# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO




## DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
## DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN ANIMAL

**Tasa de degradación *in vitro* de fibra detergente neutro (FDN) del ensilaje de maíz (Zea mayz): girasol silvestre (Helianthus annus)**

**Por:**

**JOSÉ DAVID SÁNCHEZ HERNÁNDEZ**

**TESIS**

**Requisito Parcial Para Obtener el Titulo de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA.**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Mayo del 2012.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN ANIMAL

# Tasa de degradación *in vitro* de fibra detergente neutro (FDN) del ensilaje de maíz (Zea mayz):girasol silvestre (Helianthus annus)


POR:

JOSÉ DAVID SÁNCHEZ HERNÁNDEZ


TESIS

TESIS QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DE LOS ASESORES COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA

APROBADO POR:

Dr. Ramón F. García Castillo
PRESIDENTE

M.C. Luis Rodríguez G.
VOCAL

Ing. José Amando Rodríguez G.
VOCAL

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO" COORDINACION DE CIENCIA ANIMAL

Dr. Ramiro López Trujillo
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN CIENCIA ANIMAL

Buenavista, Saltillo Coahuila México. Mayo del 2012

## DEDICATORIAS

***A Dios*** por darme la dicha y la felicidad de vivir y de gozar de todas las maravillas de su obra, por darme fuerzas para salir adelante y superar los momentos difíciles de mi vida.

***A mis padres***

Al Sr. Sebastián Sánchez y la Sra. Rosa Hernández ser unos padres maravillosos, ejemplo vivo del trabajo, la responsabilidad y el trabajo. Por todo el apoyo que me brindaron a lo largo de mi carrera y mi vida, con profundo agradecimiento y respeto gracias.

***A mis hermanos***

Claudia, Valentín y Enrique por el tiempo que han dedicado a ofrecerme cariño y comprensión les agradezco infinitamente su apoyo moral incondicionalmente que ha contribuido a mi formación profesional y personal.

***A mis amigos***

Que nos apoyamos mutuamente en nuestra vida profesional, y en que los momentos más difíciles en nuestra estancia estuvieron allí para motivarme y alentarme para seguir adelante con mis estudios.

A la ***Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro*** por forjarme como profesionista y haberme envuelto en su seno en los años más maravillosos y difíciles en la vida de un hombre ¡los años de estudiantes!

## AGRADECIMIENTOS

A mi "***Alma Terra Mater***" por la oportunidad de formarme en sus aulas durante más de cuatro años, brindarme la oportunidad de concluir con una carrera profesional y de todos los conocimientos que de ella obtuve.

Al Dr. Ramón F. García Castillo, le doy mi más sincero agradecimiento por la confianza depositada y apoyo brindado incondicional, para la realización de este trabajo.

A mis maestro que en forma desinteresada me transmitieron sus conocimientos para mi formación profesional.

Al Ing. José Amando Rodríguez G. por la revisión de este trabajo y su contribución.

Al M.C. Luis Rodríguez Gutiérrez por su participación y como coasesor de este trabajo de investigación.

T.L.Q. Carlos Arévalo San Miguel por su amistad, apoyo y colaboración para llevar a cabo este trabajo.

A mis maestros, a cada uno de ellos que formaron parte de mi formación profesional siempre presente con sus conocimientos constructivos y formativos, en especial a la cátedra de maestros del Departamento de producción animal y nutrición animal, por todos los conocimientos transmitidos.

A mis **amigos** de la generación especialidad de zootecnia, que de alguna manera me acompañaron en mi esfuerzo en la realización de este trabajo y en especial en aquellos que me motivaron en los momentos más difíciles de mi carrera.

## ÍNDICE DE CONTENIDO


| | PÁGINA |
|---|---|
| **Dedicatoria……..** | **iii** |
| **Agradecimiento…….** | **iv** |
| **Índice de cuadros…….....** | **Vii** |
| **Índice de graficas……..** | **viii** |
| **1. Introducción…….....** | **1** |
| **1.1. Justificación…….** | **3** |
| **1.2. Objetivo…….....** | **3** |
| **1.3. Hipótesis……** | **3** |
| **2. Revisión de literatura……...** | **4** |
| **2.1. Calidad del maíz……..……..** | **4** |
| **2.2. El girasol como forraje…….....** | **5** |
| **2.3. Valor nutritivo del girasol silvestre……..……..** | **6** |
| **2.4. Ensilaje…….....** | **7** |
| **2.5. Fibra en detergente neutro……..** | **10** |
| **2.6. Digestibilidad ruminal *In situ*……...** | **10** |
| **2.7. Digestibilidad *In situ* materia seca mediante bolsas de nylon……...** | **11** |
| **2.8. Digestibilidad……...** | **12** |
| **2.9. Medición de la tasa de degradabilidad ruminal en el alimento……** | **12** |
| **3. Materiales y métodos……...** | **15** |
| **3.1. Área de experimentación……..** | **15** |
| **3.2. Material utilizado……** | **15** |
| **3.3. Obtención de liquido ruminal……..** | **16** |
| **3.4. Método experimental……** | **16** |
| **3.5. Análisis de laboratorio……..** | **17** |
| **3.6. Análisis estadístico……** | **19** |

**4. Resultados…….....** **20**

**4.1. Digestibilidad de la fibra detergente neutro……..** **20**

**5. Discusión……..** **26**

**6. Conclusión……...** **28**

**7. Literatura citada……..** **29**

## ÍNDICE DE CUADROS


| CUADRO | | PÁGINA |
|---|---|---|
| 1. | Criterios de calidad para fuentes de forrajes…….. | 5 |
| 2. | Tratamientos utilizados en la presente investigación con las diferentes cantidades de maíz y girasol expresados en porcentajes……... | 16 |
| 3. | Porcentaje de degradabilidad de la fibra detergente neutro de los tratamientos maíz: polocote (100:0, 75:25, 50:50, 25:75, 100:0)…….. | 21 |
| 4. | Ecuaciones de predicción de degradabilidad de FDN de ensilado maíz-polocote (100:0, 75:25, 50:50, 25:75 y 0:100)….. | 22 |

## ÍNDICE DE GRAFICAS


| GRAFICA | PÁGINA |
|---|---|
| 1. Digestibilidad fibra detergente neutro de ensilaje de maíz:polocote (100:0, 75:25, 50:50, 25:75 y 100:0) a tiempo 0 h de incubación……. | 23 |
| 2. Digestibilidad fibra detergente neutro de ensilaje de maíz:polocote (100:0, 75:25, 50:50, 25:75 y 100:0) a tiempo 12 h de incubación……. | 23 |
| 3. Digestibilidad fibra detergente neutro de ensilaje de maíz:polocote (100:0, 75:25, 50:50, 25:75 y 100:0) a tiempo 24 h de incubación……. | 24 |
| 4. Digestibilidad fibra detergente neutro de ensilaje de maíz:polocote (100:0, 75:25, 50:50, 25:75 y 100:0) a tiempo 36 h de incubación……. | 24 |
| 5. Digestibilidad fibra detergente neutro de ensilaje de maíz:polocote (100:0, 75:25, 50:50, 25:75 y 100:0) a tiempo 48 h de incubación……. | 25 |

# 1. INTRODUCCIÓN

El maíz (Zea mayz) es una planta gramínea anual, originaria de América, actualmente es el cereal con mayor producción en el mundo, la amplia expansión de este cultivo se debe en gran parte a que es una especie vegetal con gran área de adaptación bajo diversas condiciones ecológicas y edáficas. Además el maíz tiene amplio aprovechamiento se usa como alimento pecuario de diferentes maneras; para obtención de grano, para ensilaje, alimentación de cerdos, pastoreo y forraje. Por lo tanto, contribuye como fuente importante de forraje para la alimentación animal (Elizondo y Boschini, 2001).

