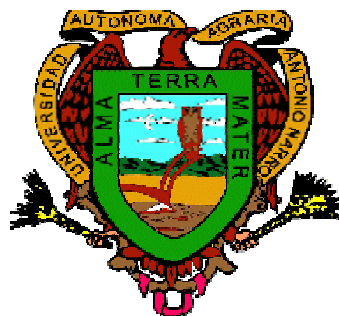


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y ALIMENTOS



**Tasa de degradación y digestibilidad *In Vitro* de la Fibra en Detergente Neutro
de Tres Híbridos de maíz Forrajero (*Zea mays*)**

Por:

ANTONIO NAVARRETE ALFONZO

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

Ingeniero Agrónomo Zootecnista

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
Junio de 2005**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y ALIMENTOS

**Tasa de degradación y digestibilidad *in vitro* de la fibra detergente neutro
de tres Híbridos de maíz forrajero (*Zea mays*)**

POR:

ANTONIO NAVARRETE ALFONZO

TESIS

**QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

APROBADA

**DR. RAMON F. GARCÍA CASTILLO
PRESIDENTE DEL JURADO**

**MC. J. EDUARDO GARCÍA MARTÍNEZ
SINODAL**

**ING. RAYMUNDO CUELLAR CHVEZ
SINODAL**

**DR. RAMÓN F. GARCÍA CASTILLO
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**

**Buenvista, Saltillo, Coahuila, México
Junio de 2005**

AGRADECIMIENTOS

A MI “ ALMA MATER” *Por haberme cobijado en su seno, y por abrirme las puertas brindándome la oportunidad de concluir la carrera profesional y por todos los conocimientos que de ella obtuve.*

*A los miembros del comité de Asesoría: **Dr. Ramón García Castillo, MC., J. Eduardo García Martínez, Ing. Raymundo Cuellar Chávez y al Ing. Raúl Gándara Huitrón** por su valiosa colaboración, asesoramiento y orientación en la realización de este trabajo, además de su amistad y confianza incondicional.*

*Al **C. Carlos** por el apoyo brindado en la realización de los análisis de laboratorio mil gracias.*

DEDICATORIAS

A “Dios todo poderoso” por haberme dado la existencia, por estar siempre conmigo en los momentos mas difíciles de mi vida y hacer de mí un hombre de provecho, te estaré eternamente agradecido.

A mis Padres:

Sr. Jesús Navarrete Méndez y Sra. Otelina Alfonzo García a ustedes les debo la vida, mil gracias por haberme educado y hacer de mí un hombre de bien y por haberme inculcado siempre triunfar en la vida.

A mi esposa e hija:

Angelita y Paola Yamileth Por que ustedes fueron mi fuente de inspiración para lograr mis objetivos y metas, gracias por comprenderme y entenderme, por haberlas abandonado tanto tiempo, hijita perdóname por no poder estar contigo y disfrutar de tus primeros pasos.

A mis hermanos:

Aurelio, Jesús (chucho), Angélica, Lucio, Jairo (Tuco) Gracias por ser mis hermanos por apoyarme y alentarme a que continuara con mis estudios también a ustedes les debo el haber alcanzado mis triunfos.

*A mi hermano Tomás (Tomy) + Que no tuvo la oportunidad de ver mis logros, hermanito siempre estarás en mi corazón. **QEPD.***

A mis amigos.:

Juan (Oax), Hernan (Nano), Rodolfo (Charol), Janette, Enrique, Cristhian, Alejandro (Chito), Vicente (chente), Eduardo (Laloski), Eder, Daniel, Juan Octavio (Chirino) Jaime (rondallo) Efrain, Jorge, Misael, Sandino gracias por su amistad sincera que siempre me brindaron durante mi estancia en la universidad.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo.....	2
Hipótesis.....	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Calidad del maíz.....	4
Fibra en detergente neutro.....	6
Digestión ruminal.....	7
Medición de la tasa de degradación en alimentos.....	8
Extracción de FDN con detergente neutro.....	8
Limitaciones y problemas de análisis con detergente neutro.....	9
Limitaciones y problemas de análisis con detergente ácido.....	10
Obtención y manejo del líquido ruminal.....	10
Tiempos de incubación.....	12
Degradabilidad.....	12
Digestibilidad	14
Digestibilidad de la pared celular.....	15
Dinámica de la digestión en rumiantes	15
Importancia de conocer la digestibilidad en los forrajes	16
Digestibilidad <i>in vitro</i>	16
Híbrido AN-447.....	17
Híbrido AN-388.....	18

	Pág.
3. MATERIALES Y MÉTODOS	18
Área de experimentación.....	18
Tipo de suelo.....	18
Área de siembra.....	19
Material a evaluar.....	20
Análisis químico.....	21
Material utilizado.....	21
Reactivos.....	22
Procedimiento experimental.....	23
Obtención y manejo del inóculo.....	23
Análisis de los residuos de la digestión.....	24
Análisis estadístico.....	24
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
Digestibilidad <i>in vitro</i> de la FDN.....	31
5. CONCLUSIONES	33
6.RESUMEN	34
7. LITERATURA CITADA	36

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Pág.
2.1 Criterios de calidad para fuentes forrajeras.....	4
3.1 Análisis físico-químico del suelo.....	19
3.2 Material genético.....	20
4.1 Tasa de degradación de fibra de los híbridos estudiados.....	28
4.2 Porcentaje de fibra potencialmente indigestible de los híbridos estudiados a diferentes tiempos de incubación <i>in vitro</i>	29
4.3 Porcentaje de la fibra potencialmente digestible de los híbridos estudiados a diferentes tiempos de incubación <i>in vitro</i>	30
4.4 Porcentaje de digestibilidad de la fibra en detergente neutro de los híbridos en estudio a diferentes tiempos de incubación <i>in vitro</i>	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Pág.
4.1 Fibra potencialmente digestible residual del híbrido AN-447 a diferentes tiempos de incubación <i>in vitro</i>	26
4.2 Fibra potencialmente digestible residual del híbrido AN-388 a diferentes tiempos de incubación <i>in vitro</i>	27
4.3 Fibra potencialmente digestible residual del híbrido P30G54 comercial a diferentes tiempos de incubación <i>in vitro</i>	27

1. INTRODUCCION

La amplia expansión del cultivo de maíz se debe en gran parte a que es una especie vegetal con una gran área de adaptación bajo diversas condiciones ecológica y edáficas, prácticamente en todos los países de América. Además, este cultivo tiene un amplio aprovechamiento para consumo humano, animal así como en la industria.

