Stock, T. J. Klopfenstein y Shain, D. H. 1998. Effect of wet corn gluten feed, supplemental protein, and tallow on steer finishing performance. *J. Anim. Sci* 1998 76:421-428.
- Russell, J. B. y D.B. Wilson. 1996. Why are ruminal cellulolytic bacteria unable to digest cellulose at low pH. *J Dairy Sci.* 79:1503-1509.
- Sawar, M., J.L. Firkins and M.L. Wastridge. 1991. Effect of replacing neutral detergent fiber of forage with soyhulls and corn gluten feed for dairy heifers. *J. Dairy Sci.* 74:1006-1017.
- Shabi, Z., A. Arieli, I. Bruckental, Y. Aharoni, S. Zamwel, A. Bor, and H. Tagari. 1998. Effect of the synchronization of the degradation of dietary crude protein and organic matter and feeding frequency on ruminal fermentation and flow of digesta in the abomasum of dairy cows. *J. Dairy Sci* 81:1991-2000.
- Shimada, A. S., G. F. Rodríguez y J. A. Cuarón. 1986. Engorda de ganado bovino en corrales. 1ª. Edición, editado por consultores en producción animal S.C., México, DF., p. 98.
- Smith, L.W., H.K. Goering and D.H. Gordon. 1972. Relationships of forage composition with rates of cell wall digestion and indigestibility of cell walls. *J. Dairy Sci.* 55:1140-1147.
- Singh, B., Makkar, H.P.S. y Negi, S.S. 1992. The Kinetics of digestion in ruminants-a review. *Indian J. Dairy Sci.*, 46:3:90-99.
- Soria, R.J., R. Avendaño, and A.C. Ortiz. 1987. Levantamiento Fisiográfico del Estado de Querétaro. CIFAP-Guanajuato, INIFAP-SARH. México
- Statistical Analysis System (SAS). 1988. SAS User's Guide: basics and statistics. SAS Institute, Cary, NC.
- Steel, R.G. and J.M. Torrie. 1980. Bioestadística, Principios y Procedimientos, 2da. Edición, Mc Graw Hill, México.

- Subweeks, E.M., L.O. Ely y L.R. Sisk. 1980. Effect of intake on chewing activity of steers. *J. Dairy Sci.* 63:152-154.
- Swingle, R. S., A. Araiza y A.R. Urias. 1977. Nitrogen utilization by lambs fed wheat straw alone or with supplements containing dried poultry waste, cottonseed meal or urea. *J. Anim. Sci.* 45:1435-1441.
- Taniguchi, K., Y. Zhao, H. Uchikawa y T. Obitsu. 1999. Digestion site and extent of carbohydrate fractions in steers offered by-product diets, as determined by detergent and enzymatic methods. *J. Animal Science.* 68: 173-182.
- Tejada I. 1992. Control y Análisis de Alimento para Animales. Sistema de Educación Continua en Producción Animal A.C. México.
- Varga, G.A. and H.W. Hoover. 1983. Rate and extent of neutral detergent fiber degradation of feedstuffs in situ. *J. Dairy Sci* 66:2109-2115.
- Van Keulen, J. y B.A Young. 1977. Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *J. Anim. Sci* 44:282-287.
- Van Soest, P. J. y J. Robertson. 1985. Analysis of forage and fibrous foods, a laboratory manual for animal science No. 613 Cornell University.
- Van Soest, P.J. 1982. Nutritional Ecology of the Ruminant O & B. Books, Corvallis, Oregon, p 374.
- Van Soest, P.J. 1987. Ruminant metabolism, nutritional strategies the cellulolytic fermentation and the chemistry of forages and plant fibers. Cornell University press.
- Velazco, R., Ma. T. Robledo, G. Ortiz, I. Tejada, A. Shimada. 1985. Distribución del nitrógeno en ensilajes de cañuela de maíz tratada con urea o amoniaco líquido. *Téc. Pec. Méx.* 49.
- Waldo, D. R., L. W. Smith, y E.L. Cox. 1972. Model of cellulose disappearance from the rumen. *J. Dairy Sci.* 55:125-129.
- Weimer, J.P. 1996. Why don't ruminal bacteria digest cellulose faster. *J. Dairy Sci.* 79:1496-1502.
- Wilman, D., G.R. Foulkes and D.I. Givens. 1996. The rate and extent of cell-wall degradation in vitro for 40 silages varying in composition and digestibility. *Anim. Feed Sci. Technol.* 63:111-122.
- Wilson, J.R. and P.M. Kennedy. 1996. Plant and animal constraints to voluntary feed intake associated with fibre characteristics and particle breakdown and passage in ruminants. *Aust. J. Agric. Res.*, 47: 199-225.
- Winchester, C.F. y J. M. Morris. 1956. Water intake rates of cattle. *J. Anim. Sci.* 15:732.