Es uno de los mejores cultivos para ensilar y reúne las mejores condiciones de valor nutritivo, con alto contenido de carbohidratos, materia seca y contribuye un conjunto de condiciones favorables que permiten obtener excelentes ensilados. El maíz como cultivo forrajero comprende forraje verde, rastro y ensilaje. El forraje verde está constituido por planta completa fresca, el rastrojo comprende planta seca de maíz sin mazorca, cuando la planta de maíz se corta, pica y almacena adecuadamente es ideal para el ensilaje (Morrison, 1977). El ensilaje de maíz sirve como un forraje de alta energía, para el ganado lechero, esto es lo más importante para hatos de alta producción y en establos que experimentan problemas para elaborar o comprar cosechas de henos de alta calidad.

Seiler y Rieseberg, (1997) el girasol (Helianthus annuus) es una planta anual cuyo origen al parecer es Norte América. Aquenios mayores de 7mm de largo han sido encontrados en varios lugares arqueológicos en el centro, este y suroeste de Estados Unidos de Norte América y Norte de México.

La distribución del (Helianthus annuus) silvestre comprende todo Estados Unidos, Sur de Canadá y Norte de México. En México crece en Baja California Norte, Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Durango y Veracruz (Gómez–Sánchez y González–Elizondo, 1994). Es una planta erecta, robusta, con capítulos radiados grandes y amarillos, se reconoce por sus brácteas florales ciliadas y presenta 17 pares de cromosomas.

Villarreal, (1983) describe al girasol silvestre como una planta con tallos erectos de 50 cm a 3 m de alto, ramificado en la parte superior cubierto por pubescencias de pelos largos y ásperos frecuentemente con manchas oscuras; hojas alternadas, pecíolos, con limbo de forma ovulada a deltoides de 5 a 30 cm de largo y aproximadamente el mismo ancho con 3 nervaduras basales principales. Superficie rugosa y el borde dentado: flores en cabezuelas de 4 a 12 cm de diámetro, flores periféricas con ligaduras largas amarillas, en nuestro país se ha explotado comercialmente muy poco y puede ser clave de las regiones ganaderas de poca precipitación, como zonas áridas y semiáridas en donde la producción de materia verde es muy escasa y en ocasiones nula.

Se ha mostrado mediante investigaciones que el girasol silvestre supera como forraje a otras especies forrajeras obteniendo altos rendimientos de materia verde y con mayor valor nutritivo; además, prospera con éxito en regiones donde el maíz, sorgo u otras especies forrajeras no progresan (González, 1997; Velasco, 2007).

Además, Mazzani, (1963) menciona que el girasol se adapta bien a suelos de textura y composición muy diferentes, desde los arcillosos hasta los que contiene elevado porcentaje de arena y que es cultivado en algunos países para la producción de forraje y que su gran ventaja es producir grandes cantidades de materia verde. El girasol es un importante cultivo por su alto valor como planta oleaginosa y forrajera (Carter, 1978).

Trabajos realizados por investigadores reportan diferentes resultados al evaluar el maíz y/o girasol como forrajes ensilados (Romo, 1970; Elizondo y Boschini, 2001; Franco *et al*. 2000; Roldan, 1973). Así como el ensilado de mezcla de forrajes gramíneas-leguminosa (Castillo *et al*. 2009). De igual manera, en pruebas de alimentación con ensilado de maíz-girasol (Cantú, 1996).

**Palabras clave:** Degradación, fibra, pared celular, FDN, ensilaje, *in vitro.*

## 1.1. JUSTIFICACIÓN

Obtener la mezcla de forrajes (maíz: polocote) información sobre su comportamiento y posible utilización en la alimentación animal.

## 1.2. OBJETIVO:

Por lo tanto, el propósito de esta investigación fue evaluar el ensilado de maíz; polocote a través de degradabilidad de la fibra detergente neutro por diferentes tiempos de incubación.

## 1.3. HIPOTESIS

Hα: Existe variación en la tasa de degradación de la Fibra Detergente Neutro de la planta de maíz y girasol silvestre ensilados solos o mezcladas en diferentes proporciones.

Ho: No existe variación en la tasa de degradación de la Fibra Detergente Neutro de la planta de maíz y girasol silvestre ensilados solos o mezclados en diferentes proporciones.

# 2. REVISIÓN DE LITERATURA

## 2.1. Calidad de maíz

Juscafresca, (1983) menciona que desde que se logró obtener maíces híbridos forrajeros, han quedado un tanto relegados los maíces forrajeros tradicionales, estos se cultivan para el consumo de forraje verde por ser muy aceptable y digestible por el ganado bovino y equino. Por existir una incapacidad de consumo en este estado, se ensila por la dificultad de henificarlo, dado las características que posee siendo más apetecible y digestible en estado fresco y ensilado que henificado.

El maíz (Zea mays) es el cultivo más empleado como fuente de forraje en los sistemas de producción bovina mediante su conservación (ensilaje), debido a un alto rendimiento de biomasa por área de 35-95 $t/ha^{-1}$ Somarribas, (2007), alto contenido de carbohidratos (Méndez, 2000). Los cuales favorecen el proceso fermentativo; sin embargo, el aporte proteico al sistema ruminal es restringido.

Menciona Herrera, (1999), que menciona que existen parámetros que indican valores asociados en la calidad de los forrajes y estos están relacionados con el porcentaje de paredes celulares y el contenido celular de las plantas conocidos como fibras en detergente neutro y fibra en detergente acido (FDN Y FDA), los cuales están relacionados 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 digestibilidad. El mismo autor señala algunos criterios a considerar en los maíces para forrajes **(Cuadro 1).**

**Cuadro 1.** Criterios de calidad para fuentes forrajeras*.

| **Concepto (%)** | **Baja calidad** | **Alta calidad** |
|---|---|---|
| Contenido FDN | 60 o más | 40-52 |
| Contenido de FDA | 35 o más | 25-32 |
| Contenido de ENI (Mcal/kg) | 1.4 o menor | 1.45 ó más |
| Digestibilidad de la MS | 60 o menor | 65 ó más |

*Herrera, (1999)

## 2.2. El girasol como forraje

Cantú, (1985) menciona que forraje es la parte comestible no dañina de una planta que tiene valor nutritivo y que es disponible para los animales. Este término se refiere a los materiales como pasto, heno, ensilaje y los alimentos verdes. Este puede ser asumido por el pastoreo directo o cosechado por el hombre puesto en pesebre. De igual manera, Romo, (1970) cuando el periodo vegetativo es demasiado corto o demasiado frio para el maíz, se emplea el girasol algunas veces para ensilar y como forraje verde. El girasol no es afectado como el maíz por el tiempo frio o por las heladas ligeras; por los tanto, produce buenas cosechas donde escasea el maíz. Por otro lado, Roldan, (1973) menciona que algunas veces el girasol se cultiva mezclado con el maíz, con lo que se asegura una mejor producción en las regiones frías.

## 2.3. Valor nutritivo del girasol silvestre

Maiti y Moreno, (1991-1992) menciona un estudio sobre morfología, fenología y bromatología del girasol silvestre en 6 localidades del estado de Nuevo León, como una fuente de forraje verde para ganado, sobre todo en los meses de verano en donde prevalece abundantemente como maleza. Las plantas de girasol silvestre presentan un contenido de proteína en hoja hasta de 28.6%, esta concentración no difiere mucho en las tres etapas de crecimiento, la concentración de proteína en tallo de plántula es de 11.5%. El contenido de fibra cruda es de 11.7, 12.4 y 12.6% respectivamente para plántula, prefloración y floración. Un alto contenido de fibra (42%) y proteína (16.45%) se presentan en la cariópside. Estos valores, comparados con forrajes tradicionales cultivados o silvestre demuestran que el girasol silvestre presenta una composición nutritiva aceptable para forraje. Valores similares en contenido de nutrientes del girasol Cantú, (1996); reporta contenido de nutrientes del girasol en etapa de floración y en estado verde: agua 78-80%, materia seca 20-21%, proteína digestible 2.1-2.4%, grasa 6.9%, extracto etéreo 8.7-9.2%, fibra cruda 6.8-7%, cenizas 1-2.1%. El girasol en su estado lechoso, presenta un contenido de 12.1% de proteína cruda, mientras que en estado masoso, el contenido de este es de 8.1% superando su estado lechoso a especies forrajeras como maíz, sorgo y el mijo perla en cuanto a este nutriente.

