UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO



DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN ANIMAL

Digestibilidad *in vitro* de fibra detergente neutro (FDN) maíz (Zea mays):girasol silvestre (Helianthus annuus)

Por:

GILBERTO RUÍZ MORALES

TESIS

Requisito Parcial Para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA.

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

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN ANIMAL

Digestibilidad *in vitro* de fibra detergente neutro (FDN) maíz (*Zea mays*):girasol silvestre (*Helianthus annuus*)

Por:
GILBERTO RUÍZ MORALES

Tesis

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

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

APROBADO POR:

Dr. Ramón F. García Castillo
PRESIDENTE

M.C. Antonio Valdés Oyervides
VOCAL

Ing. José Amando Rodríguez G.
VOCAL

Dr. Ramiro López Trujillo
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO" COORDINACION DE CIENCIA ANIMAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Mayo del 2012

DEDICATORIAS

Dedico el siguiente trabajo a todas aquellas personas que de una u otra manera formaron parte de mi formación, más que profesional personal, gracias por todos sus consejos. Así también como todos aquellos que confiaron en mí desde unas palabras de aliento, hasta un comentario constructivo, a todos ellos gracias.

A DIOS

Con mucho amor y cariño, por darme la dicha y la felicidad de vivir y haberme permitido terminar una carrera profesional, dándome las fuerzas de salir adelante y superar momentos muy difíciles de mi vida.

A MIS PADRES

Mario Ruíz Díaz

Vicenta Morales Jiménez

Con mucho cariño y respeto por haberme enseñado el buen camino de la vida, y que gracias a su esfuerzo y el gran amor que nos rodea ha sido una inspiración para lograr la meta que me propuse.

A MIS HERMANOS

Por estar siempre en los momentos más difíciles de mi vida por sus apoyos moral e incondicional y que hoy forman parte de mi formación académica gracias los quiero mucho.

A MIS AMIGOS

A todos mis amigos de la generación CXII, por convivir por más de 4 años dentro y fuera de las aulas, apoyándonos mutuamente en nuestra formación profesional y en especial a todos aquellos que formaron parte en la investigación de este proyecto: Ángel, Dionisio, Gabino, Herminio, Rigoberto, Guadalupe, Eliseo y Enrique.

A la ***Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro*** por abrirme sus puertas y permitir alcanzar mis sueños terminar mi carrera profesional y llevarme de ella la etapa más importante de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A mi **“ALMA TERRA MATER**” por la oportunidad de formarme en sus aulas y hacerme uno más de los frutos de esta universidad.

Al Dr. Ramón F. García Castillo, por la confianza depositada, y el apoyo brindado incondicional, para la realización de esta investigación.

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

A todos mis amigos: Bernabé, Ángel, Dionisio, Herminio, David y Guadalupe quienes formaron parte en la realización de este trabajo.

A mis maestros, a cada uno de ellos que formaron parte de mi formación profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	PÁGINA
Dedicatorias……	**iii**
Agradecimientos……..	**v**
Índice de cuadros…….....	**Viii**
Índice de gráficas……..	**ix**
1. Introducción……..	**1**
1.1. Objetivo general……..	**2**
1.2. Justificación…….....	**2**
1.3. Hipótesis……	**3**
2. Revisión de literatura……..	**3**
2.1. Antecedentes……..……	**3**
2.2. Fibra Detergente Neutro (FDN)…….....	**3**
2.1.1. Maíz criollo……..…….....	**4**
2.1.2. Nombre científico *(Zea mays)* L……..	**4**
2.1.3. Calidad y valor nutritivo de los forrajes……..……..	**4**
2.1.4. Adaptación……	**6**
2.1.5. Cosecha del maíz…….....	**6**
2.1.6. Usos……	**7**
2.2.1. Girasol silvestre (*Helianthus annuus*) L……	**7**
2.2.2. Nombres comunes y características de la planta…….....	**8**
2.2.3. Adaptación de la planta……..	**8**
2.2.4. El girasol silvestre como forraje……..	**9**
2.2.5. Valor nutritivo……	**10**
2.2.6. Distribución en México…….....	**11**
2.2.7. Descripción técnica……....	**11**
2.2.8. Digestibilidad ruminal *in situ*……....	**12**
2.2.9. Digestibilidad……	**12**
2.2.10. Digestibilidad de MS del maíz…….....	**13**

3. Materiales y métodos…….. 14
3.1. Área de experimentación……. 14
3.2. Material a evaluar…….. 15
3.3. Fase del laboratorio……..…… 15
3.4. Obtención del líquido ruminal…… 15
3.5. Método experimental……..……. 16
3.6. Análisis de laboratorio……..……. 16
3.7. Análisis estadístico…… 16

4. Resultados y Discusión……..... 17
4.1. Digestibilidad Fibra detergente neutro…….……. 17
4.2. Discusión……. 21
5. Conclusiones y Recomendaciones……. 23
6. Literatura citada…… 24

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Criterios de calidad para fuentes forrajeras……..	5
2. Clasificación taxonómica del maíz…….	5
3. Clasificación botánica del girasol silvestre…….	9
4. Tratamientos y porciones de muestra expresando en %.....	15
5. % de digestibilidad de la Fibra Detergente Neutro (FDN) de los tratamientos a diferentes tiempos de incubación……..	18

ÍNDICE DE GRÁFICAS

GRÁFICA	PÁGINA
1. Digestibilidad Fibra Detergente Neutro de materia seca de maíz:girasol silvestre (100:0, 75:25, 50:50, 25:75 y 100:0) a tiempo 0 h de incubación…….	19
2. Digestibilidad Fibra Detergente Neutro de materia seca de maíz:girasol silvestre (100:0, 75:25, 50:50, 25:75 y 100:0) a tiempo 12 h de incubación…….	19
3. Digestibilidad Fibra Detergente Neutro de materia seca de maíz:girasol silvestre (100:0, 75:25, 50:50, 25:75 y 100:0) a tiempo 24 h de incubación……..	20
4. Digestibilidad Fibra Detergente Neutro de materia seca de maíz:girasol silvestre (100:0, 75:25, 50:50, 25:75 y 100:0) a tiempo 36 h de incubación……..	20
5. Digestibilidad Fibra Detergente Neutro de materia seca de maíz:girasol silvestre (100:0, 75:25, 50:50, 25:75 y 100:0) a tiempo 48 h de incubación……..	21

1. INTRODUCCIÓN

La producción de forraje es una actividad agrícola fundamental para apoyar actividades estratégicas dentro del plan nacional de desarrollo como la producción de leche en México. Los forrajes son el material vegetativo con el cual se alimenta al ganado, incluye pasturas, henos, ensilaje y especies de raíces forrajeras, que no pueden ser utilizadas en esta forma para la alimentación humana (SEP, 1991) coincidiendo con Huss y Aguirre, (1979) que lo define como cualquier parte comestible no dañina, de una planta que tiene valor nutritivo y que es disponible para los animales en pastoreo.