Woolford, J.A., N.A. Jorgensen y G.P. Barrigton. 1986. Impact of dietary fiber and physical form on performance of lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 69:1035-1047.

Wu, Z. Y D. L. Palmquist, 1991. Synthesis y biohidrogenation of fatty acids by ruminal microorganisms *in vitro*. J. Dairy Sci. 74:3035-3046.

## AGRADECIMIENTOS

A mis padres y hermanos que constantemente han apoyado mi formación en todos los aspectos de la vida y por haberme brindado la oportunidad de realizar una carrera en el área de mi preferencia.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, por darme la oportunidad de utilizar sus instalaciones para realizar este estudio.

A la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán-UNAM por los cursos impartidos y por otorgarme, parte de apoyo económico.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por proporcionarme la beca para concluir mis estudios de maestría.

Al Centro de Estudios Académicos sobre la contaminación Ambiental de la U.A.Q., por facilitar el espectrofotómetro de absorción atómica.

Al Dr. Armando Shimada Miyasaka, Dr. José Luis Romano Muñoz, Dr. Moisés Montaña Bermudez y Dr. Carlos Vázquez Pelaez, por haber colaborado para la elaboración de un protocolo y la escritura final de esta tesis y a todos los catedráticos que apoyaron mi formación.

A mis amigos Alejandra M., Juan A., Marcelo M. Serafín S., etc. y a todos los compañeros que me brindaron su amistad durante mi estancia en la unidad de posgrado, campus Ajuchitlán.

Al Sr. Jesus J., por su desinteresada y gran ayuda en la elaboración del este trabajo experimental.

Estas últimas palabras la quiero utilizar para agradecer a la persona que me brindo su amistad, su tiempo, apoyo y confianza, a usted Dr. Juan de Dios Garza Flores