Estudios de digestibilidad *In vitro* de girasol y maíz realizados por González, (1976), en los cuales al compararlos el maíz tuvo una digestibilidad de 76.13% y 83.93% respectivamente para dos fechas de corte. En las mismas fechas la digestibilidad del girasol fue de 66.13 y 83.75. Lo que demuestra que no existe mucha diferencia entre uno y otro forraje. De allí que la planta de girasol como forraje para ensilar, es ventajosa porque produce grandes cantidades de materia verde y calidad. Este producto es comparable con el ensilado del maíz (Mazzani, 1963).

## 2.4. Ensilaje

Hughes *et al*. (1966) citan que unos de los primeros hombres de la ciencia que investigaron la práctica del ensilaje fue M. Reihlen, en Stuttgart Alemania. El primer silo en América se construyó en Maryland, en 1876 al finalizar el siglo XIX, el ensilaje del maíz era práctica común en los estados unidos.

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

Peñagaricano *et al*. (s/f) señala que la conservación de los forrajes en estado suculento por medio de fermentaciones parciales es conocida como ensilaje; el valor nutritivo del forraje es vital para lograr un ensilaje de calidad.

Frankel, (1984) indica que los procesos del ensilado son regulados por tres factores que interactúan correlacionados estos son:

1. Las bacterias que se encuentran en la materia vegetal.
2. El aire que queda dentro de la masa almacenada sin posibilidades de escape.
3. La composición de la materia vegetal.

Barnet, (1957) opina que el objetivo que se persigue cuando se realiza el ensilado, es conseguir dentro de la masa ensilada una concentración suficiente de acido láctico, que se produce como resultado de la presencia de microorganismos en el material cosechado, para inhibir otras formas de actividad microbiana y conservar de este modo el producto hasta el momento

en que sea necesario su uso. El mismo autor señala que un material bien ensilado y preparado sin sustancias de adición tiene los siguientes cambios:

Fase 1.- La respiración continua de las células vegetales da como resultado la producción de dióxido de carbono, la utilización de hidratos de carbono sencillos y en exceso de agua que fluye de la masa como consecuencia de estos acontecimientos bioquímicos y de la compresión mecánica del forraje, van acompañados de desprendimiento de calor.

Fase 2.- Producción de ácido láctico en pequeñas cantidades por organismos del grupo coli y otros. Esta fase es de corta duración.

Fase 3.- La iniciación de una fermentación láctica que depende de la actividad de los fermentos del acido láctico, por lactobacilos y estreptococos sobre hidratos de carbono adecuados.

Fase 4.- Fase de reposo de la masa durante la cual la producción de ácido láctico pasa por un máximo y sigue constante en 1 a 1.5 por ciento del material fresco, manteniéndose el material en un PH constante inferior a 4.2.

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 suma importancia manifestar que el procedimiento debe ser de tal naturaleza que los cambios pueden ser regulados y que el alimento no llegue hasta la condición de putrefacción (Rutger, 1967).

Un ensilado de buena calidad, el aire debe ser excluido completa y rápidamente del forraje ensilado, la buena compactación es esencial; si el forraje no se compacta bien queda atrapado en la gran cantidad de aire, que

ocasiona que la actividad de las bacterias aeróbicas sea incrementada y prolongada. Esto conduce a un gran número de bacterias putrefactas y proteolíticas y la producción de acido butírico que es indeseable. Un contenido bajo de calcio y de proteína en el forraje también favorece la fermentación y la preservación adecuada (Flores, 1986).

Coincidencias en las siguientes ventajas y desventajas del ensilado presentan (Barnet, 1957; Hodgson y Reed, 1964; Besse, 1977)

Ventajas del ensilado

- Los cultivos pueden ser cosechados en el momento en que los valores nutritivos son más altos.
- El forraje ensilado, bien realizado, durará indefinidamente, condición es que este protegido del aire y lluvia.
- Proporciona un alimento voluminoso y nutritivo, esencial en épocas de crisis forrajeras.
- El ensilaje es un alimento muy apetecible y suavemente laxante.
- Ocasiona menos desperdicio de forrajes.
- Buena fuente de caroteno para los animales en la estación seca.
- Las pérdidas de realización del ensilado son menores a las que tiene lugar al preparar el heno.

Desventajas del ensilado

- Siempre hay pérdida de elementos nutritivos por la fermentación.
- Si está mal hecho puede perderse casi la totalidad del forraje verde utilizado.

## 2.5. Fibra en detergente neutro (FDN)

El consumo de materia seca (MS) está regulado además, por el efecto del llenado físico del rumen o por un efecto metabólico. Cuando la dieta alcanza un nivel de 32% de fibra de detergente neutro (FDN) se le considera como valor medio entre ambos efectos; por arriba de ese valor el consumo es limitado por llenado físico del rumen, afectándose el consumo más marcadamente que cuando se suministra dietas con altas proporciones de FDN, superiores al 60-65%, como es el caso de los forrajes toscos (rollos, algunos ensilajes, pasturas maduras rastrojo (Reharte *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 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).

## 2.6. Digestión ruminal *In situ*

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

Otro factor que afecta la degradabilidad de los alimentos es el pH del líquido ruminal, tal como lo reporta Orskov, (1982) y quien encontró 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 los nutrimentos.

## 2.7. Digestibilidad *In situ* materia seca mediante bolsas de nylon

Rumiología esta técnica se basa en la interpretación de la desaparición de material colocado en bolsas de nylon que es introducida en el rumen del animal fistulado y provisto de cánula. La desaparición se mide en intervalos periódicos, o hasta un tiempo aproximado de 96 horas.

La digestibilidad *In situ* presenta algunas ventajas sobre la *In vitro.* Entre ellas que la digestión se lleva a cabo en el rumen con la participación de microorganismos ruminales en su ecosistema natural. Además, la técnica resulta más barata que la digestibilidad *In vitro*; sin embargo, su uso para predecir el valor nutritivo de un alimento se ve limitado por una mayor variabilidad y a la dificultad para realizar una estandarización adecuada que permita llevarla a cabo en forma similar a lo expuesto anteriormente para la D*IV*MS. La técnica puede también utilizarse para obtener la tasa de digestión de fibra, en la forma ya expuesta. Esta técnica se recomienda especialmente para el estudio de fuentes proteicas y cuando se desean variar las condiciones del rumen (Castillo, 1988).

Una de las principales virtudes del método *In situ* consiste en que proporciona una amplia visión de la degradación de los componentes nutricionales a través del tiempo, en cambio los métodos *In vitro* en su forma sencilla (Tilley y Terry, 1963) solo proporcionan como resultado una cifra. Debemos recordar que en las condiciones normales de alimentación, el tiempo de permanencia de un nutrimento en el rumen afectará su digestión efectiva.

## 2.8. Digestibilidad

El alimento es ingerido y por lo tanto es digerido en el tubo digestivo, no es retenido totalmente por el organismo. Parte del mismo que no ha sufrido la acción de los jugos digestivos o ataques microbianos es excretado. En consecuencia de las acciones digestivas los desechos no digeridos del alimento ingerido son el llamado coeficiente de digestibilidad (Besse, 1977). O sea, la digestibilidad de una alimento con más exactitud como la proporción del alimento que no es excretado con las heces y que se supone, por lo tanto ha sido absorbido (McDonald *et al*. 1969).

