

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**EFFECTOS DE DIFERENTES TIPOS DE
FERTILIZANTES EN LA ABSORCIÓN DE
NUTRIENTES EN MAÍZ FORRAJERO
(*Zea mays* L.)**

Por

JUAN ANTONIO VELAZQUEZ RAMIREZ

TESIS

**Presentada como requisito parcial
Para obtener el título de**

INGENIERO AGRÓNOMO

Torreón, Coahuila, México

Octubre de 2011

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

EFFECTOS DE DIFERENTES TIPOS DE FERTILIZANTES EN LA
ABSORCION DE NUTRIENTES EN MAÍZ FORRAJERO (*Zea
mays*, L.)

Por
JUAN ANTONIO VELAZQUEZ RAMIREZ

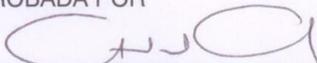
TESIS

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

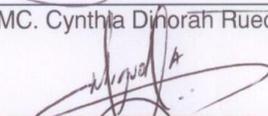
INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR

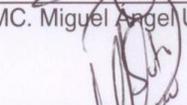
Asesor principal:


MC. Cynthia Dinorah Ruedas Alba

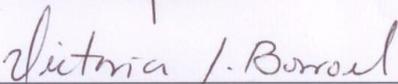
Co Asesor:

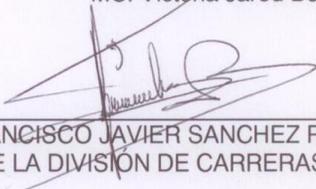

MC. Miguel Angel Urbina Martínez

Co Asesor:


Ing. Rubí Muñoz Soto

Co Asesor:


MC. Victoria Jared Borroel García


DR. FRANCISCO JAVIER SANCHEZ RAMOS
COORDINADOR DE LA DIVISION DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México

Octubre de 2011

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**EFFECTOS DE DIFERENTES TIPOS DE
FERTILIZANTES EN LA ABSORCION DE
NUTRIENTES EN MAÍZ FORRAJERO (*Zea mays*, L.)**

Por
JUAN ANTONIO VELAZQUEZ RAMIREZ

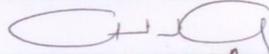
TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO

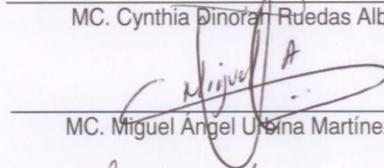
JURADO EXAMINADOR

Presidente



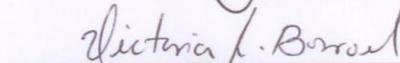
MC. Cynthia Dinora Ruedas Alba

Vocal



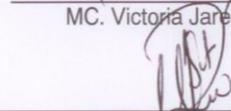
MC. Miguel Ángel Urbina Martínez

Vocal

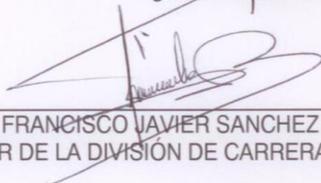


MC. Victoria Jared Borroel García

Vocal suplente



Ing. Rubén Muñoz Soto


DR. FRANCISCO JAVIER SANCHEZ RAMOS
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México

Octubre de 2011

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecerle ante todo a Dios nuestro señor por permitirme estar aquí, porque en los momentos difíciles por los que he pasado nunca me dejó solo.

A mis padres por el apoyo incondicional que siempre me brindaron y la educación impecable que me ofrecieron.

A mis hermanos por aguantarme y porque cuando yo los he necesitado, ellos han estado ahí para apoyarme.

A mi Instituto Francés de la Laguna por brindarme parte de la educación que hoy tengo, porque gracias a él tengo los valores muy en alto y soy orgullosamente Lasallista.

A mi Antonio Narro por brindarme la oportunidad de formarme como profesionalista.

A mis profesores por haberme compartido parte de sus conocimientos adquiridos a lo largo de tantos años, conocimientos que yo voy a poner en práctica en mi vida laboral.

A mis grandes amigos porque a lo largo de mi carrera me han apoyado de distintas maneras, porque nunca me han dejado solo porque cuando los he necesitado ahí han estado y porque para mí son como una familia.

A mi novia Samantha porque me hizo cambiar la forma de ver las cosas, porque gracias a su sencillez, comprensión y apoyo se me ha hecho muy ligero el último trayecto de mi carrera.

A mis tíos por el gran apoyo que me han brindado, porque parte de mi formación profesional se la debo a ellos ya que muchas de las cosas prácticas las aprendí ahí y por las enseñanzas que me ha dejado trabajar con ellos.

A mi abuela Esther y Tita que han sido como unas segundas madres para mí, siempre estando pendiente y apoyándome cuando necesite su ayuda.

A mi Tío Don Alberto por todo el apoyo que me ha ofrecido y por la ayuda que me ha brindado.

A Gus Campuzano, por el apoyo que recibí de su parte a lo largo de mi carrera, y por haberme permitido aprender algo de sus conocimientos.

DEDICATORIAS

A ti Papá, por el esfuerzo que hiciste para que yo recibiera la mejor educación, por el gran apoyo que me brindas en las decisiones que tomo, por la comprensión que me tienes aunque se que es muy difícil comprenderme y por ser el mejor Papá del mundo.