**¡¡Gracias!!**

## **IX. APENDICE**

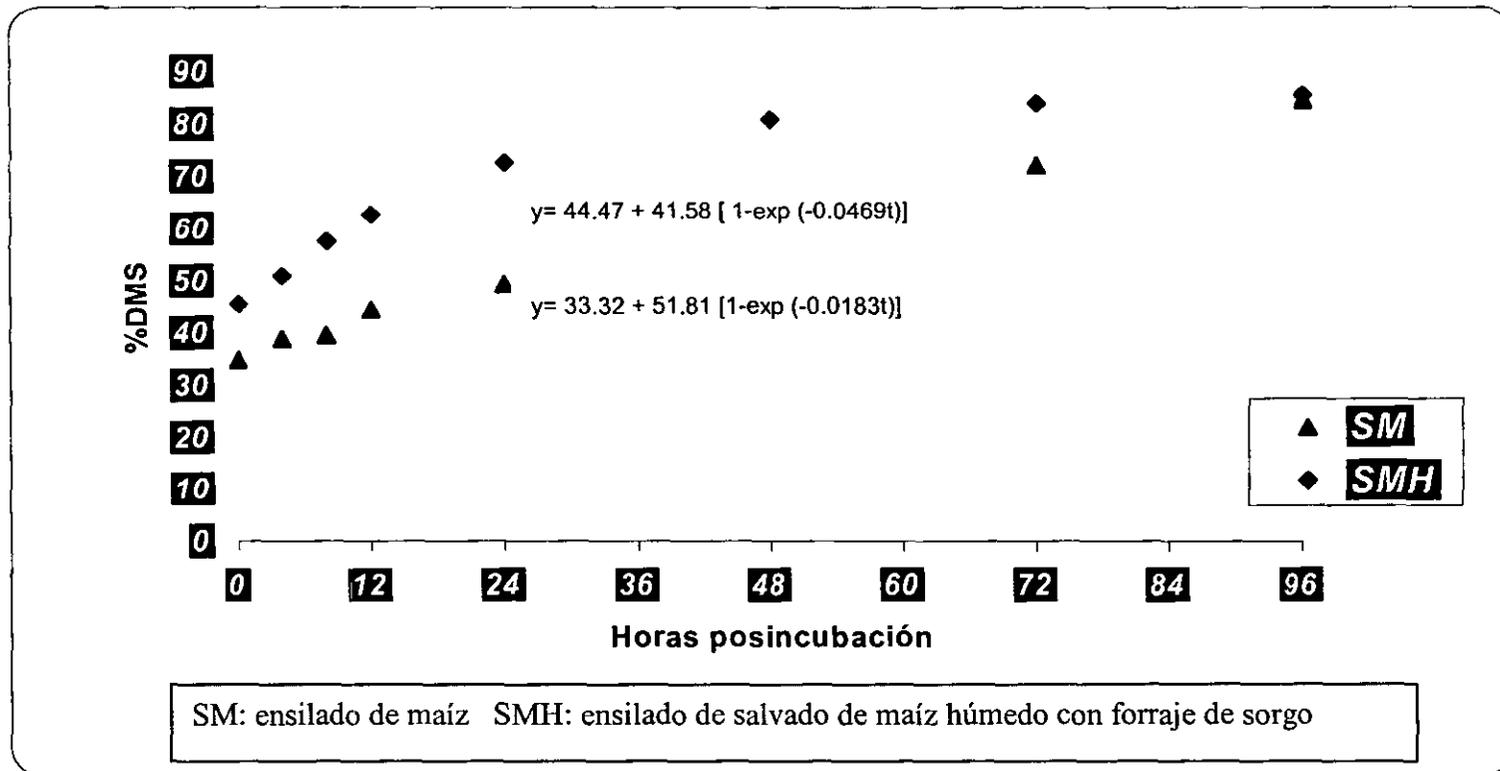


Figura. 1 Tasa de desaparición ruminal de la materia seca, en vaquillas Angus alimentadas a base de ensilado de salvado de maíz con forraje de sorgo y ensilado de maíz (experimento 2)