El maíz es una especie con hábito de crecimiento anual, su ciclo vegetativo tiene un rango muy amplio según las variedades, encontrando algunas tan precoces con alrededor de 80 días, hasta las más tardías con alrededor de 200 días desde la siembra hasta la cosecha.

En los sistemas intensivos de producción de leche, los forrajes participan en la alimentación del ganado de ordeña con 40 a 60% del alimento total; así mismo, los forrajes también representan, generalmente los ingredientes de menor costo en la alimentación .

Por lo anterior, la mayoría de los productores lecheros ponen un gran énfasis en la utilización de los forrajes. Sin embargo, se sigue descuidando el aspecto de calidad nutrimental, digestibilidad y aprovechamiento de los mismos.

El maíz como cultivo forrajero comprende forraje verde, rastrojo y ensilaje. El forraje verde está constituido por la planta completa fresca; el rastrojo

comprende la planta seca de maíz sin mazorcas. Cuando la planta de maíz se corta adecuadamente se pica y se almacena, es ideal para el ensilaje.

Se usa como alimento pecuario de diferentes maneras, puede cultivarse para la obtención de grano, para ensilaje, para alimento de cerdos, pastoreo y forraje.

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 está 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.

El Instituto Mexicano del maíz (IMM) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) trabaja en la obtención de variedades e híbridos de maíz forrajero que son mejor aprovechados en la engorda de ganado productor de carne y productor de leche.

El objetivo del siguiente trabajo es determinar la tasa de degradación y digestibilidad *in vitro* de Fibra en Detergente Neutro (FDN) de tres híbridos de maíz forrajero (*Zea mays*).

Hipótesis

H_α: Existe variación en relación a la tasa de degradación y digestibilidad de la Fibra en Detergente Neutro de los tres híbridos de maíz forrajero en estudio.

H_o: No existe variación en relación a la tasa de degradación y digestibilidad de la Fibra en Detergente Neutro de los tres híbridos de maíz forrajero en estudio.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

Calidad del maíz

Juscáfresa (1983) menciona que desde que se logró obtener maíces híbridos forrajeros, han quedado un tanto relegados los maíces forrajeros tradicionales, éstos se cultivan para el consumo de forraje verde, por ser muy apetecibles y digestibles por el ganado bovino y equino. De existir una incapacidad de consumo en este estado, se ensila por la dificultad de henificarlo, dado las características que posee, como el grosor del tallo y la cantidad de agua que éste posee siendo más apetecible y digestible en estado fresco y ensilado que henificado.

Peña *et al.* (2002) mencionan que por lo general, los híbridos forrajeros, son seleccionados arbitrariamente por su capacidad productora de materia seca, y poco interés se ha puesto para mejorar su calidad nutritiva. Los datos indican

que la variabilidad genética afecta la digestibilidad del rastrojo, grano, tallo y hojas en los híbridos en uso, así como el contenido de FDN de hojas y tallos. Adicionalmente se ha determinado que la variabilidad genética influye en la digestibilidad ya que ésta es mayor en la parte vegetativa que en el grano, de tal manera que la selección por calidad de follaje podría favorecer avances más notables.

Muchas veces se asume que el término calidad se refiere sólo a la concentración de ciertos nutrientes como son proteína cruda y fibra en un forraje, o bien a la proporción de grano en la planta. Aún cuando esto es importante, los valores que dan más información acerca del verdadero valor nutritivo de un forraje, y por tanto su calidad, son su digestibilidad y el efecto que provoca en el animal que lo consume, lo cual se mide en producción de leche o en crecimiento (ganancia de peso y altura) (Herrera, 1999). Existen otros parámetros que indican valores asociados a la calidad de los forrajes y éstos están relacionados con el porcentaje de paredes celulares y el contenido celular de las plantas conocidos como fibra en detergente neutro y fibra en detergente ácido (FDN y FDA), los cuales están asociados al consumo voluntario de los forrajes por los rumiantes y con la digestibilidad y por lo consiguiente con la producción. Es decir a mayor porcentaje de FDN menor es el consumo de materia seca y a mayor contenido de FDA menor digestibilidad (Herrera 1999) El mismo autor señala algunos criterios a considerar en los maíces forrajeros (cuadro 2.1)

Cuadro 2.1 Criterios de calidad para fuentes forrajeras.

Concepto	Baja Calidad	Alta calidad
Contenido de FDN	Más de 60%	De 40 – 52%
Contenido de FDA	Más de 35%	De 25 – 32%
Contenido de ENI	Menos de 1.4 Mcal/kg	Más de 1.45 Mcal/kg
Digestibilidad de la MS	Menos de 60%	Más de 65%

Por otro lado Lascano (1979) considera que las especies forrajeras sufren cambios sensibles y graduales en su composición química, digestibilidad y valor nutritivo. El proceso de lignificación de la fibra se acentúa con la madurez de la planta favorecido por el déficit hídrico.

Fibra en detergente neutro (FDN)

El consumo de materia seca (MS) esta regulado además, por efecto del llenado físico del rumen o por un efecto metabólico. Cuando la dieta alcanza un nivel de 32% de FDN se lo considera como valor medio entre ambos efectos; por arriba de ese valor el consumo es limitado por llenado físico, afectándose el consumo más marcadamente que cuando se suministran dietas con altas proporciones de FDN, superiores al 60-65%, como es el caso de los forrajes toscos (rollos, algunos silajes, pasturas maduras, rastrojos, etc. (Rearte *et al*; 1989).

Los rumiantes requieren generalmente de una dieta rica en fibra para la función normal del rumen. Los efectos positivos de la fibra en la dieta también se

han observado en varias especies no rumiantes, incluyendo cerdos, cerdos de Guinea y seres humanos. La fibra óptima para los seres humanos se ha estimado en 40 g/día, que puede corresponder a cerca del 10% de la materia seca del producto. A mayor cantidad de fibra en la alimentación se obtiene una cierta pérdida en la eficiencia total en la mayoría de las especies (Van Soest 1994).