A ti Mamá por estar a mi lado siempre, por respetar mis decisiones, por ser una amiga y porque se que lo que haga siempre me vas a apoyar, eres la mejor Madre del mundo.

A ustedes hermanos por estar ahí, porque se que es difícil tratar conmigo y ustedes saben como tratarme, porque siempre voy a estar a su lado y saben que pueden contar conmigo incondicionalmente, los quiero mucho.

A ti Abue y Tita, porque han sido un gran apoyo para mi, porque me saben escuchar y porque sus consejos son de gran valor para mi.

A ustedes amigos, porque nunca olvidaré los momentos que hemos pasado juntos, porque se que van a estar ahí cuando los necesite y saben que pueden contar conmigo para lo que sea.

A ti Samantha, porque el tiempo que hemos estado juntos ha sido de lo mejor, por toda la ayuda que me has brindado y porque me has apoyado en todas mis decisiones, te amo.

A ti Tío Don Alberto, por la confianza que me has dado, porque me has brindado un apoyo único, y porque se que siempre que necesite un buen consejo ahí vas a estar, por ser un gran ser humano, un señorón.

A mis Tíos que forman parte de la empresa Campuzano Hermanos, porque me han apoyado a lo largo de mi carrera, porque he aprendido algo de cada uno de ellos, porque cuando he tenido algún problema o duda me han ofrecido una solución.

A ti Gus Campuzano porque a lo largo de mi formación como Ingeniero Agrónomo he aprendido mucho de ti, porque a mis dudas o preguntas siempre encontré una respuesta y explicación de tu parte, porque se que puedo contar con tu apoyo, Gracias.

CONTENIDO

	Pag
Resumen	1
I. Introducción	2
II. Objetivos	3
III. Hipótesis	3
IV. Revisión de literatura	4
V. Materiales y métodos	37
VI. Resultado y discusión	39
VII. Conclusiones	43
VIII. Bibliografía	44

INDICE DE TABLAS

	Pag
Cuadro 1. Principales indicadores de la agricultura orgánica	19
Cuadro 2. Principales países consumidores de productos orgánicos	20
Cuadro 3. Contenido nutrimental	30
Cuadro 4. Clasificación de los forrajes	
Cuadro 5. Parámetros de calidad de forraje	35
Cuadro 6. Dosis de fertilización	37
Cuadro. 7 Distribución de los tratamiento	38
Cuadro 8. Promedio de altura y número de hojas en los distintos tratamientos	39
Cuadro 9. Promedio de longitud de diámetro polar, ecuatorial del elote, peso de elote, planta y su relación entre estos	40
Cuadro 10. Rendimiento en forraje verde, materia seca y porcentaje de la su relación en los tratamientos evaluados	42
Cuadro 11. Relación beneficio costo de producción-ingreso	42
Cuadro 12. Proteína bruta, fibra ácido detergente y digestibilidad de la materia orgánica	42

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el rendimiento y calidad nutricional del híbrido de maíz AN-423 bajo fertilización orgánica y química, el cual se realizó en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, en el ciclo PV 2009. Se evaluaron los tratamientos vermicompost, composta, té de composta, químico y fertilización cero.

El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron características agronómicas, rendimiento y calidad nutricional.

En altura de planta no detectó diferencia significativa entre tratamientos vermicomposta, té de composta, químico y composta con valores de 2.32, 2.22, 2.16 y 1.99 m respectivamente. En número de hojas, no se encontró diferencia en químico, vermicomposta y cero con valores de 14.66, 14.33 y 14.03 hojas por planta respectivamente. En diámetro polar detectó diferencia significativa siendo superior en tratamiento vermicomposta con un valor de 58.93 cm. En diámetro ecuatorial se detectó diferencia significativa, siendo el mayor vermicomposta con 25.38 cm.

El peso de elote fue en mayor vermicomposta con 0.337 kg y el menor el té de composta con 0.282 kg.

Para peso de planta, detectó diferencia entre tratamientos, variando entre 0.895 y 0,978 kg. El peso de planta de químico, vermicomposta, té de composta y cero fueron similares con valores de 0.98, 0.96, 0.90 y 0.89 kg/planta respectivamente

La relación entre peso de planta y peso de elote, encontró diferencia entre los tratamientos evaluados, variando de 30.5 y 39.63%. Vermicomposta, cero y té de composta fueron similares con 34.97, 34.66 y 34.06% respectivamente.

La mayor producción en forraje verde se obtuvo con vermicomposta con 87.77 ton/ha, así como en forraje seco con 28.35 ton/ha representando el 32.30 %.

En proteína bruta (PB), fibra àcida detergente (FAD) y digestibilidad en materia orgánica (DMO) no se presentó diferencia significativa con valores superiores para vermicomposta de 8.88, 22.10 y 72.46 respectivamente.

Palabras claves: vermicomposta, té de composta, desechos orgánicos, fertilización orgánica, agricultura orgánica.

I. INTRODUCCIÓN

El Maíz es un cultivo muy remoto de unos 7000 años de antigüedad, de origen indio que se cultivaba por las zonas de México y América central. Hoy día su cultivo está muy difundido por todo el resto de países y en especial en toda Europa donde ocupa una posición muy elevada. EEUU es otro de los países que destaca por su alta concentración en el cultivo de maíz. Su origen no está muy claro pero se considera que pertenece a un cultivo de la zona de México, pues sus hallazgos más antiguos se encontraron allí (De la Cruz, 2002).