El maíz como alimento forrajero tiene algunas ventajas, como son bajos costos de producción, el cultivo establecido ocupa el terreno durante corta temporada y el forraje obtenido, por lo general, es ensilado para utilizarse en épocas críticas en los cuales escasea el alimento. Además, cuando se utiliza la planta completa de maíz como forraje, supera a todas las especies forrajeras por su rendimiento en materia seca (MS) y principios nutritivos digestibles por hectárea (Morrison, 1969).

Al respecto, Núñez, (1993) establece que en áreas con problemas de disponibilidad de agua para riego, el maíz es un forraje muy eficiente en la producción de materia seca (PMS) por metro cúbico de agua aplicada (2,3 kg de MS por metro cúbico de agua). Pero el problema del norte es la dificultad de disponibilidad de agua por lo que se busca una especie que su requerimiento sea mucho menor.

El creciente aumento en la demanda forrajera en las cuencas lecheras del norte del país, cada vez es mayor. Sin embargo la producción de maíz forrajero ya es insuficiente para abastecer esta actividad. Lo cual exige, buscar alternativas que puedan sustituir el maíz forrajero. Por lo tanto, es necesario buscar especie como alternativa que demuestren resistencia, viabilidad y factibilidad económica y de fácil aceptación por el animal.

El girasol silvestre en nuestro país se explota comercialmente muy poco, y puede ser clave en 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 demostrado mediante investigaciones que el girasol silvestre supera como forraje a otras especies forrajeras obteniendo altos rendimientos de materia verde, y mayor valor nutritivo. Además prospera con éxito en regiones en donde el maíz, sorgo u otras especies forrajeras no progresan.

Mazzani, (1963) menciona que el girasol silvestre 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 es de gran ventaja por que produce grandes cantidades de materia verde. El girasol silvestre es un importante cultivo por su alto valor como planta oleaginosa y forrajera (Carter, 1978).

***Palabras Clave*: Maíz, girasol silvestre, digestibilidad, forraje**

1.1. Objetivo general

Determinar la digestibilidad de fibra detergente neutro (FDN) a mezclas maíz:girasol silvestre a diferentes tiempos de incubación.

1.2 Justificación

Obtener la mezcla de maíz: girasol silvestre que tenga la mejor proporción y digestibilidad de Fibra Detergente Neutro (FDN).

1.3. Hipótesis

Ho: La tasa de digestibilidad de la Fibra Detergente Neutro de la planta de maíz y girasol silvestre solos o en diferentes proporciones, no se afecta a diferentes tiempos de incubación.

Hα: La tasa de digestibilidad de la Fibra Detergente Neutro de la planta de maíz:girasol silvestre solos o en diferentes proporciones, se afecta por los diferentes tiempos de incubación.

2. Revisión de literatura

2.1. Antecedentes

La fibra detergente neutro (FDN) ha sido motivo de estudio en diferentes campos del conocimiento y con el advenimiento de nuevas tecnologías que se han utilizado para ampliar la caracterización de las regiones subcelulares y de sus interacciones, la importancia y estudio de la FDN se ha incrementado.

2.2. FIBRA DETERGENTE NEUTRO (FDN)

En la búsqueda de una mejor caracterización química de los forrajes, Van Soest, (1982) considero más conveniente, dividir la materia seca en: contenido celular y pared celular. La FDN es la fracción o porción de la muestra de alimento que no es soluble en detergente neutro (método de los detergentes de Van Soest). Esta básicamente compuesta por celulosa, hemicelulosa, lignina y sílice, y se le denomina pared celular. La misma se correlaciona inversamente con el consumo voluntaria de MS. Ocupan espacio en el rumen, se digieren lentamente y en diferente porcentaje *(Schofield et al. 1994)*. La parte o diferencia que es soluble en detergente neutro se considera como contenido celular y es totalmente digerible.

2.1.1. Maíz Criollo

2.1.2. Nombre científico (Zea mays) L.

El maíz se usa como alimento pecuario de diferentes maneras; para obtención de grano, para ensilaje, alimentos para cerdos, pastoreo y forraje. Es probablemente el material orgánico más barato y puro de la agricultura.

Además de ser un cultivo de bajo costo, (Inchausti y Tagle, 1967) es un alimento que proporciona un gran rendimiento energético, pero debido a que es pobre en proteínas no es muy recomendable para acelerar el desarrollo del ganado, es una buena fuente de carbohidratos y ayuda a formar las reservas de grasa del animal. Sin embargo, Jugenheimer, (1985) menciona que una buena parte del grano del maíz se usa para consumo humano.

2.1.3. Calidad y valor nutritivo de los forrajes

Robles, (1983) marca que el valor nutritivo de cualquier alimento depende de su contenido de proteínas, grasa, fibra, carbohidratos fácilmente solubles, sales minerales y vitaminas. Y las causas que intervienen en la determinación de la composición química y del valor nutritivo de los forrajes son: Estado vegetativo, factores ambientales, condición del suelo, época de cosecha, almacenaje y manejo de forraje, métodos de ensilaje, región donde se produce y método de análisis a usar (Spragre y Leparulo, 1965). De los cuales, la edad de la planta es el factor más importante, ya que a menor edad el contenido de proteína es mucho mayor. Así mismo menciona que el valor nutritivo del forraje varía según la parte de la planta que se trate, ya que las hojas poseen más proteína y grasa que los tallos (Hernández, 1957).

Herrera, (1999) 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 mas	40-52
Contenido de FDA (%)	35 o mas	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)

Cuadro 2.- Clasificación taxonómica del maíz

Reino	Plantae
Filo:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Poales
Familia:	Poaceae
Género	*Zea*
Especie	Mays
Nombre científico:	*Zea mays*

Doebley y Iltis, (1980)

2.1.4. Adaptación

Como la generalidad de las plantas cultivadas, el maíz requiere de condiciones óptimas de suelos y clima para que se logren los más altos rendimientos. Elizondo y Boschini, (2001) reportan rendimientos de 10,2 toneladas de materia seca por hectárea en maíz criollo a una edad de 112 días y con una densidad de siembra de 96000 plantas/ha. Mientras Soto y Hahn, (1983) reporta una producción con maíz hibrido de 17.7 toneladas de materia seca/ha, cosechado a los 171 días y con una densidad de siembra de 77000 plantas/ha.