Digestión ruminal

La digestión ruminal es un proceso sin duda alguna, importante y característico puesto que todos los alimentos consumidos, parcialmente degradados por microorganismos presentes en el rumen y acontece a una previa digestión microbiana que se le conoce como fermentación ruminal y es efectuada por microorganismos estrictamente anaerobios (bacterias, protozoarios y hongos) e interacciones existentes entre ellos (Russell, *et al*; 1990).

De igual manera otro factor que afecta la degradabilidad de los alimentos, es el pH del líquido ruminal tal como lo reportaron Orskow (1982) y Mertens y Ely (1982) quienes encontraron que cuando el pH es menor de 6.2 se inhibe el crecimiento de las bacterias celulolíticas y hemicelulolíticas afectando por lo tanto la degradación de estos dos nutrientes.

Wattiaux *et al*; (1991) demostraron que cuando se incrementó el contenido de fibra detergente neutro en la dieta se aumentó la tasa de degradación en varios forrajes mientras que el tiempo de inicio de degradación se disminuyó

Medición de la tasa de degradación ruminal en alimentos.

Un alimento al ser ingerido por el animal, sufre modificaciones físicas y químicas en su estructura a lo largo del tracto digestivo, que se le conoce como degradación, y es la resultante de dos fuerzas competitivas que actúan simultáneamente sobre éste, la tasa de pasaje y la tasa de degradación. (Mertens, 1977; Ellis, 1978; Van Soest, 1982 y Faichney y Black 1984).

Extracción con detergente neutro

Las muestras se hierven durante una hora en una solución que contiene Lauril fosfato de Sódio. Este detergente extrae lípidos, ácidos orgánicos y otros materiales hidrosolubles, pectina (de manera común considerada como un carbohidrato fibroso); compuestos nitrogenados no proteicos; proteína soluble; sílice y taninos. Al material insoluble se le denomina residuo detergente neutro,

más comúnmente, fibra detergente neutro (FDN). Este material contiene los componentes principales de la pared celular, como celulosa, hemicelulosa y lignina. También es posible que contenga componentes secundarios de la pared celular, como proteínas, nitrógeno ligado y cutina.

El material soluble, al que con frecuencia se le denomina contenido de la pared celular, es muy digerible por todas las especies, con la posible excepción de las pectinas, la sílice y los taninos. La FDN es sólo parcialmente digerible por cualquier especie pero puede ser utilizada en mayor grado por los rumiantes, los cuales dependen de la digestión microbiana para aprovechar la mayoría de los componentes fibrosos vegetales,(Van Soest, 1994)

Limitaciones y problemas del análisis con detergente neutro

La extracción con detergente neutro no es hidrolítica por lo que recubre la matriz insoluble de la pared celular de la planta. El residuo tiene los principales componentes de la pared celular (celulosa, hemicelulosa y lignina), así como proteína y nitrógeno fijado a la pared. Entre las sustancias contaminantes en la FDN (que son parte de la pared celular) se encuentran el almidón, sustancias queratinizadas, minerales del suelo, proteínas afectadas por la reacción de Maillard y las que han sido precipitadas con taninos. (Van Soest, 1982).

Ruiz y Ruiz (1990) mencionan que una de las dificultades que más comúnmente se encuentra al determinar FDN es la filtración de las muestras, que pueden ser resultado de las fallas del aparato de filtrado o en la técnica usada, alta viscosidad del material debido a la presencia de almidón u otros materiales, muestras muy finamente molidas.

Limitaciones y problemas para el análisis con detergente ácido

En la extracción de materiales con detergente ácido, uno de los problemas encontrados al lavar FDA con agua y acetona es la formación de grumos que se producen cuando se deja secar la fibra húmeda en el filtro. La aplicación rápida de acetona eliminará el problema. Esto es importante en la determinación secuencial de lignina, pues los grumos evitan una adecuada extracción de la fibra (Van Soest y Robertson, 1985).

Obtención y manejo del líquido ruminal

El líquido 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 más sal mineralizada a libertad.

La alfalfa se considera el alimento más adecuado ya que es el más fácil de conseguir en el país, sin embargo, puede mezclarse con un 50% de un 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 más tarde, deberá evitarse el acceso de los animales al agua o alimento por tres horas antes del muestreo.

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

El líquido o ingesta obtenida 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 deberá obtenerse 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 gasa 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 ± 3 °C sin ningún problema para los microorganismos (Llamas y Tejada, 1990)

Tiempo 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 más sensitiva de la curva de degradación y poner sólo las observaciones necesarias que permitan describir bien la parte asíntota, que representa el potencial de degradación (Romero, 1990).

Degradabilidad

El concepto de degradabilidad propuesto por Wilkins, (1969) es definido como la degradación que sufrirá un alimento en el ecosistema ruminal.

a) Degradabilidad potencial

Es la degradación que sufrirá un alimento en el ecosistema ruminal si es que las condiciones presentes, y el tiempo de retención en el mismo, no fueran limitantes. No existe acuerdo sobre el tiempo de incubación requerido para estimar la degradación potencial de la materia seca (MS) de los constituyentes de la pared celular o de cualquier otra fracción (Wilkins, 1969. Smith et al; 1971; Pezo y Vohnout, 1977).

b) Degradabilidad inicial

El valor de la degradabilidad 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 la digestibilidad obtenida a tiempo cero. (Orskov et al; 1980).

c) Largo del período pre-fermentación (“digestión lag”)

Otro parámetro evaluado frecuentemente en estudios de degradación ruminal de los alimentos es la duración del período 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. Mertens, 1977; Mertens y Loften, 1980.

d) Tasa de degradación ruminal.

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.

Digestibilidad

En un alimento cualquiera, una parte es digestible y aprovechable y la otra es eliminada por las heces, es decir indigestible, de aquí se concluye que todos los alimentos tiene diferente digestibilidad y ello está de acuerdo con el grado de madurez por una parte y por otra esta de acuerdo con la edad y la especie que lo consume. Por ejemplo, los rumiantes debido a la microflora maravillosa que poseen en el rumen, digieren bastante bien la fibra cruda, no así los carnívoros, que por el contrario digieren bien los alimentos ricos en proteína, o bien hay

animales de capacidad media para aprovechar las distintas clases de alimentos (Flores, 1986).

McDonald et al; (1995) lo definen con cierta exactitud como la porción del alimento que no es excretado con las heces y que por lo tanto, se supone, que ha sido absorbido. Por lo general se presenta por el coeficiente de digestibilidad, que se expresa en porcentaje de materia seca.