Castillo, (1988) opina que las técnicas de digestibilidad *in vitro* se han constituido en la prueba de rigor para los forrajes. Esta constituido en dos etapas: una fermentación de 48 horas, donde incuba la muestra con licor del rumen uniforme; y otra la digestión (48 h) con pepsina-ácido.

## 2.9. 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. Se le conoce como degradación y es la restante de dos fuerzas competitivas que actúan simultáneamente sobre el alimento, la tasa de pasaje y la tasa de degradación (Mertens, 1977; Ellis, 1978; Van Soest, 1982).

La degradabilidad se define según el potencial de degradación del material, la tasa de esta fracción potencialmente degradable y su tiempo de paso en el rumen o degradación real, más la digestión que ocurrirá en el tracto digestivo posterior. Los cuales se enfatizarán dentro de los parámetros de la digestión ruminal que son:

a) Degradabilidad potencial: 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 (Wilkins, 1969). En la actualidad no existe todavía un cuerpo, sobre el cual es el tiempo de incubación para estimar la degradación de la M.S., pared celular. Para cuestiones prácticas, Orskov *et al.* (1980) propusieron que se requieren que de 12 a 36 horas de incubación para alimentos concentrados; de 24 a 60 horas para forrajes de alta calidad y de 48 a 72 horas para forrajes de baja calidad, sin embargo, diferentes estudios realizados con forrajes muy diversos indican que el tiempo optimo de incubación de éstos son 72 horas (Cherney *et al*. 1986).

b) Degradabilidad inicial: Es la degradación de un alimento que corresponde al valor que corresponde al valor de la degradabilidad obtenida en el tiempo cero, que esto representa las fracciones solubles (Orskov *et al*. 1980). Por lo que se deben hacer determinaciones de testigo, sometiendo a la muestra en agua a 37°C durante 10 segundos para corregir el error.

c) Periodos de pre-fermentación: este período no es un artificio de los modelos usados, si no que por el contrario, tiene sentido biológico puesto que para que ocurra degradación de la fracción fibrosa se requiere que esta se hidrate, sufra alteraciones físicas y químicas y que las bacterias celulolíticas se adhieran a la fibra, especialmente si se trata de los tejidos más lignificados que se degradan muy lentamente (Akin, 1979).

d) Tasa de degradación ruminal: Es la cantidad de sustratos que puede ser degradado por unidad de tiempo (Van Soest, 1982). Para la determinación de la tasa de degradación de los forrajes se requiere detener el proceso de digestión a intervalos de tiempo previamente establecidos, intervalos que varían en función del tipo de alimento y de la fracción cuya tasa de degradación se pretende evaluar (Mertens y Ely, 1982).

# 3. MATERIALES Y METODOS

## 3.1. Área de experimentación

Esta investigación se realizó en el Laboratorio de Nutrición Animal y Unidad Metabólica de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicado en Buenavista, Saltillo, Coahuila. Esta se localiza en las coordenadas 25° 21´ latitud Norte y 101° 02’ Latitud Oeste a una altura de 1,743 msnm, precipitación media anual de 298.5 mm y una temperatura media anual de 18.18° C. El clima está clasificado como seco o árido (García, 1987).

## 3.2. Material utilizado

Las plantas de maíz y girasol silvestre fueron obtenidas de un productor ubicado en San Juan de la Vaquería, Municipio de Saltillo, Coahuila.

Para la preparación del ensilado (micro) se utilizó plantas de maíz criollo enteras en la etapa grano lechoso-masoso y girasol silvestre en estado tierno. Se usaron 25 frascos tranparentes con tapa de lámina de cierre con rosca con capacidad aproximada de 1 kg de material a ensilar, la planta entera se partió en trozos de 1 cm aproximadamente y se introdujeron en los frascos.

Se prepararon muestras con cinco tratamientos y cinco repeticiones **(Cuadro 2)**, Los micro silos fueron preparaos de manera independiente mezclando cada uno de ellos. Previa identificación de los frascos se procedió a introducir y a compactar el material en cada uno para extraer aire que fueron cerrados herméticamente y almacenados durante 35 días.

**Cuadro 2.** Tratamientos utilizados en la presente investigación, con las diferentes, cantidades de maíz y girasol expresados en porcentajes.

| TRATAMIENTOS | MAIZ:GIRASOL SILVESTRE |
|---|---|
| T1 | 100:0 |
| T2 | 75:25 |
| T3 | 50:50 |
| T4 | 25:75 |
| T5 | 0:100 |

### 3.3. Obtención de líquido ruminal

Para llevar a cabo la extracción de liquido ruminal se utilizó un bovino fistulado del rumen, raza charoláis macho con peso vivo de 397 kg. Antes de la toma muestras el animal fue desparasitado interna y externamente con Ivermectina (1ml/50kg PV) y vitaminado (A, D, E). El animal tuvo una alimentación a base de heno de avena y agua a libre acceso.

### 3.4. Método experimental

Se determinó la degradabilidad de FDN de acuerdo a metodología descrita por (Llamas y Hernández, 1990). Se utilizaron 0.5 gramos de muestra de forraje ensilado maíz-girasol silvestre por cada tubo, que fue incubado en baño serológico a una temperatura de 39°C. De acuerdo a los tiempos de incubación 0, 12, 24, 36, y 48 horas.

### 3.5. Análisis de laboratorio

Las muestras de cada ración pasaron por un secado de 24 horas a 60°C en una estufa y después de este tiempo se molieron con el molino de tipo Willey con una criba de 1mm (AOAC, 1997).

Para la incubación de muestras se usaron 80 tubos de plástico, en donde posteriormente se le añadió 0.5 gramos de muestra de los diferentes tratamientos y repeticiones también se agregó un blanco, en el tiempo T0 hasta el T48 se usaron tres repeticiones de cada tratamiento.

Se prosiguió a preparar saliva de Mc Dougall que se mezcló con el líquido ruminal. Se agregaron 50 ml a cada tubo junto con las muestras, se taparon con válvulas de Bunsen e inmediatamente se incubaron en baño serológico a una temperatura de 39°C en lapsos de tiempo siguientes 0, 12, 24, 36 y 48 horas. Se agitaba cada una de las muestras con movimiento circular, cuidando que las muestras no se quedaran pegadas en las paredes del tubo. Conforme las horas respectivas pasaron se sacaron los tubo del baño serológico, se refrigeraron durante 30 minutos. Previamente se introdujeron en una centrifuga, para eliminar el liquido que contenía cada tubo y quedarse con el material solido (muestra). A continuación se determinó contenido de fibra detergente neutro (Goering y Van Soest, 1970).

La digestibilidad de la Fibra Detergente Neutro de cada una de las muestras se estimó de la forma siguiente:

Digestibilidad de F.D.N= [PMFDNI-PMFDNF)/PM FDNI]*100

Donde:

PMFDNI= Peso De Muestra De Fibra Detergente Neutro Inicial. (Sin incubar)

PMFDNF=Peso De Muestra De Fibra Detergente Neutro Final. (Incubado)

### 3.6. Análisis estadístico

Los resultados obtenidos de Fibra Detergente Neutro (FDN) o pared celular en cada tiempo de incubación se analizaron en un diseño completamente al azar y se uso regresión lineal para estimar la ecuación de tendencia a respuesta. Cinco tratamientos y tres repeticiones. Se utilizó el paquete computacional de UANL (Olivares, 1993).

