

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL



Tasa de degradación *in vitro* de cuatro genotipos de maíz forrajero ensilados

POR:

LUIS EDER HERNANDEZ VAZQUEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Buenavista, saltillo, Coahuila, México;
Marzo del 2006

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

Tasa de degradación *in vitro* de cuatro genotipos de maíz forrajero ensilados

POR:

LUIS EDER HERNANDEZ VAZQUEZ

TESIS

QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DE H. JURADO EXAMINADOR
COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TITULO DE :

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Comité particular

DR. RAMÓN F. GARCÍA CASTILLO
PRESIDENTE DEL JURADO

DR. OZIEL D. MONTAÑÉS VALDEZ
SINODAL

ING. RAYMUNDO CUELLAR CHAVEZ
SINODAL

DR. RAMÓN F. GARCÍA CASTILLO
COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México; Marzo del 2006

AGRADECIMIENTOS

A MI “ALMA TERRA MATER” por haberme cobijado en su seno y abrirme sus puertas para poder concluir la carrera profesional.

Al Dr. Ramón F. García Castillo, por su apoyo y confianza en la realización de este trabajo, pero sobre todo por la amistad incondicional que me brindo y por los conocimientos que compartió conmigo... Gracias Dr.

Al Dr. Oziel D. Montañez Valdez por su valiosa colaboración, asesoramiento y orientación en la realización de este trabajo.

Al T.L.Q Carlos Alberto Arévalo Sanmiguel, por su gran apoyo y paciencia en el trabajo de laboratorio.

DEDICATORIAS

A Dios Nuestro Señor por haberme dado la oportunidad de existir, por estar conmigo en cada momento de mi vida dándome fortaleza para afrontar los momentos difíciles y por darme la oportunidad de lograr hacer algo en la vida, te estare profundamente agradecido.

A mis padres que me dieron la vida y que han hecho de mi un hombre de bien, gracias por su amor incondicional y por su apoyo para poder concluir mi carrera profesional.

A mis hermanos:

Emma gracias por ser mi hermana, por apoyarme y alentarme para terminar mis estudios, gracias por tu amor.

A Ivan, que aunque no lo conocí físicamente siempre ha estado a mi lado en todos los momentos de mi vida apoyándome y siendo un

INDICE GENERAL

Agradecimiento.....	I
Dedicatorias.....	II
1. INTRODUCCION.....	1
• Objetivo.....	3
• Hipótesis.....	4
2. REVISION DE LITERATURA.....	5
• Ensilaje.....	5
• Ensilaje de maíz.....	7
• Melaza.....	8
• Análisis de forrajes por el sistema de fracción de fibra.....	9
• Fibra en Detergente Neutro.....	11
• Digestión de la pared celular.....	11
• Obtención y manejo del líquido ruminal.....	12
• Tiempos de incubación.....	14
• Degradabilidad.....	15
• Digestibilidad <i>in vitro</i>	16
• Híbridos de maíz forrajero evaluado.....	17
a) AN-447.....	17
b) AN-388.....	18
3. MATERIALES Y METODOS.....	19
• Área experimental.....	19
• Tipo de suelo.....	19
• Área de siembra.....	20
• Material a evaluar.....	21
• Preparación del ensilado.....	22
• Análisis químico.....	22
• Material utilizado.....	23
• Reactivos.....	23

• Procedimiento experimental.....	24
• Obtención y manejo del inóculo.....	24
• Análisis de los residuos de la digestión.....	24
• Análisis estadístico.....	25
4. RESULTADOS Y DISCUSION.....	26
5. CONCLUSIONES.....	36
6. RESUMEN.....	37
7. LITERATURA CITADA.....	39
8. APENDICE.....	46

INDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1	10
<i>División de un forraje en fracciones de fibra</i>	
Cuadro 3.1	21
<i>Análisis físico-químico del suelo</i>	
Cuadro 3.2	22
<i>Material Genético Evaluado</i>	
Cuadro 3.3	22
<i>Producción de Forraje de 3 híbridos de maíz forrajero y una variedad experimental forrajera en estudio</i>	
Cuadro 3.4	23
<i>Tratamientos del ensilado con 0 y 10% de melaza</i>	
Cuadro 4.1	32
<i>Tasa de degradación (Kd) de la fibra en detergente neutro de los tres híbridos y la variedad en experimentación de maíz forrajero ensilados sin melaza</i>	
Cuadro 4.2	32
<i>Tasa de degradación (Kd) de la fibra en detergente neutro de los tres híbridos y la variedad en experimentación de maíz forrajero ensilados con 10% de melaza</i>	
Cuadro 4.3	33
<i>Fibra potencialmente indigestible (FPI) de los tres híbridos y la variedad en experimentación de maíz forrajero ensilados sin melaza estudiados a diferentes tiempos de incubación (T.I.) in vitro.</i>	
Cuadro 4.4	34

Fibra potencialmente indigestible (FPI) de los tres híbridos y la variedad en experimentación de maíz forrajero ensilados con 10% de melaza estudiados a diferentes tiempos de incubación (T.I.) in vitro.

Cuadro 4.5.....34

Fibra potencialmente digestible (FPD) de los tres híbridos y de la variedad en experimentación de maíz forrajero ensilados sin melaza estudiados a diferentes tiempos de incubación (T.I.) in vitro.

Cuadro 4.6.....34

Fibra potencialmente digestible (FPD) de los tres híbridos y de la variedad en experimentación de maíz forrajero ensilados con 10% de melaza estudiados a diferentes tiempos de incubación (T.I.) in vitro.

Cuadro 4.7.....35

pH del ensilado

Cuadro 4.8.....35

Análisis de varianza

INDICE DE FIGURAS

figura 4.1	27
Fibra potencialmente digestible (FPD) residual del híbrido AN-388 sin melaza a diferentes tiempos de incubación <i>in vitro</i> .	
figura 4.2	28
Fibra potencialmente digestible (FPD) residual del híbrido AN-447 sin melaza a diferentes tiempos de incubación <i>in vitro</i> .	
figura 4.3	28
Fibra potencialmente digestible (FPD) residual del híbrido P30G54 sin melaza a diferentes tiempos de incubación <i>in vitro</i> .	
figura 4.4	29
<i>Fibra potencialmente digestible (FPD) residual de de la variedad forrajero A. sin melaza a diferentes tiempos de incubación in vitro.</i>	
figura 4.5	29
Fibra potencialmente digestible (FPD) residual del híbrido AN-388 con 10% de melaza a diferentes tiempos de incubación <i>in vitro</i> .	
figura 4.6	30
Fibra potencialmente digestible (FPD) residual del híbrido AN-447 con 10% de melaza a diferentes tiempos de incubación <i>in vitro</i> .	
figura 4.7	30
Fibra potencialmente digestible (FPD) residual del híbrido P30G54 con 10% de melaza diferentes tiempos de incubación <i>in Vitro</i>	
figura 4.8	31
Fibra potencialmente digestible (FPD) residual de la variedad Forrajero A. con 10% de melaza a diferentes tiempos de incubación <i>in vitro</i> .	

1. INTRODUCCIÓN

Los productores de animales domésticos que se explotan con el fin de abastecer a la población que cada día crece mas en México y en todo el mundo, actualmente se enfrentan con la problemática de sacar al mercados productos que llenen los requerimientos nutritivos de la población con un sistema eficiente y rentable.

Uno de los factores que tiene mayor costo en los sistemas de producción el la alimentación, por lo que es necesario conocer los factores que pueden mejorar la productividad y reducir pérdidas.

En los sistemas intensivos de producción de carne y leche los forrajes tienen una gran participación e importante como esencial en los programas alimentación; Los forrajes también representan, generalmente los ingredientes de menor costo económico en la alimentación.

En la actualidad la época de sequía son mas prolongadas y quizá, esto trae por consecuencia la escasez de forrajes para la alimentación, por ello es de gran importancia buscar alternativas de conservación de forrajes eficientes y económicas como lo son la henificación y ensilaje.

El ensilaje es el método de conservación de forraje mas eficiente y económico, ya que la planta se utiliza completa con un mínimo de desperdicio y quizá al conservarse por vía húmeda, en un medio ácido que evita la proliferación de

microorganismos que puedan afectar la calidad del ensilado y además puede durar por un tiempo indefinido.

Existe una gran variedad de cultivos que pueden utilizarse para la elaboración de ensilados. Pero quizá el mejor cultivo para ensilar es el maíz, esto por su gran contenido de carbohidratos solubles y por su volumen en follaje; la utilización de aditivos para mejorar la calidad del ensilado es una practica que en la actualidad es muy común, hay una diversidad de aditivos pero uno de los mas utilizados es la melaza derivada de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), tal vez por su gran disponibilidad y bajo costo.

En comparación con otras plantas forrajeras, el maíz (planta completa) tiene un contenido relativamente bajo en carbohidratos estructurales (hemicelulosa) y lignina). Estos hidratos de carbono forman parte de la membrana o pared celular. Su mayor proporción esta en el tallo. Este contenido de carbohidratos estructurales (hemicelulosa y celulosa) son parcialmente utilizados por el animal y el contenido de lignina en la planta afecta la utilización así como la degradabilidad.

La mayoría de los productores de ganado lechero y de carne ponen un gran énfasis en la utilización de los forrajes. Sin embargo siguen descuidando el aspecto de la calidad nutrimental, digestibilidad y aprovechamiento de los mismos.

El Instituto Mexicano del Maíz (IMM) de la Universidad Agraria Antonio Narro (UAAAN) trabaja en la obtención de variedades e híbridos de maíz forrajero que pueden ser utilizados en la engorda de ganado productor de carne y productor de leche, pero es necesario conocer que tanto pueda utilizar por rumiantes del material fibroso contenido en el ensilaje de maíz.

Por todo lo antes mencionado el objetivo de este trabajo es determinar la tasa de degradación *in vitro* de la Fibra en Detergente Neutro (FDN) de tres híbridos y una variedad en experimentación de maíz forrajero (*Zea mays*); adicionados con melaza.

Hipótesis

H_a: Existe variación en la tasa de degradación in vitro de la Fibra en Detergente Neutro de los tres híbridos y la variedad en estudio de maíz forrajero ensilado con y sin melaza.

H₀: No existe variación en la tasa de degradación in vitro de la Fibra en Detergente Neutro de los tres híbridos y la variedad en estudio de maíz forrajero ensilado con y sin melaza.

2. REVISION DE LITERATURA

Ensilaje

El ensilaje es una técnica de preservación de forraje que se logra por medio de una fermentación láctica espontánea bajo condiciones anaeróbicas. Las bacterias epifíticas de ácido láctico (BAC) fermentan los carbohidratos hidrosolubles (CHO'S) del forraje produciendo ácido láctico y en menor cantidad, ácido acético. Al generarse estos ácidos, el pH del material ensilado baja a un nivel que inhibe la presencia de microorganismos que inducen la putrefacción. Una vez que el material fresco ha sido almacenado, compactado y cubierto para excluir el aire, (Weinberg y Muck, 1996; Merry *et al.*, 1997).