La agricultura orgánica apunta a proteger el equilibrio natural y producir sin dañar el ambiente, existiendo una tendencia mundial por consumir productos inocuos y preferentemente orgánicos; dicho mercado registra tasas de crecimiento significativas tanto en la producción como en la demanda, sin embargo la producción es a la menor demanda, siendo Europa, Japón y América del Norte las principales regiones consumidoras de estos productos. Lo que genera nuevas oportunidades de exportación, sin embargo la problemática de la agricultura orgánica, en parte, es el tiempo que debe transcurrir sin aplicación alguna de agroquímicos, incluyendo los fertilizantes que es de tres a cinco años, por lo que es necesario encontrar un sustrato que elimine dicho tiempo de espera, además de suministrar elementos nutritivos y soporte, siendo una buena opción el compost, debido a la gran cantidad de elementos nutritivos contenidos en este, sin embargo es difícil usarla como tal (Muñoz, 2003).

Es conveniente señalar que los elementos nutritivos contenidos en el estiércol composteado pudieran ayudar a disminuir la aplicación de fertilizantes inorgánicos (Castilla, 2001).

El uso de plaguicidas certificados garantiza una producción sustentable, ya que en dicho sistema de producción las aplicaciones contra organismos dañinos son constantes, lo anterior fomenta la salud del ecosistema, de los trabajadores y de los consumidores. Logrando con fertilización orgánica e inorgánica, basando el control de enfermedades y plagas con productos orgánicos, se puede concebir una producción sustentable. Una parte indispensable en el sistema de producción es sin duda, la utilización del genotipo adecuado, para lo cual resulta necesario realizar evaluaciones de genotipos para determinar el mejor material, que se adapte a las condiciones imperantes de la región (Navejas, 2002).

En la actualidad para conseguir buenas cosechas y económicamente más rentables, se utilizan los fertilizantes. Estos productos químicos que se encargan

de administrarles los minerales que le hacen falta a los suelos por sus excesivos usos en el cultivo, son cada vez más utilizados por los agricultores.

Los fertilizantes inorgánicos y orgánicos presentan diferentes ventajas y desventajas. Las ventajas de los fertilizantes inorgánicos es que son de rápida asimilación de los nutrientes, ya que se encuentran en concentraciones mucho más grandes y específicas que los fertilizantes orgánicos y las desventajas de estos, es que pueden llegar más rápidamente a contaminar las fuentes de agua de la zona. Por otro lado, los fertilizantes orgánicos tienen como desventaja lenta asimilación, realiza todo un proceso para llegar a tener efectos rendidores, pero la ventaja es que tiene menos efectos secundarios en el caso de excederse en el uso, y los abonos de origen orgánico, contienen muchos micro nutrientes y macro nutrientes, lo que ayuda aun mas a las plantaciones (Soto *et al.*, 2002).

1.1. Objetivos

- 1) Determinar la respuesta fertilización del cultivo del maíz forrajero a la fertilización orgánica e inorgánica.
- 2) Determinar la cantidad de elementos nutritivos obtenidos en la materia seca.

1.2. Hipótesis

Al menos un tratamiento suple los requerimientos nutritivos del maíz en forma más económica y productiva que la fertilización inorgánica.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Generalidades

El maíz es una gramínea, cuyos granos aparecen en las mazorcas. Este alimento se caracteriza por su gran variedad en tipos y usos. Entre los diferentes tipos de maíz está el maíz dentado, maíz dulce, maíz de corteza dura, maíz de harina y maíz reventador entre otros.

En cuanto a usos, el maíz sirve para producir una gran variedad de productos, por eso es el tercer alimento más cultivado en el mundo. Se utiliza para hacer pienso para los animales, obtener harina, extraer aceite. También se crea a base de él bebidas sin alcohol como “el atole mexicano” y dulces como el sirope de maíz. Hasta se puede producir productos como combustible, caucho, insecticidas y plásticos debido a un componente del maíz llamado “furfural”.

2.2. Origen

El maíz es un cultivo muy remoto de unos 7000 años de antigüedad, de origen indio que se cultivaba por las zonas de México y América central. Hoy día su cultivo está muy difundido por todo el resto de países y en especial en toda Europa donde ocupa una posición muy elevada. EEUU es otro de los países que destaca por su alta concentración en el cultivo de maíz.

Su origen no está muy claro pero se considera que pertenece a un cultivo de la zona de México, pues sus hallazgos más antiguos se encontraron allí (Duran, 1992).

2.3. Clasificación taxonómica del maíz.

Clasificación científica

Nombre común:	Maíz
Nombre científico:	Zea mays
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Poales
Familia:	Poaceae
Género:	Zea

2.4. Fertilizantes

En la actualidad para conseguir buenas cosechas y económicamente más rentables, se utilizan los fertilizantes. Estos productos químicos que se encargan de administrarles los minerales que le hacen falta a los suelos por sus excesivos

usos en el cultivo, son cada vez más utilizados por los agricultores. Es así que los fertilizantes le aportan los suelos los nutrientes que les hacen faltan y principalmente con su aplicación las producciones de las cosechas pueden llegar hasta triplicarse en algunos casos. Además de los fines económicos, estos son a consecuencia de la demanda mundial que existe de todo tipo de cultivos, y para aumentar el rendimiento de cada cosecha, se utilizan los fertilizantes.