Los rendimientos que se puedan obtener varían según la variedad, la fertilidad del suelo, la edad de corte y la densidad de siembra entre otros factores (Aldrich y Leng, 1974). De allí, Castillo, (2005) reporta producción estimada de materia verde (MV) de 94.0 tn/ha en AN-388, AN447 y el híbrido P30G54 Pioneer. Y producción de materia seca en AN-388 de 42.797 y el híbrido P30G54 Pioneer, 35.409 ton/ha con menor valor para AN447.

En cultivo, para la producción de forraje, el maíz ha mostrado excelentes características de palatabilidad y en consecuencia un alto consumo por el ganado. Es uno de los mejores cultivos para ensilar, ya que reúne muy buenas condiciones de valor nutritivo, alto contenido en azúcares y alto rendimiento por unidad de área (Peñagaricano *et al.* 1986).

2.1.5. Cosecha del maíz

Robles, (1985) señala que el maíz debe cortarse cuando el grano presenta una madurez lechoso – masoso, estado que se presenta de los 80 a 85 días después de la siembra y en este momento se obtiene un forraje con alta calidad nutritiva.

Por otra parte Flores, (1990) menciona que la digestibilidad, calidad y valor nutritivo de un forraje son más altos cuando las plantas son jóvenes; y se considera a si antes de la floración. La disminución del valor nutritivo del forraje verde es debido a la edad, y se debe en gran parte a la menor proporción de hojas y al aumento en proporción de tallos menos nutritivos.

2.1.6 Usos

Su uso es para consumo animal, ya que la planta del maíz es un excelente forraje para el ganado, especialmente para vacas lecheras y los animales de tiro. Se utiliza como forraje en varias etapas del crecimiento de la planta, especialmente en el momento de la emisión de la panoja o más adelante (INFOAGRO, 2008).

2.2.1. Girasol Silvestre *(Helianthus annuus)* L.

Villareal, (1983) describe al girasol silvestre como una planta con tallos erectos de 50 cm. a 3 mts. de alto, ramificado en la parte superior, cubiertos por pubescencia de pelos largos y ásperos frecuentemente con manchas oscuras; hojas alternas, pecioladas, con limbo de forma ovalada a deltoidea de 5 a 30 cm. de largo y aproximadamente el mismo ancho con tres nervaduras basales principales. Superficie rugosa y de borde dentado; flores en cabezuelas, sobre pedúnculos largos, solitarios o en grupos de 2 a 3 en ramas terminales; brácteas de la cabezuela cubiertas por pelos marginales largos, flores periféricas con lígulas largas amarillas, flores centrales tubulares numerosas de color café amarillento, separadas por brácteas escamosas, fruto, un aquenio oblongo de 8 a 9 mm de largo y 4 a 6 mm de ancho, con pubescencia corta de color negro y manchas claras coronado por dos aristas lanceoladas fácilmente caedizas.

Villareal, (1983) menciona que el girasol silvestre es una planta anual de verano con floración durante los meses de junio a noviembre y reproducción solo por semilla. Es nativa de Norteamérica y se distribuye desde el sur de Canadá a través de los Estados Unidos de América hasta el norte de México. Es una maleza de cultivos en áreas de pastoreo, orillas de caminos y lotes baldíos.

2.2.2. Nombres comunes y características de la planta

Al girasol silvestre también se le conoce con otros nombres comunes como: maravillas, polocote, tornasol, acahual andina, chimalatl o chimalitl, gigante, lampote, mirasol, masol de las indias, corona de Júpiter, flor del sol, copa de Júpiter, maíz de Texas, sunflower, tajonal (Robles, 1985).

Algunas características distintivas son: que es una hierba anual con tallos huecos carnosos y con jugo lechoso, cabezuelas amarillas fruto con mechón de pelos finos y apicales, fácilmente caedizos.

Posee buena resistencia a la sequía y tolerancia a bajas temperaturas, por lo que puede prosperar en áreas de bajas precipitaciones, así como en diverso tipos de suelos y de altura del nivel del mar desde los 0 a los 2500 m.s.n.m.

2.2.3. Adaptación de la planta

Mazzani, (1963), menciona que el girasol silvestre se adapta bien a suelos de textura y composición muy diferente, desde los arcillosos hasta los que contiene alto porcentaje de arena y que es cultivado en algunos países para la producción de forrajes y que es de gran ventaja porque produce grandes cantidades de materia verde. (50/70 ton/ha.).

Cuadro 3.- Clasificación botánica del girasol silvestre

Reino	Metaphyta
División	Magnoliophyta
Clase	magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Asterales
Familia	Asteraceae
Tribu	Heliantheae
Género	*Helianthus*
Especie	*annuus*
Nombre científico	*Helianthus annuus*

Cronquist, (1981)

2.2.4. El girasol silvestre como forraje

Cuando el periodo vegetativo es demasiado corto o demasiado frio para el maíz, se emplea el girasol silvestre algunas veces para ensilar o como forraje verde. El girasol silvestre no es afectado como el maíz por el tiempo frio o por heladas ligeras, por lo tanto, produce buenas cosechas donde se escasea el maíz. (Romo, 1970)

Juscafresa, (1983) menciona que el girasol silvestre es una planta bastante equivalente, requiriendo una buena aportación de fertilizantes nitrogenados, fosfóricos y potásicos y si es sembrada tempranamente pueden obtenerse dos cortes abundantes de forrajes. Como planta forrajera puede cultivarse sola o

asociada con el maíz, para mejorar su apetecibilidad en el ganado; su digestibilidad depende del estado de desarrollo de la planta. El girasol silvestre cortado antes de iniciar la floración, se hace más digestible y se obtiene un recorte tanto o más abundante que el primero, aunque por lo regular es consumido verde. Puede así mismo ensilarse, en cuyo caso deberá cortarse más tarde, hasta que el grano está formado pero no endurecido. En este caso será de un valor nutritivo superior, pero su contenido de fibra lo hará menos digestible, además de ofrecer un recorte muy inferior, que si es cortado antes de iniciar la floración. El girasol silvestre es casi únicamente apetecible por el ganado bovino.

2.2.5. Valor nutritivo

Cantú, (1996) menciona que el contenido de nutrientes del girasol al entrar a la floración y en estado verde es el siguiente: 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, presentan 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.

Se han hecho estudios de la digestibilidad in vitro del girasol comparadas con el maíz (González, 1976) en los cuales 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.