El proceso del ensilaje en si es un método de preservación de forrajes que se basa en promover la producción de ácidos orgánicos mediante la fermentación de azúcares y almidones por los organismos presentes en forma natural en el forraje. Sin embargo, se busca que sean las bacterias productoras de ácido láctico las que

predominen en un corto plazo para que el pH del forraje baje hasta un punto en que se inhiba la fermentación completamente y el forraje se conserve sin mas cambios. Aun cuando son varios los factores que determinan la obtención de un ensilaje de calidad, no es demasiado difícil lograrlo y en general cuando se ensila a la madurez y humedad recomendables la obtención de un buen ensilado puede llegar a ser bastante rutinario con cultivos tradicionales como el maíz (Llamas, 1990).

Hodgson y Reed (1964) define al ensilaje como la conservación de los forrajes, en estado succulento por medio de fermentaciones parciales. El ensilaje es forraje húmedo almacenado sin aire.

El ensilaje es una practica de conservación de forrajes verdes, tubérculos, raíces de residuos industriales destinados a la alimentación del ganado; y consiste en ponerlos en grandes masas comprimidas fuera del contacto del aire, para provocar en la masa acuosa una fermentación anaerobia que asegure su conservación (Mathods, 1947).

Havard (1969) describe al ensilaje como un procedimiento de conservación y no un procedimiento de transformación. El ensilaje revaloriza la materia seca del producto ensilado ya que aumenta la digestibilidad del mismo, que llega ha ser superior a la de un producto conservado por desecación (heno). Además, el ensilaje aumenta el contenido de caroteno de lo que proviene el aumento de vitamina A en la leche de los animales que reciben dicho producto.

La conservación de una cosecha por medio del ensilaje comienza por el empacado del producto verde en un depósito de cierta forma, pero es de importancia manifestar que el procedimiento deberá ser de tal naturaleza que los cambios puedan ser regulados y que el alimento no llegue hasta condiciones de putrefacción (Rutger y Crowder, 1967).

El ensilado representa la “vía húmeda” de conservación de forrajes verdes, ya que con este sistema se consigue mantener el valor nutritivo sin rebajar sensiblemente su contenido de agua. El ensilado es una técnica que permite conservar el forraje en un estado físico parecido al que tenía en el momento de la recolección (Duthil, 1967)

Ensilaje de maíz

La utilización del maíz forrajero destinado especialmente para la alimentación de ganado ha sido y sigue siendo una de las prácticas que mejores resultados han dado, debido a su alto rendimiento, valor nutritivo, posibilidad de almacenarse como ensilaje para épocas de escasez. Mediante un buen ensilaje se obtienen máximos consumos de materia seca, pudiendo de esta manera equilibrar la disponibilidad de forraje a lo largo del año (INCSAA.C., 1992).

En la actualidad existen tres tipos para la conservación de los forrajes al tener excedentes en ciertas épocas del año, a fin de utilizarse cuando disminuye la

producción de los mismos. Estos tipos de conservación son por congelamiento, por deshidratación y el último por ataque de bacterias anaeróbicas en ausencia de oxígeno, como es el caso de los ensilajes. En los tres sistemas se persigue el mismo objetivo, es decir que no exista un deterioro en los forrajes con respecto a su valor nutritivo. Para la conservación del maíz forrajero en nuestro país se usa preferentemente en el ensilaje y en mucha menor proporción el henificado (INCSAA.C., 1992).

El ensilado de maíz proporciona el mejor sistema de aprovechamiento de la totalidad de la planta. En condiciones de suelo adecuadas para el maíz, solamente el sorgo tiene posibilidad de competir con éxito en rendimiento y calidad de forraje. El maíz sin embargo puede aventajar a los sorgos en digestibilidad (Peñalgaricano et al., sin fecha).

Melaza

El empleo de las melazas para alimentar animales, se conoce cuando menos desde la segunda mitad del siglo pasado y desde entonces se utilizan en forma rutinaria como ingrediente en la alimentación pecuaria (Cajal, 1990).

Las melazas, subproductos de la industria azucarera, son las mieles incristalizables que quedan como residuo después que la mayor cantidad de azúcar ha sido obtenida, tanto de la remolacha azucarera (*Beta vulgaris*) como de la caña de

azúcar (*Saccharum officinarum*). La composición química de las melazas extraídas de ambas plantas es muy similar, siendo la de remolacha ligeramente superior en contenido de proteína; sin embargo, la que se utiliza en mayor proporción y que tienen mayor disponibilidad es la proveniente de caña de azúcar (Cajal, 1990).

La melaza de caña de azúcar se recomienda en niveles de 10 a 20 kg por tonelada de forraje fresco (3 a 6% en base seca), en los casos que se tiene un producto con bajo contenido de carbohidratos solubles. La melaza provee carbohidratos que serán utilizados para la producción de ácido láctico. Sin embargo, la principal dificultad siempre ha sido el lograr un mezclado homogéneo. Este problema resulta en un ensilaje con porciones muy bien ensiladas intercaladas con partes en descomposición. Con el tiempo las partes putrefactas tienden a expandirse y a perjudicar todo el ensilaje. Si logra evitarse este problema la utilidad de la melaza como aditivo al ensilaje es innegable (Llamas, 1990).

Análisis de forrajes por el sistema de fracciones de fibra

La fibra cruda es una mezcla variable, compuesta de celulosa y hemicelulosa, con valor nutritivo similar y valor alimenticio mas alto para rumiantes, la lignina es indigestible para todos los animales. Los solubles en detergentes neutros están compuestos de lípidos, azúcares, almidones y proteínas de alta digestibilidad y los parcialmente insolubles comprenden celulosa, lignina, sílice, hemicelulosa y un poco

de proteína de baja digestibilidad, la lignina y el sílice son indigestibles para los microorganismos ruminales (Cullison, 1983).

El sistema de fracciones de fibra desarrollado por Van Soest separa los alimentos vegetales en diferentes fracciones de acuerdo a su composición química y valor nutritivo, empleando detergentes y otros reactivos, es caro pero analiza a fondo diferencias en la composición química de los forrajes y su relación con su digestibilidad para los rumiantes (Llamas y Tejada, 1990).

Cuadro 2.1 División de un forraje en fracciones de fibra (Castellanos et al., 1990)

FRACCIÓN	DETERMINACIÓN	COMPOSICIÓN QUÍMICA	SIGNIFICADO BIOLÓGICO Y NUTRITIVO
Contenido Celular	Material soluble en Detergente Neutro	Lípidos, azúcares, ácidos orgánicos, almidones, nitrógeno no proteico, proteína soluble, pectinas	Material no lignificado muy disponible para el animal
Paredes celulares	Fibra en Detergente Neutro	Hemicelulosa, celulosa, lignina, compuestos nitrogenados de las reacciones de Maillard	Da rigidez y estructura a los forrajes, fracción lignificada de disponibilidad variable relacionada negativamente con el consumo voluntario
Hemicelulosa	FDN-FDA	Hemicelulosa, polímeros de pentosas con enlace Beta	Forma enlaces ésteres con la lignina. Disponibilidad variable de acuerdo con el grado de lignificación, cristalización de la celulosa, contenido de sílice y cutina
Lignocelulosa	Fibra en Detergente Acido	Celulosa, lignina, compuestos nitrogenados de las reacciones de Maillard	Disponibilidad variable de acuerdo a la lignificación de la celulosa
Lignina	Dos alternativas: 1) Lignina en permanganato Lignina en ácido sulfúrico al 72%	Compuestos complejos derivados de Fenilpropano	Completamente indigestible, impide la digestión de gran parte de la pared celular.

Celulosa	Dos alternativas: 1) Solubilización con ácido sulfúrico al 72% Por diferencia después de determinar lignina	Celulosa, polímeros de glucosa con enlaces Beta	Disponibilidad variable de acuerdo a lignificación, cristalización de la celulosa, contenido de sílice y cutina
Sílica	Tratamiento de cenizas insolubles en ácido con HBr	Sílice	Reduce la digestibilidad de la fibra, especialmente en gramíneas

Fibra en Detergente Neutro (FDN).

Van Soest (1982), en la búsqueda de una mejor caracterización química de los forrajes considero mas conveniente, dividir la materia seca en contenido celular y pared celular, y sobre esta base estableció la técnica de FDN. Fracción del alimento que no es soluble en detergente neutro, consiste en paredes celulares como lignina, celulosa y hemicelulosa, relacionado al consumo de alimento ya que sus componentes ocupan espacio en el rumen y se digieren lentamente y en diferente porcentaje (Ensminger et al., 1990; Schofield et al., 1994)

Digestión en el rumen de la pared celular

Los mamíferos herbívoros no poseen enzimas digestivas propias capaces de romper las paredes de las células de los forrajes; el éxito de su sobrevivencia se debe a su relación con microbios simbioses del tracto digestivo, que poseen enzimas celulolíticas (Chargoy, 2003). Sin embargo el flujo de nutrientes es

constante, y el animal puede recibir alimentos continuamente y permitir la salida de los productos de fermentación y microorganismos, que pueden pasar a formar parte de los elementos digeridos en el resto del tracto digestivo (De Alba, 1971). A pesar de la ayuda de los microorganismos el desdoblamiento de la celulosa es lento, retardado aun mas por la presencia de lignina (Bell, 1971).

La estructura y función de la pared celular esta controlada por la composición y organización de los componentes individuales. El grado de lignificación y formación de complejos lignina-carbohidratos son los factores que controlan la degradación de la pared celular son igualmente afectados por la lignificación. Otros estudios sugieren que, la tasa de degradación de la celulosa no cambia cuando la pared celular es deslignificada; sin embargo, la reducción en el tamaño de partícula tiene un efecto positivo sobre la degradación de la celulosa (Hatfield, 1993). Por otro lado, Merchen y Bourquin (1994) indican que la deslignificación incrementa la tasa de degradación de polisacáridos no celulósicos en un grado mayor que la reducción del tamaño de partícula, por lo que consideran que las características estructurales limitan la degradación de la celulosa mas que la lignina, pero que la lignina tiene un efecto mas profundo sobre los polisacáridos no celulósicos dentro de la matriz de la pared celular.

Obtención y manejo del líquido ruminal

El liquido ruminal deberá obtenerse de dos novillos o borregos fistulados, tratando de tomar partes iguales de ambos. Estos animales deberán estar en una dieta con 100% de alfalfa henificada de buena calidad mas sal mineralizada a libertad.

La alfalfa se considera el alimento más adecuado ya que es el más facil de obtener en el país, sin embargo, puede mezclarse con un 50% de zacate o forraje fibroso si se desea. Deberá evitarse el uso de grandes cantidades de concentrado o ensilajes en estas raciones, ya que el conteo de bacterias celulolíticas podría bajar.

Cuando La determinación se inicia temprano por la mañana no será necesario dietar a los animales, pero si se realiza mas tarde, deberá evitarse el acceso de los animales al agua o alimento por tres horas antes del muestreo.

