

Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”
Unidad Laguna

División de Carreras Agronómicas



***PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA DE MAÍZ
FORRAJERO AN 423 EN EL CICLO
PRIMAVERA-VERANO 2009***

Por:

Ricardo Torres Vargas

Tesis

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el
Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Torreón, Coahuila, México

Diciembre de 2010

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA DE MAÍZ FORRAJERO AN
423 EN EL CICLO PRIMAVERA-VERANO 2009.

Por

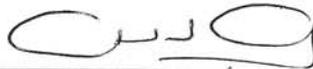
RICARDO TORRES VARGAS

TESIS

Que somete a la consideración del Comité asesor, como
requisito parcial para obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO
APROBADA POR:

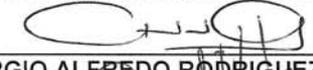
Asesor
Principal:



MC. CYNTHIA DINORAH RUEDAS ALBA

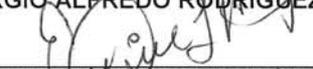
Co-Asesor:

P.A.



PhD. SERGIO ALFREDO RODRIGUEZ HERRERA

Co-Asesor:



ING. ENRIQUE LEOPOLDO HERNÁNDEZ TORRES

Co-Asesor:



MC. BOGART HUERTA SALAS



MC. VÍCTOR MARTINEZ CUETO
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México

Diciembre de 2010

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA**

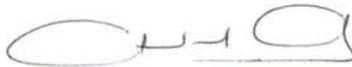
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DEL C. RICARDO TORRES VARGAS QUE SE SOMETE A LA
CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR, COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

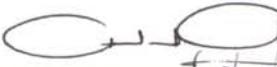
COMITÉ EXAMINADOR:

PRESIDENTE



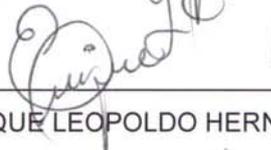
MC. CYNTHIA DINORAH RUEDAS ALBA

VOCAL

P.A. 

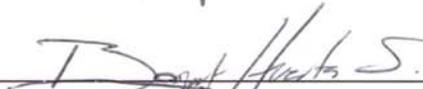
PhD. SERGIO ALFREDO RODRIGUEZ HERRERA

VOCAL

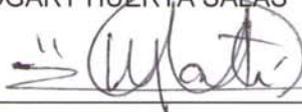


ING. ENRIQUE LEOPOLDO HERNÁNDEZ TORRES

VOCAL SUPLENTE



MC. BOGART HUERTA SALAS



MC. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México

Diciembre de 2010

AGRADECIMIENTOS

Primeramente a **Dios**, por brindarme salud y permitirme llegar hasta este momento.

A la MC. Cynthia Dinorah Ruedas Alba por su valiosa contribución a la realización de este trabajo y por haber provisto todo lo necesario para la realización del mismo, por la gran ayuda prestada en la revisión.

Al Ing. Enrique Leopoldo Hernández Torres por darme la vinculación y la confianza para ser parte de este proyecto, gracias por todos sus consejos.

A los demás miembros de la comisión revisora de mi tesis: PhD. Sergio Alfredo Rodríguez Herrera y MC. Bogart Huerta Salas, por su apoyo en la realización de este trabajo.

Al MC. Víctor Martínez Cueto por las revisiones del trabajo, gracias por todos sus comentarios y sugerencias.

A todos los maestros de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, gracias por todas sus enseñanzas y experiencias compartidas, ya que de ellas tome lo mejor.

A todos mis compañeros y amigos de generación, por todos esos momentos que vivimos juntos, gracias por su amistad.

¡Gracias a todos!

DEDICATORIA

A mi esposa, Samantha del R. Mariscal por todo su amor y comprensión, por el largo camino recorrido juntos y por estar a mi lado en todo momento. Por estar conmigo hasta el final.

A mi Madre, Rosario Vargas Valdez por estar conmigo en todo momento, por sus palabras de aliento, por los ejemplos de perseverancia y constancia que la caracterizan, por el valor mostrado de superación para salir siempre adelante.

A mi hermana, Brenda G. Torres Vargas por todo su cariño y apoyo incondicional.

A mi sobrino, Miguel Alexander Álvarez Torres, para que mis logros sean superados por él en el futuro.

A toda mi familia, por todos los buenos momentos compartidos, por todo el apoyo brindado siempre.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
AGRADECIMIENTO.....	I
DEDICATORIA.....	II
INDICE DE CONTENIDO.....	III
INDICE DE FIGURAS.....	V
RESUMEN.....	VI
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1.1 Justificación	2
1.2 Objetivos	3
1.2.1 Objetivo general.....	3
1.2.2 Objetivos específicos	3
1.3 Hipotesis	3
II. REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1 Generalidades del maíz	4
2.2 Importancia	4
2.3 La semilla del maíz.....	4
2.3.1 El pericarpio.....	5
2.3.2 El mesocarpio.....	5
2.3.3 La aleurona.....	6
2.3.4 El endospermo.....	6
2.3.5 El germen	7
2.4 Composición química y aspectos nutricionales.....	7
2.5 Maíz Forrajero.....	9
2.5.1 Selección de híbridos de maíz de alto rendimiento para forraje ...	11

2.5.2	Fertilización del maíz forrajero.....	12
2.5.3	Riego del maíz forrajero	12
2.5.4	Etapa de madurez a la cosecha	13
2.6	Análisis químico bromatológico de maíz forrajero	13
2.7	Producción de materia seca de maíz forrajero	14
2.8	Siembra de maíz forrajero en la Comarca Lagunera.....	16
2.9	Área de siembra	17
III.	MATERIALES Y METODOS	19
3.1	Localización del experimento	19
3.2	Análisis del suelo	19
3.3	Genotipo utilizado.....	19
3.4	Densidad de siembra	19
3.5	Sistema de riego	19
3.6	Fertilización	20
3.7	Control de plagas y enfermedades:.....	20
3.8	Diseño experimental.....	20
3.8.1	Tratamientos.....	20
3.8.2	Distribución de los tratamientos.....	20
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
V.	CONCLUSIONES.....	25
VI.	BIBLIOGRAFÍA.....	26

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Estructura del grano de maíz.....	5
2	Composición de un alimento.....	14
3	Rendimiento en forraje verde de los distintos tratamientos en el ciclo PV (ton/ha).....	21
4	Rendimiento en materia seca de los distintos tratamientos en el ciclo PV (ton/ha).....	22
5	Porcentaje de rendimiento de materia seca en relación con el forraje en verde.....	23

RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo en la primavera-verano 2009, en el campo experimental de Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, Unidad Laguna (U.A.A.A.N.-U.L.), en un área de 1,435.5 m² de 11.0 m x 130.5 m de área. Donde se evaluó al híbrido de maíz forrajero AN 423, el objetivo fue determinar el rendimiento en materia seca y forraje verde de este maíz forrajero bajo diferentes tratamientos de fertilizantes.