2.2.6. Distribución en México

Se registra en casi todos los estados de la República mexicana, pero es posible que a veces se hayan registrado más bien ejemplares asilvestrados de la planta domesticada. Poblaciones grandes realmente silvestres hay en los estados de: Aguascalientes, Baja California Norte, Baja California Sur, Campeche, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Durango, Guanajuato, Guerrero, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, San Luís Potosí, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Veracruz, Yucatán, Zacatecas (Villaseñor y Espinosa, 1998).

2.2.7. Descripción técnica

Rzedowski y Rzedowski, (2001). Hace la siguiente descripción técnica del girasol silvestre *(Helianthus annus).*

Hábito y forma de vida: Planta anual.

Tamaño: De hasta 3 m de alto.

Tallo: Erecto simple o ramificado, por lo general toscamente híspido.

Hojas: En su mayoría alternas, con pecíolos de hasta 20 cm de largo, lámina ovada a triangular-ovada o anchamente lanceolada, hasta 45 cm de largo y 35 cm de ancho (aunque hay plantas silvestres por lo común de menos de la mitad de este tamaño), obtusa a acuminada en el ápice, toscamente aserrada a subentera en el margen, cuneada a acorazonada en la base, por lo común escábrida (áspera) híspida en ambas caras, trinervada.

Cabezuela/Flores: Cabezuelas solitarias o agrupadas por varias en el extremo de los tallos; involucro hemisférico, de más de 2 cm de diámetro, receptáculo plano, páleas lanceoladas; flores liguladas 8 o más, sus láminas oblongas u oblanceoladas, amarillas a anaranjadas, hasta 5 cm de largo; flores del disco oscuras en la parte apical, ± 7 mm de largo.

Frutos y semillas: Aquenios oblongo ovoides, algo comprimidos, 3.5 a 5.5 mm de largo, grisáceo, a menudo moteado; vilano de dos escamas lanceoladas, caducas.

2.2.8. Digestión ruminal *In situ*

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.

2.2.9. Digestibilidad

Alimento ingerido y por lo tanto es absorbido 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. En consecuencia de las acciones digestivas se caracteriza por el llamado coeficiente de digestibilidad (Besse, 1977).

McDonald *et al.* (1969) define la digestibilidad de un 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.

Castillo, (1988) asegura 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 líquido ruminal uniforme; y otra la digestión con pepsinas con acido.

2.2.10. Digestibilidad de MS del maíz

Se ha observado que en el caso del maíz, cuando la planta tiene un 35 % de materia seca, se obtiene la mayor producción de la misma, y esto corresponde en el momento en que el grado de madurez se encuentra en estado masoso–lechoso. Este nivel de producción decrece al aumentar o disminuir el por ciento de materia seca contenida en la planta (Jorgensen y Crowley, 1976).

El maíz criollo presenta menos digestibilidad que los maíces forrajeras que actualmente han creado los genetistas para la alimentación animal. Ya que los maíces híbridos presentan mayor porciento de tallo que hojas y en las hojas es donde existe el mayor porciento de nutrientes acumulado por ser más digestible.

En años recientes se han desarrollado híbridos forrajeros con mayor digestibilidad de la fibra, bajo el supuesto de que así se incrementa el consumo de materia seca y se logra una mayor producción de leche. Otros híbridos han sido desarrollados para una mayor área foliar y mayor digestibilidad con resultados positivos (Thomas *et al*. 2001).

Flores, (1986) determinó que el maíz se corta cuando sus granos pasan del estado lechoso al vidrioso. En un estado más avanzado de maduración, el ensilaje resulta menos apetitoso para los animales y su rendimiento nutritivo es proporcionalmente menos por haber aumentado la cantidad de celulosa o fibra, con lo que se rebaja la digestibilidad total y si se corta antes del estado lechoso los principios nutritivos disminuyen y la calidad del ensilaje es proporcionalmente baja.

En México, la etapa de corte para ensilaje tradicionalmente se realiza en estado lechoso-masoso o masoso, por lo que los ensilaje presentan una baja producción de elote que se refleja en menor producción y calidad de forraje. Wiersma *et al*. (1993) sugirieron el uso de la línea de la leche durante la maduración del grano como criterio para determinar el momento oportuno del corte de maíz para ensilar.

Cummins, (1970) en 7 cosechas realizadas en maíz para forraje a intervalos de una semana, desde el estado lechoso tardío a estado de madurez del grano observó que la digestibilidad *in vitro* de la materia seca y el contenido total de los carbohidratos en la mazorca se incrementa con la madurez y después baja. El contenido total de los carbohidratos disponibles y la digestibilidad *in vitro* de la materia seca en las hoja generalmente decrece con la maduración. Los cambios observados en la calidad de tallo y mazorca se reflejan en la calidad total en la planta, el rendimiento de forraje verde generalmente decreció con la madurez.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Área de experimentación

El presente trabajo de investigación se realizo en el departamento de nutrición animal de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, ubicada 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 m.s.n.m, 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 a evaluar

Las muestras utilizadas de plantas de maíz enteras y girasol silvestre fueron cortadas al azar, obtenidas de un productor particular ubicado en San Juan de la Vaquería, Municipio de Saltillo, Coahuila. Las plantas de maíz enteras en estado grano lechoso - mazoso y girasol silvestre en estado tierno.

3.3. Fase de laboratorio

Se utilizaron 5 tratamientos, con tres repeticiones **(cuadro 4).** Se prepararon de manera independiente mezclando cada uno de ellos.

Cuadro 4.- tratamientos y porciones de muestras expresado en %

Tratamientos	Maíz (%)	Polocote (%)
1	100	0
2	75	25
3	50	50
4	25	75
5	0	100

3.4. Obtención de líquido ruminal

El líquido ruminal se obtuvo de un bovino de la raza charoláis macho con un peso de 350kg Pv. Desparasitado con Ivermectina (1ml/50kg PV) y vitaminado (A, D, E). El animal fue alimentado con heno de triticale y agua al libre acceso.

3.5. Método experimental

A todas las muestras se les determinó materia seca (AOAC, 1997). Se pesó 0.5 gramos de muestra seca de cada tratamiento y se colocó en cada tubo, los cuales fueron incubados en baño serológico a una temperatura de 39°C. De acuerdo a los tiempos de incubación 0, 12, 24, 36, y 48 horas. Donde en cada tiempo se utilizaron 5 tratamientos con 3 repeticiones por tiempo respectivo en la primera fase de digestión In Vitro (Tilley y Terry, 1963).