Para obtener el liquido se quita la tapa de la cánula ruminal y con la mano se toma la ingesta seca que pueda existir en la parte alta, después se toma la ingesta húmeda de la parte media, si están utilizando novillos se puede utilizar un bastón con un vaso de acero inoxidable soldado para facilitar esta operación.

El liquido o ingesta se filtra con la ayuda de un embudo provisto de cuatro capas de gasa; la ingesta se exprime y el bagazo seco se desecha. De esta manera deberán obtenerse aproximadamente tres veces el volumen necesario para la determinación.

La necesidad de utilizar un termo dependerá de la distancia que haya de los corrales al laboratorio, ya que con práctica las actividades descritas pueden realizarse en 15 minutos. Deberá tenerse cuidado en que el líquido tenga contacto con el aire el menor tiempo posible.

Ya en el laboratorio el líquido ruminal puede volverse a filtrar a través de ocho capas de grasa y se pasa a un frasco precalentado a 39°C en el baño maría. Se tapa el frasco y se deja reposar en el baño hasta que se separen dos capas. Con una manguera y por succión se toma de la parte inferior la cantidad de inóculo necesaria para realizar la determinación.

Cuando el número de tubos es alto, puede necesitarse un recipiente demasiado grande para un baño maría. Una alternativa es utilizar un lavabo lleno con agua tibia, ya que la temperatura en el líquido puede variar en $39 \pm 3^\circ\text{C}$ sin ningún problema para los microorganismos (Llamas y Tejada, 1990).

Tiempos de incubación

El tiempo necesario para medir la tasa de degradación varía en función del material que se va a evaluar, por lo que no se puede generalizar un tiempo máximo de incubación, ni tiempos intermedios. Sin embargo, es importante incluir suficientes observaciones en la parte mas sensitiva de la curva de degradación y poner solo las

observaciones necesarias que permitan describir bien la parte asintota, que representa el potencial de degradación (Romero, 1990).

Para propósitos prácticos, Orskov et al., (1980) proponen que para obtener un estimado de la degradabilidad potencial se requieren de 12 a 36 h de incubación en el caso de alimentos concentrados, de 24 a 60 h en forrajes de alta calidad y de 48 a 72 h para forrajes de baja calidad. Si embargo, en varios estudios con forrajes muy diversos han sido las 72 h de incubación el tiempo utilizado para determinar la degradabilidad potencial (Gill et al., 1969; Smit et al., 1971; Cherney et al., 1986).

Degradabilidad

Los alimentos ingeridos por los animales desaparecen del tracto gastrointestinal, o de cualquiera de los compartimentos digestivos, ya sea a través de su digestión y absorción, o por medio del pasaje a otro compartimiento. Consecuentemente, la degradación que sufre un alimento en un compartimiento dado, o en el tracto total, es la resultante de dos fuerzas competitivas que actúan simultáneamente, la tasa de pasaje y la tasa de degradación (Mertens, 1977; Ellis, 1978; Van Soest, 1982; Faichney y Black, 1984).

El concepto de degradabilidad potencial fue propuesto por Wilkins (1969), definiéndolo como la degradación que sufriría un alimento en el ecosistema ruminal

si es que las condiciones presentes, y el tiempo de retención en el mismo no fueran limitantes.

El valor de la degradabilidad inicial corresponde al intercepto de la ecuación que describe la degradación acumulativa de las diferentes fracciones componentes de un alimento en función del tiempo. En otras palabras, la degradabilidad inicial corresponde al valor de digestibilidad obtenido a tiempo cero (Orskov et al., 1980)

Otro parámetro evaluado frecuentemente en estudios de degradación ruminal de los alimentos es la duración del periodo pre-fermentativo (“digestión lag”), el cual representa el tiempo que transcurre antes de que se inicie la degradación de la fibra por acción enzimática de los microorganismos ruminales. Varios de los

modelos propuestos para la estimación de las tasas de digestión incluyen un parámetro que toma en cuenta este fenómeno (Mertens, 1977; Mertens y Loften, 1980).

La tasa de degradación de un alimento se refiere a la cantidad de substrato que puede ser degradada por unidad de tiempo (Van Soest, 1982). La estimación de las tasas de degradación de una fracción dada requiere el describir matemáticamente la degradación o desaparición de dicha fracción en función del tiempo (Mertens y Ely, 1982), para lo cual se detiene el proceso de digestión in vitro o in situ a intervalos

previamente establecidos. Estos intervalos variaran en función del tipo de alimento y de la fracción cuya tasa de degradación se permite evaluar.

Digestibilidad in vitro

El sistema de digestibilidad in vitro se basa en su primera etapa en una fermentación en un sistema cerrado, es decir, los productos de la fermentación no son removidos. La fermentación es producida por microorganismos añadidos en el líquido ruminal utilizado como inóculo. Sin embargo, la fermentación en estas condiciones no refleja de ninguna forma lo que realmente sucede en el rumen, y que este es un sistema abierto con condiciones muy especiales; por lo tanto, es incorrecto el término “rumen artificial” para describir esta técnica. En esta primera etapa se adiciona una solución amortiguadora con el fin de mantener el pH en alrededor de 6.9, siendo estas las condiciones (rango 6.7 a 7.0) óptimas para que actúen las bacterias ruminales, especialmente las celulolíticas (Llamas y Tejada, 1990).

Híbridos de maíz forrajero evaluados

AN - 447

Este híbrido tiene una adaptación amplia, particularmente en alturas de 1100 a 1900 metros sobre el nivel del mar (msnm). Evoluciones técnicas, así como resultados de producción obtenidos por agricultores, demuestran que le AN-447 se adapta con éxito en las siguientes entidades federativas: Aguascalientes, Coahuila,

Chihuahua, Durango, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Morelos, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí y Zacatecas, aunque también puede ser altamente productor en estados con alturas diferentes a las zonas indicadas, como lo demuestran los resultados que se han obtenido en Nayarit y Sinaloa (Castillo, 2005).

Características agronómicas

*Tipo de híbrido: Triple
Tipo de grano: blanco, semidentado
Forma de mazorca: cilíndrica
Tamaño de mazorca: grande
Altura de planta: promedio 2.8 m (2.5 a 3.10 m)
Altura de mazorca: promedio 1.3 m (1.2 a 1.5 m)
Ciclo vegetativo: para silo (100-115 días)
Floración masculina: 85 a 90 días
Días a cosecha (de grano): 140 a 150
Tipo de hoja: verde claro
Acame: resistente
Cobertura de mazorca: buena
Resistente a enfermedades*

AN – 388

Híbrido generado por el Instituto Mexicano del Maíz de la UAAAN de insuperable rendimiento, es un material que se adapta excelentemente en regiones de clima templado. Tiene un rango de adaptación de : 1100-1900 msnm y las regiones específicas de explotación son: Región del Bajío (Aguascalientes, Guanajuato, Michoacán, Querétaro), y la Región Lagunera (Castillo, 2005).

Características fenotípicas de la planta

Tipo de cruza: triple

Condición de siembra: riego

Días a flor: 75 días promedio

Días a madurez: 150 días promedio

Altura de la planta: 2.0 m

Altura de la mazorca: .8 – 1.0 m

Acame: totalmente resistente

Cobertura de mazorca: excelente

Pudrición de mazorca: baja

Grano: blanco-semidentado

Enfermedades foliares: muy tolerante

Densidad de población: 85-90 mil plantas/ha

3. MATERIALES Y METODOS

Área de experimentación

Se sembraron 4 genotipos de maíz forrajero en el poblado de Villa Hidalgo, municipio de Santiago Ixcuintla; que se localiza en la zona norte del Estado de Nayarit dentro de las coordenadas 21° 37' 22° 16' de latitud norte y 104° 53' al 105° 39' longitud oeste a una altura de 10 msnm; con una precipitación pluvial de 1430.6 mm. El clima es cálido seco. La temperatura media anual es de 26.5°C (Castillo, 2005).

Tipo de suelo

Antes de realizar la siembra de los materiales genéticos de maíz híbrido, se procedió a realizar un análisis físico-químico del suelo. De acuerdo a la técnica de “zic-zac” se tomaron muestras de suelo a 0-20 cm y 20-40 cm de profundidad, obteniendo la siguiente evaluación (cuadro 3.1). De acuerdo a los resultados de este análisis de suelo se clasifica desde migajón arenoso, migajón arcilloso, migajón arcillo- arenoso y arcilloso.

Cuadro 3.1 Análisis físico-químico del suelo (Castillo, 2005)

parámetros	Muestra 1 (0-20 cm)	Muestra 2 (20-40cm)
¹ pH	8.27	8.37
² C.E. dS/m	.702	.438
Material Orgánica	1.56	1.03
Nitrógeno Total %	.0765	.0515
Fósforo Kg/Ha	3.375	.9
Potasio Kg/Ha	+ de 900	+ de 900
Carbonatos totales %	16.72	13.79
Arcilla %	46.6	42.6
Limo %	48.6	49.6
Arena %	4.8	7.8
textura	Arcilla- limoso	Migajón-arcillo-limoso

¹pH= potencial hidrógeno

²C.E. dS/m= capacidad eléctrica (desiemes/metro)

Área de siembra

Se utilizaron parcelas de 100 X 8 m considerando un área total de 800 m² (62,500 plantas /hectárea). La fecha de siembra correspondió al 19 de diciembre del 2003 y la toma de datos fue el 28 de marzo del 2004.

A todas las parcelas se les aplicó fertilizante, siendo un total de 3 dosis correspondiendo de la siguiente manera: la primera 32-46-40 y 22-22 de sulfato doble de Potasio + Magnesio (formula DAP) y las otras dos con Urea al suelo y finalmente foliar (200 kg N). Se aplicaron agroquímicos para controlar insectos, malezas y enfermedades. Además, se aplicaron 5 riegos de agua (1° presembrado, 2° auxilio, 3° al 5° hasta cosecha cada 20 días) y se realizaron las labores de cultivo requeridas, Castillo (2005).