# 4. Resultados

## 4.1. Degradabilidad de la Fibra Detergente Neutro (FDN)

Los resultados obtenidos de la Degradabilidad de Fibra en Detergente Neutro de los tratamientos de maíz:polocote (100:0, 75:25, 50:50, 25:75 y 0:100) a tiempos de incubación 0, 12, 24, 36 y 48, se presentan en la (Tabla 3). La degradabilidad a T0 h fue diferente ($P \leq 0.05$), los demás tiempos de incubación 12, 24, 36 y 48 h presentan diferencia altamente significativa ($P \leq 0.01$).

Todos los tiempos de incubación en los diferentes tratamientos incrementaron la degradabilidad de FDN conforme el nivel de polocote se aumentó en la mezcla de ensilaje maíz:polocote 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 y 0:100. Además cada tratamiento que fue sometido a incubación por tiempos 0, 12, 24, 36 y 48 horas; la degradabilidad (%) se incrementa con el tiempo de incubación de 0 a 48 horas.

**Cuadro 3**. Porcentaje de degradabilidad de la Fibra Detergente Neutro (FDN) de los tratamientos maíz:polocote (100:0, 75:25, 50:50, 25:75 y 0:100) a diferentes tiempos de incubación.

| **Incubación (h)** | **Tratamientos (maíz-polocote)** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 100:0 | 75:25 | 50:50 | 25:75 | 100:0 | E.E | P>F |
| T0 | 44.70 | 41.05 | 52.66 | 50.23 | 64.72 | 3.88 | 0.014 |
| T12 | 55.61 | 54.82 | 58.21 | 65.41 | 72.18 | 2.45 | 0.003 |
| T24 | 57.33 | 59.33 | 71.60 | 73.76 | 81.62 | 3.05 | 0.001 |
| T36 | 65.89 | 70.41 | 70.93 | 76.84 | 76.10 | 1.12 | 0.000 |
| T48 | 74.15 | 81.41 | 84.07 | 85.91 | 83.72 | 1.27 | 0.001 |

La incubación al tiempo 0 fue diferente con valores de 41.05 a 64.72. Al hacer comparación de medias se encuentra una ecuación de respuesta de tendencia lineal **(Cuadro 4)**.

$$R^2 = 0.73$$

Lo que explica, de acuerdo a la inclusión del polocote, conforme incrementa el nivel de este forraje en las mezclas evaluadas, aumenta el porciento de degradabilidad de la fibra en detergente neutro.

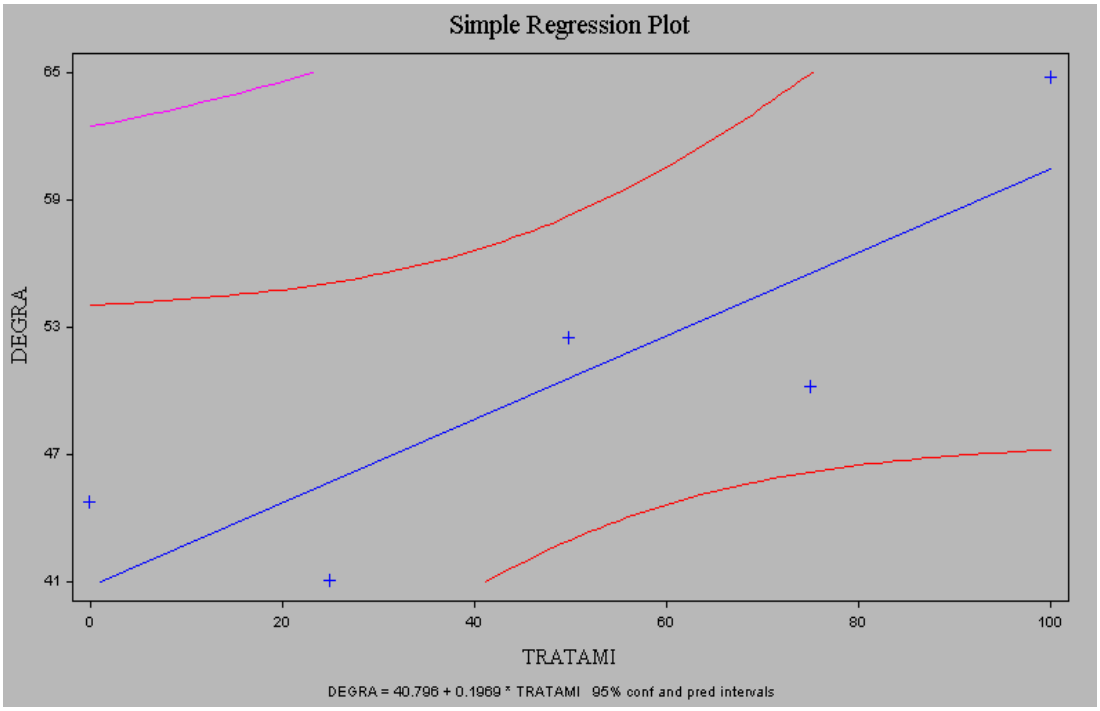
De acuerdo a los resultados en los demás tiempos de incubación de los tratamientos. La degradabilidad a 12, 24, 36 y 48 h de tiempo de incubación al realizar comparación de las medias se encuentran las respectivas ecuaciones de predicción con tendencia lineal para los tiempos de incubación antes señalados **(Cuadro 4)**. De igual manera, conforme se incrementa el nivel de polocote en el ensilado mejora la degradabilidad de fibra detergente neutro.

**Cuadro 4. Ecuaciones de predicción de degradabilidad de FDN de ensilado maíz-polocote (100:0, 75:25, 50:50, 25:75 y 0:100).**

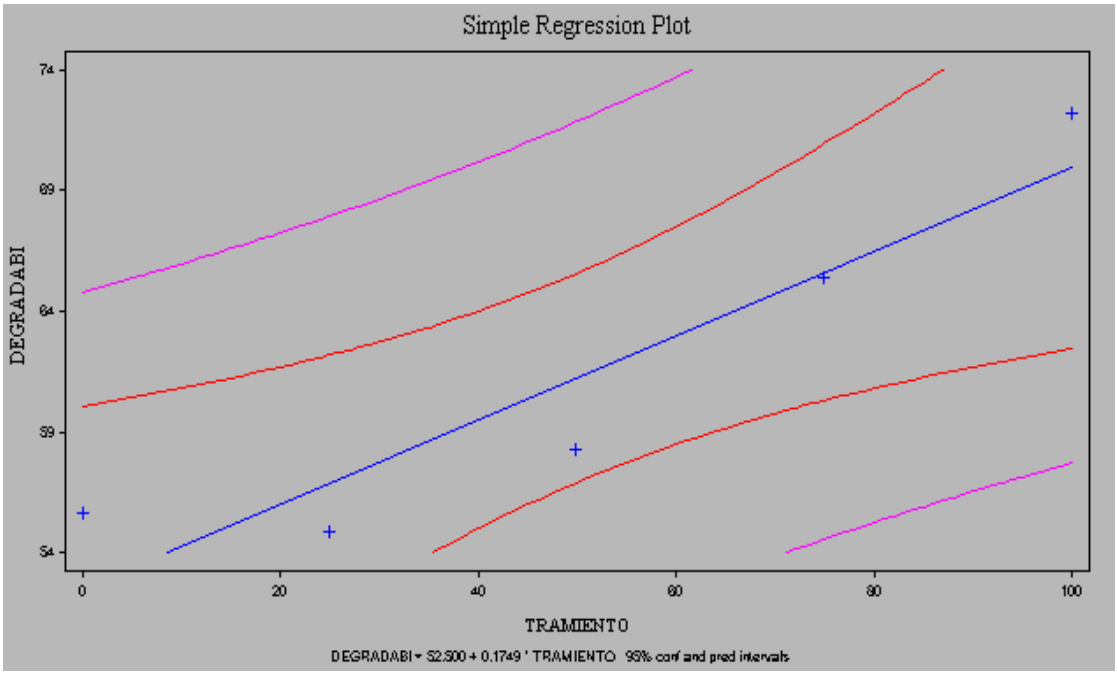
| Tiempo (h) | Ecuación | $R^2$ |
|---|---|---|
| 0 | $\bar{Y}$ = 40.8280 + 0.195X | 0.73 |
| 12 | $\bar{Y}$ = 52.5000 + 0.17492X | 0.87 |
| 24 | $\bar{Y}$= 56.1260 + 0.25204X | 0.95 |
| 36 | $\bar{Y}$= 66.6640 + 0.8875X | 0.89 |
| 48 | $\bar{Y}$= 77.1220 + 0.0964X | 0.66 |

Para mejor explicación de las ecuaciones. Estas se presentan en las Gráficas 1, 2, 3, 4 y 5.