3.6. Análisis de laboratorio

A las muestras de cada tratamiento antes de incubar y posterior a la incubación se les determinó FDN (Goering y Van Soest, 1970).

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)

3.7. Análisis estadístico

Los resultados obtenidos de digestibilidad de Fibra Detergente Neutro (FDN) o pared celular de cada tiempo de incubación se analizaron en un diseño completamente al azar con cinco tratamientos y tres repeticiones. Para la comparación de medias se utilizó el paquete computacional de UANL (Olivares, 1993).

4. Resultados y discusiones

4.1. Digestibilidad de Fibra Detergente Neutro (FDN)

Los valores de digestibilidad de fibra detergente neutro encontrados en esta investigación para cada uno de los diferentes tratamientos de maíz:girasol silvestre en cada proporción (100:0, 75:25, 50:50, 25:75 y 0:100) en los tiempos 0, 12, 24, 36 y 48 horas de incubación, están en el rango de: 25.0 a 78.0 % (**Cuadro 5).**

Los tratamientos 1, 2, 3, 4 y 5 a tiempo 0 y 12 horas de incubación fueron diferentes (P≤0.01). Los tiempos 24, 36 y 48 de incubación fueron diferentes (P≤0.05). Al hacer la comparación de medias aplicando regresión simple se encontraron ecuaciones con tendencia lineal **(Cuadro 5).**

Tiempo 0 h	$\bar{Y}$ = 23.9040 + 0.28544X	R^2= 0.95
Tiempo 12 h	$\bar{Y}$ = 30.1460 + 0.31756X	R^2= 0.88
Tiempo 24 h	$\bar{Y}$= 45.1920 + 0.25004X	R^2= 0.86
Tiempo 36 h	$\bar{Y}$= 57.0020 + 0.15284X	R^2= 0.81
Tiempo 48 h	$\bar{Y}$= 67.4360 + 0.10640X	R^2= 0.94

La digestibilidad de FDN de cada tratamiento incrementó con el tiempo de incubación, lo cual también nos indica que conforme incrementa el nivel de girasol silvestre se incrementa el porciento de digestibilidad de la fibra en detergente neutro.

Cuadro 5. Digestibilidad de Fibra Detergente Neutro (FDN) (%) a diferentes tiempos de incubación.

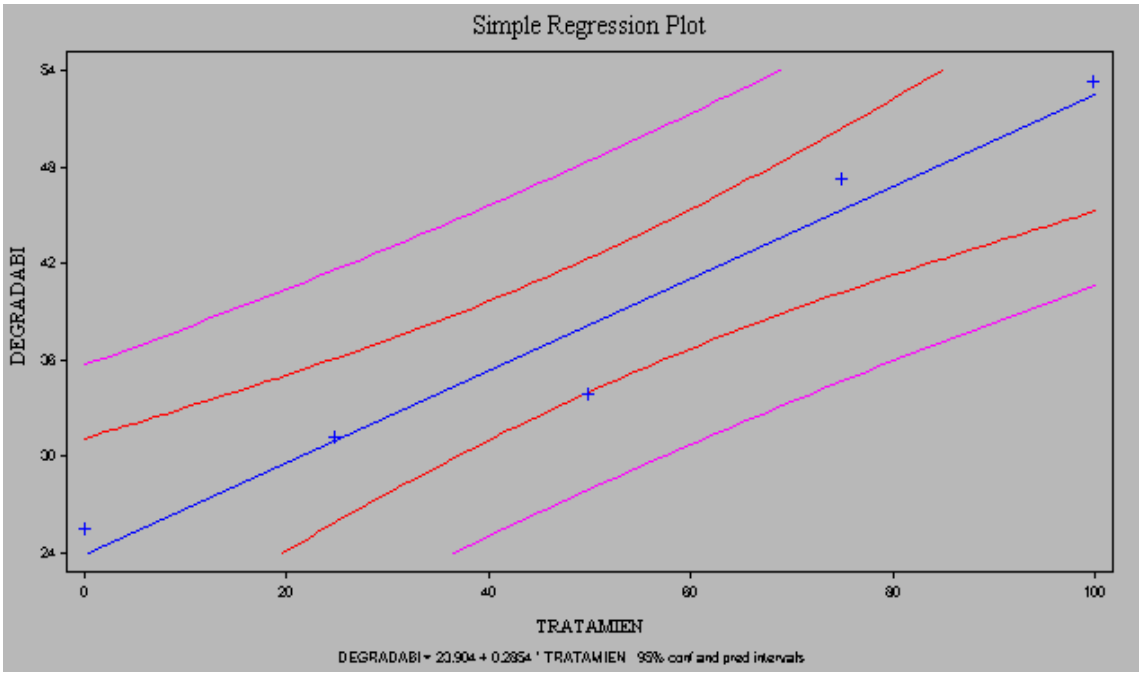
Horas de incubación	Maiz:Girasol silvestre						
	T1 100:0	**T2 75:25**	**T3 50:50**	**T4 25:75**	**T5 100:0**	**E.E**	**P>F**
T0	25.46	33.75	45.27	58.95	66.83	3.78	0.004
T12	31.25	37.52	54.25	60.91	71.35	4.13	0.002
T24	33.8	41.79	56.09	62.3	72.77	4.77	0.018
T36	47.21	49.71	58.42	65.1	74.05	2.98	0.017
T48	53.16	67.35	74.44	75.96	78.78	2.18	0.036

Error estándar (E.E) y probabilidad (P>F).

Para mejor explicación. Se presentan las gráficas que explican el comportamiento de la digestibilidad de acuerdo a la proporción maíz:girasol silvestre a diferentes tiempos de incubación.