Material a evaluar

El maíz se cosechó a los 100 días de edad, se escogieron al azar un promedio de 20 plantas de cada híbrido de maíz forrajero a evaluar. Esta practica (corte) se realizó con machete a una altura de 15 cm de la base. A cada planta completa (tallo, hoja y mazorca) se le tomó el peso en verde. El material genético de maíz empleado y los pesos promedio por planta a los 100 días utilizados en el presente estudio se reportan el cuadro 3

Cuadro 3.2 Material Genético Evaluado (Castillo, 2005)

<i>Material</i>	<i>Genealogía</i>	<i>Peso promedio por planta (Kg)</i>
<i>AN-447 (híbrido)</i>	<i>(255 x MLS₄₋₁)AN7</i>	<i>1.617</i>
<i>AN-388 (híbrido)</i>	<i>(255 x Zap) MLS₄₋₁</i>	<i>1.692</i>
<i>Forrajero amarillo*</i>	<i>Variedad donde participan 5 líneas</i>	<i>1.514</i>
<i>(variedad en experimentación)</i>	<i>se encuentra a nivel experimental</i>	
<i>P30G54** (híbrido)</i>	<i>Híbrido comercial de la compañía Pionner</i>	<i>.895</i>

* Forrajero

** Comercial

Cuadro 3.3 Producción de Forraje de 3 híbridos de maíz forrajero y una variedad experimental forrajera en estudio . (Castillo, 2005)

<i>Material</i>	<i>Peso en verde (kg)</i>	<i>Materia Verde (Ton/Ha)</i>	<i>MS/ planta (kg)</i>	<i>Materia Seca (Ton/Ha)</i>
<i>AN447</i>	<i>1.61</i>	<i>100.625</i>	<i>0.362</i>	<i>21.625</i>
<i>AN388</i>	<i>1.69</i>	<i>105.625</i>	<i>0.684</i>	<i>42.750</i>
<i>Comercial</i>	<i>1.51</i>	<i>94.375</i>	<i>0.565</i>	<i>35.281</i>
<i>Forrajero</i>	<i>0.89</i>	<i>55.625</i>	<i>0.282</i>	<i>17.593</i>

Preparación del ensilado

La preparación del ensilado (micro). Se utilizo 24 frascos de vidrio transparente con tapa de lamina de cierre con rosca con capacidad aproximado de 1 Kg. de material ha ensilar. La planta entera se partió en trozos de 1 cm. y se introdujo en

los frascos. Muestra del tratamiento sin melaza y 10 % de melaza de los 3 híbridos de maíz forrajero y una variedad experimental forrajera, se prepararon de manera independiente, mezclado cada uno y se procedió a introducir y compactar en cada frasco que se cerro herméticamente por 35 días. Al completar los 35 días, se procedió a determinar el pH. al material ensilado utilizando el potenciómetro.

Tratamientos

Cuadro 3.4 Tratamientos del ensilado con 0 y 10% de melaza

tratamiento	AN-388	AN-447	comercial	forrajero
1	Sin melaza	Sin melaza	Sin melaza	Sin melaza
3	10 % melaza	10 % melaza	10 % melaza	10 % melaza

Análisis químico

El presente estudio se realizo en el laboratorio de Nutrición y la Unidad Metabólica del Departamento de Nutricion y Alimentos, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, Saltillo, Coahuila; a 25° 21' LN y 101° 02' LO, con 1743 msnm, con una temperatura media anual de 18.8°C. El clima esta clasificado como seco o arido (Bsokx) (e) él mas seco de los Bs (Mendoza, 1983).

La FDN (Fibra en Detergente Neutro) se determino según el procedimiento publicado por Goering y Van Soest (1970) y para la separación o cinética ruminal de la digestión de la FDN se aplico la técnica de Goering y Van Soest (1970).

Material utilizado

- Un novillo donador del inóculo
- Termo para la recolección del líquido ruminal
- Tubos de polietileno para incubación de la muestra
- Incubadora
- Parrilla de calentamiento
- Vasos Bercellius de 600 ml.
- Equipo para filtrar con vacío
- Balanza analítica
- Tanque de CO₂ con mangueras para burbujear el gas.
- Papel filtro

Reactivos

- Solución Amortiguadora de McDougall 1
- Solución Amortiguadora de McDougall 2
- Líquido ruminal
- Solución detergente neutro.- 18.61 g E.D.T.A. sal disódica, 2H₂O, borato de sodio (NaB₄O₇ 10 H₂O) 6.81 g, disolver en 200 ml de agua destilada calentar si es necesario. Aparte disolver 30 gramos de duodecil sulfato de sodio y 10 ml de etilen glicol monoetil éter en otros 200 ml de agua destilada; mezclar las dos soluciones. Disolver 4.56 g de fosfato ácido de sodio (Na₂HPO₄) en 100ml de agua destilada y calentar. Adicionar esta solución a las dos anteriores y aforar a un litro.

Procedimiento experimental

Para determinar la cinética de la digestión de la fibra de las muestras en estudio, se utiliza la técnica de digestibilidad *in vitro* de Tilley y Terry (1963) con las modificaciones de Goering y Van Soest (1970), la cual se interrumpió a diferentes tiempos de incubación (0, 12, 24, 36, 48, 60, 72, 84 y 96) y se analizó el FDN en cada una de las muestras y cada uno de los respectivos residuos de la fermentación.

Obtención y manejo del inóculo

El líquido ruminal se obtuvo de un novillo fistulado adaptado a una dieta de heno de avena. La obtención del líquido se llevó a cabo a las 9:00 AM, antes de ofrecer el alimento.

Fue necesaria la utilización del termo, teniendo cuidado de que el líquido ruminal no estuviera en contacto con el aire; para así mantener temperatura y ambiente anaeróbico y se trasladó al laboratorio.

Análisis de los residuos de la digestión

Las muestras en estudio se incubaron por triplicado, y posteriormente se analiza el FDN de los residuos de cada tiempo, aplicando para ello se utilizó la técnica descrita por Goering y Van Soest (1970).

Análisis estadístico

Para el análisis de la cinética de la digestión de la FDN se transformaron logarítmicamente los datos obtenidos de la fibra potencialmente digestible (FPD) residual (%). Y se uso regresión lineal para estimar los parámetros de la digestión. Considerando el tiempo de 84 h como la extensión máxima de la digestión (Fibra potencialmente indigestible, FPI) en la muestra original como FPD. La tasa de degradación se obtuvo mediante regresión de los logaritmos naturales de los residuos de FPD en cada uno de los tiempos de incubación (Grant y Mertens, 1992). Considerando la naturaleza del presente estudio se empleo un modelo de regresión lineal simple como a continuación se describe:

$$y_i = \beta x_i + \alpha + \varepsilon_i$$

Donde:

y_i = Logaritmo natural de los residuos (%) de i-ésimo tiempo de incubación *in vitro*.

x_i = i-ésimo tiempo (h) de incubación *in vitro*.

β = coeficiente de regresión. Tasa de degradación (kd) de las paredes celulares (FDN) de las especies.

α = Intercepción al origen.

ε_i = Variable aleatoria a la cual asume distribución normal con media cero y varianza

σ^2

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mediante regresión lineal de los logaritmos naturales de la fibra potencialmente digestible (FPD) residual a los diferentes tiempos de incubación *in vitro* se construyo un modelo para los tres híbridos de maíz forrajero y una variedad experimental forrajera en estudio ensilados co 0 y 10% de melaza (AN-388; AN-447; P30G54 comercial y variedad experimental forrajera). En el cual β representa la tasa de degradación de la fibra.

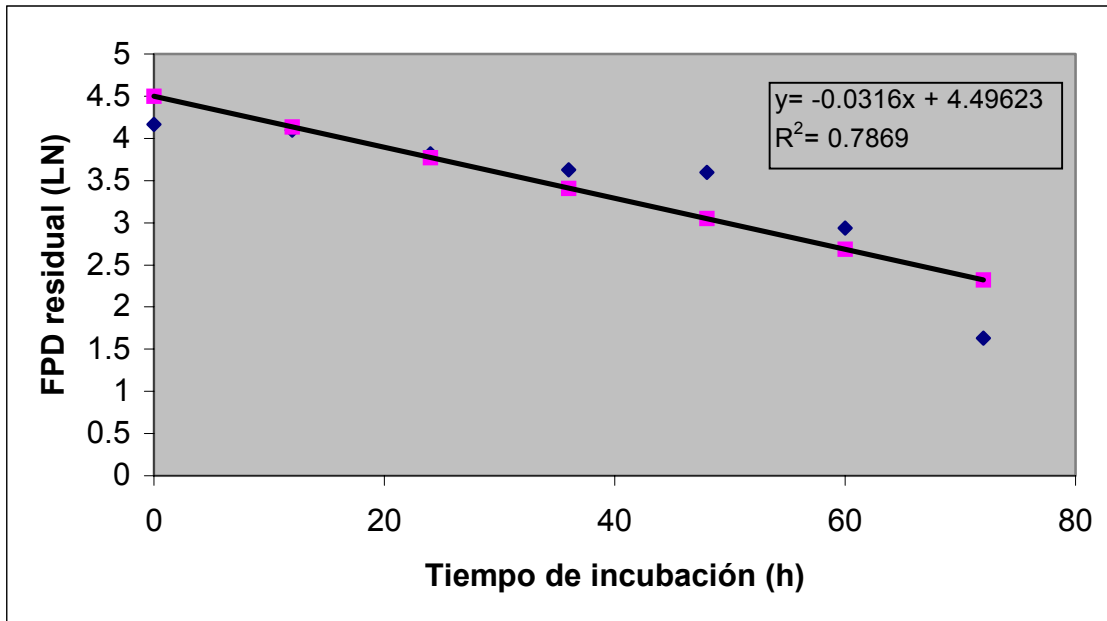


figura 4.1 Fibra potencialmente digestible (FPD) residual del híbrido AN-388 sin melaza a diferentes tiempos de incubación *in vitro*.

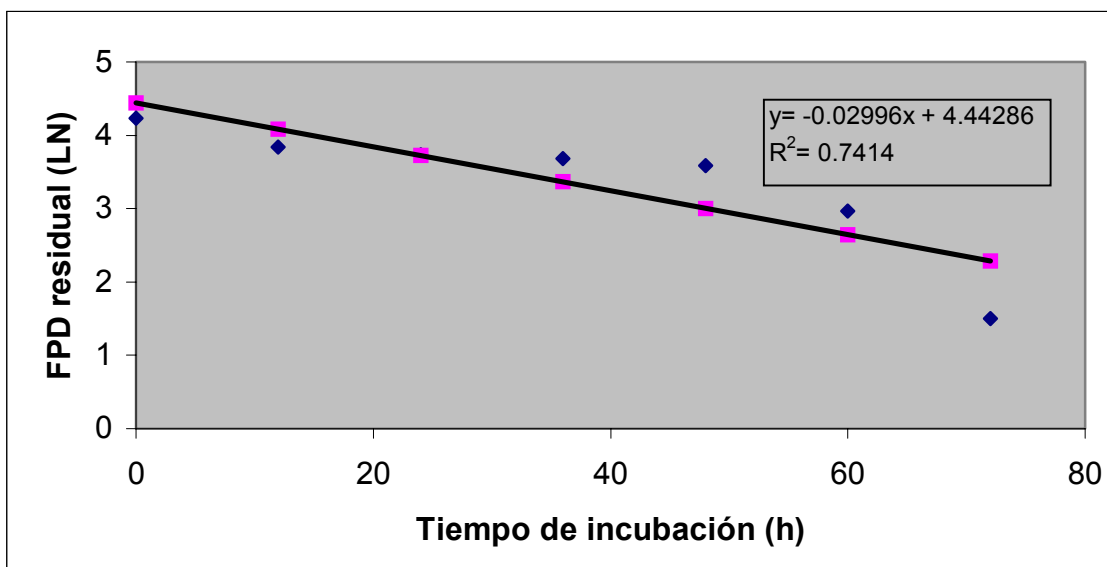


figura 4.2 Fibra potencialmente digestible (FPD) residual del híbrido AN-447 sin melaza a diferentes tiempos de incubación *in vitro*.