La fertilización orgánica utilizada fue Vermicomposta a una dosis de 8.181 ton/ha, composta a una dosis de 10 ton/ha, y Te de composta o ácidos húmicos a una dosis de 3,000 l/ha, además de UREA + MAP a la dosis recomendada por el INIFAP, y fertilización cero.

La producción fertilizada con el tratamiento vermicomposta, logró obtener los valores más altos de rendimiento en forraje verde y materia seca con valores de 87.77 y 28.35 ton/ha respectivamente, mientras que los valores más bajos se obtuvieron con la fertilización cero con valores de 59.44 ton/ha y 16.82 ton/ha.

Palabras claves: fertilización, vermicomposta, forraje, maíz, rendimiento.

I. INTRODUCCIÓN

El maíz es la planta más domesticada del reino vegetal. Ha sido, por mucho, la base de la alimentación de los mexicanos desde las culturas prehispánicas (White y Johnson, 2003), es el primer cereal en rendimiento de grano por hectárea y en producción total es el segundo, después del trigo. El maíz es de gran importancia económica a nivel mundial ya sea como alimento humano, como alimento para el ganado o como fuente de un gran número de productos industriales. La diversidad de los ambientes bajo los cuales es cultivado el maíz es mucho mayor que la de cualquier otro cultivo.

El maíz en la alimentación animal es considerado como un cultivo básico, ya que es una de las plantas forrajeras con más rendimiento, calidad nutritiva y adaptabilidad a las regiones temporales del país, por ello representa una de las alternativas más adecuadas para alimentar al ganado bovino.

Para elegir un cereal destinado a la producción forraje, debe basarse en su capacidad de adaptación al medio local, productividad relativa, beneficio para el ganado, posibilidad de rebrote y su valor nutritivo. De ahí el maíz forrajero sea uno de los materiales vegetativos de fácil acceso con lo que se alimenta al ganado, pues este material incluye heno o ensilado, y para que se convierta en un valor alimenticio para el hombre es necesario que los animales lo transformen en productos como carne y leche.

La producción de leche por ganado bovino en la Comarca Lagunera es una de las principales actividades económicas, en esta alrededor del 60% de los costos de producción corresponden a alimentación, por lo que existe una alta demanda de maíz forrajero de buena calidad. La investigación en maíz forrajero se ha enfocado a aumentar la producción y el valor energético, además de hacer más eficiente la producción de materia seca por metro cúbico de agua.

1.1 Justificación

El maíz forrajero se proyecta como una opción muy importante para el cambio de patrón de cultivos forrajeros, substituyendo parcialmente otras especies altamente demandantes de agua como la alfalfa. Tiene un alto valor energético debido a su alta concentración de glúcidos en la planta y almidones en el grano, su contenido de proteína es aceptable y tiene buena cantidad de caroteno.

La producción de leche por ganado bovino en la Comarca Lagunera es una de las principales actividades económicas, en esta producción alrededor del 60% de los costos de producción corresponden a alimentación, por lo que existe una alta demanda de maíz forrajero de buena calidad. La investigación en maíz forrajero se ha enfocado a aumentar la producción y el valor energético, además de hacer más eficiente la producción de materia seca por metro cúbico de agua.

La determinación de la materia seca en el maíz forrajero es de suma importancia en nutrición debido a que este establece la cantidad de nutrientes disponibles para cubrir las demandas del animal. La estimación real o segura de la M.S. es importante para la formulación de raciones, la prevención de deficiencias o excesos en el consumo de nutrientes y en promover el uso eficiente de los mismos (National Research Council, 2001).

Por lo anterior, el presente trabajo se enfoca a determinar el porcentaje de materia seca de un importante genotipo de maíz forrajero (AN 423) bajo el tratamiento de diferentes fuentes de fertilización.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Determinar el rendimiento en forraje verde y materia seca de maíz forrajero (Genotipo AN 423) tratado con diferentes fertilizantes en el ciclo primavera-verano 2009.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Determinar el porcentaje de forraje verde y materia seca de maíz forrajero (Genotipo AN 423) tratado con fertilización química de uso actual.
2. Determinar el porcentaje de forraje verde y materia seca de maíz forrajero (Genotipo AN 423) tratado con fertilización orgánica de alta productividad (Vermicomposta).
3. Determinar el porcentaje de forraje verde y materia seca de maíz forrajero (Genotipo AN 423) tratado con fertilización orgánica de alta productividad (Composta).
4. Determinar el porcentaje de forraje verde y materia seca de maíz forrajero (Genotipo AN 423) tratado con fertilización orgánica de alta productividad (Te de composta o ácidos húmicos).

1.3 Hipótesis

H₀: El efecto de las distintas fuentes de fertilización en el porcentaje de forraje verde y materia seca en el maíz forrajero (genotipo AN 423) es igual.

H_a: El efecto de las distintas fuentes de fertilización en el porcentaje de forraje verde y materia seca en el maíz forrajero (genotipo AN 423) es diferente.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 Generalidades del maíz

El maíz (*Zea mays*, L.) pertenece a la familia de gramíneas, se considera una planta herbácea anual, cuyo ciclo vegetativo varía entre 80 y 200 días desde la siembra hasta la cosecha, su rango de altura se encuentra entre los 40 centímetros y 3 metros de altura (Reyes, 1990). Es una planta que es originaria del continente americano y se ha venido cultivado desde hace unos 10,000 años, destacando su importancia como alimento en casi todas las comunidades indígenas americanas desde Canadá hasta la Patagonia. (Paliwal, 2008).

2.2 Importancia

Su importancia se realza en América ya que a este continente se le atribuye el origen central del maíz (Mangelsdorf y Lister, 1956; White y Jonson, 2003). El maíz ha formado parte importante en la vida política, cultural, social y religiosa de los pueblos mesoamericanos. En la actualidad el maíz sigue formando parte importante para muchos países en sus hábitos alimentarios, en la economía o como forraje; es por esto que ha sido objeto de estudio a escala global. El maíz ocupa el tercer lugar como cereal de producción e importancia, ya que el primero y segundo lugar los ocupan el arroz (*Oryza sativa* L.) y el trigo (*Triticum aestivum* L.), respectivamente. Los países productores de esta gramínea son Estados Unidos de Norteamérica, China y Brasil (Taba *et al.*, 2004). En el año 2006 en México la producción fue de 21,816,400 toneladas (INEGI, 2007).

2.3 La semilla del maíz

La semilla está compuesta principalmente de cinco partes anatómicas como se puede observar en la Figura 1 que son: el pericarpio, la aleurona, el pedicelo, el endospermo y el germen (Zazueta *et al.*, 2002).

2.3.1 El pericarpio

Es la verdadera cubierta o cáscara del grano, compuesta por todas las capas exteriores del grano. El pericarpio está compuesto por una capa de cutícula cerosa que cubre a la epidermis; ambas retardan la absorción de humedad al interior del grano (White, 2003).