A pesar de esto, también sabemos que, su uso excesivo daña a los cultivos en los cuales se aplica y también a las personas produciendo intoxicaciones en las mismas. Es así que el uso de fertilizantes debe tener ciertos controles en su aplicación y quienes lo utilizan deben saber perfectamente las consecuencias y daños que pueden ocasionar si se hacen aplicaciones mucho mayores de lo que en realidad se necesitan (Alarcón y Ferrera-Cerrato, 2000).

Los fertilizantes aportan a los suelos tres elementos importantes para el desarrollo de los cultivos, estos son el nitrógeno, el potasio y el fósforo. El nitrógeno le aporta a las plantas las proteínas necesarias para el crecimiento de las mismas. El potasio por su parte juega un papel importantísimo en la síntesis de proteínas en las plantas.

Y por último, el fósforo es esencial para la fotosíntesis y otros procesos químicos que ocurren en las plantas. Los fertilizantes más comunes a base de nitrógeno, son el amoníaco anhidro, el nitrato de amonio (ácido nítrico y amoníaco) y el sulfato de amonio (amoníaco y ácido sulfúrico). Los fertilizantes de fosfato son el triple superfosfato (cuando se le aplica ácido fosfórico a la piedra de fosfato) y los fosfatos monoamónico y diamónico. Y por último los fertilizantes de potasio son aquellos a base de depósitos subterráneos de potasa o salmuera y son el cloruro de potasio, el nitrato de potasio y el sulfato de potasio. Además de estos tipos de fertilizantes se pueden hacer combinaciones entre sí, mezclándolos en estado seco o mezclándolos en solución (Alarcón y Ferrera-Cerrato, 2000).

2.5. Fertilizantes orgánicos

Los fertilizantes orgánicos tienen como desventaja lenta asimilación, realiza todo un proceso para llegar a tener efectos rendidores, pero la ventaja es que tiene menos efectos secundarios en el caso de excederse en el uso, y los abonos de origen orgánico, contienen muchos micro nutrientes y macro nutrientes, lo que ayuda aun mas a las plantaciones. El uso de fertilizantes orgánicos, ayuda a retener los nutrientes del suelo y poder mantener la humedad necesaria que cada tipo de suelo necesita para el desarrollo adecuado de las plantaciones. Es así que los fertilizantes orgánicos restituyen los niveles de materia orgánica del suelo y con esto se incrementa la capacidad para retener los nutrientes minerales que se aplican a los suelos (Chaney *et al.*, 1992).

La fabricación de los fertilizantes orgánicos se basa en el estiércol. Lo que primero se realiza, es una selección para eliminar del mismo los agentes infecciosos que pueden contener. Luego de eso, se procede a retirar los restos de piedras o elementos consistentes que se encuentren en el estiércol, y así se traslada lo que queda de él para terminar el proceso en fábricas donde envasan el fertilizante orgánico. Antes de llegar a la venta al público, lo que se hace es el control de calidad de los mismos.

Los fertilizantes orgánicos tienen su origen vegetal o animal. Hay dos tipos, como ya explicamos el estiércol, pero además de éste, está el compost. El compost es un compuesto para el cual se mezclan materiales de origen vegetal y animal, y para realizar esto, lleva un proceso de “curación” de los mismos. Luego de realizada esta “curación”, su utilización se habilita para aplicar a los diferentes cultivos; para verificar que la curación esté bien hecha, el compuesto no debe emanar calor, ni olores y su textura y color debe ser uniforme.

Estos tipos de fertilizantes orgánicos además de las ventajas que ya hemos nombrado ayuda a recomponer toda la estructura del suelo a diferencia de los fertilizantes inorgánicos que solo aportan los nutrientes que se necesitan para solucionar el problema inmediatamente. Generalmente por esta característica es que los fertilizantes inorgánicos se utilizan cuando nos encontramos con suelos en condiciones terribles y se necesitan una rápida solución para no perder el cultivo que se está realizando. La utilización de fertilizantes orgánicos otorga grandes ayudas a los suelos, pero además no provoca los daños que hacen los fertilizantes inorgánicos cuando sus aplicaciones son excesivas y sin los procedimientos adecuados. También ayudan a la mejora de los suelos en la absorción del agua aplicados por el sistema de riego o por la simple lluvia, manteniendo la humedad necesaria (Chaney *et al.*, 1992).

2.6. Fertilizantes inorgánicos

Los fertilizantes inorgánicos son aquellos creados por el hombre que aportan mucho más nutrientes a los suelos, que los fertilizantes orgánicos; su utilización es más alta que la de fertilizantes orgánicos porque sus beneficios son mayores, ya que la concentración de los nutrientes principales que le aportan a los suelos viene en niveles más elevados. Estos nutrientes principales que le aportan a los suelos son cantidades concentradas de nitrógeno, potasio y fósforo; el nitrógeno, es el que ayuda a la formación de las proteínas y la clorofila. El potasio por su parte, ayuda a que las plantas resistan mejor las enfermedades y le da fuerza a los tallos, y por último el fósforo ayuda al desarrollo de raíces fuertes. Estos tres elementos cumplen funciones esenciales para la vida de las plantas y el buen desarrollo de las mismas.