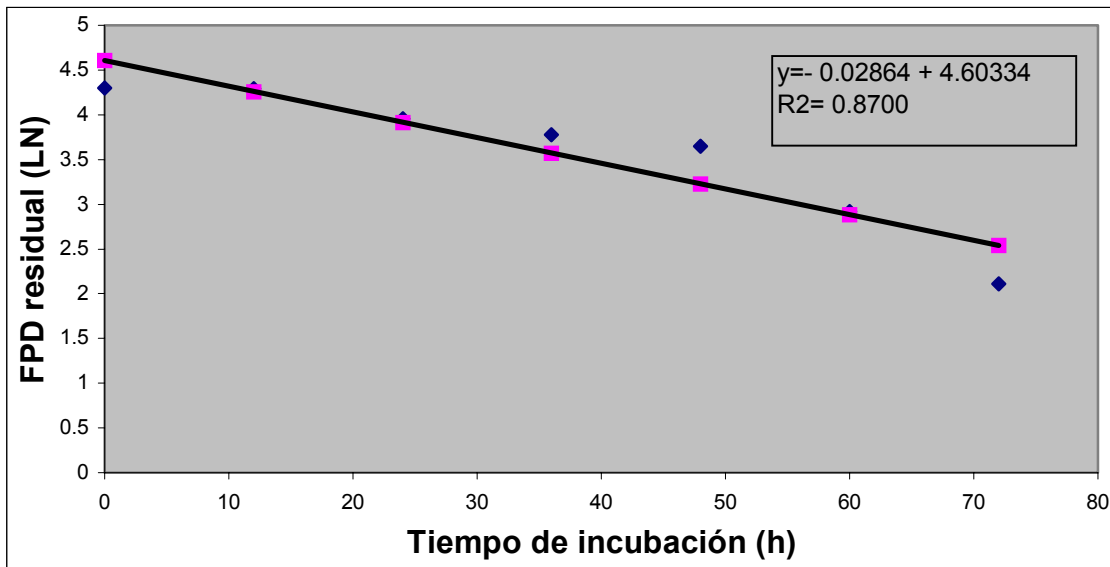


figura 4.3 Fibra potencialmente digestible (FPD) residual del híbrido P30G54 sin melaza a diferentes tiempos de incubación *in vitro*.

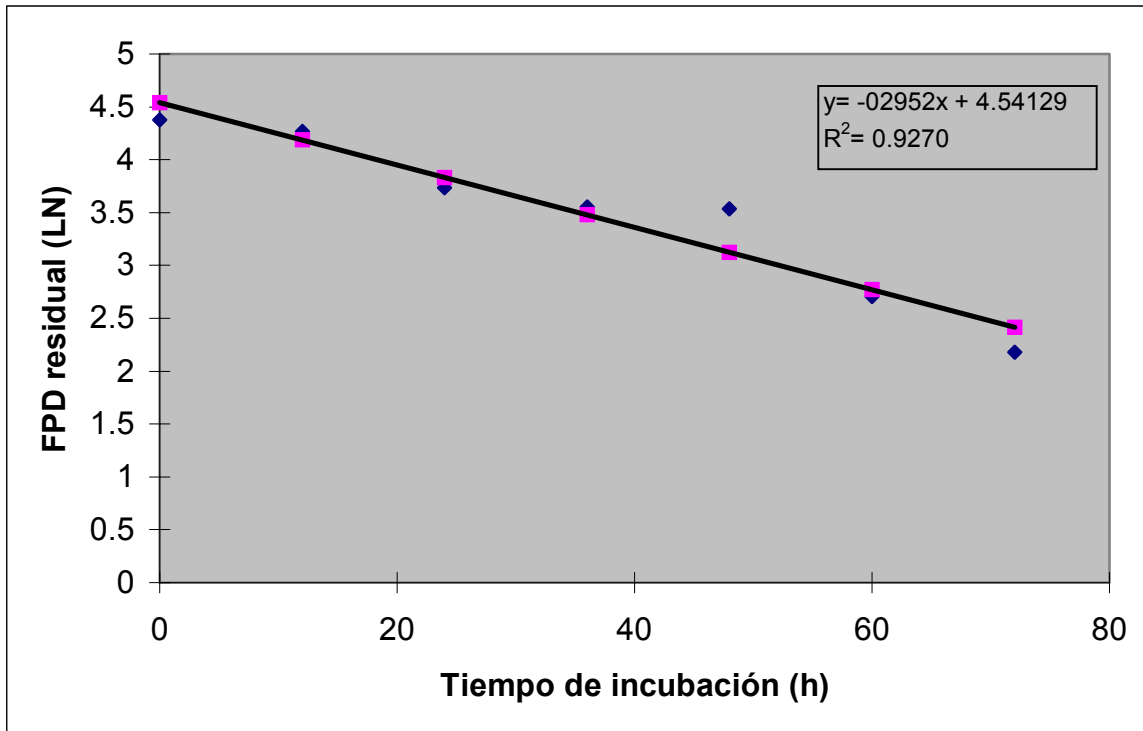


figura 4.4 Fibra potencialmente digestible (FPD) residual de de la variedad forrajero A. sin melaza a diferentes tiempos de incubación *in vitro*.

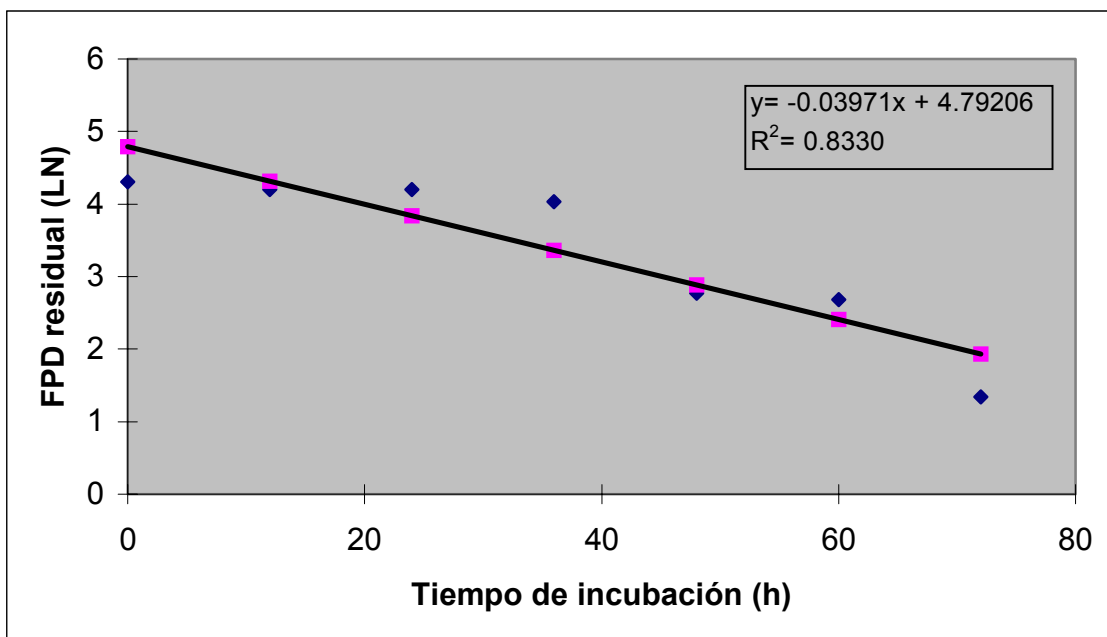


figura 4.5 Fibra potencialmente digestible (FPD) residual del híbrido AN-388 con 10% de melaza a diferentes tiempos de incubación *in vitro*.

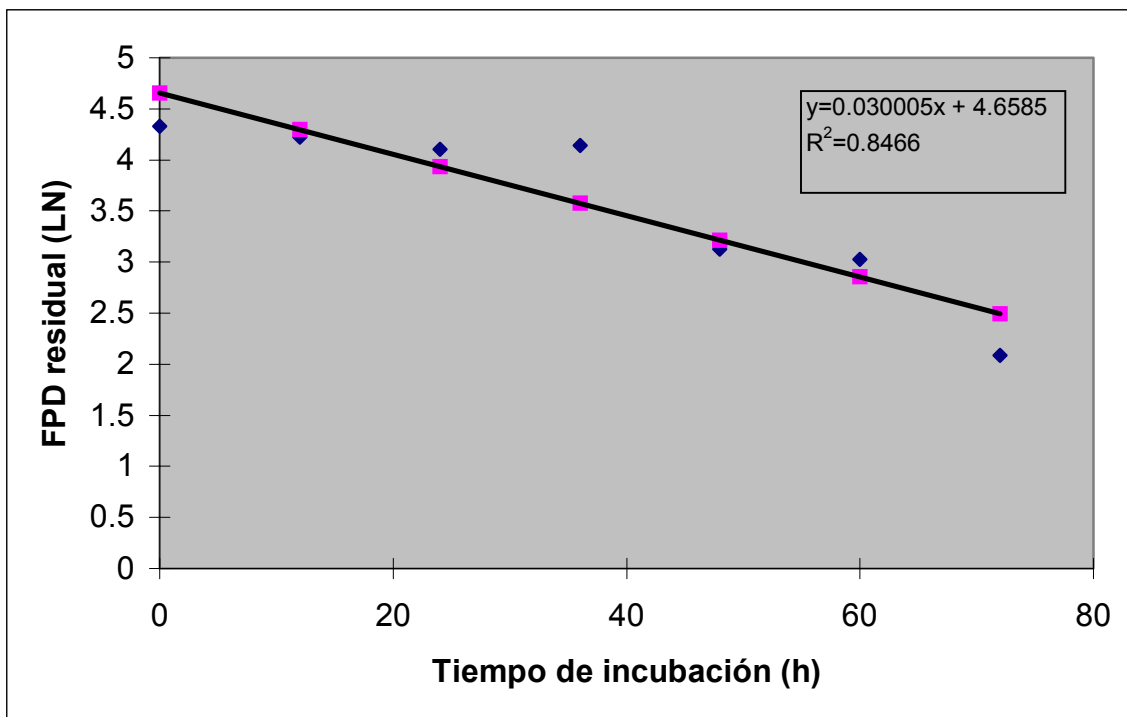


figura 4.6 Fibra potencialmente digestible (FPD) residual del híbrido AN-447 con 10% de melaza a diferentes tiempos de incubación *in vitro*.