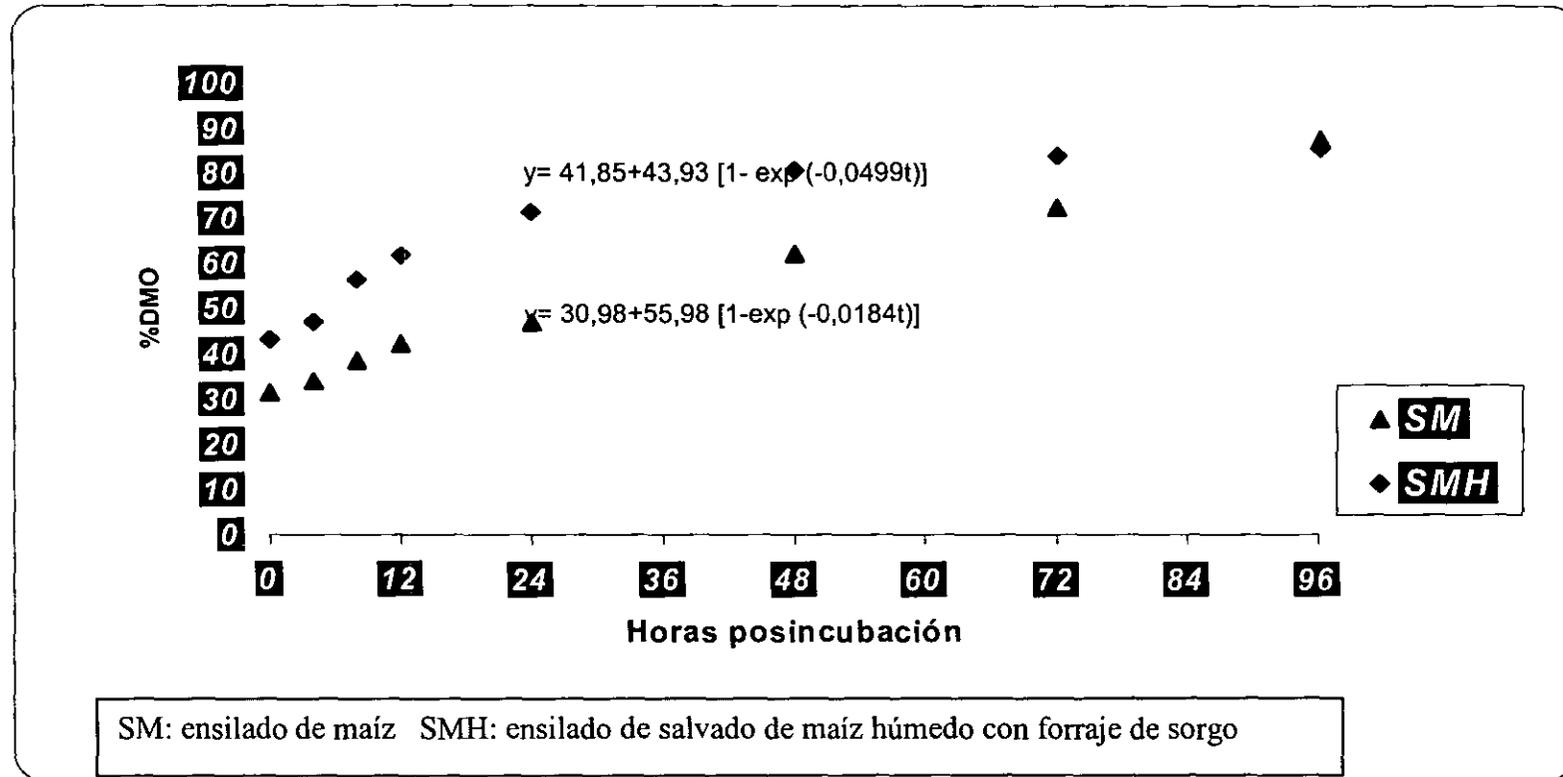


Figura 2. Tasa de desaparición ruminal de la materia orgánica en vaquillas Angus alimentadas a base de ensilado de salvado de maíz con forraje de sorgo y ensilado de maíz (experimento 2).