A causa de la excesiva utilización del suelo, éste, va perdiendo los nutrientes por el alto consumo que llegan a producir grandes extensiones de cosechas. De esta manera cosecha tras cosecha, los suelos no llegan a recuperarse óptimamente, y es entonces cuando empiezan las fallas, y las producciones comienzan a bajar. Otras causas de la falta de nutrientes en los suelos, puede ser que nos encontremos con un PH del suelo no adecuado para las plantaciones que necesitamos realizar, entonces hay que abocarse a la regulación del PH del mismo, para poder de esta manera utilizar las extensiones de tierra para las cosechas. Ante la falta de los nutrientes que permiten el desarrollo de grandes cosechas los productores y agricultores, utilizan los fertilizantes inorgánicos y orgánicos para ayudar a los suelos a recuperar los elementos esenciales faltantes y así elevar el número de la producción nuevamente o mejorar el rendimiento que ya estaban teniendo. Los fertilizantes inorgánicos, por su gran utilización benefician a las plantaciones, rápidamente devolviéndole a los suelos los nutrientes y aumentando rápidamente la cantidad y calidad de los cultivos (Resh, 1996).

El desarrollo de una agricultura eficiente y sustentable, una población sana y la conservación de los fundamentos de la vida, exigen favorecer la opción de una agricultura que fomente prácticas y técnicas amigables con el medio ambiente, donde los agroquímicos sintéticos, todos tóxicos en mayor o menor grado, son excluidos definitivamente.

La creciente preocupación del consumidor informado por la inocuidad de los alimentos que adquiere, ha llevado a las grandes cadenas de supermercados a exigir garantías mucho más sólidas en los productos que comercializan (Zhu, 2002).

2.7. Importancia del Maíz

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).

2.7.1. 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).

2.7.2. Carbohidratos

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

2.7.3. 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).

2.7.4. 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).

2.7.5. 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, 1987).

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).

2.9.12. 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).

2.7.6. 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).

2.7.7. 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).

2.8. Maíz Forrajero

La investigación en maíz forrajero se ha enfocado a incrementar la producción y el valor energético, además de eficientar la producción de materia seca por m³ de agua. Para lograr lo anterior es fundamental la selección del mejor híbrido (Núñez *et al*, 1999).

Un aspecto relevante de la corriente sustentable, además del uso eficiente de los recursos y el aspecto ambiental, lo es también el aspecto económico, en el sentido de una mayor utilidad económica de los sistemas agrícolas que se exploten (Hernández, 1991; Darts 2001).

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 rendimiento de forraje seco o materia seca mayor a 25%.

Hughes *et al* (1976), define forraje como el alimento vegetal para los animales domésticos, generalmente este término se refiere a los materiales como pasto, heno, alimentos verdes y ensilaje, así mismo se entiende por ensilaje al forraje conservado en estado succulento, mediante una fermentación parcial.

Forraje también puede ser definido, como aquellos alimentos voluminosos y a la inversa de los concentrados, los forrajes tienen gran cantidad de fibra y su valor nutritivo es bajo. Como representantes de este grupo se pueden mencionar el ensilado, henificado, pastos y rastrojo (Williams 1976).

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 más digestible en el maíz (Peña *et al.*, 2002) dicha característica de contenido de grano está dada por el tamaño de la mazorca, y esta a su vez está influenciada por el número de hileras por mazorca y por el número de granos por hilera (Rodríguez *et al.*, 2000).

2.8.1. Selección de híbridos de maíz de alto rendimiento y calidad 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.

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).

2.8.2. 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.

2.8.3. 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.

2.8.4. 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.

2.8.5. Ensilaje del maíz forrajero

El ensilaje es un método de conservación del forraje basado en la eliminación del oxígeno para promover una fermentación de azúcares a ácido láctico a través de bacterias lácticas. Esto causa una reducción del pH que inhibe la degradación de enzimas vegetales, inhibe el desarrollo de especies indeseables de bacterias (enterobacterias, clostridia), levaduras y hongos, así como las bacterias lácticas posteriormente. A través de este proceso se puede conservar el forraje adecuadamente sin demasiadas pérdidas de cantidad, así como de sus características nutricionales.

2.8.6. Calidad nutricional y producción de leche con ensilados de maíz forrajero

La calidad de los forrajes es importante porque afecta los costos de alimentación, la producción de leche y la salud de los animales. Los forrajes de alta calidad nutritiva son más consumidos por el ganado, pueden ser incluidos en mayores cantidades en las raciones y proporcionan más nutrientes a los animales.

2.8.7. Análisis de laboratorio para evaluar la calidad nutricional de forrajes

Los análisis de laboratorio son muy importantes debido a que la calidad nutritiva de los forrajes es muy variable. Se deben realizar en muestras representativas de los forrajes. El muestreo de silos de maíz se debe realizar una vez que se ha completado el proceso de fermentación. Se toman alrededor de 10 muestras hasta completar 4 a 5 kg a través de la cara y a una profundidad de 20 a 25 cm. Las muestras se conservan refrigeradas hasta su análisis.

Los análisis más comunes son: proteína cruda, proteína degradable en el rumen, proteína no degradable y proteína soluble. La proteína cruda se puede dividir de acuerdo a su degradación en el rumen. La proteína degradable y soluble es la proteína que es convertida a amoníaco para la síntesis de proteína microbiana. Esto es importante porque la proteína microbiana tiene una alta calidad debido a su balance de aminoácidos para la producción de leche, sin embargo, los forrajes con mucha proteína que se degrada rápidamente en el rumen (proteína soluble y degradable) pueden tener una menor eficiencia en la utilización de su proteína cuando se rebasa la capacidad de síntesis de proteína de los microorganismos del rumen.