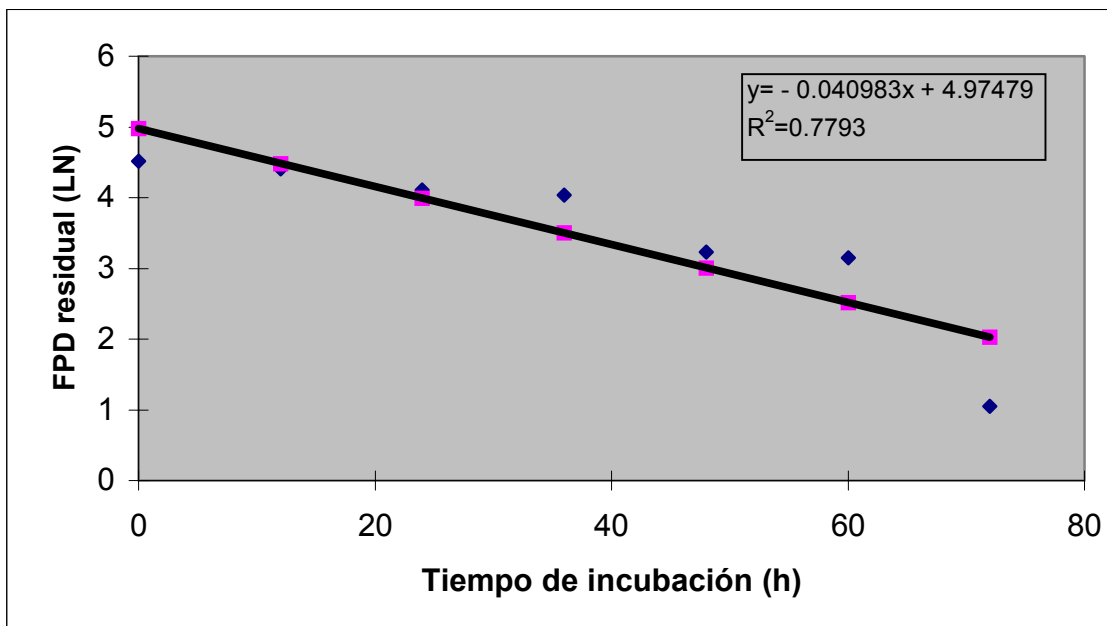


figura 4.7 Fibra potencialmente digestible (FPD) residual del híbrido P30G54 con 10% de melaza a diferentes tiempos de incubación *in vitro*.

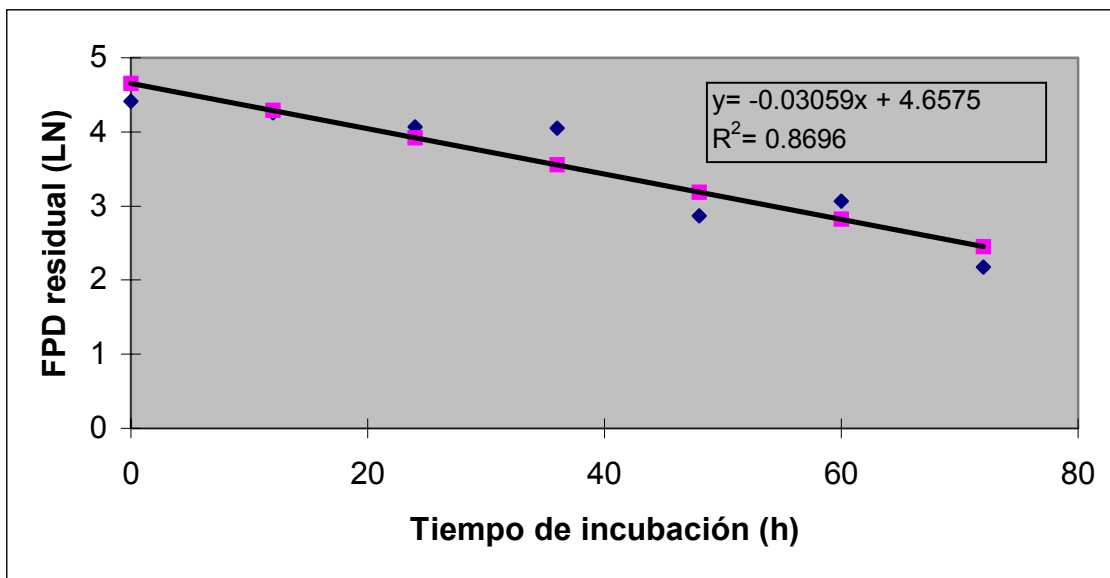


figura 4.8 Fibra potencialmente digestible (FPD) residual de la variedad Forrajero A. con 10% de melaza a diferentes tiempos de incubación *in vitro*.

Los resultados encontrados se presentan en los cuadros 4.1 y 4.2 observando una tasa de degradación de mayor a menor en el siguiente orden : P30G54 con 10%M (4.09 %/h); AN-388 10%M (3.97 %/h); AN-388 SM (3.16 %/h); AN-4477; Forrajero Amarillo 10%M (3.06 %/h); AN-447 10%M (3.00 %/h), SM (2.99 %/h); Forrajero Amarillo SM (2.95 %/h); y P30G54 SM (2.86 %/h). Podemos observar que la tasa de degradación del híbrido AN-447 es similar con 0% de melaza (2.99 %/h) que con 10% de melaza (3.00 %/h) de igual manera se comporta la variedad forrajero amarillo mayor con 0% de melaza (2.95 %/h) que con 10% de melaza (3.06 %/h), tal vez esto se deba a que la adición de melaza en algunos casos puede tener efecto negativo en la digestión. Comparando con estudios realizados en forrajes de uso común Parada (1997), obtuvo una degradación *in situ* para rastrojo de maíz de (.27 %/h), paja de sorgo (.20 %/h), rye grass (.57 %/h), heno de alfalfa (.54 %/h) y heno de avena (.62 %/h). Cruz (1999) reportó valores para ensilado de maíz (.61 %/h), paja de sorgo (.38

%/h) y heno de alfalfa (.18%/h). También valores reportados por morales (2003) encontrando una tasa de degradación para Zacate estrella (.36 %/h) y canshis (.12% %/h). Rosales *et al.*, (2005) reportó una tasa de degradación *in situ* para dietas de engorda de ovinos con 0% de pulido de arroz (.04 %/h), con 11% de pulido de arroz (.02 %/h) y con 22% de pulido de arroz (.03 %/h). Todos los valores de degradabilidad reportados están por debajo a los obtenidos en el presente trabajo como se puede ver en el cuadro 4.1, Quizás esta situación este relacionado con el estado fenológico de la planta y la adición de melaza al ensilado ya que se cosechó a los 100 días de edad teniendo además grano lechoso masoso que indica que es un material joven (Navarrete, 2005); también la melaza puede darle un efecto positivo en la degradabilidad del forraje.

Cuadro 4.1 Tasa de degradación (Kd) de la fibra en detergente neutro de los tres híbridos y la variedad en experimentación de maíz forrajero ensilados sin melaza

Concepto	AN-388	AN-447	P30G54	Forrajero A.
	%			
FDN ¹	68.61	71.52	65.57	69.01
FPI ²	24.21	23.37	23.77	22.38
FPD ³	44.40	48.15	41.80	46.67
Kd (%/h) ⁴	3.16	2.99	2.86	2.95

FDN¹= Fibra en Detergente Neutro

FPI²= Fibra Potencialmente Indigestible

FPD³= Fibra Potencialmente indigestible

Kd⁴= Tasa de degradación

Cuadro 4.2 Tasa de degradación (Kd) de la fibra en detergente neutro de los tres híbridos y la variedad en experimentación de maíz forrajero ensilados con 10% de melaza

Concepto	AN-388	AN-447	P30G54	Forrajero A.
	%			
FDN ¹	61.87	65.75	64.11	61.17
FPI ²	19.38	22.07	23.18	20.04
FPD ³	42.49	43.68	40.93	41.13
Kd (%/h) ⁴	3.97	3.00	4.09	3.06

FDN¹= Fibra en Detergente Neutro
 FPI²= Fibra Potencialmente Indigestible
 FPD³= Fibra Potencialmente indigestible
 Kd⁴= Tasa de degradación

En los cuadros 4.3 y 4.4 se aprecia el inicio de la degradación de los tres híbridos y la variedad en experimentación, sin melaza y con 10% de melaza, dado su contenido de FDN que se puede observar en los cuadros 4.1 y 4.2, siendo estos los siguientes valores: AN-388 SM (68.61 %), AN447- SM (71.52 %), P30G54 SM (65.57 %), Forrajero A SM (69.05 %), AN-388 10%M (61.87 %), AN447- 10%M (65.75 %), P30G54 10%M (64.11%), Forrajero A 10%M (61.17). Podemos observar en el cuadro 4.3 que para las muestras sin melaza la degradación fue considerable a las 12 horas teniendo mayor degradabilidad el híbrido AN-447, seguido del AN-388, Forrajero A y por ultimo el P30G54; en el cuadro 4.4 se observa que para los materiales con 10% de melaza la degradación fue mas lenta a las 12 horas teniendo con mayor degradación al el híbrido AN-447, seguido del AN-388, Forrajero A y por último el P30G54, el orden es similar a los materiales sin melaza. Con esto podemos decir que las muestras sin melaza inician muy pronto su degradación en comparación con las muestras con 10% de melaza a pesar de que estas ultimas tienen una degradación considerable.

Cuadro 4.3 Fibra potencialmente indigestible (FPI) de los tres híbridos y la variedad en experimentación de maíz forrajero ensilados sin melaza estudiados a diferentes tiempos de incubación (T.I.) in vitro.

T. I. (h)	AN388	AN447	P30G54	Forrajero A.
	%			
12	50.9	45.33	52.13	55.39
24	49.32	43.01	43.99	41.85
36	40.86	42.1	40.65	38.56

48	40.39	40.38	30.62	38.27
60	32.59	32.54	29.3	29.31
72	26.49	25.48	26.99	26.47
84	24.21	23.37	23.77	22.38

Cuadro 4.4 Fibra potencialmente indigestible (FPI) de los tres híbridos y la variedad en experimentación de maíz forrajero ensilados con 10% de melaza estudiados a diferentes tiempos de incubación (T.I.) in vitro.

	AN388	AN447	P30G54	Forrajero A.
T. I. (h)	%			
12	47.60	51.46	54.78	49.02
24	47.84	48.1	46.30	43.70
36	43.43	49.11	45.55	43.31
48	26.18	31.33	31.67	27.17
60	25.59	30.43	30.83	28.70
72	21.01	21.22	21.31	23.61
84	19.38	22.07	23.18	20.04

Cuadro 4.5 Fibra potencialmente digestible (FPD) de los tres híbridos y de la variedad en experimentación de maíz forrajero ensilados sin melaza estudiados a diferentes tiempos de incubación (T.I.) in vitro.

	AN388	AN447	P30G54	Forrajero A.
T. I. (h)	%			
12	17.71	26.19	13.44	13.66
24	19.29	28.51	21.58	27.20
36	27.75	29.42	24.92	30.49
48	28.22	31.14	34.95	30.78
60	36.02	38.98	36.27	39.74
72	42.12	46.04	38.58	42.58
84	44.40	48.15	41.80	46.67

Cuadro 4.6 Fibra potencialmente digestible (FPD) de los tres híbridos y de la variedad en experimentación de maíz forrajero ensilados con 10% de melaza estudiados a diferentes tiempos de incubación (T.I.) in vitro.