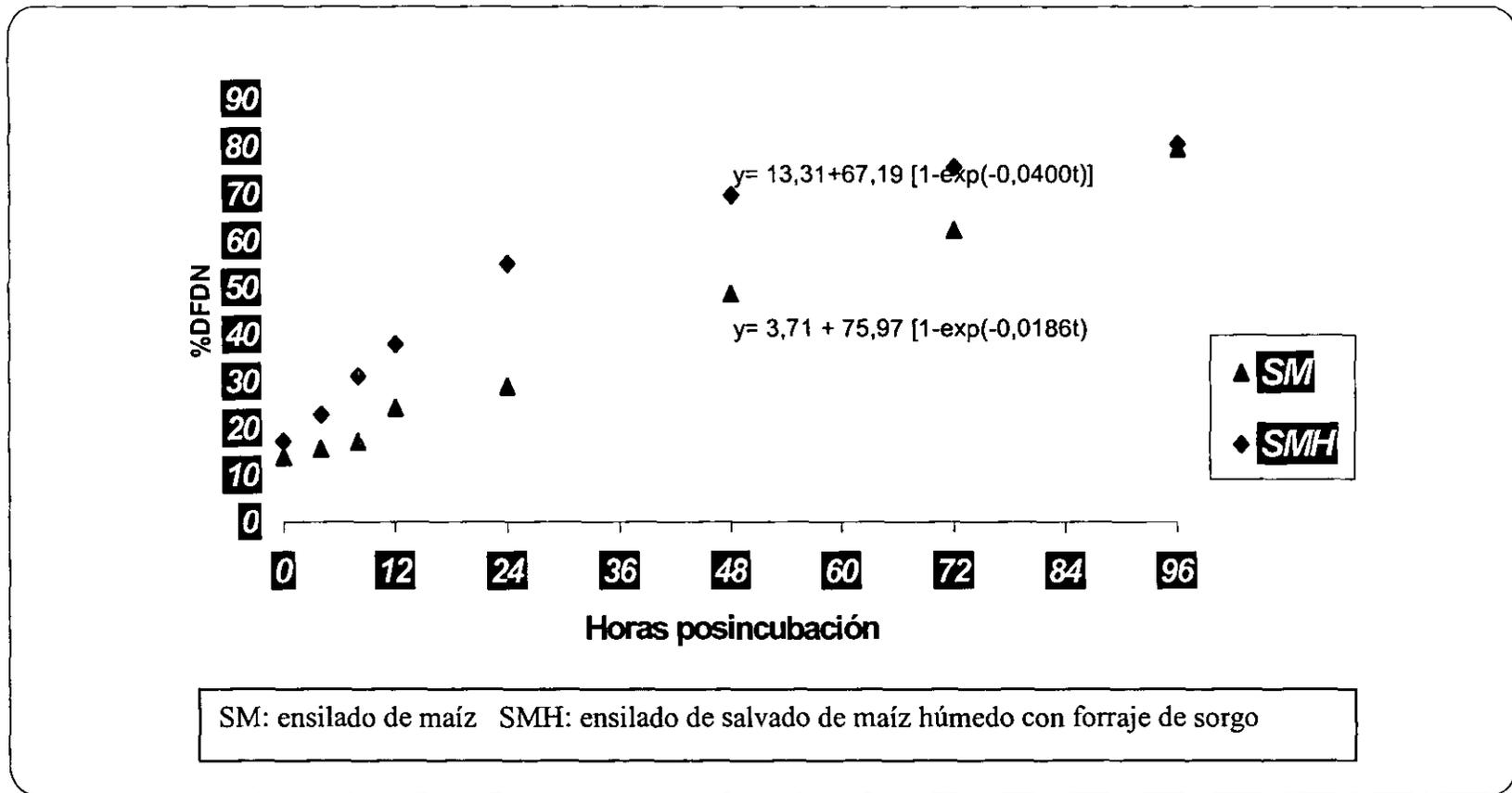


Figura. 3 Tasa de desaparición ruminal de la FDN, en vaquillas Angus alimentadas a base de ensilado de salvado de maíz con forraje de sorgo y con ensilado de maíz (experimento2)