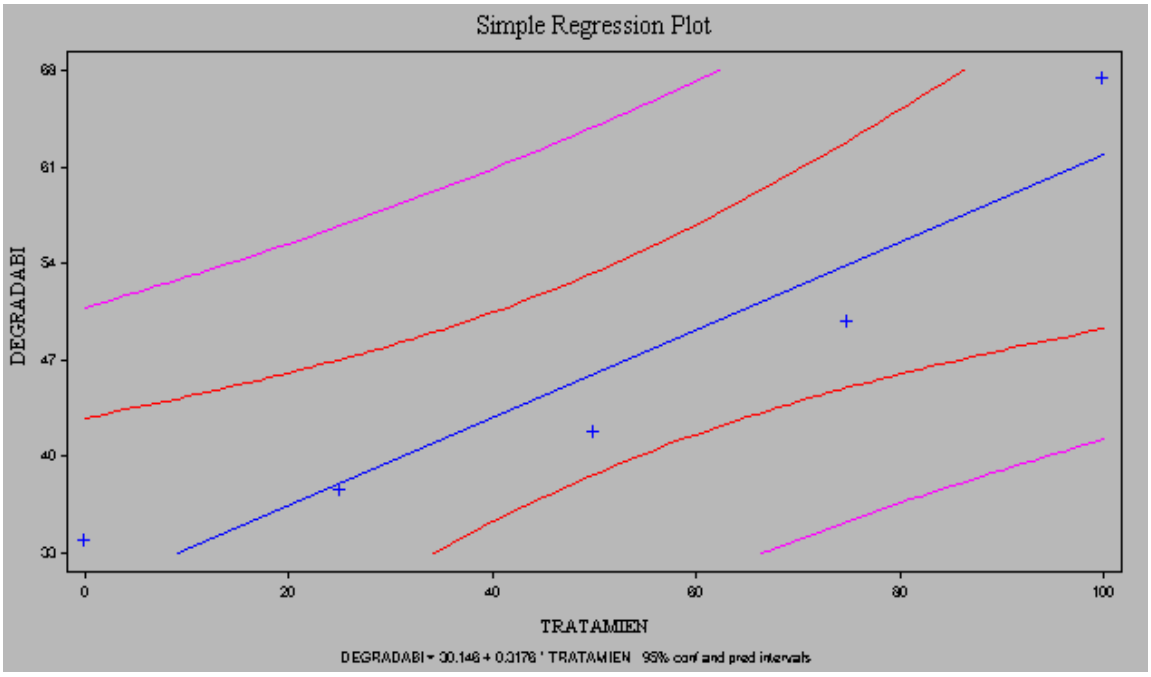
Grafica 1: Digestibilidad Fibra en Detergente Neutro (FDN) maíz:girasol silvestre (100:0, 75:25, 50:50, 25:75 y 0:100)

a tiempo 0 h de incubación.



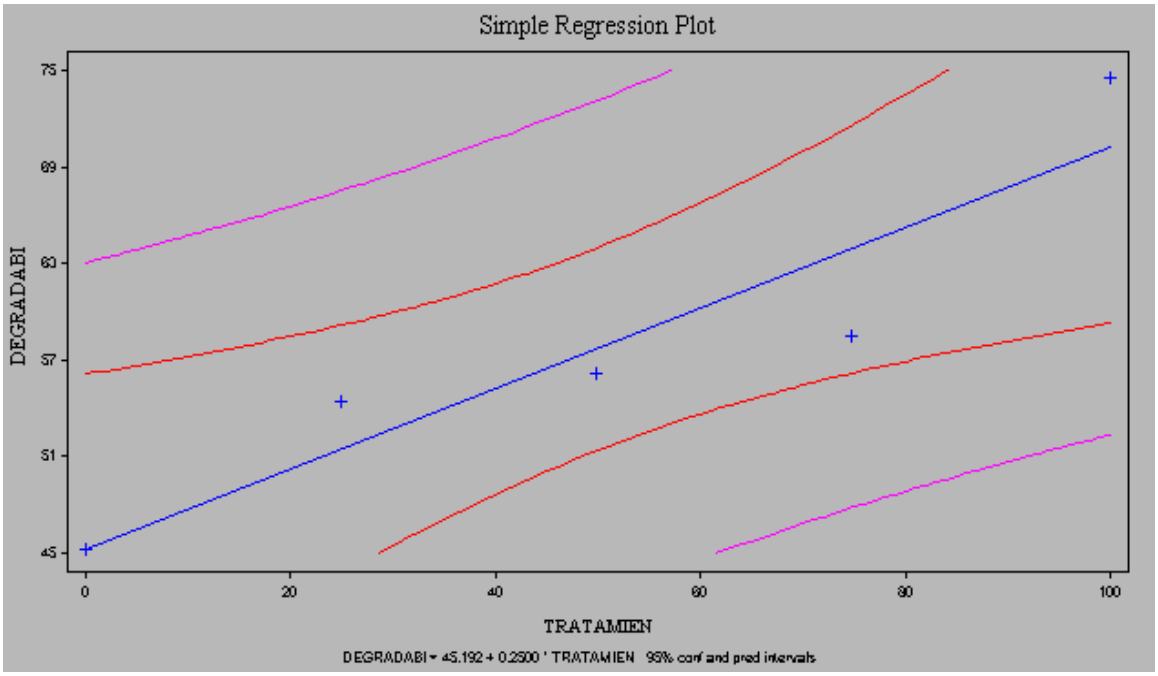
Grafica 2: Digestibilidad Fibra en Detergente Neutro (FDN) maíz:girasol silvestre (100:0, 75:25, 50:50, 25:75 y 0:100)

a tiempo 12 h de incubación.



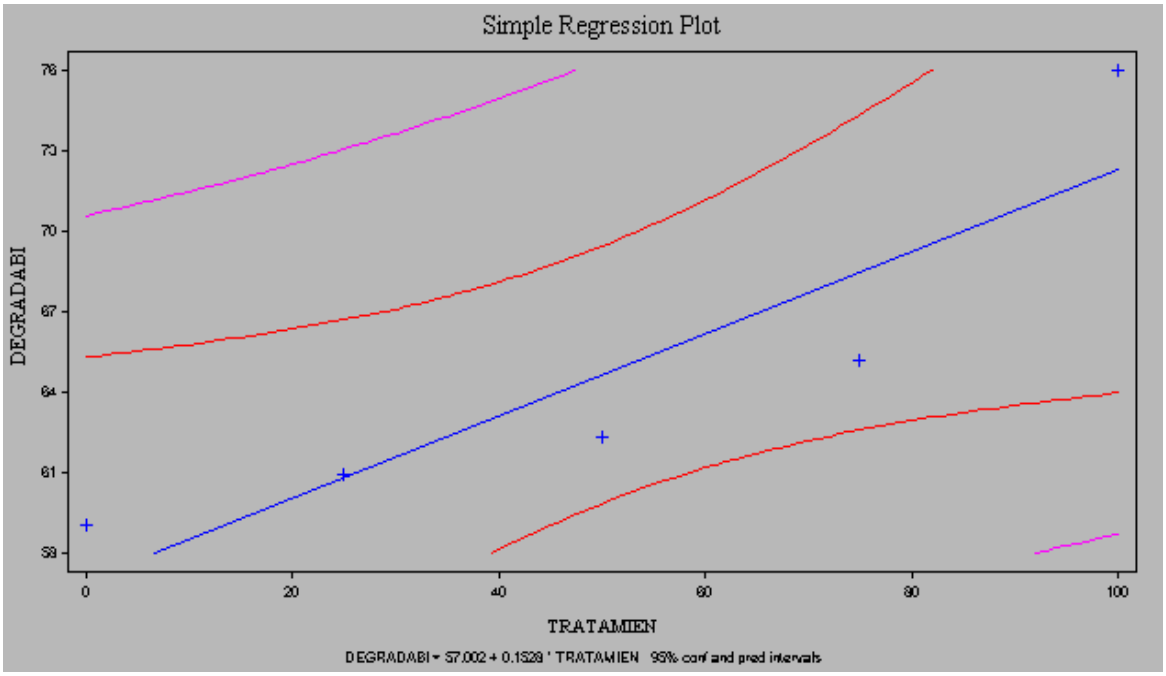
Grafica 3: Digestibilidad Fibra en Detergente Neutro (FDN) maíz:girasol silvestre (100:0, 75:25, 50:50, 25:75 y 0:100)

a tiempo 24 h de incubación.