	AN388	AN447	P30G54	Forrajero A.
T. I. (h)				

12	14.27	14.29	9.33	12.15
24	14.03	17.65	17.81	17.47
36	18.44	16.64	18.56	17.86
48	35.69	34.42	32.44	34.00
60	36.28	35.32	33.28	32.47
72	40.86	44.53	42.80	37.56
84	42.49	43.68	40.93	41.13

Cuadro 4.7 pH del ensilado

	SM	10% M
AN388	4.32	4.49
AN447	4.40	4.39
COMERCIAL	4.42	4.54
FORRAJERO	4.39	4.45

Cuadro 4.8 Análisis de varianza

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Materiales (A)	3	133.953125	44.651043	4.9740	0.004 **
Tx (B)	1	1214.187500	1214.187500	135.2583	0.000 **
T. de Incub.(C)	7	15843.968750	2263.424072	252.1413	0.000 **
A X B	3	74.250000	24.750000	2.7571	0.049 *
A X C	21	171.234375	8.154017	0.9083	0.582 NS
B X C	7	868.750000	124.107140	13.8253	0.000 **
A X B X C	21	157.796875	7.514137	0.8371	0.667 NS
ERROR	64	574.515625	8.976807		
TOTAL	127	19038.656250			

C.V. = 8.7616%

Al realizar el análisis de varianza con los datos de fibra potencialmente indigestible (FPD) se encontró que existe una diferencia altamente significativa ($P < .01$) entre los materiales evaluados, así como también para los dos tratamientos hay diferencia altamente significativa ($P < .01$), de igual forma en los tiempos de incubación obviamente existe una diferencia altamente significativa ($P < 0.1$), esto nos indica que son variables dependientes. En la interacción de los materiales evaluados con los tratamientos se encontró una diferencia significativa ($P < .05$), así como también para la interacción de los tratamientos y los tiempos de incubación ($P < .01$), no siendo así para la interacción de los materiales evaluados con los tiempos de incubación y la interacción de los tres factores por lo que se puede decir que son independientes al no tener significancia en la interacción.

5. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo se concluye lo siguiente:

1. En los tres híbridos de maíz forrajero y la variedad experimental forrajera ensilados con 0 y 10% de melaza, conforme se incrementa el tiempo de incubación, la FPD residual disminuye.
2. El contenido de FDN (%) obtenido de las muestras analizadas fue mayor para el híbrido AN-447 con 0% de melaza.
3. La FPD de los híbridos y la variedad experimental estudiados a diferentes tiempos de incubación, incrementa con el tiempo de incubación.

4. La mayor tasa de degradación (%/h) fue mayor en el híbrido P30G54 comercial con 10% de melaza, quizá esto se deba a su bajo contenido de FDN y a la adición de melaza.
5. El híbrido AN-447 y la variedad experimental (Forrajero A) obtuvieron una tasa de degradación similar en 0 y 10% de melaza, esto se deba quizá a que en algunos casos la adición de melaza tiene un efecto negativo o la mezcla del ensilado con la melaza no fue homogénea.

6. RESUMEN

Dado que la utilización de ensilados para la alimentación de rumiantes es de suma importancia, debido a que es un forraje conservado de bajo costo y que se conserva para ser utilizado en épocas de escasez. Uno de los métodos para determinar la calidad de los forrajes es la tasa de degradación de los mismos y su estimación nos permite llevar a cabo un uso mas eficiente del ensilado el manejo alimenticio.

El objetivo de este trabajo es determinar la tasa de degradación *in vitro* de la Fibra en Detergente Neutro (FDN) de tres híbridos y una variedad en experimentación de maíz forrajero (*Zea mays*); adicionados con melaza.

La preparación del ensilado (micro). Se utilizó 24 frascos de vidrio transparente con tapa de lámina de cierre con rosca con capacidad aproximada de 1 Kg. de material para ensilar. La planta entera se partió en trozos de 1 cm. y se introdujo en los frascos. Muestra del tratamiento sin melaza y 10 % de melaza de los 3 híbridos de maíz forrajero y una variedad experimental forrajera, se prepararon de manera independiente, mezclado cada uno y se procedió a introducir y compactar en cada frasco que se cerró herméticamente por 35 días. Al completar los 35 días, se procedió a determinar el pH. al material ensilado utilizando el potenciómetro.

El análisis químico se llevó a cabo en el laboratorio de Nutrición Animal de la UAAAN. La Fibra en Detergente Neutro (FDN) se determinó según el procedimiento publicado por Goering y Van Soest (1970). Para determinar la cinética de la digestión de la fibra de las muestras en estudio, se utilizó la técnica de digestibilidad in vitro de Tilley y Terry (1963) con las modificaciones de Goering y Van Soest (1970), se analizó cada una de las muestras.

El líquido ruminal se obtuvo de un novillo fistulado adaptado a una dieta de heno de avena. La obtención del líquido se llevó a cabo a las 9:00 AM, antes de ofrecer el alimento. Fue necesaria la utilización del termo, teniendo cuidado de que el líquido ruminal no estuviera en contacto con el aire; para así mantener temperatura y ambiente anaeróbico y se trasladó al laboratorio.

Para el análisis de la cinética de la digestión de la FDN se transformaron logarítmicamente los datos obtenidos de la fibra potencialmente digestible (FPD) residual (%). Y se uso regresión lineal para estimar los parámetros de la digestión. Considerando el tiempo de 84 h como la extensión máxima de la digestión (Fibra potencialmente indigestible, FPI) en la muestra original como FPD.

La tasa de degradación se obtuvo mediante regresión de los logaritmos naturales de los residuos de FPD en cada uno de los tiempos de incubación (Grant y Mertens, 1992).

La mayor tasa de degradación (%/h) fue mayor en el híbrido P30G54 comercial con 10% de melaza, quizá esto se deba a su bajo contenido de FDN y a la adición de melaza.

5. LITERATURA CITADA

- Bell**, R.H.V. 1971. A grazing ecosystem in the Serengeti. Scientific American. 225(1):86-93.
- Cajal**, M.C., 1990. Modificadores del consumo En: Anabólicos y Aditivos en la Producción Pecuaria, D.F. Pp. 77-78.
- Castellanos** R. A.; I.G. Llamas y A.S. Shimada. 1990. Manual de Técnicas de Investigación en Ruminología. Primera Edición Editado por Consultores de Producción Animal A.C. México, D.F. 30-31.
- Castillo**, S.Z. 2005. Evaluación química, nutrientes digestibles totales y digestibilidad de la materia seca de tres híbridos y una variedad de maíz forrajero. Tesis de licenciatura, UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Pp. 7-10, 21-24, 28.

- Chargoy**, Z.C. 2003. Digestión Ruminal Ecología y Evolución. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. Pp. 30.
- Cherney**, J.H.; Moore, K.J.; Volenec, J.J.; Axtell, J.D. 1986. Rate and extent of digestion of cell wall components of brown midrib sorghum species. *Crop Science* 26:1055.
- Cruz**, R.C. 1999. Tasa de degradación *in vitro* de la fibra de algunos forrajes de uso común. Tesis de licenciatura, UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mexico. Pp. 24-36.
- Cullison** E.A. 1993. Alimentos y alimentación de animales. Primera Edición. Editorial Diana. Mexico. Pp. 40-43.
- De Alba**, J. 1971. Alimentación del ganado en América Latina. La Prensa Médica Mexicana. Mexico. Pp. 56-71.
- Duthil**, J. 1967. Producción de forrajes. Edit. Mundiprensa. Madrid, España.
- Ellis**, W. C. 1978. Determinants of grazed forage intake and digestibility. *J. Anim. Sci.* 61:1828.
- Ensminger** M.E.; Oldfield, J.E and Heinemann, W.W. . 1990 Feeds and Nutrition. 2° edition. Ed. The Ensminger Publishing Company.
- Fachney**, G.J.; Black, J.L. 1984. Modelling rumen function and the absorption of nutrients. In: II International Workshop on Modeling Ruminant Digestion and Metabolism. Proceedings. Ed. by R.L. Baldwin, A.C. Bywater. University of Carolina, Davis. Pp. 49.
- Grant**, R.J. and D.R. Mertens. 1992. Impact of in vitro fermentation techniques upon kinetics of fiber digestion. *J Dairy Sci.* 75:1263
- Gill**, S.S.; Conrad, H.R.; Hibbs, J.W. 1969. Relative rate of in vitro cellulose disappearance as a possible estimator of digestible dry matter intake. *J. of Dairy Sci.* 52:1687
- Goering**, H.K.; and P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analyses. USDA. Hand. No. 379. U.S. Government Printing Office. Washington, D.C.
- Hatfield**, R.D. 1993. Cell wall polysaccharides interactions and degradability. In: H.G. Jung. (Ed.) Forage Cell Wall Structure and Digestibility. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI. Pp. 286.
- Havard** B., D. 1969. Las plantas forrajeras tropicales. 1ª edición. Editorial Blume. Barcelona, España.

Hodgson, R.E. y O.E. Reed. 1964. La industria lechera en América. Ed. PAX. México.

Instituto Nacional de Capacitación del Sector Agropecuario A.C. (INCSAAC) 1992. Importancia Forrajera del Maíz. Mexico. Pp.30.

Llamas, G. y I. Tejada.1990. Técnicas de laboratorio para el análisis de forrajes para rumiantes En: Manual de técnicas de investigación en ruminología. Sistema de Educación Continua en Producción Animal A.C. Mexico D.F. 34.

Llamas, L.G., 1990. Mejoradores de Forrajes En: Anabólicos y Aditivos en la Producción Pecuaria. México, D.F. Pp. 49-50, 61.

Mathods, A. 1947. Diccionario de Agricultura, Zootecnia y Veterinaria. Tomo I, 2ª. Ed. España Salvat.

Mendoza, H., J.M. 1983. Diagnostico climatológico para la zona de influencia inmediata de la UAAAN. Departamento de Agro-meteorología. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Pp.1-5.

Merchen, N.R. y Bourquin, L.D. 1994. Processes of digestión and factors influensng digestión of forage-based diets by ruminants. In: G.C. Fahey Jr. (Ed.) Forage Quality, Evaluation and utilization. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI.

Merry, R.J., Lowes, K.F., and Winters, A. 1997. Current and future approaches to biocontrol in silaje. Pp. 17-27 in: Jambor *et al.*, 1997, q.v.

Mertens, D.R. 1977. Dietary fiber components: Relationship to the rate and extent of ruminal digestion. Federation Proceedings 36:187.

Mertens, D.R. and Ely, L.O. 1982. Relationship of rate and extent of digestion to forage utilization. A dynamic model evaluation. J. Anim. Sci. 54:895.

Mertens, D.R. and Lofton, J.R. 1980. The effect of starch on forage fiber digestion kinetics in vitro. Journal of Dairy Science 63: 1437.

Morales, M.J.A., 2003. Determinación del valor nutritivo del zacate estrella (*Cynodon plectostachyus*) y el canshish (*Acacia pennatula*) mediante analisis proximal, digestibilidad *in vitro* y la tasa de degradación *in vitro*. Tesis de licenciatura, UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mexico. Pp. 23-28.

Navarrete, M.A. 2005. Tasa de degradación y digestibilidad *in vitro* de la fibra en detergente neutro de tres híbridos de maíz forrajero (*Zea mays*). Tesis de licenciatura, UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Pp. 2, 27-31.