2.3.2 El mesocarpio

Está compuesto por células alargadas y estrechamente adheridas con numerosas cavidades que proveen interconexiones capilares entre todas las células facilitando la absorción de agua. La porción más interna del pericarpio está compuesta por células cilíndricas unidas estrechamente a la capa aleurona (capa celular que rodea completamente al grano y cubre tanto al endospermo como al germen). El pericarpio constituye aproximadamente el 5-6 % en peso seco del grano (White, 2003).

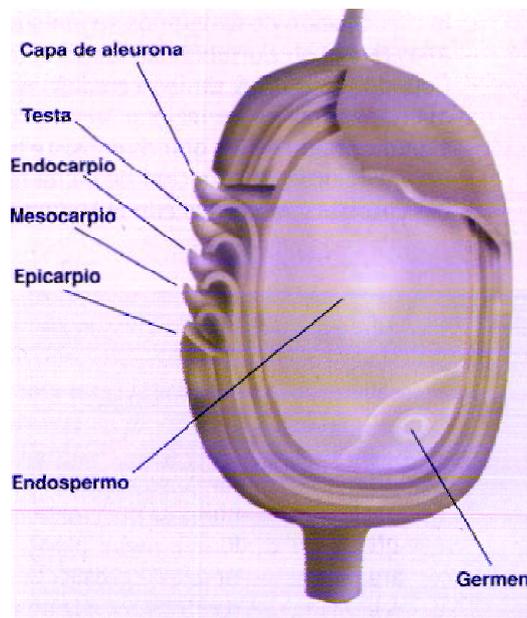


Figura 1 Estructura del grano de maíz según Zazueta *et al.* (2002).

2.3.3 La aleurona

Está compuesta por una capa simple de células de pared celular finas que se encuentra rodeando al endospermo y al germen. Algunas veces es más delgada en la región entre el germen y el endospermo que en el resto de la semilla. Las células de aleuronas son ricas en cuerpos proteicos discretos y lípidos; representa el 2.2 % en peso seco del grano (White, 2003). Otros autores han reportado que en la capa de aleurona se encuentra la mayor concentración de antocianinas en los maíces pigmentados (Straus, 1960; Hernández-X y Alanís-Flores, 1970).

Representa aproximadamente el 0.8 % del grano y es la estructura celular con la que el grano se encuentra unida al olote. Está compuesto de haces vasculares que terminan en la porción basal del pericarpio; consta de una capa exterior de abscisión que sella la punta del grano maduro; a esta capa le sigue una serie de células parenquimatosas en forma de estrellas, ligadas por sus puntas, formando una estructura frágil y porosa, conectadas con la capa de células cruzadas del pericarpio. Esta estructura es responsable de la absorción de líquidos del pedicelo al pericarpio (Watson, 1987; Jackson y Shandera, 1995).

2.3.4 El endospermo

Está compuesto por células alargadas con paredes delgadas de material celulósico, empacadas con gránulos de almidón (de 5 a 30 μm) sumergidos en una matriz proteica continua (almidón-proteína). La unión e integridad estructural entre la proteína y los gránulos de almidón hace completamente duro al grano de maíz. El endospermo está compuesto de dos regiones: una harinosa y otra córnea, generalmente en una relación de 2 a 1. La región harinosa del endospermo se caracteriza por células grandes, por gránulos grandes y redondos con una matriz proteica delgada. El endospermo corneo tiene pequeñas células, pequeños gránulos de almidón y una densa matriz

proteica. El endospermo constituye aproximadamente el 82-84 % del grano en peso seco (White, 2003).

2.3.5 El germen

Es el embrión u órgano reproductor del grano está compuesto por plúmula, radícula y escutelo. El escutelo constituye el 90 % del germen y funciona como un almacén de nutrientes, enzimas y hormonas que son movilizadas durante la germinación hacia la plúmula; almacenan del 81-85 % total del aceite del grano (White, 2003).

2.4 Composición química y aspectos nutricionales

Los principales componentes químicos del maíz son carbohidratos, proteínas, lípidos, vitaminas, minerales, fibra cruda y otras sustancias orgánicas libres de nitrógeno. Esta composición química del maíz varía de acuerdo a las condiciones climatológicas, a la variedad y dentro de las distintas zonas del mismo grano su composición varía de un lugar a otro (Zazueta *et al.*, 2002).

2.4.1 Carbohidratos

Al igual que todos los cereales, el maíz es una fuente importante de carbohidratos. Éstos químicos se dividen en simples y complejos.

2.4.2 Carbohidratos simples

Los azúcares constituyen aproximadamente el 2 % del peso total del grano; cerca del 65 % de éstos se encuentran en el germen y el 69 % de los carbohidratos del germen son almidón (Jackson y Shandera, 1995). Además, contienen monosacáridos (D-fructosa y D-glucosa) libres, disacáridos como sacarosa y maltosa, trisacáridos como rafinosa y oligosacáridos (Boyer y Shannon, 1987; Jackson y Shandera, 1995).

2.4.3 Carbohidratos complejos

Generalmente representan un poco más del 71.5 % del peso total del grano. Los polisacáridos de mayor importancia en el maíz son los estructurales y los de reserva. Los carbohidratos estructurales son aquellos componentes que forman parte de la estructura de las paredes celulares del grano. Éstos carbohidratos son sustancias pécticas, hemicelulosa, celulosa y lignina (Boyer y Shannon, 1987; Jackson y Shandera, 1995). Los carbohidratos de reserva (almidón) son polisacáridos de almacenamiento energético de gran importancia en el maíz. Se encuentran principalmente en el endospermo (86 a 89 %) y, en menor cantidad, en el germen, pericarpio y pedicelo. Los gránulos de almidón contienen aproximadamente un 73 % de amilopectina y un 27 % de amilosa (Boyer y Shannon, 1987; Jackson y Shandera, 1995).

2.4.4 Proteínas

Las proteínas representan aproximadamente el 10.3 % del grano integral, encontrándose principalmente en el endospermo (18.8 %) y el germen (9.4 %) (Jackson y Shandera, 1995). La distribución de las proteínas en el maíz es de 8 % albúminas (proteínas solubles en agua), 9 % de globulinas (solubles en soluciones salinas), 40 % de glutelinas (solubles en hidróxido de sodio) y 39 % de prolaminas (zeína) (Paredes-López y Saharópulos-Paredes, 1983).

El maíz, como todos los cereales, es deficiente en los aminoácidos esenciales lisina y triptófano. Sin embargo, tanto las albúminas, como las globulinas y las glutelinas del maíz contienen un apropiado balance de aminoácidos esenciales y presentan un alto contenido del aminoácido esencial leucina (Wright, 1997).

Algunas variedades de maíces modificados o híbridos (opaco 2, QPM) presentan un aumento considerable del valor de la lisina y triptófano con respecto al maíz normal (Paredes-López y Saharópulos-Paredes, 1983).