Otra característica de los forrajes es su contenido de fibra. La fibra detergente neutro (FDN) representa las sustancias menos digeribles de los forrajes (celulosa, hemicelulosa y lignina). Debido a que la FDN es un componente de los forrajes que se digiere lentamente tiene un efecto de llenado en el rumen. Este puede llegar a limitar el consumo de las vacas lecheras.

La determinación de fibra detergente ácido (FDA) representa la hemicelulosa y lignina. Esta determinación, comúnmente se utiliza para predecir la digestibilidad o el valor energético de los forrajes. La lignina es una sustancia indigestible que también limita la digestibilidad de otros componentes de la fibra, como la celulosa y hemicelulosa. Por lo tanto, también es un indicador de los forrajes.

La digestibilidad es un término que se refiere a la parte de los forrajes que es consumida y no es excretada en las fases fecales. La digestibilidad se puede determinar con animales (digestibilidad *in vivo* o *in situ*) o en el laboratorio (digestibilidad *in vitro*). Ambas determinaciones están relacionadas entre sí, aunque normalmente la digestibilidad *in vitro* es mayor a la *in vivo*, ya que no considera la tasa de paso de los forrajes a través del extracto digestivo. La digestibilidad es un indicador general del valor energético de los forrajes. En él se compara la composición química y la digestibilidad *in vitro* del ensilado de maíz con otros forrajes que se utilizan en la alimentación del ganado lechero.

En el ensilado de maíz es un forraje principalmente energético, ya que tiene un contenido bajo de proteína. El ensilado de maíz se caracteriza por su alto contenido de grano, el cual está muy relacionado con su digestibilidad y valor energético. Un alto contenido de grano suministra altas cantidades de almidón y diluye la fracción de fibra que contiene las hojas y tallos.

2.8.8. 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 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).

2.8.9. 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).

2.9. Contraste con la agricultura convencional

La agricultura convencional desarrollada en las últimas décadas, se ha sustentado por el uso intensivo de insumos químicos, los que en su mayoría son de alta toxicidad. Investigaciones realizadas, han demostrado en forma fehaciente que suelos, aguas, animales, personas, alimentos, incluida la leche materna, han sido contaminados de manera importante por dichos productos.

Lamentablemente, aún se constata en los países en vía de desarrollo, que el monitoreo y fiscalización que se realiza por instituciones públicas sobre los residuos químicos presentes en frutas y hortalizas que se destinan al consumo interno, es insuficiente.

Lo preocupante es que cada productor, ante esta falta de fiscalización, es dueño de aplicar, para una misma plaga, un abanico de alternativas químicas con distinto grado de toxicidad; es decir, puede elegir entre aplicar un producto menos tóxico o una bomba tóxica. Siendo el agricultor en general, un gran economista en materia de costos, toma la opción por el producto de mayor toxicidad, el que siempre será el de menor precio (Alarcón y Ferrera-Cerrato, 2000).

2.10. Efecto de Diferentes Estrategias de Fertilización en Maíz sobre el Rendimiento y el Balance de Nutrientes

El nitrógeno (N) es el principal elemento requerido para la producción de los cultivos de grano. Deficiencias de este elemento reducen la expansión foliar, provocan su prematura senescencia y afectan la tasa fotosintética, dando como resultado una menor producción de materia seca y grano. Por otra parte, la disponibilidad de N afecta su concentración en el grano, interviniendo así en la determinación del contenido proteico, parámetro principal para definir la calidad comercial del grano cosechado. La incidencia del N sobre los dos factores, rendimiento y contenido de proteína, hacen que su manejo sea estratégico para la producción del cultivo.

Por otra parte, las estrategias de fertilización con fósforo (P), han determinado un balance claramente negativo, por el retiro de cantidades importantes con los granos que no eran repuestas al sistema. Por este motivo, desde principios de la década del 80's se han observado resultados positivos por el agregado de P en trigo, maíz y luego otros cultivos. Desde entonces, la disponibilidad de este nutriente en los suelos de la región ha disminuido marcadamente y, como consecuencia, en los últimos años aumentó el uso de fertilizantes fosforados. Es prioritario entonces diseñar estrategias que contemplen la reposición de las cantidades de nutrientes exportadas con los granos, y en el caso en que dichos niveles se encuentren por debajo de los umbrales críticos sugeridos, su restitución paulatina mediante fertilización.

A su vez, las situaciones de baja disponibilidad de N, P y S no ocurren de manera aislada, sino que se combinan de diversas maneras, por lo que es necesario evaluar la respuesta a la fertilización y conocer los cambios de los niveles de nutrientes en los suelos de manera conjunta (Acosta *et al.* 1991).

2.11. Agricultura orgánica

La agricultura orgánica es uno de los varios enfoques de la agricultura sostenible. En efecto, muchas de las técnicas utilizadas -por ejemplo, los cultivos intercalados, el acolchado, la integración entre cultivos y ganado- se practican en el marco de diversos sistemas agrícolas. Lo que distingue a la agricultura orgánica es que, reglamentada en virtud de diferentes leyes y programas de certificación,

están prohibidos casi todos los insumos sintéticos y es obligatoria la rotación de cultivos para "fortalecer el suelo". Una agricultura orgánica debidamente gestionada reduce o elimina la contaminación del agua y permite conservar el agua y el suelo en las granjas. Algunos países desarrollados (por ejemplo Alemania o Francia) obligan a los agricultores a aplicar técnicas orgánicas, o los subvencionan para que las utilicen, como solución a los problemas de contaminación del agua (Chaney et al., 1992).