Cantú(1989) menciona, que la digestibilidad de un alimento cualquiera se puede definir como: un alimento cualquiera una parte es digerible y aprovechable, y otra es eliminada por las heces, es decir, indigestible; la digestibilidad de los alimentos se determina a partir de la digestibilidad de sus nutrientes y se obtiene midiendo la cantidad en que es ingerido un nutriente y la excreción fecal del mismo.

Digestibilidad de la pared celular

La estructura y función de la pared celular están controladas por la composición y organización de los componentes individuales. La pared celular está compuesta principalmente de azúcares dispuestos en polisacáridos de composición y estructura variable, ácido hidroxicinámico, lignina, proteína, iones y agua (Hatfield, 1993)

Dinámica de digestión en los rumiantes

El alimento y el agua que entran al rumen pueden absorberse por diferentes formas y rutas. La fase líquida del contenido ruminal puede ser vista como un tanque de volumen dado, y el material líquido o suspendido que entra al rumen causa un volumen correspondiente de líquido que fluye a través del orificio retículo omasal. Este líquido lleva consigo los constituyentes solubles del alimento que han escapado a la fermentación, finas partículas de alimento suspendidas, bacterias y ácidos grasos volátiles que no se han absorbido a través de la pared ruminal.

El paso de los líquidos a través del rumen puede expresarse como una tasa de dilución, (Milligan *et al*; 1984).

Importancia de conocer la digestibilidad de los forrajes

La habilidad de los rumiantes para digerir y utilizar la fibra de las plantas puede ser aprovechada para transformar esta fuente de energía a leche y carne, por lo que resulta de considerable importancia investigar la forma de mejorar la eficiencia en la utilización de la fibra por los rumiantes. Dado que los rumiantes se alimentan con grandes cantidades de forrajes y en estos la fracción más abundante está constituida por la fibra, el análisis de los forrajes deberá dirigirse esencialmente a evaluar dicha fracción (Cruz, 1999).

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 producida por microorganismos añadidas al líquido ruminal es utilizado como inóculo. Sin embargo la fermentación en estas condiciones no refleja de ninguna forma lo que realmente sucede en el rumen, ya que éste es un sistema abierto con condiciones muy especiales, por lo tanto es incorrecto el término rumen artificial para describir esta técnica. En su primera etapa se adiciona una solución amortiguadora con el fin de mantener un pH alrededor de 6.9 (rango 6.7 a 7.0) siendo éstas las condiciones óptimas para que

actúen las bacterias del rumen, especialmente las celulolíticas (Llamas y Tejada,1990)

HÍBRIDO AN – 447

Este híbrido tiene una adaptación amplia, particularmente en alturas de 1100 a 1900 metros sobre el nivel del mar (msnm). Evaluaciones técnicas, así como resultados de producción obtenidos por agricultores, demuestran que el 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).

HÍBRIDO AN- 388 (MAÍZ SEMIENANO)

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. Rango de adaptación: De 1100 –1900 msnm regiones específicas de explotación: Región del bajío (Aguascalientes, Guanajuato, Michoacán, Querétaro), y la región Lagunera.(Castillo, 2005).

3. MATERIALES Y METODOS

Área de experimentación

La semilla de los dos híbridos del IMM, (AN-447 y AN-388), y el híbrido P30G54 de la compañía Pioneer; se sembraron 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' al 22° 16' de latitud Norte y 104° 53' al 105° 39' longitud Oeste a una altura de 10 msnm; con una precipitación pluvial de 1,430.6 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 híbridos forrajeros a evaluar, se procedió a realizar un análisis físico-químico del suelo. De acuerdo a la técnica de “zig-zag” se tomó 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 (Castillo, 2005).

Cuadro 3.1. Análisis físico-químico del suelo

Parámetros	Muestra 1	Muestra 2
	0-20 cm	20-40 cm
pH ¹	8.27	8.37
C.E. dS/m ²	.702	.438
Materia 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	13.78
Arcilla %	46.6	42.6
Limo %	48.6	49.6
Arena %	4.8	7.8
Textura	Arcilla-limoso	Migajon-Arcillo-limoso

¹ pH = Potencial hidrógeno

² C.E. dS/m = Capacidad eléctrica (desisemes/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° presiembra, 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 práctica (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 en el Cuadro 3.2.

Cuadro 3.2 Material Genético Evaluado

Material	Genealogía	Peso promedio por planta (Kg)
AN-447 (híbrido)	255 x MLS ₄₋₁) AN7	1.617
AN-388 (híbrido)	(255 x Zap) ML S ₄₋₁	1.692
P 30G54 (híbrido)	Híbrido comercial de la compañía Pionner	.895

Fuente: Castillo, 2005.

Análisis químico

Esta fase fue realizada en el Laboratorio de Nutrición Animal de la UAAAN., ubicado en Buenavista, Saltillo, Coah., cuya situación geográfica es la siguiente: 25° 21' Latitud Norte y 101° 02' Longitud Oeste, a una altura de 1,743 msnm, con una temperatura media anual de 18.18° C . El clima está clasificado como seco o árido (Bsokx) (e) el más seco de los Bs (Mendoza, 1983).

A las muestras de los tres híbridos de maíz forrajero cosechados se les determinó su composición química. Para su análisis, las muestras se secaron en una estufa a 60 ± 5 °C y se molieron a través de una malla de 1 mm en un molino marca Wiley.

La FDN (Fibra en Detergente Neutro) se determinó según el procedimiento publicado por Goering y Van Soest (1970) Para medir la digestibilidad de la FDN se aplicó la metodología de Harris (1970) y para la separación o cinética ruminal de la digestión de la FDN se aplicó la técnica de Goering y Van Soest (1970).

Material utilizado

- 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 MacDougall 1
- ❖ Solución Amortiguadora de MacDougall 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 g de duodecil sulfato de sodio y 10 ml de etilen glicol monoetil éter en otros 200 ml de agua destilada; mezclar las 2 soluciones. Disolver 4.56 g de fosfato ácido de sodio (Na₂HPO₄) en 100 ml 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 la FDN en cada una de las muestras.