2.4.5 Lípidos

Constituyen aproximadamente el 4.8 % del peso total del grano. Se encuentran en mayor proporción en el germen, aproximadamente el 84 % de los lípidos del grano y el 16 % restante se encuentra en el endospermo. Casi todos los lípidos del maíz son triacilglicéridos libres y los principales ácidos grasos que los componen son el linoléico con 50 %, el oléico con 35 %, palmítico 13 %, esteárico menos del 4 % y linolénico menos del 3 % (Weber, 1987; Jackson y Shandera, 1995).

2.4.6 Vitaminas

El maíz contiene principalmente dos vitaminas liposolubles. La vitamina A (caroteno) con un contenido promedio de 2.5 mg/kg y la vitamina E con 36 mg/kg, con deficiencias en niacina y vitaminas del complejo B (Watson, 1987).

2.4.7 Minerales

La mayor parte de los minerales del maíz se encuentran en el germen. El más abundante es el fósforo que representa el 0.08 % del grano integral. Otros elementos inorgánicos que constituyen al grano son el potasio y el azufre, que se encuentran en forma orgánica como componentes de los aminoácidos azufrados (Watson, 1987).

2.5 Maíz Forrajero

Hughes *et al.* (1975) define como el forraje como el alimento vegetal para los animales domésticos, generalmente este término se refiere a los materiales como pastos, heno, alimentos verdes y ensilajes. Forraje también puede ser definido, como aquellos alimentos voluminosos y a la inversa de los concentrados, los forrajes tienen gran cantidad de fibra (Williams 1976).

El maíz forrajero se proyecta como una opción muy importante para el cambio de patrón de cultivos forrajeros, substituyendo parcialmente otras especies altamente demandantes de agua como la alfalfa. Este forraje presenta varias ventajas que determinan su utilización entre las que destacan la versatilidad de su empleo ya que el ganado, lo consume en verde, seco o ensilado. Tiene un alto valor energético debido a su alta concentración de glúcidos en la planta y almidones en el grano, su contenido de proteína es aceptable y tiene buena cantidad de caroteno. Comparándolo con otros forrajes, el maíz aporta más nutrientes digestibles totales y una mayor disponibilidad de energía para el animal; así mismo presenta un bajo contenido de carbohidratos estructurales (40% de hemicelulosa) y lignina, presenta también un contenido alto de carbohidratos no estructurales (46% azúcares hidrosolubles y almidón), mientras que el nivel de proteína es de 9% (Villalobos 1992).

La investigación en maíz forrajero se ha enfocado a incrementar la producción y el valor energético, además de hacer más eficiente la producción de materia seca por m³ de agua. Para lograr lo anterior es fundamental la selección del mejor híbrido (Núñez *et al.*, 2006). Geiger (1992) y Peña (2003) mencionan que los híbridos altamente productores de grano son los mejores de forraje.

Vergara, (2002) dice que un buen maíz forrajero deberá poseer las siguientes cualidades: rendimiento de forraje verde mayor de 50 Ton. Ha¹ y rendimiento de forraje seco o materia seca mayor a 25 por ciento

Núñez *et al.*, (2003) menciona que el maíz para forraje debe de tener una alta productividad, bajo contenido de proteína, minerales y un elevado valor energético.

Rodríguez *et al.*, (2003) proponen las siguientes ventajas del maíz forrajero: una alta producción de materia seca, forraje de alta energía, alimento consistente y apetitoso, reducción de los costos totales del alimento y requieren menos agua que otros forrajes.

El contenido de grano en maíz forrajero es de primordial importancia (Núñez *et al.*, 1999) ya que es la parte mas digestible en le maíz (Peña *et al.*, 2002) dicha característica de contenido de grano esta dada por el tamaño de la mazorca, y esta a su vez esta influenciada por el numero de hileras por mazorca y por el numero de granos por hilera (Rodríguez *et al.*, 2000).

2.5.1 Selección de híbridos de maíz de alto rendimiento para forraje

Existe gran variabilidad genética en características agronómicas y de calidad nutricional entre híbridos de maíz para forraje. Las características agronómicas más variables son: altura de la planta, días a cosecha, porcentaje (contenido de grano) y rendimiento de materia seca por hectárea. Algunas de estas características pueden estar relacionadas entre sí. En ciertos híbridos un mayor rendimiento de materia seca por hectárea está asociado a plantas altas y ciclo a cosecha más largo. Por otra parte la digestibilidad está asociada a híbridos de porte más bajo, con ciclo a cosecha más corto y mayor porcentaje de mazorca. Debido a que el rendimiento de materia seca por hectárea y la calidad nutricional no están consistentemente relacionados, se puede seleccionar híbridos de maíz con alto rendimiento y alta calidad nutricional (INIFAP 2006).

Características de híbridos de maíz de alto rendimiento y calidad nutricional de forraje:

- Alto rendimiento de materia seca (más de 19 ton/ha).
- Alto porcentaje de mazorca (más de 45%).
- Concentración baja de fibra detergente neutro (menos de 55 %).
- Alta digestibilidad in vitro (más de 73%).
- Alta concentración de energía neta de lactancia (más de 1.4 Mcal/kg de materia seca).

2.5.2 Fertilización del maíz forrajero

La fertilización es un componente importante de la tecnología de producción de maíz forrajero. La fertilización puede representar de un 20 a un 30 % del costo de producción del maíz forrajero. Los análisis de suelo y de planta son herramientas importantes para tomar decisiones adecuadas de qué y cuánto fertilizar. El cultivo de maíz extrae cantidades de elementos como nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S) y en menor cantidad otros conocidos como elementos menores o micronutrientes.

Aunque los fertilizantes más utilizados en maíz forrajero son los que contienen nitrógeno, fósforo y en algunas regiones potasio, es importante observar todos los síntomas en el cultivo, y conjuntamente con los análisis de suelo y planta corregir deficiencias de otros nutrimentos en caso necesario.

2.5.3 Riego del maíz forrajero

La aplicación de la lámina y frecuencia de riegos depende de factores ambientales y de manejo de cultivo de maíz. Los factores ambientales incluyen variables climáticas como radiación solar, temperatura, humedad relativa, y velocidad del viento que determinan la intensidad del proceso evaporativo.

Efectos de la oportunidad del riego:

- Retrasar el primer riego de auxilio puede disminuir la producción de materia seca por hasta en 40%.
- Retrasar el segundo riego puede reducir en más de 25% la producción de materia seca por hectárea.
- Retrasar el tercer y cuarto riego de auxilio pueden afectar negativamente el contenido de grano en el forraje y reducir hasta en 25 % el rendimiento de materia seca por hectárea.

2.5.4 Etapa de madurez a la cosecha

El estado de madurez afecta la producción de materia seca por hectárea, porcentaje de materia seca y la calidad de forraje. Al avanzar la madurez del maíz forrajero se promueve mayor acumulación de materia seca por hectárea, aumentando el porcentaje de materia seca debido a la pérdida de humedad de la planta y en particular del grano.