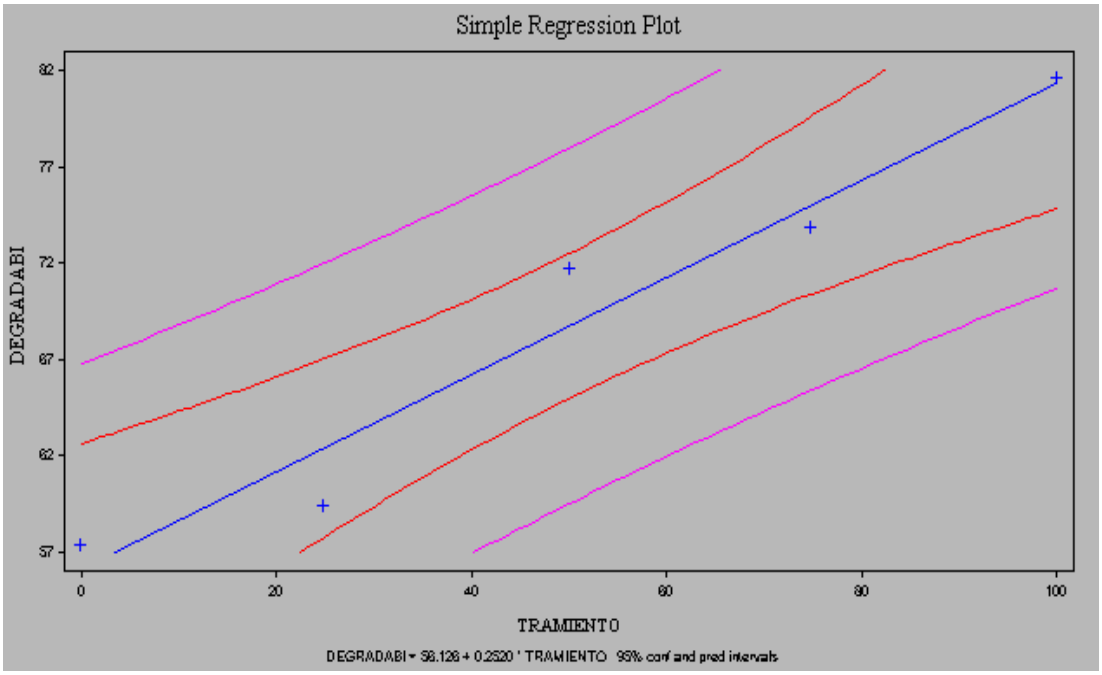
**Grafica1:** Degradabilidad de Fibra en Detergente Neutro (FDN) de ensilaje maíz:polocote (100:0, 75:25, 50:50, 25:75 y 0:100) a tiempo 0 h de incubación.



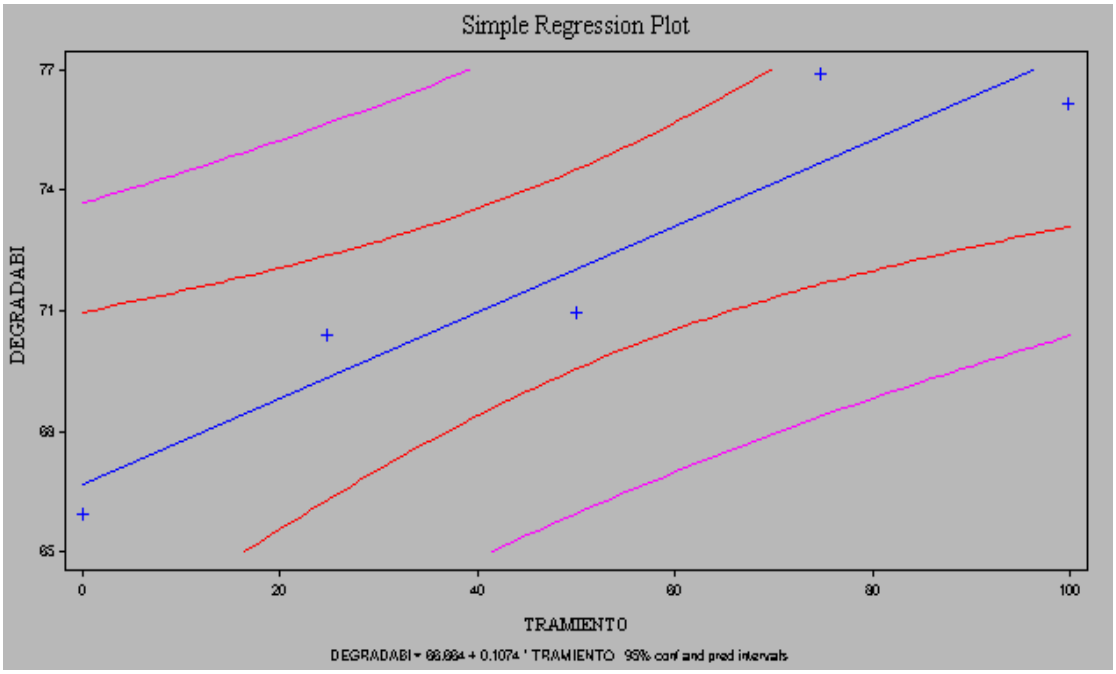

**Grafica 2:** Degradabilidad Fibra en Detergente Neutro (FDN) de ensilaje maíz:polocote (100:0, 75:25, 50:50, 25:75 y 0:100) a tiempo 12 h de incubación.



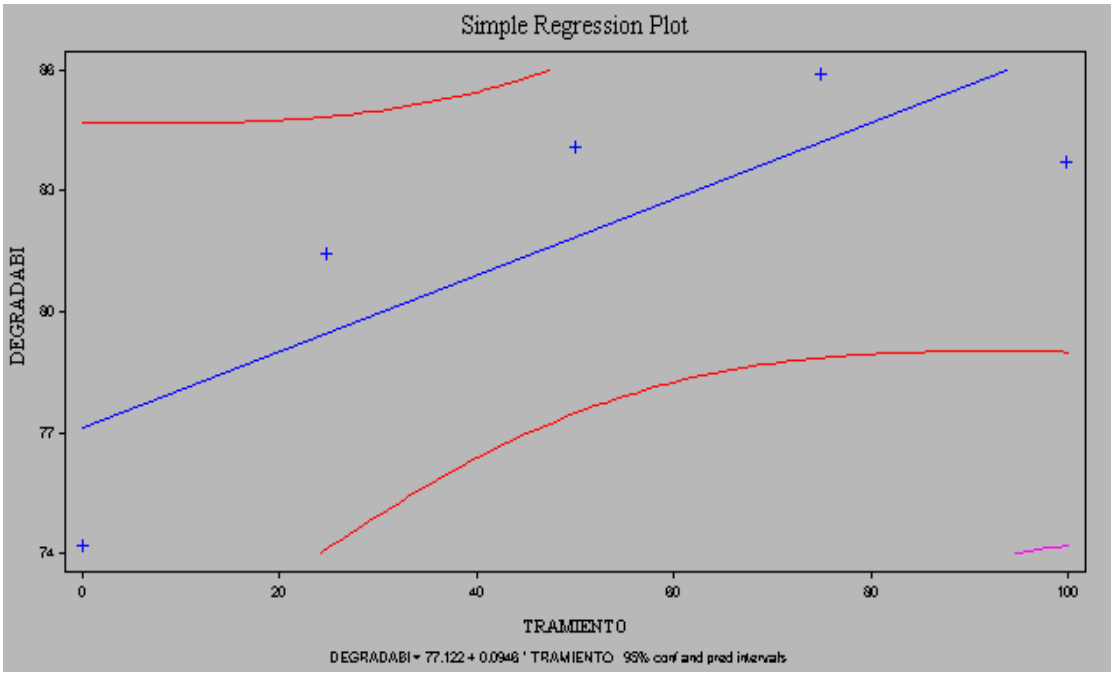
**Grafica 3:** Degradabilidad Fibra en Detergente Neutro (FDN) de ensilaje maíz:polocote (100:0, 75:25, 50:50, 25:75 y 0:100) a tiempo 24 h de incubación.