El costo de este servicio puede ser caro, sobre todo porque pocos países en desarrollo cuentan con organizaciones de certificación. Además, los agricultores que adoptan la gestión orgánica pueden no lograr ingresar en los mercados de los países desarrollados durante hasta tres años, de conformidad con los procedimientos de certificación que requieren la depuración de los residuos químicos.

Los agricultores sufrirán probablemente cierta pérdida de rendimiento al renunciar a los insumos sintéticos y convertir su actividad a la producción orgánica. Antes de restablecerse una actividad biológica suficiente, es común que se presenten problemas de contención de plagas y de fertilidad. En ocasiones, pueden transcurrir años antes de que el ecosistema se restablezca lo suficiente para permitir la producción orgánica.

En tales casos pueden ser más indicados como solución inicial otros métodos sostenibles que admiten un uso prudente de sustancias químicas sintéticas. Una de las estrategias para sobrevivir el difícil período de transición consiste en introducir la producción orgánica en la granja por partes, de manera que no peligre toda la operación.

Casi todos los estudios llegan a la conclusión de que la agricultura orgánica requiere una aportación de mano de obra considerablemente mayor que las granjas convencionales. Además, es posible que la diversificación de los cultivos que suele observarse en las granjas orgánicas, con sus diversos calendarios de siembra y cosecha, distribuya de manera más equitativa la demanda de mano de obra, lo que podría contribuir a la estabilización del empleo. Como en todos los sistemas agrícolas, la diversidad de la producción aumenta las oportunidades de obtener ingresos y, por ejemplo en el caso de las frutas, puede aportar a la alimentación familiar minerales y vitaminas esenciales para proteger la salud. También distribuye el riesgo de pérdidas entre una gran variedad de cultivos (Gómez, *et al.* 1998).

2.12. Efectos sobre el medio ambiente y sostenibilidad

Los objetivos económicos no son la única motivación de los agricultores orgánicos, su propósito es a menudo lograr una interacción óptima entre la tierra, los animales y las plantas, conservar los nutrientes naturales y los ciclos de energía y potenciar la diversidad biológica, todo lo cual contribuye a la agricultura sostenible.

Adoptan muchas técnicas de protección y conservación del suelo y el agua que se utilizan para luchar contra la erosión, la compactación, la salinización y otras formas de degradación. El uso de la rotación de los cultivos, el abono orgánico y el acolchado mejoran la estructura del suelo y estimulan la proliferación de una vigorosa población de microorganismos. Los cultivos mixtos y de relevo aseguran una cobertura más continua del suelo y por consiguiente un período más breve en que el suelo queda totalmente expuesto a la fuerza erosiva de la lluvia, el viento y el sol.

Los agricultores orgánicos se valen de métodos naturales para combatir las plagas -por ejemplo, medios biológicos, plantas con propiedades útiles para la lucha contra las plagas- y no de plaguicidas sintéticos que, como es sabido, cuando no se utilizan correctamente, causan la muerte de organismos beneficiosos, provocan resistencia a las plagas y con frecuencia contaminan el agua y la tierra. La reducción del uso de plaguicidas sintéticos tóxicos, que envenenan cada año a tres millones de personas, debería traducirse en una mejora de la salud de las familias agrícolas.

Casi todos los programas de certificación limitan el uso de fertilizantes minerales al necesario para complementar el abono orgánico producido en la granja. Sin embargo, pueden utilizarse fertilizantes naturales y orgánicos procedentes de fuera de la granja (por ejemplo, fosfato mineral, potasa, guano, algas, subproductos de matadero, piedra caliza molida, cenizas de madera), (Dinham, 1999).

2.13. Situación de la agricultura orgánica en México

La producción y las exportaciones de alimentos obtenidos orgánicamente han aumentado rápidamente en todo el mundo durante los últimos 10 años. Gracias a esta aceptación, 10.5 millones de hectáreas se dedican a este tipo de producción en todo el mundo, y es posible encontrar en la actualidad más de 1500 distintos productos orgánicos frescos, congelados o procesados, entre los que destacan café, té, azúcar, frutas, hortalizas, cereales, algodón, carne, productos lácteos, aceites, harinas, chocolates, mermeladas, miel, condimentos, y vino, entre otros. Entre los principales productores se encuentran Europa, Australia, Canadá, Estados Unidos, y Japón, que generan el 76 por ciento del total mundial.

Como parte de esta tendencia, México se encuentra en un proceso de desarrollo de sistemas de producción orgánica y nuevas maneras para la comercialización estos productos, debido principalmente a que por lo general alcanzan un precio 20 a 30% más alto que los productos convencionales.

Sin embargo, el interés por este tipo de productos no se ha generado en los consumidores nacionales, sino más bien en la producción, misma que se encuentra orientada básicamente a la exportación. Adicionalmente al desconocimiento por parte de los consumidores, el mercado doméstico se encuentra limitado por el bajo poder adquisitivo de la población y por los inadecuados canales de distribución para productos orgánicos.