Con el avance de la madurez se incrementan las fracciones fibrosas en hojas y tallo, y disminuye la digestibilidad de la fibra. Sin embargo, las concentraciones de las fracciones fibrosas en la materia seca de la planta entera disminuyen debido al efecto de dilución por el aumento en contenido de grano; lo cual resulta, en un aumento en la energía neta de lactancia del ensilado de maíz.

Por otra parte, el efecto del estado de madurez en el porcentaje de materia seca, es importante, ya que afecta la fermentación durante el proceso de ensilaje.

La cosecha en etapas tempranas provoca que el forraje tenga un alto contenido de humedad; lo cual genera pérdidas de nitrógeno y carbohidratos por escurrimiento, así como una fermentación de tipo butírico con pérdidas de materia seca, energía y menor consumo por el ganado. Por otra parte, el forraje cosechado en una etapa de madurez avanzada tiene un porcentaje bajo de humedad.

2.6 Análisis químico bromatológico de maíz forrajero

El análisis químico bromatológico es un factor esencial para valorar el poder nutritivo de un alimento, así como su poder productivo, pues se determinan mediante el, cuantitativamente, los principios inmediatos que lo constituyen.

Si tratáramos de determinar todos y cada uno de los elementos constitutivos de un alimento sería una larga y compleja tarea, por lo tanto los procedimientos empleados comúnmente en los análisis bromatológicos, consisten en determinar grupos de sustancias que se asemejan en cualidades o composición, llamados principios inmediatos (Flores-Menéndez, 1986), y son:

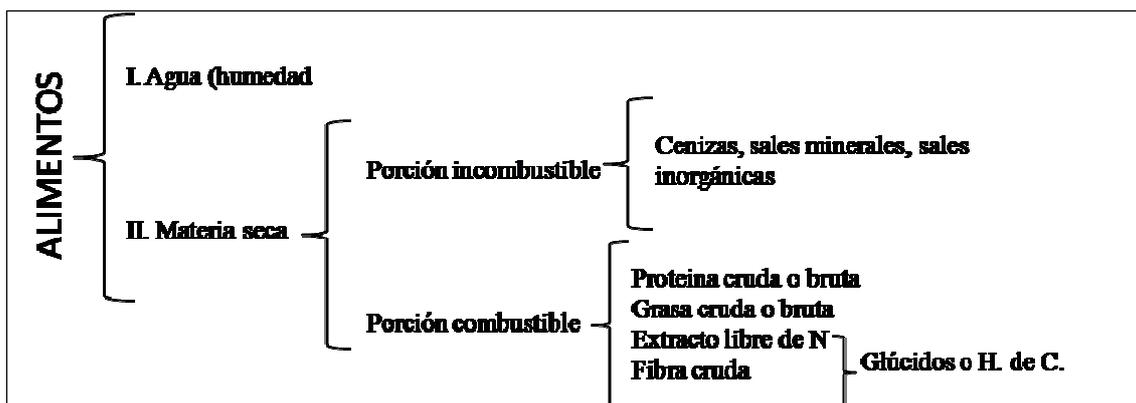


Figura 2. Composición de un alimento según Flores-Menéndez (1986)

Se llaman principios inmediatos por ser los primeros en identificarse en los procesos de desintegración analítica en el laboratorio. En las distintas etapas de dicha desintegración se utilizan preferentemente agentes físicos como el calor, la disolución, la filtración y la destilación, métodos que se usan en el análisis de los alimentos, suelos y aguas, pero principalmente en los alimentos ya sean de origen vegetal o animal (Flores-Menéndez, 1986).

2.7 Producción de materia seca de maíz forrajero

El porcentaje de materia seca (%MS) de los alimentos es uno de los parámetros que presentan mayor variabilidad. Algunos alimentos, como la leche bovina, tienen muy bajos porcentajes de materia seca (12,5 %), mientras que otros llegan a casi el 100 %. Dentro de los alimentos que habitualmente se utilizan para animales de producción, las variaciones son también altas. Los verdeos de invierno (Stritzler *et al.*, 1985) y las pasturas (Castillo *et al.*, 1992) pueden tener % MS sumamente bajos, de hasta 12 %, mientras que en el otro

extremo, granos y henos tienen porcentajes cercanos al 90 % (Stritzler *et al.*, 2004).

La estimación del % MS es de suma importancia para establecer las cantidades de nutrientes que los animales consumirán. Los cálculos de raciones deben hacerse en materia seca, de la misma manera que la comparación entre nutrientes ofrecidos y requerimientos de los animales (Stritzler *et al.*, 2004).

Por otro lado, en animales en pastoreo, la estimación de biomasa y porcentaje de materia seca en pastizales naturales o pasturas cultivadas, son variables importantes en la determinación de carga animal.

El método tradicional de secado de muestras para la determinación de materia seca se realiza mediante el uso de estufas de circulación forzada a 65°C durante un lapso que varía entre las 24 a 72 horas dependiendo del tipo de muestra.

En ensayos de asignación diaria de áreas a pastoreo (Ferri, 2002) en función de la disponibilidad, esta demora en la estimación de MS determina que se deban realizar ajustes del área asignada a posteriori, con lo que se transforma en una fuente de error experimental. En estudios de determinación de consumo voluntario a galpón, es también importante contar con una rápida estimación del % MS, porque permite reducir la variación entre días y entre momentos de suministro dentro del mismo día, en la cantidad de materia seca que se ofrece a cada animal.

Todos los alimentos están constituidos por dos componentes fundamentales que son el agua y la materia seca, es decir, la muestra a que se ha extraído el agua por acción del calor.

El cultivo de maíz para forraje provee un alto rendimiento de biomasa por unidad de área, desde 40 a 95 t/ha (Wang-Yeong *et al.*, 1997; Aldrich y Leng,

1974) en un corto tiempo, y el valor nutritivo va de bueno a excelente, dependiendo de la etapa de crecimiento en que se encuentre el cultivo en el momento de la cosecha (Aldrich y Leng, 1974). El contenido de materia seca varía de 15 a 25% en la planta verde y la composición química es de 4 a 11% de proteína cruda, 1 a 3.5% de extracto etéreo, 27 a 35% de fibra cruda, 34 a 55 % de extracto libre de nitrógeno y de 7 a 10% de cenizas, en la materia seca (Sánchez y Olivera, 1973; León, C., 1980). Se estima una digestibilidad media de 60%, con valores mínimos de 40% en cultivos muy maduros y valores máximos de 71% en los jóvenes (Piccioni, 1970).

La determinación de la materia seca en el maíz forrajero es de suma importancia en nutrición debido a que este establece la cantidad de nutrientes disponibles para cubrir las demandas del animal. La estimación real o segura de la M.S. es importante para la formulación de raciones, la prevención de deficiencias o excesos en el consumo de nutrientes y en promover el uso eficiente de los mismos (National Research Council, 2001).