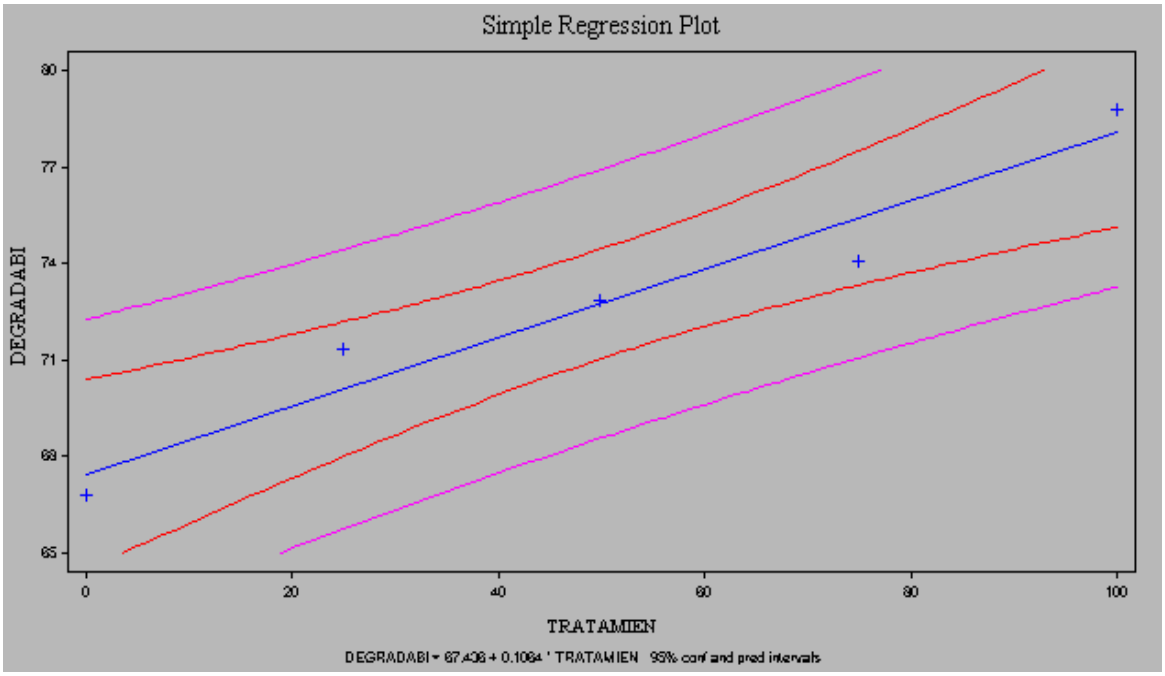


Grafica 4: Digestibilidad Fibra en Detergente Neutro (FDN) maíz:girasol silvestre (100:0, 75:25, 50:50, 25:75 y 0:100)

a tiempo 36 h de incubación.



Grafica 5: Digestibilidad Fibra en Detergente Neutro (FDN) maíz:girasol silvestre (100:0, 75:25, 50:50, 25:75 y 0:100) a tiempo 48 h de incubación.



4.2. Discusión

El contenido de FDN de los alimentos se considera más frecuentemente como indicador del potencial de consumo entre o en una especie forrajera. El procedimiento para determinar FDN separa los componentes del forraje solubles y totalmente digestibles (>98 %) (Componentes celulares) de los que no resultan totalmente disponibles sino que dependen de la fermentación microbiana en el rumen para que se conviertan en parcialmente disponibles para el animal (Fahey y Berger, 1993). Por otro lado, alimentos que contienen cantidades significativas de FDN o carbohidratos estructurales influye tanto en la digestibilidad como sobre el consumo de materia seca.

Se ha sugerido que el nivel de consumo de un forraje puede ser de gran importancia en la descripción de su valor nutricional, ya que existe una alta correlación entre el consumo de MS y el contenido de fibra en detergente neutro (FDN).

La digestibilidad de fibra detergente neutro (FDN) para esta investigación, mantiene niveles aceptables con respecto a otras investigaciones, si los comparamos con resultados en investigaciones de otras especies, Bochi Brum *et al.* (1999) encontraron valores de 37 – 67% de digestibilidad de FDN en tallos y hojas en Haba de playa (*Canavalia marítima*) y 35-77% de digestibilidad de FDN en Añil (*Indigofera hirsuta L*.), Los estudios se llevaron a cabo en el laboratorio de Agua – Suelo - Planta del Instituto Tecnológico de Conkal y de biología y química de la Universidad del Mar, campus Puerto Escondido.

Semejantes a los valores encontrados por Orskov *et al.* (1979) en un ensayo realizado en la finca experimental en el laboratorio de fitoquímica del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), en Turrialba Costa Rica, en una investigación de Cratylia (*Cratylia argéntea)* encontraron valores de 56 % de digestibilidad de FDN en promedio.

Por otro lado Salinas *et al.* (2011) reporta valores ligeramente superiores a los de esta investigación, encontrando valores de 44.62% - 82.63% de digestibilidad *in situ* de la materia seca en pulido de arroz y grano de sorgo en los tiempos de incubación de: 0, 4, 8, 12, 24 y 48 horas. La investigación se realizó en la región centro del estado de Tamaulipas.