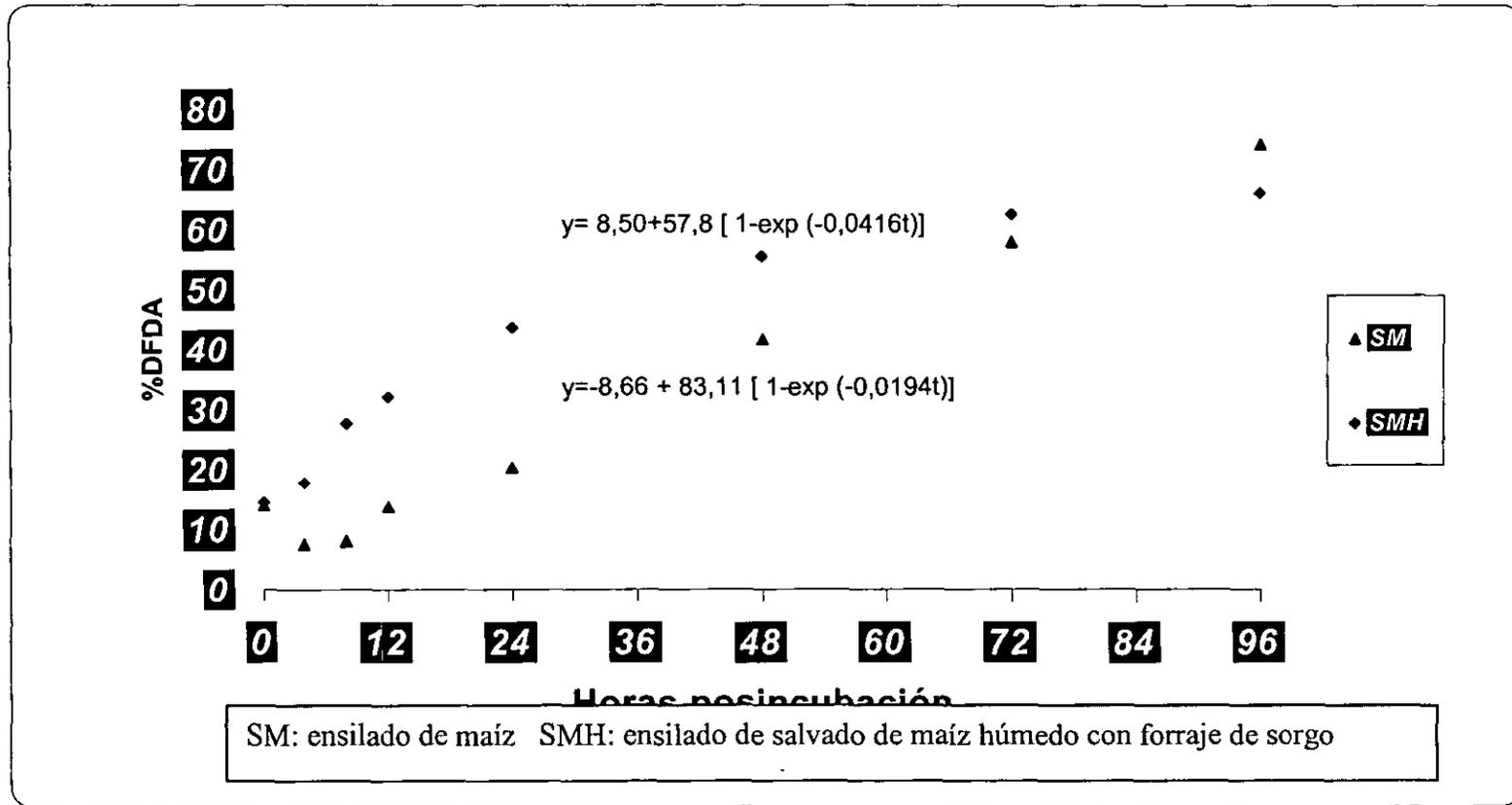


Figura. 4 Tasa de desaparición ruminal de la FDA en vaquillas alimentadas a base de ensilado de salvado de maíz con forraje de sorgo y ensilado de maíz