2.8 Siembra de maíz forrajero en la Comarca Lagunera

La fecha de siembra está determinada principalmente por las condiciones climáticas y los patrones de cultivos en la región. La temperatura óptima para la germinación del maíz es de 18 a 21°C. La temperatura media óptima para el desarrollo del maíz es de 18 a 24 °C. En la Región Lagunera la primera helada se presenta a finales de octubre y la última a principios de abril. El periodo con temperaturas adecuadas para el maíz es de finales de marzo a finales de octubre, aunque la en la Región lagunera durante los meses de junio y julio se presentan temperaturas máximas que pueden afectar al maíz.

Los principales efectos climáticos en la producción de maíz en la Región Lagunera son:

- Días con mayor radiación solar promueven la fotosíntesis.
- Días más largos y temperaturas nocturnas frescas promueven la fotosíntesis.

- Altas temperaturas afectan el desarrollo de las plantas.
- Altas temperaturas acortan el periodo de llenado de grano y el ciclo de producción.

Fecha de siembra recomendada en la Región Lagunera

Primavera:

- Del 20 de marzo al 30 de abril

Verano:

- Del 20 de junio al 15 de julio

En general, la producción de materia seca por hectárea disminuye en comparación al ciclo de primavera.

En la región Lagunera para optimizar el rendimiento de materia seca por hectárea y la calidad nutricional, la cosecha se puede realizar entre grano duro y 1/3 de avance de la línea de leche en el grano del maíz (90 a 105 días después de la siembra).

2.9 Área de siembra

El maíz en México cubre una superficie aproximada de ocho millones de hectáreas, de la cual el 94% corresponde al ciclo primavera-verano, y 6% al ciclo otoño-invierno. Del total, 88% de la superficie se siembra de temporal o seco.

La producción de dos millones de toneladas de leche de bovino por año en la Comarca Lagunera implica una alta demanda de forraje de calidad. Por su alto contenido energético, el ensilado de maíz es un componente importante en las raciones que se suministran al ganado bovino lechero (Goodrich y Meiske, 1985). En 2004 se cosecharon 26 500 ha de maíz forrajero de riego en la región con rendimiento promedio de 49 t ha⁻¹ de forraje verde.

El 90% se siembra con híbridos comerciales para grano de compañías multinacionales desarrollados para otras regiones del país, por lo general se considera que los híbridos altamente productores de grano son también los mejores en calidad de forraje (Peña *et al.* 2003), por lo que un alto porcentaje de mazorca o un alto índice de cosecha favorecen los incrementos en la calidad del forraje. En esta región la producción promedio por hectárea es de 51 t de forraje fresco y 15 t de forraje seco (Reta *et al.* 2002). En los últimos 10 años de evaluación de maíces forrajeros en el INIFAP en La Comarca Lagunera, se han incluido 152 híbridos diferentes, de los cuales se han identificado materiales con buenas características de rendimiento y calidad forrajera, que los productores pueden seleccionar para sembrar, con la certeza de obtener un ensilado de alta calidad (Faz *et al.* 2005).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización del experimento

El estudio se realizó en una localidad de la Comarca Lagunera, en el campo experimental de Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, Unidad Laguna (U.A.A.A.N.-U.L.), en un área de 1,435.5 m² de 11.0 m x 130.5 m de área.

La Comarca Lagunera se localiza entre los paralelos 24° 30' y 27° de latitud norte y los 102° 40' longitud oeste, a una altura de 1200 msnm. Con clima muy seco con deficiencia de lluvia en todas las estaciones y temperatura semi-calida con invierno benigno.

3.2 Análisis del suelo

Previo a la siembra se obtuvieron muestras de suelo, a las cuales se les determinó el pH y los contenidos de materia orgánica, fósforo disponible (Bray I), cationes intercambiables (K, Ca, Mg) y micronutrientes (Zn, B, Fe, Mn, Cu, B). El contenido de nitratos y sulfatos se determinó de 0 a 30 y de 30 a 60 cm de profundidad.

3.3 Genotipo utilizado

Se utilizó el híbrido AN 423, la cual ha demostrado alto rendimiento, calidad y tolerancia a plagas, enfermedades y algunas condiciones de sequía.

3.4 Densidad de siembra

Se realizó a una densidad de siembra de 88,888 plantas/ha.

3.5 Sistema de riego

Se empleó el sistema de riego por gravedad. 1 riego de aniego. 3 riegos de auxilio.

3.6 Fertilización

La fertilización orgánica utilizada es Vermicomposta a una dosis de 8.181 ton/ha, composta a una dosis de 10 ton/ha, y Te de composta o ácidos húmicos a una dosis de 3,000 l/ha., además de UREA + MAP a la dosis recomendada por el INIFAP, y fertilización cero.

3.7 Control de plagas y enfermedades

Se utilizaron productos autorizados por la norma oficial (aceites, parafinas, trampas, etc.) para la producción de productos orgánicos.

3.8 Diseño experimental

Se realizó un diseño en bloques completamente al azar con un arreglo factorial 5x1x1 en donde el primer factor serán tres fuentes de fertilización: orgánica, orgánica e inorgánica; el segundo factor serán un nivel de fertilización: al 100%; y el tercer factor 1 genotipo de maíz.

3.8.1 Tratamientos

Resultaron 5 tratamientos a evaluar en el presente estudio y se realizaron 4 repeticiones en cada uno, obteniéndose 20 unidades experimentales.

3.8.2 Distribución de los tratamientos

La distribución de cada parcela en este estudio se realizó de la siguiente manera: 12 surcos a una distancia de 75 cm x 5 m de largo, dando un resultado 55 m² con 1 m de separación entre unidad experimental, dando un resultado de 1,309 m². Las estrategias de fertilización evaluadas fueron las siguientes: T1: Testigo fertilización cero, T2: Fertilización química de uso actual, T3: Fertilización orgánica de alta productividad (Vermicomposta), T4: Fertilización orgánica de alta productividad (Composta) y T5: fertilización orgánica de alta productividad (Te de composta o ácidos húmicos).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Rendimiento de producción

4.1.1 Forraje verde

El resultado de este experimento, en donde se evaluaron 5 tratamientos de fertilización y un solo híbrido, el rendimiento obtenido en forraje verde, presentó diferencia para los tratamientos evaluados en el análisis de varianza realizado, variando entre 59.44 y 87.77 ton/ha (figura 3). Rango similar al resultado obtenido por López, 2007 en la evaluación cinco híbridos de maíz forrajero, evaluados con labranza y fertilización orgánica.inorgánica, en el cual varió de 52.6 y 87.7 ton/ha. Sin embargo fue superior al rendimiento obtenido por Matheus, 2004, en la evaluación agronómica del uso del compost de residuos de la industria azucarera en el cultivo del maíz, con un promedio de rendimiento de 16.61 ton/ha.