Obtención y manejo del Inóculo

El líquido ruminal se obtuvo de un novillo fistulado adaptado a una dieta de heno de avena, evitando el uso de grandes cantidades de concentrado y ensilajes ya que el número de bacterias celulolíticas podría disminuir. La obtención del líquido se llevó a cabo a las 9:0 de la mañana, por lo que no fue necesaria la restricción de la dieta del animal

Fue necesaria la utilización del termo puesto que existía una distancia considerable de los corrales al laboratorio, teniendo cuidado de que el líquido ruminal no estuviera en contacto con el aire; para así mantener temperatura y ambiente anaeróbico.

Análisis de los residuos de la digestión

Las muestras en estudio se incubaron por triplicado, para que posteriormente se analizara la FDN de los residuos de cada tiempo. 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 usó regresión lineal para estimar los parámetros de la digestión.

Considerando el tiempo de 96 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 empleó un modelo de regresión lineal simple como a continuación se describe.

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

Donde:

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

χ_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) a los diferentes tiempos de incubación *in vitro* se construyó un modelo para los tres híbridos estudiados (AN - 447, AN – 388 y P30G54 Comercial). En el cual β representa la tasa de degradación de la fibra (Figuras 4.1, 4.2 y 4.3).

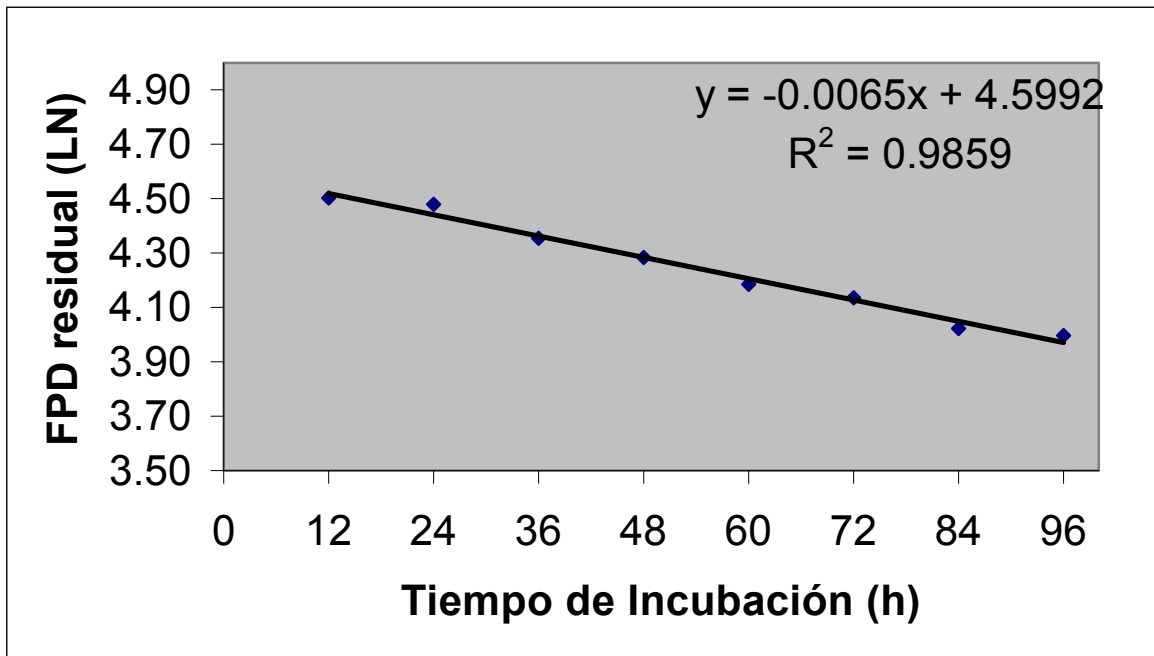


Figura 4.1 Fibra potencialmente digestible (FPD) residual del híbrido AN- 447 a diferentes tiempos de incubación *in vitro*.

La FPD residual para los tres híbridos forrajeros evaluados presentan una ecuación de tendencia lineal. Conforme se incrementa el tiempo de incubación, la FPD residual disminuye en los rangos de $(12 \leq x \leq 96)$, con $R^2 = 0.98$ en promedio.

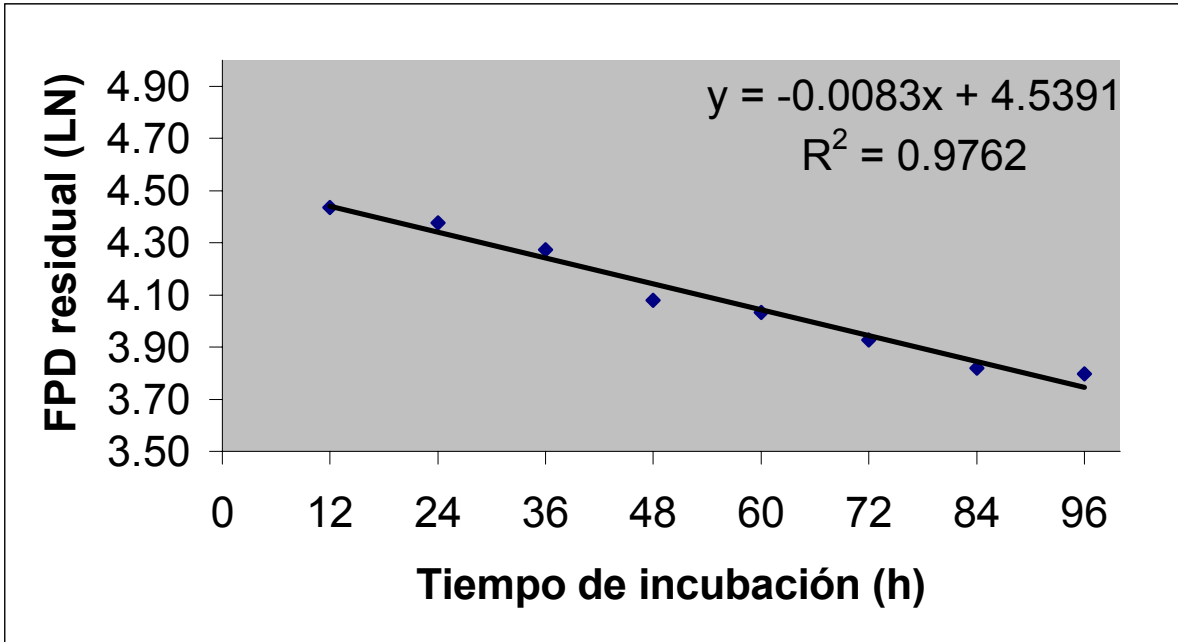


Figura 4.2 Fibra potencialmente digestible (FPD) residual del híbrido AN- 388 a diferentes tiempos de incubación *in vitro*.