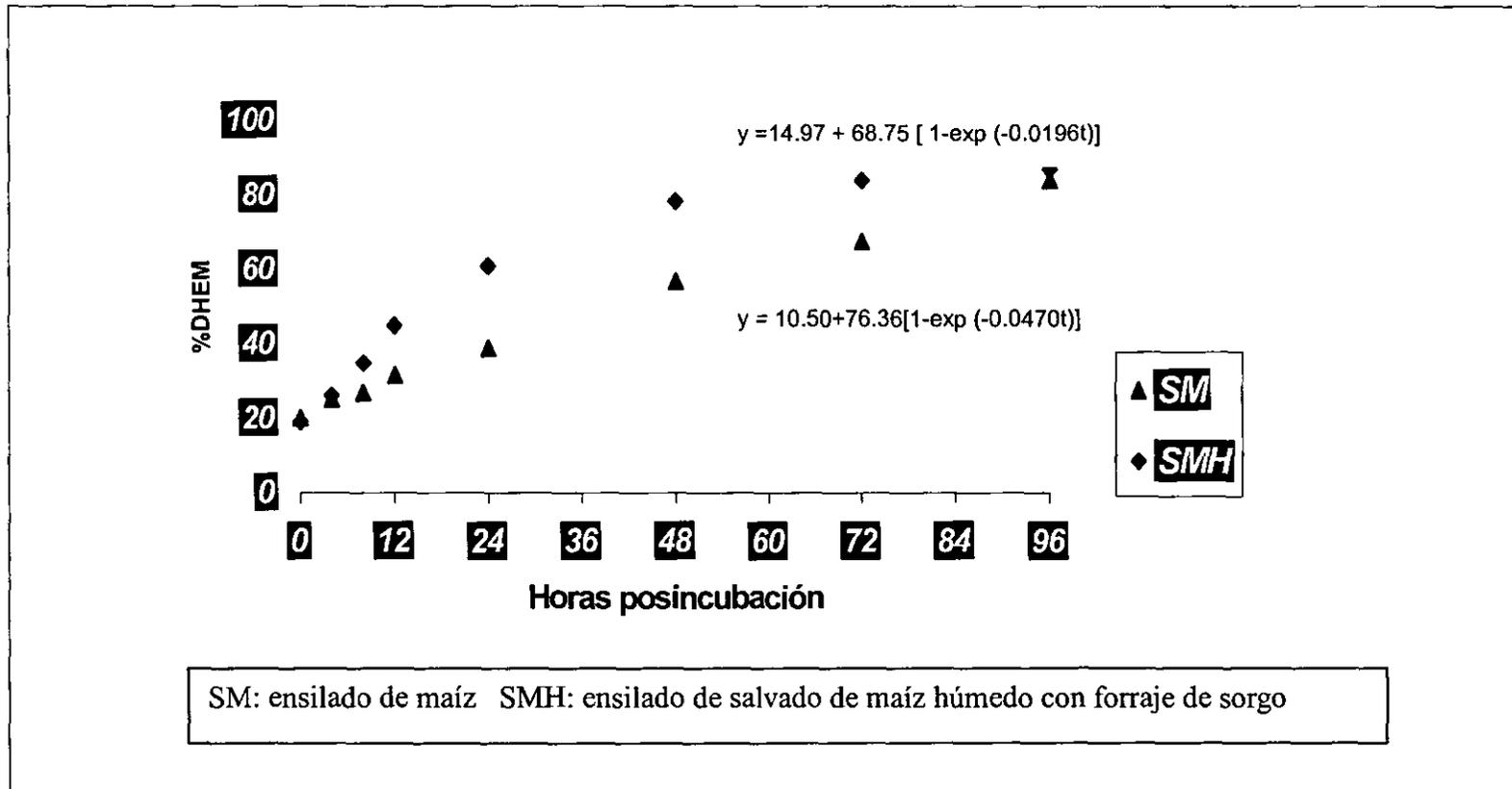


Figura. 5 Tasa de desaparición ruminal de la hemicelulosa en vaquillas alimentadas a base de ensilado de salvado de maíz con forraje de sorgo y ensilado de maíz