Vermicomposta, químico, composta y te de composta presentaron rendimientos similares con 87.77, 87.22, 79.72 y 74.55 respectivamente. Mientras que cero presentó un rendimiento inferior con 59.44 ton/ha.

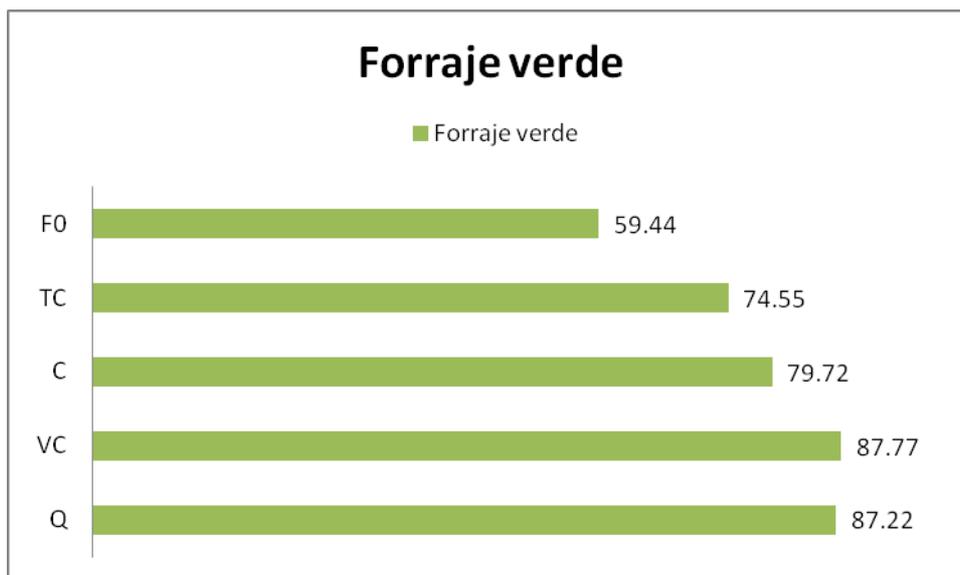


Figura 3. Rendimiento en forraje verde de los distintos tratamientos en el ciclo PV (ton/ha).

4.1.2 Materia seca

El análisis de varianza realizado para rendimiento de materia seca, encontró diferencia entre tratamientos (figura 4). Vermicomposta obtuvo el mayor rendimiento en materia seca con un valor de 28.35 ton/ha. Seguido por químico, y composta, los cuales fueron similares estadísticamente con 24.84 y 23.2 ton/ha respectivamente; el tratamiento que alcanzó los valores más bajos en materia seca fue fertilización cero con 16.82 ton/ha.

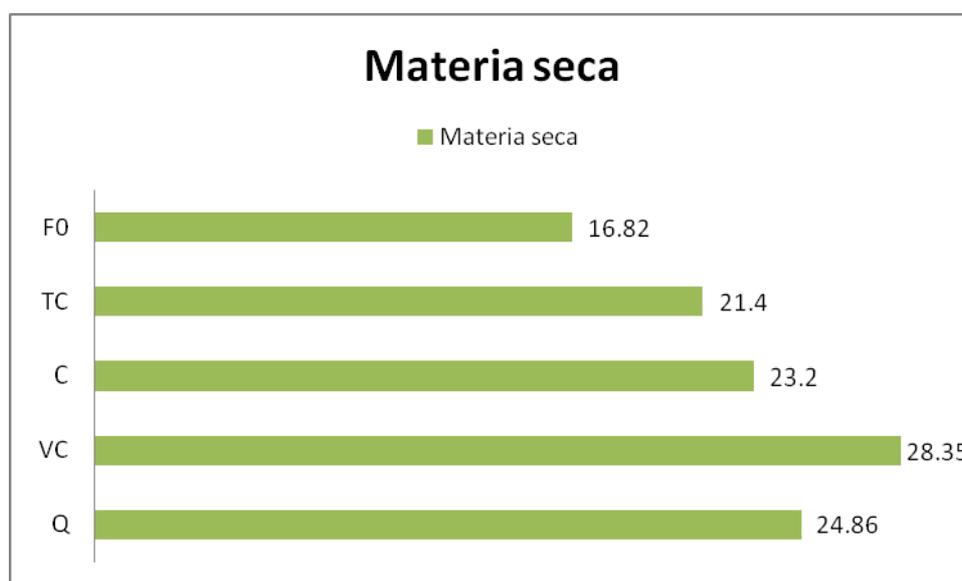


Figura 4. Rendimiento en materia seca de los distintos tratamientos en el ciclo PV (ton/ha).

4.2 Porcentaje de la relación de materia seca y forraje verde

El análisis de varianza realizada al porcentaje de la relación del peso de materia seca y peso de forraje verde presentó diferencia entre los tratamientos evaluados (figura 5). Vermicomposta fue similar con 33.70%. Mientras que los tratamientos composta, te de composta, químico, y cero obtuvieron valores similares con 29.10, 28.80, 28.70, 28.30 y 28.10% respectivamente. Mientras que en el experimento realizado de fertilización orgánica del maíz para ensilaje, realizada en el Centro Regional de Investigación Remehue en Chile, resultado

inferior con una rentabilidad de entre 27.27 a 39.79% de materia seca, con respecto al forraje verde.

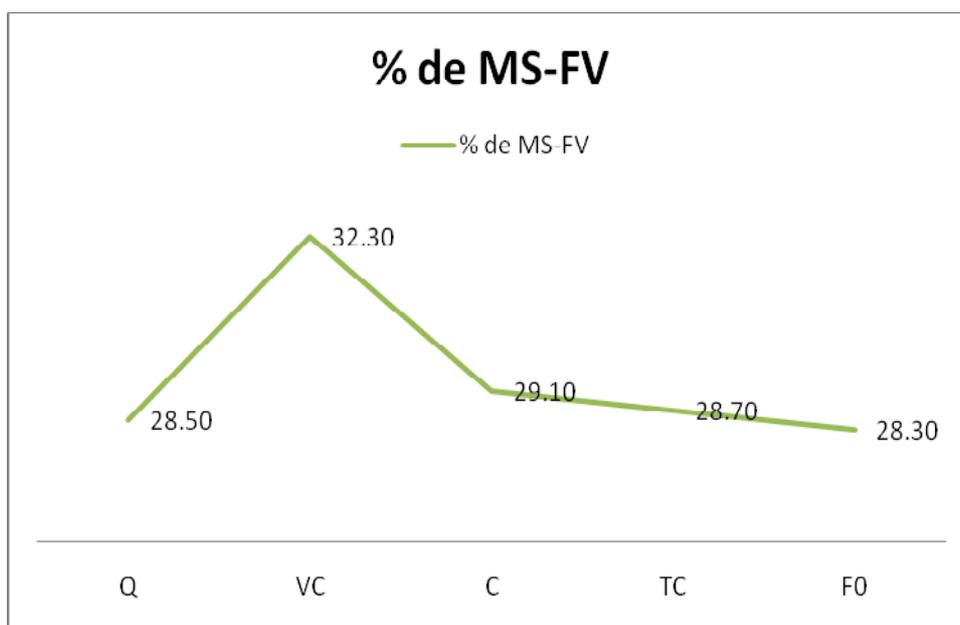


Figura 5. Porcentaje de rendimiento de materia seca en relación con el forraje en verde

4.3 Relación beneficio costo

El análisis de esta variable no se analizó estadísticamente, sin embargo presentó rentabilidad de los tratamientos químicos y vermicomposta (cuadro 1).