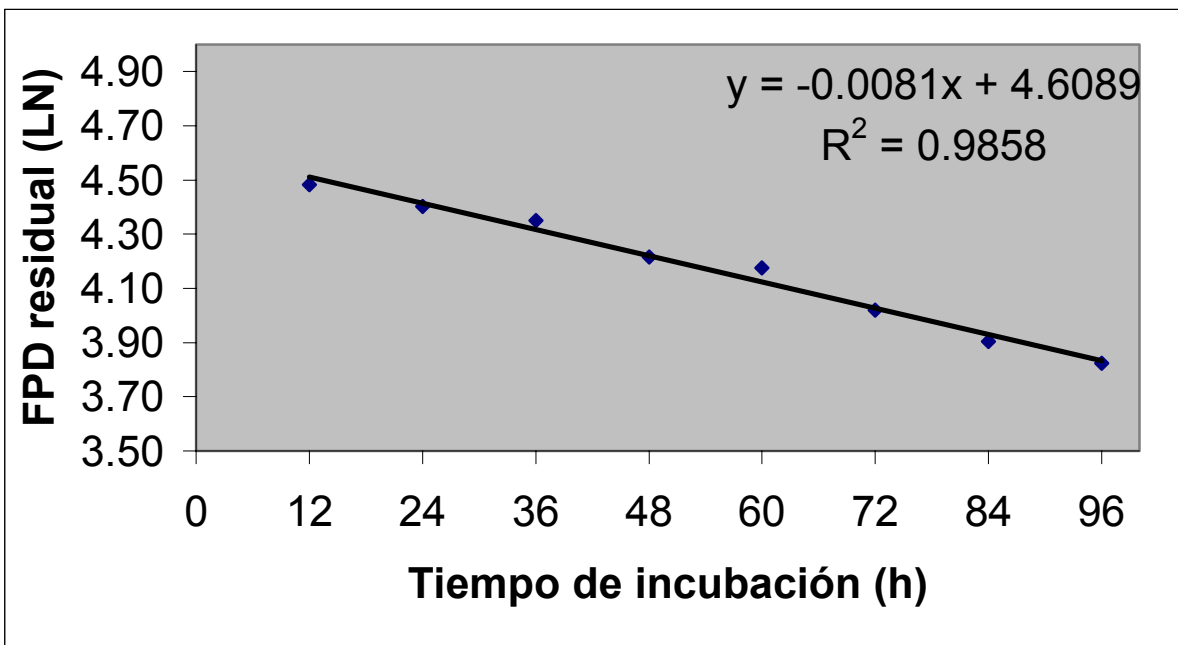


Figura 4.3 Fibra potencialmente digestible (FPD) residual del híbrido P30G54 a diferentes tiempos de incubación *in vitro*.

Los resultados encontrados se presentan en el cuadro 4.1 observando una mayor tasa de degradación (Kd) para el híbrido AN-388 (0.83 %/h) seguido de híbrido comercial P30G54 (0.81 %/h) y por ultimo el AN-447 (0.65 %/h). Quizás la mayor degradabilidad encontrada en AN-388 y P30G54 se deba a su menor contenido de FDN. Comparando con estudios realizados con forrajes de uso común, Parada (1997) obtuvo una tasa de degradación para Zacate Rye grass de (0.57 %/h), heno de avena (0.62 %/h), heno de alfalfa (0.54%/h) y paja de sorgo (0.20%/h). También valores reportados por Cruz (1999) con ensilado de maíz (0.61%/h), paja de sorgo (0.38%/h), y heno de alfalfa (0.18%/h) y un porcentaje de FDN de (72.14), (64.78) 36.63) para paja de sorgo, ensilado de maíz y heno de alfalfa respectivamente. Núñez, et al; (2003) en un estudio realizado encontraron valores similares en tres híbridos de maiz en tres estados de madurez, masoso-lechoso (60,2), 1/4 de linea de leche (56.9) y 1/3 de linea de leche (54.9). Todos estos valores de degradabilidad reportados son menores a los obtenidos en este trabajo cuya media es de 0.76 %/h. Quizás estos valores están relacionados con el estado fenológico de la planta al haber cosechado a los 100 días de edad de los cultivos. Además, tenían grano lechoso- masoso lo que indica un material joven.

Cuadro 4.1 Tasa de degradación de la fibra (Kd) de los híbridos estudiados

	AN - 447	AN - 388	P30G54 (Comercial)
FDN (%)	75.68	70.52	73.38
FPI (%)	30.11	20.28	21.48
FPD (%)	45.57	50.24	51.90
Kd (h/%)	.65	0.83	0.81

FDN: fibra detergente neutro.

FPI: Fibra potencialmente indigestible.

FPD: Fibra potencialmente digestible.

Kd: Tasa de degradación.

En el Cuadro 4.2 se aprecia el inicio de la degradación de los tres híbridos, dado su contenido original de FDN, siendo estos los siguientes valores: AN-447 75,68. híbrido comercial P30G54 (Pionner) 73.38 y AN-388 70.52. Para las 12 horas la degradación fue mínima y presenta un porcentaje de fibra potencialmente indigestible (FPI) para cada uno de los híbridos estudiados de 66.06 para el híbrido AN-447, 64.21 para el híbrido comercial y 60.12 para el AN-388 siendo éste el más bajo. Conforme se incrementa el tiempo de incubación disminuye el porcentaje de fibra potencialmente indigestible.