- Orskov**, E.R.; F.D. DeB Hovell y F. Mould. 1980. Uso de la técnica de la bolsa de nylon para la evaluación de los alimentos. *Producción Animal Tropical* 5:213-233.
- Parada**, H.M.R. 1997. Tasa de degradación *in situ* de forrajes de uso común. Tesis de licenciatura, UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mexico. Pp.26-38.
- Peñalgaricano**, J.A., W. Arias y N.J. Llanea. (sin fecha). Ensilaje. Manejo y Utilización de las reservas forrajeras, Editorial Hemisferio Sur. Montevideo , Uruguay.
- Romero**, F. 1990. Utilización de la técnica de digestión *in situ* para la caracterización de forrajes. *Nutrición de Rumiantes: Guía Metodológica de investigación*. IICA-RISPAL, 1° Edición San Jose, Costa Rica . Pp. 108-109.
- Rosales**, V.J.A.; J. Salinas; C. Arzola; J. Jiménez; J. Loredó y R. García. 2005. Efecto del nivel de pulido de arroz sobre la degradabilidad ruminal de materia seca de dietas de engorda para ovinos. *Memorias de la XIX Reunión Latinoamericana de Producción Animal*. Tampico, Tamaulipas, Mexico. Pp.273-275
- Rutger**, J.N. and L.U. Crowder. 1967. Effect of population and row-width on corn silage yield. *Agron. J.* 59:475-476
- Schofield**, P.; R. E. Pitt and A.N. Pell. 1994. Kinetics of fiber digestion from *In vitro* gas production. *J. Animal Sci.* 7:2980-2991.
- Smith**, L.W.; Goering, D.K.; Waldo, D.R.; Gordon, D.H. 1971. *In vitro* digestion rate of forage cell wall components. *J. of Dairy Sci.* 54:71
- Tilley**, J.M.A. and R.A. Terry. 1963. A tow-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *J. Brit Grassland. Soc.* 18:104.
- Van Soest**, P.J. 1982. *Nutritional ecology of the ruminant*. O & Books. Oregon. U.S.A.
- Villegas**, G.J.T. 1997. Estimación de la digestibilidad *in vitro* de cinco forrajes y un alimento mediante la técnica de Reading. Tesis de licenciatura, UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mexico.
- Weinberg**, Z.G., and Muck, R.E. 1996. New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. *FEMS Microbiol. Rev.*, 19: 53:68.
- Wilkins**, R.J. 1969. The potential digestibility of cellulose in forage and feces. *J of Agricultural Science (Cambridge)* 73:57.

AN388 SM

Resumen

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0,887084625
Coefficiente de determinación R ²	0,786919132
R ² ajustado	0,744302959
Error típico	0,445811737
Observaciones	7

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	3,669937323	3,669937323	18,46526955	0,007736545
Residuos	5	0,993740523	0,198748105		
Total	6	4,663677846			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción	4,496230434	0,303769494	14,80145478	2,5455E-05	3,71536609	5,277094778	3,71536609	5,277094778
Variable X 1	-0,030169566	0,007020875	-4,297123404	0,007736545	-0,048217299	-0,012121832	-0,048217299	-0,012121832

Análisis de los residuales

<i>Observación</i>	<i>Pronóstico para Y</i>	<i>Residuos</i>
1	4,496230434	-0,327354266
2	4,134195643	-0,037933702
3	3,772160852	0,041196442
4	3,41012606	0,214302106
5	3,048091269	0,54730831
6	2,686056478	0,251485398
7	2,324021686	-0,689004289
8	1,063731343	-1,3819253

AN447 SM

Resumen

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0,861072581
Coefficiente de determinación R^2	0,741445989
R^2 ajustado	0,689735187
Error típico	0,502503968
Observaciones	7

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	3,620572397	3,620572397	14,33831924	0,012802983
Residuos	5	1,262551188	0,252510238		
Total	6	4,883123584			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción	4,4428606	0,342398738	12,97569209	4,84623E-05	3,562696623	5,323024577	3,562696623	5,323024577
Variable X 1	-0,029965971	0,007913694	-3,786597317	0,012802983	-0,050308768	-0,009623174	-0,050308768	-0,009623174

Análisis de los residuales

<i>Observación</i>	<i>Pronóstico para Y</i>	<i>Residuos</i>
1	4,4428606	-0,212870126
2	4,083268947	-0,240690335
3	3,723677293	0,007675683
4	3,36408564	0,319554053
5	3,004493987	0,583041075
6	2,644902334	0,32522539
7	2,285310681	-0,78193574

COMERCIAL SM

Resumen

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0,932742602
Coefficiente de determinación R ²	0,870008761
R ² ajustado	0,844010513
Error típico	0,314473487
Observaciones	7

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	3,30938748	3,30938748	33,46413061	0,00217257
Residuos	5	0,49446787	0,098893574		
Total	6	3,803855351			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción	4,603347798	0,214277562	21,483107	4,05311E-06	4,052529789	5,154165807	4,052529789	5,154165807
Variable X 1	-0,028649269	0,004952492	-5,784818978	0,00217257	-0,041380055	-0,015918483	-0,041380055	-0,015918483

Análisis de los residuales

<i>Observación</i>	<i>Pronóstico para Y</i>	<i>Residuos</i>
1	4,603347798	-0,301030403
2	4,259556568	0,033820049
3	3,915765337	0,039341254
4	3,571974107	0,20234316
5	3,228182877	0,418211537
6	2,884391647	0,036264601
7	2,540600416	-0,428950198

FORRAJERO

Resumen

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0,962851845
Coefficiente de determinación R^2	0,927083676
R^2 ajustado	0,912500411
Error típico	0,235170973
Observaciones	7

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	3,51586025	3,51586025	63,57175072	0,000500725
Residuos	5	0,276526933	0,055305387		
Total	6	3,792387183			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción	4,541296931	0,160242007	28,34023991	1,0245E-06	4,129381738	4,953212124	4,129381738	4,953212124
Variable X 1	-0,029529462	0,003703595	-7,973189495	0,000500725	-0,039049856	-0,020009069	-0,039049856	-0,020009069

Análisis de los residuales

<i>Observación</i>	<i>Pronóstico para Y</i>	<i>Residuos</i>
1	4,541296931	-0,164145611
2	4,186943382	0,077931331
3	3,832589834	-0,095508278
4	3,478236285	0,074025051
5	3,123882736	0,410347098
6	2,769529188	-0,065519228
7	2,415175639	-0,237130364

AN388 10%

Resumen

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.912732949
Coefficiente de determinación R^2	0.833081435
R^2 ajustado	0.799697723
Error típico	0.504867225
Observaciones	7

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	6.360733158	6.360733158	24.95472681	0.004120672
Residuos	5	1.274454577	0.254890915		
Total	6	7.635187735			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción	4.792061632	0.344009027	13.93004618	3.42654E-05	3.907758276	5.676364988	3.907758276	5.676364988
Variable X 1	-0.039718545	0.007950911	-4.995470629	0.004120672	-0.060157013	-0.019280076	-0.060157013	-0.019280076

Análisis de los residuales

<i>Observación</i>	<i>Pronóstico para Y</i>	<i>Residuos</i>
1	4.792061632	-0.488063056
2	4.315439097	-0.119844177
3	3.838816561	0.365390264
4	3.362194026	0.67339842
5	2.88557149	-0.113187875
6	2.408948955	0.272218652
7	1.932326419	-0.589912229

AN447 10%M

Resumen

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.888834987
Coefficiente de determinación R^2	0.790027634
R^2 ajustado	0.748033161
Error típico	0.411669037
Observaciones	7

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	3.188207297	3.188207297	18.81265732	0.007447458
Residuos	5	0.84735698	0.169471396		
Total	6	4.035564276			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción	4.635222111	0.280505166	16.52455168	1.48171E-05	3.914160627	5.356283595	3.914160627	5.356283595
Variable X 1	-0.028119851	0.006483178	-4.337356028	0.007447458	-0.04478539	-0.011454311	-0.04478539	-0.011454311

Análisis de los residuales

<i>Observación</i>	<i>Pronóstico para Y</i>	<i>Residuos</i>
1	4.635222111	-0.302834454
2	4.2977839	-0.077408922
3	3.960345689	0.142533899
4	3.622907478	0.516817269
5	3.285469267	-0.160260279
6	2.948031056	0.403984491
7	2.610592845	-0.522832004

Resumen

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.920133592
Coefficiente de determinación R^2	0.846645826
R^2 ajustado	0.815974992
Error típico	0.363292608
Observaciones	7

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	3.643252737	3.643252737	27.60426427	0.003315317
Residuos	5	0.659907596	0.131981519		
Total	6	4.303160333			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción	4.658500089	0.247542186	18.81901489	7.80314E-06	4.022172642	5.294827537	4.022172642	5.294827537
Variable X 1	-0.030059682	0.005721321	-5.253976044	0.003315317	-0.044766806	-0.015352559	-0.044766806	-0.015352559

Análisis de los residuales

<i>Observación</i>	<i>Pronóstico para Y</i>	<i>Residuos</i>
1	4.658500089	-0.326112432
2	4.2977839	-0.077408922
3	3.937067711	0.165811877
4	3.576351522	0.563373225
5	3.215635332	-0.090426344
6	2.854919143	0.17120471
7	2.494202954	-0.406442113

Resumen

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.932540096
Coefficiente de determinación R^2	0.869631031
R^2 ajustado	0.843557237
Error típico	0.336340868
Observaciones	7

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	3.773028474	3.773028474	33.35268501	0.002188718
Residuos	5	0.565625897	0.113125179		
Total	6	4.338654371			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción	4.657484324	0.229177671	20.32259212	5.3359E-06	4.068365329	5.246603318	4.068365329	5.246603318
Variable X 1	-0.030590374	0.005296871	-5.775178353	0.002188718	-0.044206391	-0.016974356	-0.044206391	-0.016974356

Análisis de los residuales

<i>Observación</i>	<i>Pronóstico para Y</i>	<i>Residuos</i>
1	4.657484324	-0.246318527
2	4.290399842	-0.03734696
3	3.92331536	0.144874337
4	3.556230878	0.495299933
5	3.189146396	-0.320727137
6	2.822061914	0.240703094
7	2.454977432	-0.276484739

Cuadro 4.8 Análisis de varianza

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Materiales (A)	3	133.953125	44.651043	4.9740	0.004 **
Tx (B)	1	1214.187500	1214.187500	135.2583	0.000 **
T. de Incub.(C)	7	15843.968750	2263.424072	252.1413	0.000 **
A X B	3	74.250000	24.750000	2.7571	0.049 *
A X C	21	171.234375	8.154017	0.9083	0.582 NS
B X C	7	868.750000	124.107140	13.8253	0.000 **
A X B X C	21	157.796875	7.514137	0.8371	0.667 NS
ERROR	64	574.515625	8.976807		
TOTAL	127	19038.656250			

C.V. = 8.7616%