Cuadro 1. Relación beneficio costo de producción-ingreso ciclo PV '09

	Q	VC	C	TC	F0
Rendimiento	87.22	87.77	79.72	74.55	59.44
Precio	\$360	\$360	\$360	\$360	\$360
Ingreso bruto	\$31,399	\$31,597	\$28,699	\$26,838	\$21,398
Costo total	\$11,706	\$14,021	\$15,203	\$53,427	\$8,427
Ingreso neto	\$19,692	\$17,576	\$13,496	-\$26,589	\$12,971
Relación B/C	168.21%	125.36%	88.77%	-49.77%	153.93%

Q=químico, VC=vermicomposta, C=composta, TC=te de composta y F0= fertilización cero *Costos calculados al 01 enero de 2009

La fertilización química presentó una rentabilidad beneficio costo superior al tratamiento con Vermicomposta con valores de 168.21 y 125.36% rentabilidad superior a la deseada, que oscila entre el 25 y 33%. Rentabilidad superior obtenido por el “Análisis financiero de un proyecto de cultivo de maíz”, realizado en Papaloapan, 2005 obteniendo un 8.7% proyecto que especialistas en la materia, consideraron viable.

V. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en el presente trabajo se concluye que la producción fertilizada con el tratamiento vermicomposta, logró obtener los valores más altos de rendimiento en forraje verde y materia seca, mientras que los valores más bajos se obtuvieron con la fertilización cero.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Boyer, C. and J. C. Shannon. 1987. Carbohidrates of the kernel. In: Corn: Chemistry and Technology. Watson, S.A. and Ramstad, P.E. ed. American Association of Cereal Chemistry. St. Paul, MN. USA.
- Flores-Menéndez, J. A. 1986. Bromatología animal. Editorial LIMUSA. México. Pág. 866-868
- Hernández-X y G. Alanís-Flores. 1970. Estudio morfológico de 5 nuevas razas de maíz de la sierra madre occidental de México: Implicaciones Fitogenéticas y Fitogeográficas. *Agrociencia*. 581:3-30.
- Hughes, H.D., Heat M.E. and Metcalfe D.S. 1975. Forrajes. Quinta impresión. Compañía editorial continental. México. P 758
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 2007. Información estadística. En línea en: www.inegi.gob.mx/est/contenidos/español/rutinas/ept.asp?t=siap01&c=5046.
- Jackson, D. S. and J. R. Shandera. 1995. Corn wet milling: Separation Chemistry and Technology. *Advances in Food and Nutrition Research*, 38: 271-279.
- López D. 2007. Tesis de licenciatura de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de Gómez Palacio, Durango, México
- Mangelsdorf, P. C. and R. H. Lister. 1956. Archeological evidence on the evolution of maize in northwestern Mexico. *Botanical Museum Leaflets*. 17:151-178.

- National Research Council. 2001. The nutrient requirement of dairy cattle. Seventh edition. National Academy Press, Washington.
- Nuñez H. 2006. Maíz forrajero de alto rendimiento y calidad nutricional, centro de investigación regional norte centro, campo experimental la laguna.
- Nuñez H., Contreras G. y Faz R. 2003. Características agronómicas y químicas importantes en híbridos de maíz para forraje con alto valor energético. Tec. Pecu. Méx. 41:37-48 p.
- Nuñez H., Contreras G., Faz R. y Herrera S. 1999. Selección de híbridos para obtener mayor rendimiento y alto valor energético en maíz para ensilaje. INIFAP-CIAN-CAELALA, 52p.
- Paliwal L., Granados G., Maratheé J. 2008. El maíz en los tópicos: mejoramiento y producción, FAO. Roma, Italia.
- Paredes-López, O. and M. E. Saharópulos-Paredes. 1983. A review of tortilla production technology. Baker Digest. 9:16-25.
- Peña R. A., Nuñez G. H. y Gónzales C. F. 2003. Importancia de la planta y el elote en poblaciones de maíz para el mejoramiento genético de la calidad forrajera. Tec. Pecu. México 41:63-74 p.
- Reyes, C.P. 1990. El maíz y su cultivo. 1ra. edición. AGT S.A., México.
- Rodríguez, H. S. 2000. Caracteres de Importancia para el Fitomejoramiento del Maíz para Ensilaje. Memorias del XVIII Congreso Nacional de Fitogenética. Irapuato Gto. p. 6.
- Straus, J. 1960. Maize Endosperm Tissue Grown in Vitro. III. Development of a Synthetic Medium. American Journal of Botany. 47(8):641-647.

- Taba, S., M. Van Ginkel, D. Hoisington and D. Poland. 2004. Operations manual. 3ra. Edición. CIMMYT, México.
- Vergara N., Ramirez M. y Cordoba N. 2002. Comportamiento de cruza simple y aptitud combinatoria de líneas tropicales de maíz de grano blanco, Pág-52.
- Villalobos, J. V. 1992. La importancia Forrajera del Maíz. Presentada en el III Simposio Nacional sobre Maíz en Guadalajara, Jalisco. UAAAN. Buenavista, Saltillo. México. pp. 25-30.
- Watson, S. A. 1987. Structure and composition. In corn: chemistry and technology and Ramstad, ed. American Association Cereal Chemistry. Std. Paul, Mv, USA.
- Watson, S.A. and Ramstad, ed. American Association Cereal Chemistry. St. Paul, MN. USA.
- Wright, K. N. 1997. Nutritional properties and feedings values of corn and its by-products. In. Corn: Chemistry and technology. Watson, S.A. and Ramstad, ed. American Association Cereal Chemistry. Std. Paul, MN, USA. Ch. 15. p. 447-478.
- Weber, E. D. 1987. Lipids of the kernel. In: Corn: Chemistry and Technology.
- White, P. 2003. Corn: Chemistry and technology. Food science and human nutrition department Iowa state University. Ames Iowa. USA.
- White J. y Johnson A. 2003. Corn: Chemistry and Technology. 2nd edición. American Association of Cereal Chemists, Inc., St. Paul Minnesota.

Zazueta-Morales, J. J., F. Martínez-Bustos, N. Jacobo-Valenzuela, C. Ordorica-Falomir and O. Paredes-López. 2002. Effects of calcium hydroxide and screw speed on physicochemical characteristics of extruded blue corn. *Journal of Food Science*. 67:3350–3358.