Así también Boschini, (2006) determinó la digestibilidad ruminal de la fibra detergente neutro en rebrotes de Morera (*Morus alba*) de 70, 84, 98 y 112 días de edad, con base a la digestibilidad a 48 horas de incubación ruminal obteniendo valores de 45.32% de digestibilidad de FDN a los 70 días de edad; 48.13% de digestibilidad de FDN a los 84 días de edad; 53.29% de digestibilidad de FDN a los 98 días y 57.54% de digestibilidad de FDN a los 112 días. Valores inferiores a los obtenidos en esta investigación si los comparamos a las 48 horas de incubación**.**

Los valores encontrados en este trabajo comparados con otros investigadores puede atribuirse a la mayor relación hoja - tallo y la edad de la

planta (días) que puede afectar 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 madures (Crampton y Harris, 1969).

5. Conclusiones y recomendaciones

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

La digestibilidad de la Fibra Detergente Neutro (FDN) de maíz *(Zea mays)*:girasol silvestre *(Helianthus annuus)* fueron diferentes e incrementó con el tiempos de incubación.

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

6. LITERATURA CITADA

Aldrich, S.; E. Leng. 1974. Producción moderna de maíz. Editorial Hemisferio Sur. Argentina. 308 pp.

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

Besse, J.1977. Alimentación del Ganado 2da. Ed. Edit. Mundi prensa. Madrid, España. Pp. 42-43.

Bochi Brum, O.; Carro, M.D.; Valdés, C.; González, J.S.; López, S; Digestibilidad in vitro de forrajes y concentrados: Efecto de la ración de los animales donantes de líquido ruminal. Arch. Zootec, v. 48, p. 51-61,1999.

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, P. E. 1996. Comportamiento, productivo y reproductivo caprina 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, S. Z. J. 2005. Evaluación química, nutrientes digestibles y digestibilidad de la materia seca de tres híbridos y una variedad de maíz forrajero. Tesis de Lic. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. pp. 22, 23,24.

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

Cronquist, A. 1981. An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press. 1262 p.

Cummins, D. S. 1970. Quality and yield of corn plants and component parts when harvested for silage at different maturity stages. Agron J. 62: 781-784.

Doebley, J.; H. H. Iltis. 1980. Taxonomy of *Zea* (Gramineae). I. A subgeneric classification with key to taxa. Amer. J. Bot. 67(6): 982-993.

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

Fahey, Jr. G. C. and L. l. Berger. 1993. Los carbohidratos en la nutrición de los rumiantes. En: El rumiante, fisiología digestiva y nutrición. Editorial Limusa S. A. Zaragoza, España. Cap. 14:305-337.

Flores, M. J. A. 1986. Bromatología animal. Editorial LIMUSA. México. Pp. 382-383.

Flores, M. J.A. 1990. Bromatología Animal. Tercera edición. Quinta Reimpresión. Editorial Limusa, S.A. México, DF. pp., 41, 42,

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 HK and Van Soest PJ. 1970. Forage fiber analyses (aparathus, reagents, procedures and some applications). USDA-ARS Agricultural handbook 379. U.S. Government Printing Office. Washington D.C.

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.

Hernández, X.E. 1957. Los pastizales mexicanos. Mesa redonda sobre los Problemas de la industria agropecuaria de México. Instituto De Recursos Naturales Renovales. A.C. México. Pp. 26-28.

Herrera, R.; 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. Pp.285-286.

Huss, D.L. y E.L. Aguirre. 1979. Fundamentos de manejo de pastizales.I.T.E.S.M. Monterrey, Nuevo León, México. Pag. 34

Inchausti, D. Y E.C. Tagle. 1967. Bovinotecnia. Tomo II. Editorial El Ateneo. Buenos Aires, Argentina. Pp.49-72.

Infoagro, 2008. El cultivo de Maíz. Disponible en web: www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz.asp.

Jorgensen**,** N. A y Crowley, J. M. 1976. Ensilaje de maíz para el ganado. Edit. Hemisferio Sur. Pp. 39-41; 297.

Jugenheimer, R.W. 1985. Maíz: variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. Primera reimpresión. Editorial Limusa, S.A. México, DF.

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

Mazzani, B. 1963. Plantas oleaginosas. Barcelona-Madrid. Salvat editores.

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

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

Morrison, F.B. 1969. Alimentos y alimentación del ganado. (Trad. J. L. de La Loma) UTHEA, México. Tomo 1. Pp. 418-430.

Núñez, H. G. 1993. Producción, ensilaje y valor nutricional del maíz para forraje: El maíz en la década de los 90. Primer Simposium Internacional. Memorias. Zapopan, Jalisco. Pp. 305-309.

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.; 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.

Peñagaricano, J.; W. Arias; N. LLaneza. 1986. Ensilaje: manejo y utilización de las reservas forrajeras. Editorial Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay. 345 p.

Robles, S.R. 1983. Producción de granos y forrajes. Segunda edición. Editorial Limusa, S.A. México, DF. pp. 73-76.

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. P. 34

Rzedowski, G. C. de y J. Rzedowski, 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. 2a ed. Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México.

S.E.P. 1991. Cultivos Forrajeros. Segunda edición. Primera reimpresión. Editorial Trilla. México, DF. Pag. 9

Salinas-Chavira, J; Muñoz-de-Alba, M; Montaño-Valdez, OD; Martinez-Zapien, O. 2011. *In vitro* and *in situ* evaluation of feed lot rations with different levels of complete ear of the corn (*Zea mays*) in lambs. Indian Journal of Animal Sciences 81(3): 289 - 92.

Schofield, P.; R. E. Pitt and A. N. Pell. 1994. Kinetics of fiber digestion from in Vitro gas production. J. Anim. Sci. P.298-299.

Soto, P; Jahn, E. 1983. Época de cosecha y acumulación de material seca en maíz para ensilaje. Agricultura técnica. 43(2): 133-138.

Sprage, M. A.; L. Leparulo. 1965. Losing during storage and digestibility of different crops of silage. Agronomy Journal. Pp.18, 54-104.

Thomas E D, P Mandebvu, C S Ballard, C J Sniffen, M P. Carter, J Beck 2001 Comparation, in vitro digestibility, and milk yield by dairy cows. J. Dairy Sci. 84:2217-2226.

Tilley, J. M.; R .A. Terry. 1963. two-stage techniques for the in vitro digestion of forage crops. J. British Grassland Soc. P.18-104.

Van Soest, P. J. 1982. Nutricional ecology of the ruminant. 1 Ed. Corvallis Oregon, O and B Books. 374 p., U.S.A.

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

Villaseñor R., J. L. y F. J. Espinosa G., 1998. Catálogo de malezas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario. Fondo de Cultura Económica. México, D.F. Pp 218

Wiersma D A, Carter P R, Albrecht K A, Coors J G .1993. Kernel milkline stage and corn forage yield, quality, and dry matter content. J. Prod Agric. 6:94-99.