**Grafica 4**: Degradabilidad Fibra en Detergente Neutro (FDN) de ensilaje maíz:polocote (100:0, 75:25, 50:50, 25:75 y 0:100) a tiempo 36 h de incubación.



**Grafica 5**: Degradabilidad Fibra en Detergente Neutro (FDN) de ensilaje maíz:polocote (100:0, 75:25, 50:50, 25:75 y 0:100) a tiempo 48 h de incubación.



## 5. Discusión

La calidad de los forrajes esta determinado no tanto por su contenido de proteína como comúnmente se cree, ya que ésta es solo importante para los forrajes que pueden ser altos como la alfalfa y los henos de zacate ballico (Lolium perenne); resulta más importante el contenido total de fibra, que queremos que sea bajo y el nivel de lignificación, que también que sea limitado.

El total de la fibra de un forraje está definido por su contenido de ***Fibra Detergente Neutro (FDN),*** o carbohidratos estructurales. Los carbohidratos no estructurales los cuales son muy deseables porque son los que aportan mayor cantidad de energía y estos nutrientes se aprovechan en el rumen del animal donde pueden fomentar la producción de proteína microbiana.

Para el caso de los ensilajes del maíz el nivel de proteína puede ser realmente bajo (menos de 9%), pero si el contenido de **FDN** es inferior al 50% y dicha fibra esta poco lignificado el ensilaje será de excelente calidad lo cual refleja un alto contenido de carbohidrato y azúcares (Van Soest, 1994).

En la presente investigación la tasa de degradabilidad de FND para las horas de 0 a 48; respectivamente para el T1 fueron de 44.7 a 74.15 con promedio de (60% FDN); estos valores son similares a los encontrados por Cruz, (1999) en tasa de degradabilidad en fibra detergente neutro en ensilado de maíz (72.24%); pero superiores a los que reporta en heno de alfalfa (36.63% FDN), paja de sorgo (64.78% FDN) en los diferentes tiempos de incubación 4, 8,12, 24, 36, 48, 60, 72, 84 y 96 horas. Franco, *et al* (2000) reportan degradabilidad ruminal *In situ* y solubilidad de la proteína de rebrotes de (Cratylia argéntea) de diferentes edades de rebrotes 2, 3 y 4 meses de edad, con periodos de incubación de 0, 4, 8, 16, 24, 72, y 96 horas. Encontrando valores de degradabilidad de FDN, en brotes de 2 meses de edad (48.5 % FDN), 3 y 4

meses de edad (38.5% FDN) valores inferiores a los encontrados en este trabajo. Boschini, (2006) determinó la degradabilidad ruminal de la Fibra Detergente Neutro en rebrotes de morera (Morus alba) de 70, 84, 98 y 112 de edad, con base a la degradabilidad a 48 horas de incubación ruminal biológicamente se cuantificó el contenido de Fibra Detergente Neutro obteniendo valores de 45.32% FDN a los 70 días de edad; 48.13% FDN 84 días de edad; 53.29% FDN 98 días de edad; 57.54% FDN 112 días. Valores menores a los obtenidos en esta investigación a 48 horas de incubación (74.15, 81.41, 84.07, 85.91 y 83.72%) para los tratamientos 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 y 100:0.

Por otro lado, trabajos realizado por Castillo *et al*. (2009) con ensilado de maíz cultivado en asocio con vigna (Vigna radiata) con dos densidades de siembra de maíz y vigna (70:30 y 60:40), cosechados a los 85 días de sembrado reportan valores promedio de la Fibra Detergente Neutro de 53% respectivamente semejantes a los encontrados en esta trabajo; 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 pueden atribuirse a la mayor relación hoja-tallo y la edad de la planta (días) que puede afectar la degradabilidad. 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).

## 6. Conclusión

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

La degradabilidad de la Fibra Detergente Neutro (FDN) de las especies; maíz (Zea mayz) y girasol silvestre (Helianthus annus) mostraron diferencia significativo entre tratamientos. La incubación gradual mejora la degradabilidad de Fibra Detergente Neutro en los tratamientos.

Conforme aumenta el contenido de girasol silvestre en los tratamientos incrementa el porcentaje de degradabilidad de Fibra Detergente Neutro (FDN) de igual manera en los tiempos de incubación entre mayor tiempo de incubación mayor porcentaje de degradabilidad. Maíz y girasol silvestre o la mezcla de ambos puede ser una alternativa para la alimentación animal.

## LITERATURA CITADA


AOAC. 1997. Official methods of analysis (16th Ed). Association of oficial Analytical Chemists, Arfiweton, VA. E.E.U.U.

Akin, D. E. 1979. Microscopic evaluation of forage tissue by rumen microorganisms. A. review. J. Anim. Sci. 48: 701-716.

Barnet, A. J. G. 1957. Fermentación del ensilado. Ed. Aguilar Madrid España. Pp. 196-199.

Besse, J. 1977. Alimentación del ganado. 2ª edición editorial Mundi Prensa. Madrid, España. Pp. 42-43.

Boschini, C. 2006. Nutrientes digeribles, energía neta y fracciones proteicas de la morera (Morus alba) aprovechables en vacas lecheras. Agronomía Mesoamericana 17 (2): 141-150.

Cantú, B. J. 1985. Cultivos forrajeros. Primera edición, Departamento de Fitomejoramiento. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad laguna. Torreón, Coahuila, México, pp. 5, 6, 15.

Cantú, P. E. 1996. Comportamiento, productivo y reproductivo de cabras mestizas alimentadas con ensilaje de girasol y/o de maíz en la comarca lagunera. Tesis Maestría. Departamento de Producción Animal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.Pp.4-6.

Carter, J. F. 1978. Sunflower Science and Technology. ASA/CSSA. Agronomy Series, núm. 19. Madison, Wisconsin, Estados Unidos.

Castillo G.E. 1988. Atributos asociados a la calidad nutritiva de los forrajes tropicales. 2ª Reunión Bianual de Nutrición Animal. U.A.A.A.N Saltillo, Coahuila México. Pp. 22,23, 24.

Castillo M. Rojas A. Wing C. R. 2009 Valor nutricional del ensilaje de maíz cultivado en asocio con vigna (vigna radiata). Agronomía Mesoamericana. 33 (1): 133-146.

Crampton, E. W. y L. E. Harris. 1969. Applied Animal Nutrition. Second Edition. Editorial W.H Freeman and company. P. 286-288.

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.

Cherney, J.H., K.J. Moore, J.J. Volenec and J.D. Axtell.1986. Rate and extend of digestion of cell wall components of brown-midget shorgum species. Crop. Science. 26:1055., U.S.A.

Elizondo J; Boschini C. 2001. Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y calidad del forraje de maíz. Agronomía Mesoamericana 12 (2):181-187.