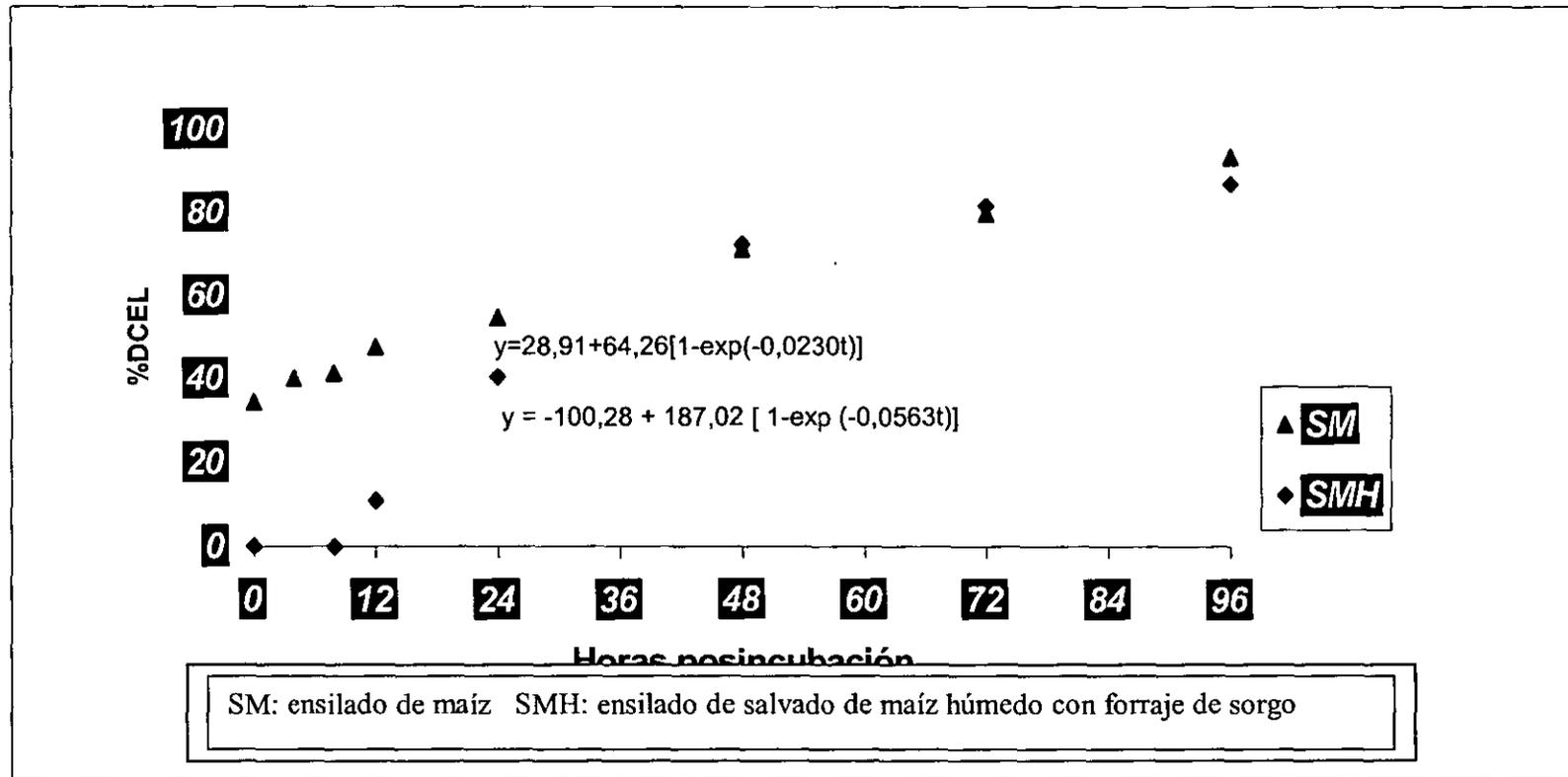


Figura. 6 Tasa de desaparición ruminal de la celulosa en vaquillas alimentadas a base de ensilado de salvado de maíz con forraje de sorgo y ensilado de maíz.

## COSTO ENSILAJES

COMPONENTE	\$ SMH	\$ SM
Base húmeda	0.57	0.40
Base seca	1.13	1.13
\$/kg de PC	5.40	16.30
\$/Mcal de Eng	1.15	1.22

SMH: Silo de salvado de maíz húmedo, SM: Silo de maíz, PC: proteína cruda y ENG: energía neta de ganancia.