Cuadro 4.2 Porcentaje de fibra potencialmente indigestible de los híbridos estudiados a diferentes tiempos de incubación (T.I.) *in vitro*

T.I. (h)	AN - 447	AN - 388	P30G54 (Comercial)
12	66.06	60.12	64.21
24	63.98	55.19	57.41
36	53.53	47.41	53.28
48	48.28	34.73	43.49
60	41.46	32.15	40.82
72	38.17	26.45	31.30
84	31.52	21.23	25.28
96	30.11	20.28	21.48

Se puede observar que a las 12 horas el porcentaje de fibra potencialmente digestible (FPD) fue mayor para el AN-388 con 15.66 que para el AN-447 y comercial P30G54 de 9.62 y 11.47 respectivamente, también los híbridos AN-388 y comercial P30G54 presentan en tiempo máximo de incubación (96) una FPD similar de 55.40 y 54.20 respectivamente y mayores al obtenido para el AN-447 a las 96 h. Quizás la muestra P30G54 (comercial) requiere de un mayor tiempo de incubación (108 h) o más, ya que los valores obtenidos entre 84

y 96 presentan una diferencia mayor entre estos tiempos con respecto a los otros dos híbridos evaluados.(Cuadro 4.3)

Cuadro 4.3 Porcentaje de fibra potencialmente digestible de los híbridos estudiados a diferentes tiempos de incubación (T.I.) *in vitro*

T.I. (h)	AN - 447	AN - 388	P30G54 (Comercial)
12	9.62	15.56	11.47
24	11.70	20.49	18.27
36	22.15	28.27	22.40
48	27.40	40.95	32.19
60	34.22	43.53	34.86
72	37.51	49.23	44.38
84	44.16	54.45	50.40
96	45.57	55.40	54.20

Digestibilidad *in vitro* de la FDN

La digestibilidad de la FDN a 12 h de incubación *in vitro* fu mayor (22.06%) para el AN-388, el cual supera al P30G54 (15.63%) y al (AN-447) (12.71%). Estos valores son similares al encontrado por Cruz (1999) con un porcentaje de digestibilidad de (17.58%) para el ensilado de maíz y de (12.93%) para la paja de sorgo. Y para las 96 h de incubación (que en este trabajo se consideró como la extensión máxima de la incubación) se pueden apreciar valores de (78.55%) para el AN-388; (73.86%) para el P30G54 (comercial) y (60.21%) para el AN-447. Porcentaje de digestibilidad similar al encontrado por Cruz, (1999) (71.44%) pero por arriba de los encontrados por Nelson et al; (1972) de (55.9%) para el ensilado de maíz y (36.3%) para el heno de alfalfa.

Los mayores valores encontrados en este trabajo comparado con otros investigadores puede atribuirse a la mayor relación hoja-tallo y la edad de la planta 100 días que puede contener poca lignina, lo que afectaría la digestibilidad. La utilización de un forraje puede declinar hasta un 40% de un forraje tierno a una planta madura, porque la tasa de digestión es suprimida por una lignificación de la célula con el avance de la madurez. Crampton y Harris,1969).

Sin embargo, la extracción de forraje con una solución neutra de Lauril Sulfato de sodio recobra los mayores componentes de las paredes celulares. Esta extracción es no hidrolítica y puede haber factores como la contaminación con

almidón, la queratina y los minerales que son poco recuperables en detergente neutro y pueden afectar los resultados (Van Soest, 1994)

Cuadro 4.4 Porcentaje de digestibilidad de la fibra detergente neutro (FDN) de los híbridos en estudio a diferentes tiempos de incubación (T.I.)

T.I. (h)	AN - 447	AN - 388	P30G54 (Comercial)
12	12.71	22.06	15.63
24	15.45	29.05	24.89
36	29.26	40.08	30.52
48	36.20	57.55	43.86
60	45.21	61.30	47.50
72	49.56	69.80	60.47
84	58.35	77.21	68.68
96	60.21	78.55	73.86

5.CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación, se concluye:

- 1-. En los tres híbridos de maíz forrajero estudiados, conforme se incrementa el tiempo de incubación, la FPD residual disminuye.
- 2-. El contenido de FDN (%) obtenido de las muestras analizadas fue mayor en el híbrido AN-447.
- 3-. La FPD de los híbridos estudiados a diferentes tiempos de incubación, incrementan con el tiempo de incubación.
- 4-. La degradación (%/h) fue mayor en el híbrido AN-388, quizás debido a su menor contenido de FDN.
- 5-. La digestibilidad *in vitro* de la FDN a las 12 h de incubación fue mayor en el híbrido AN-388 y esta misma situación prevaleció a través de todos los tiempos de incubación.

6. RESUMEN

Con la finalidad de determinar la tasa de degradación y digestibilidad *in vitro* de la FDN se utilizaron tres híbridos de maíz forrajero como son: AN-447, AN-388 y P30G54 (comercial) los cuales se obtuvieron en el poblado de Villa Hidalgo, municipio de Santiago Ixcuintla, Nayarit en 2004. Cosechados a los 100 días de edad.

para determinar su contenido de FDN Y DFDN se incubaron por triplicado a diferentes tiempos de incubación (12, 24, 36, 48, 60, 72, 84, 96.)

El análisis químico fue realizado en el Laboratorio de Nutrición Animal de la UAAAN. Para determinar la cinética de la digestión de la fibra de las muestras en estudio, se utilizó la técnica de digestibilidad de Tilley y Terry (1963) con la 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, evitando el uso de grandes cantidades de concentrado y ensilajes ya que el número de bacterias celulolíticas podría disminuir. Fue necesaria la utilización de un termo puesto que existía una distancia considerable de los corrales 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 96 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 lineal de los logaritmos naturales de los residuos de FPD en cada uno de los tiempos de incubación.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la variabilidad de la tasa de degradación y la digestibilidad de la FDN.

Se encontró una mayor tasa de degradación para el híbrido AN-388 (0.83%/h) comparado con P30G54 (0.81) y AN-447 (0.65%/h).

En cuanto a digestibilidad se concluye que quizás el P30G54 requiere un mayor tiempo de incubación debido a que existe mayor diferencia entre la 84 y 96 h.

7. LITERATURA CITADA

- Castillo, S.Z. 2005. Evaluación química, nutrientes digestibles y digestibilidad de la materia seca de tres híbridos y una variedad de maíz forrajero. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista Saltillo, Coahuila, México. Pp. 7 - 21.
- Cantú, B.J. 1989. Apuntes de Bromatología. Segunda Edición. UAAA-UL. Torreón, Coahuila. México. P. 265
- Crampton, E. W. y L. E. Harris. 1969. Applied Animal Nutrition. Second Edition. Editorial W.H Freeman and company. P. 286.
- 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, México. Pp. 26-36.
- Ellis, W.C. 1978. Determinants of grazed forage intake and digestibility. Journal of Animal Science 61:1828.
- Faichney, G.J.; Black, J.L. 1984. Modeling 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 California, Davis. P. 49.
- Flores, J. A. 1986. Manual De la alimentación Animal. Editorial, Noriega Editores, 1ª Edición. México, D.F. Pp. 46 – 47.
- Goering, H. K. ; and P. J. Van Soest. 1970. forage fiber analyses. USDA. Hand. No. 379. U. S. Government Printing Office. Washington , D. C.
- Grant, R. J. and D. r. Mertens. 1992. Impact of *in vitro* fermentation techniques upon kinetics of fiber digestion. J. Dairy Sci. 75:1263.