Ellis, W.C. 1978. Determinants of grazed forage intake and digestibility. J. Anim. Sci. 61:1828-1836.

Flores, M.J.A. 1986. Bromatología animal. Editorial LIMUSA. México. Pp. 46-47.

Franco H., Camero A., Ayala L.J. 2000. Degradabilidad ruminal *In situ* y solubilidad de la proteína de rebrotes de *Cratylia argentea* de diferentes edades. http://www.fao.org/WAIRDOCS/LEAD/X6319S/X6319S00.HTM

Frankel, A. C. 1984. Conservación de forrajes. 1ra edición editorial Albatros. Buenos Aires, Argentina. Pp. 120-128.

García E. 1987 Datos meteorológicos de las estaciones empleadas en el presente trabajo actualizadas a 1880. Segunda parte 4ta. Ed. Instituto de geografía. Modificaciones al sistema de clasificación climatológica de Koppen. UNAM. México. Pp.87-88.

Goering H. K; and P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analyses (apparatus, reageuts, procedures, and some applications). AGRIC. Hand book N. 379, USDA, Washigton. D.C. 27.

Gómez–Sánchez, D.; S. González–Elizondo. 1994. Localization of helianthus, Viguera and Tithonia genera in México, In: FAO working group: Evaluation of Helianthus species. Seiler G.J (Ed). Pp. 126-133.

González A.R. 1997. Estudio comparativo sobre la calidad y el rendimiento de forraje de maíz, sorgo y girasol en la comarca lagunera. Tesis Licenciatura Médico Veterinario Zootecnista. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Torreón, Coahuila, México.

González, F. J. 1976. Predicción del valor nutritivo de algunas plantas forrajeras mediante digestibilidad *In vitro*. Tesis D. C. A. M. T.E.S.M. Monterrey, Nuevo León. México. Pp. 42, 43.

Havard, B. D. 1969. Las plantas forrajeras. Edición. Editorial Blume. Barcelona, España. Pp. 70-75.

Herrera, R.S; 1999. La importancia de los maíces y sorgos mejorados para la producción de ensilajes, Memoria, 2do. Taller Nacional de Especialidades de Maíz. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. P.285-286.

Hodgson, R. E. y O. E. Reed, 1964. La industria lechera en América. 3ª edición editorial pax. México. Pp. 155.

Hughes, H. D. M. E. Heath. y D. S. Metcalfe. 1966. Forrajes. La ciencia de la agricultura basada en la producción de pasto, 2da edición. Editorial continental. México. Pp. 28-30.

Juscafresca, B. 1983 Forrajes: Fertilización y Valor Nutritivo. 2da Edición, Editorial AEDOS. Barcelona, España. Pp. 9, 85-86 y 169.

Llamas, L.G. y Tejada I.H. 1990. Técnicas de laboratorio para el análisis de forrajes para rumiantes. En: Manual de técnicas de investigación en rumiología. Castellanos R.A., Llamas L.G., Shimada (Eds). Sistemas de Educación Continúa en Producción Animal A .C. México D.F. P. 30-42.

Maiti, E. V. y Moreno L. S. 1991-1992. El girasol silvestre, como una alternativa de forraje. División de Estudios de Postgrado, Facultad de Ciencias Biológicas. U.A.N.L. México. Biotam P. 3 (3).

Mazzani, B. 1963. Plantas Oleaginosa. 2da edición. Salvat editores, S. A. Barcelona, España. Pp. 100-112.

Mc-Donald, R.A. Edwards, J.F.D. Greenhalgh. 1969. Nutrición animal. Edit. Acriba. Zaragoza España. P. 136-147.

Méndez M. 2000. Aprendemos sobre ensilajes. Núcleo de formación y servicios tecnológicos agropecuarios Subsector Zootecnia. Instituto Nacional de Aprendizaje (INA). Editorial INA. San José, Costa Rica. P. 1-10.

Mertens, 1979 Dietary fiber components: relationship to the rate and extent of ruminal digestión. Fed. Proc. 36:187.

Mertens, D.R. 1977 . Dietary fiber components ralatitionship to the rate and exent of ruminal digestion. Federation proceeding 36:187.

Mertens, D.R and L.O. Elly. 1982. Relationship of rate and extent of digestion to forage utilization. A dynamic model evaluation. J. Anim. Sci. 54:895-901., U.S.A.

Morrison, F. B. 1977. Compendio de alimentación del ganado. Editorial U. T. E. H. A. México,D. F. pp. 220, 223, 232.

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. Of Dairy Science. 55: 358.

Olivares, S.E. 1993. Paquete de diseños experimentales, FEUANL. Versión 2.4 Facultad de Agronomía de la UANL. Marín. Nuevo León, México.

Orskov, E. R. M. Hughes and I. Mc Donald. 1980. Degradability of protein suplemenst an utilization of undegraded protein by high prodicihg Dairy Cows. In: Recent Advances in Animal Nutrition. (Haresing,) Butterworths, London. P .85.

Orskov, E.R., 1982. Protein Ruminants Nutrition. Academic Press London. P. 160-165.

Peñagaricano, J. A. Arias W. y Llanaza N. J. S/F. Ensilaje, Manejo y utilización de las reservas forrajeras. 2da edición. Editorial hemisferio sur. Montevideo, Uruguay. Pp. 90-111.

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.

Roldan, P. G. 1973. Estudios comparativo en la producción y análisis químico proximal de maíz (Zea Maíz), Sorgo (Sorghum Vulgare pers), Mijo perla (Pennisetum glaucun L) y Girasol (Heliantus annuus) en seis épocas de corte. Tesis, Licenciatura. I.T.E.S.M. Monterrey Nuevo León. México. Pp. 20, 24.

Romo, M.J.A. 1970. Comparación de rendimiento en forrajes y análisis bromatológicos de maíz (Zea mays), sorgo (Sorgum Vulgare Pers), Mijo (Setaria itálica) y girasol silvestre (Helianthus annuus). Tesis, Licenciatura, I.T.E.S.M. Monterrey, Nuevo León, México. Pp.17, 18, 31, 41, 42.

Rusell, 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. E.U. P. 34-39.

Rutger, J.N and Crowder, L.U. 1967. Effect of population and row width on corn silaje yield. Agron. J. 59: 475-476.

Sandoval B. 2007. Características agronómicas y nutricionales de asociaciones de gramíneas y leguminosas tropicales. Tesis de maestría. Puerto rico. P. 102-118.

Seiler, GJ, y Rieseberg LH. 1997. Sistemática, origen, y los recursos de germoplasma de girasol silvestre y domesticado. *En* Ciencia y Tecnología de girasol (AA Schneiter, Ed.), pp 21-66. ASA, dicha asistencia, y ASSA, Madison, Wisconsin.

Somarribas M. 2007. Efecto de diferentes densidades de maíz y diferentes agotamientos del agua disponible en el suelo sobre la producción de forraje de maíz asociado con mucuna. Tesis de Maestría. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. P. 90-107.

Tilley, J.M.A. and R.A. Terry, 1963. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crosp, Brit. Grassl. Soc. 18:104-111.

Van Soest, P. J. 1982. Nutritional Ecology of the Ruminant. 1 Ed. Corvallis Oregon, O and B Books. 374 p., U.S.A.

Van Soest, P. J. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant. 2da. Edition. Cornell University. Pp. 7-22, 167-168.

Velasco, S.F.E. 2007. Calidad nutricional y digestibilidad *In vitro* del ensilaje de girasol silvestre (Heliantus annuus) con y sin aditivos. Tesis Licenciatura Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Villareal, Q. 1983 Melazas de Buenavista, Coahuila. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Pp. 214-220.

Wilkins, R.J. 1969. The potential digestibility of cellulose in forage and feces. Jounal of Agricultural Science. Cambridge. 57:73-88.