- Harris, L. E. 1970. Nutrition research Techniques for Domestic and wild Animals. Vol 1 An International record System an Procedures for Analyzing samples Lorin E. Harris, Editor, Logan, Utah, USA.
- Hatfield, R D. 1993. forage Cell Wall Structure and digestibility , ASA - CSSA – SSSA, Madison Wisconsin. P. 285.
- Herrera, R.; 1999. La importancia de los maíces y sorgos mejorados para la producción de ensilajes, Memoria, 2^{do}. Taller Nacional de Especialidades de Maíz. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mexico.
- Juscafresa, B. 1983. Forrajes: Fertilización y Valor Nutritivo. 2^{da}. Edición, Editorial AEDOS. Barcelona, España. pp. 9, 85 – 86 y 169.
- Llamas, G y I, Tejada, 1990. Técnicas de laboratorio para el análisis de forrajes para rumiantes. Manual de técnicas de investigación en ruminología. En Castellanos.; L. G. Llamas y S. A. Shimada (Eds). Sistema de Educación Continua en producción animal A.C. México D.F. P. 34.
- Lascano, C. 1979. Determinants of grazed forage voluntary intake in cattle. Tesis Ph.D. Texas, EE.UU., Texas College Station, Texas A & M University. P. 215.
- MacDonald, E., R. .A. Edwards, J.F.D. Greenhalgh and C.A Morgan 1995. Nutrición Animal. 5ta. Ed. Acribia. Pp. 205-263.
- Mendoza, H., J.M. 1983. Diagnóstico climatológico para la zona de influencia inmediata de la UAAAN. Departamento de Agro-metereología. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Pp. 1-5.
- Mertens, D.R. 1977. Dietary fiber components relationship to the rate and extent of ruminal digestion. Federation Proceedings 36:187
- _____.; y Ely, L.O.1982. Relationship of rate and extent of digestion to forage. A dynamic model evaluation . J. An. Sc. 54: 895.

_____.; y Loften, J.R. 1980. The effect of starch on forage fiber digestion kinetics *in vitro*. Journal of Dairy Science 63:1437.

Milligan, L. P., 1984. Control of digestion and metabolism in ruminants, Proceedings of the sixth International Symposium on Ruminant Physiology, Prentice-Hall, Eglewood Cliffs, Nueva Jersey, Estados Unidos.

Núñez, G.H., C.R. Faz., C.F, Gonzalez., R.A. 2003. Madurez de híbridos de maíz a la cosecha para mejorar la producción y calidad del forraje. Revista Técnica Pecuaria, Campo experimental la Laguna-INIFAP, EN Matamoros, Coahuila, México. Pp. 67-70.

Nelson, B.D., H.D. Elzey; C. Montgomery and B. Morgan. 1972. Factors affecting the variability of an *in vitro* rumen fermentation technique for estimating forage quality. Journal of Dairy Science. 55:358.

Orskov, E.R., Protein nutrition in 1982.ruminants Academic Press London. P.160

_____.; y McDonald, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen for incubation measurements weighted according to rate of passage. Journal of Agricultural Science (G.B.) 92: 499-503.

_____.; D. B. Howell, F.D. Mould. 1980. Uso de la técnica de la Bolsa de nylon para la evaluación de los alimentos. Producción Animal Tropical 5:213.

Parada, M.R. 1997. Tasa de degradación *in situ* de la fibra de algunos forrajes de uso común. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista Saltillo, Coahuila. México. P. 40.

Peña, R. A; G. Núñez y F. González, 2002, Potencial forrajero de poblaciones de maíz y relación entre atributos agronómicos con la calidad. Estudios realizados en Pabellón Aguascalientes y Torreón Coahuila.
<http://www.tecnicapecuaria.org/trabajos/200212173143.pdf>

- Pezo, D.; Vohnout , K. 1977. Tasas de digestión en seis gramíneas tropicales. Turrialba 27:47.
- Rearte, D.H., Santini, F.J. García, P.T., Maritano, M. y Elizalde, J.C. 1989. Efectos de la suplementación de semilla de girasol sobre la producción y composición de la leche, Rev. Arg. Prod. Animal. 9 (supl. 1):6. Citado por Fernández, 1998. [http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/manejo del alimento/32-fisiologia de la produccion de-carne.htm](http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/32-fisiologia_de_la_produccion_de-carne.htm)
- 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^{era}. Edición San José Costa Rica. pp. 108 y 109.
- Russell, J.B., J.D. O’connor, D.G. Fox, P.J Van Soest. 1990. The rumen submodel of the Cornell net carbohydrate, protein system. In: Cornell nutrition conference for feed manufactures. Cornell Univ. P 34.
- Ruiz M.E y A. Ruiz. 1990. Nutrición de rumiantes: Guía Metodológica de Investigación. IICA – RISPAL, 1^{era}. Edición San José Costa Rica. P. 72.
- 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. Journal of dairy Science 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 Grasslad. Soc. 18: 104.
- Van Soest, P.J. 1982. Nutritional Ecology of the ruminant. 1 Ed. Corvallis, Oregon, O & b books. P 374.

Van Soest, P. J. 1994. Nutritional Ecology of the ruminant 2da. Edition, Cornell University Press United States. pp. 75,145

_____.; J.B. Robertson, 1985. Analysis of forages and fibrous foods. A Laboratory Manual for Animal Science 613. Ithaca, New York, EE,UU. Cornell University. P. 165.

Wattiaux, M., D. Mertens, L. Sattter. Effect of source and amount of fiber on kinetics of digestion and specific gravity 74: 3872-3883. 1991.

Wilkins, R. J. 1969. The potential digestibility of cellulose in forage and feces. Journal of Agricultural Science (Cambridge) 73: 57.