A pesar de esto, agricultura orgánica es un fenómeno de rápido desarrollo y su impacto social y económico ha sido fuerte en los últimos años. Hoy México ocupa el quinceavo lugar mundial en la producción de alimentos orgánicos. Durante los últimos años ha producido un importante incremento en la superficie de sembrada, pasando en diez años de 23,000 has en 1990 a 103,000 has en el 2000 y ha comenzado a desarrollar rápidamente sistemas de producción ecológica, sobre todo en cultivos tropicales y de invierno, que no pueden producirse en países industrializados, en su mayoría son para la exportación.

Se estima que más de 33,000 agricultores se dedican a esta actividad en unas 137 zonas productoras. Así mismo, las exportaciones mexicanas alcanzaron un valor de 140 millones de dólares, cuatro veces más que en 1996. El principal cultivo ecológico es el café, que representa el 66% de las hectáreas cultivadas, concentradas en su mayoría en el estado de Chiapas y con una producción de 47,000 ton. Le siguen los cultivos de maíz blanco y azul y el ajonjolí. Otros productos importantes son mango, papaya, aguacate, plátano, cacao, hierbas aromáticas, naranja y miel (Gómez T. L. 1999).

Cuadro 1. Principales indicadores de la agricultura orgánica en México 2000

Productores	33,000
Exportaciones	140 millones de dólares
Mano de obra	16 millones de jornales al año
Superficie sembrada	103 mil hectáreas
Principal producto	Café: 66% de la superficie total

Fuente: Agroenlinea.com con datos de CIESTAAM, 2001.

Existen dos principales tipos de productores orgánicos en México: los del sector social, que agrupa a productores pequeños y los del sector privado con los

productores grandes. El sector social representa a alrededor 95 % de los productores orgánicos en México. En comparación, la participación de los productores del sector privado sigue siendo relativamente limitada, pero se pueden ampliar dado sus economías de la escala y la utilización de mejor infraestructura. Aunque la producción de productos orgánicos en México sigue siendo un subsector muy pequeño, su impacto económico ya se considera muy significativo, pues constituye una alternativa verdadera a la producción agrícola especialmente para los productores pequeños y medianos (Brenes, 1994).

**Cuadro 2. Principales países consumidores de productos orgánicos
(Ventas al por menor en miles de millones de dólares)**

Estados Unidos	8.0
Unión Europea	7.8
Japón	3.2
Canadá	2.0
Australia	0.1

Fuente: Agroenlinea.com con datos del International Trade Centre (ITC) 2001.

México tiene ventajas comparativas en la producción y exportación de cierta categoría de productos orgánicos. Los beneficios que se pueden generar son muy importantes, debido a los mejores precios de los productos orgánicos, cuya gestión también genera más empleos que la agricultura convencional. Sin embargo, el desarrollo de la producción y comercio de orgánicos en México tropieza con obstáculos, como es escasa la información fidedigna sobre el mercado, como datos sobre precios o la certificación.

Para los pequeños empresarios, la producción orgánica puede llegar a ser una salida para mejorar su situación económica en momentos en que los productos agrícolas tradicionales sufren una grave crisis de precios en todo el mundo (Lampkin, 1999).

2.14. Desventajas de los fertilizantes orgánicos

Sobre los riesgos

En relación con los riesgos por el uso de estiércol animal, éstos se derivan por la presencia de microorganismos patógenos en los intestinos de los animales. Entre otros, la *salmonella*, el *cryptosporidium*, la *escherichia coli*, los *enterococcus*. Todos ellos afectan la salud humana.

El riesgo es mayor ante un tratamiento inadecuado del estiércol animal, su uso persistente en estas condiciones, tasas altas de aplicación, acidez del suelo, y el momento de la aplicación cercano a la cosecha. Además, en su contacto con el agua, liberan sustancias que demandan oxígeno, disminuyendo la calidad de la misma.

Los abonos

La recomendación principal para disminuir los riesgos citados, es la transformación de los desechos orgánicos en abono. El proceso es conducido por bacterias y hongos que al fermentar el material orgánico, generan mucho calor, reduciendo o eliminando los riesgos biológicos.

Los organismos que provocan esta degradación y descomposición, demandan de oxígeno y humedad. La aeración del proceso, garantiza su continuidad. La tasa de humedad debe ser apropiada. Poca humedad hace lento el proceso.

Mucha humedad convierte las condiciones en anaeróbicas, desfavorables a los organismos.

De otra parte, al generarse temperaturas elevadas, se mejora el crecimiento de bacterias favorecidas por el calor, apropiadas para la digestión de materia orgánica.

Sobre esta base, la clasificación de los procesos de transformación en abono distingue a dos grupos: los pasivos y los activos.

Los tratamientos pasivos se sustentan en las condiciones y procesos naturales de degradación. Estas condiciones están relacionados con la temperatura, la humedad, y la radiación ultravioleta, las cuales ayudan a la reducción de microorganismos adversos.

De otra parte, debido a que no se remueven las pilas de abono, se dificulta el proceso de aireación, y se hace más lento el proceso de transformación. Justamente el uso de estos tratamientos, enfrenta el problema del tiempo que es requerido para la reducción significativa de microorganismos patógenos, lo cual también está relacionado con las condiciones climáticas y de estación de cada lugar.

Los tratamientos activos buscan acelerar el proceso de transformación, actuando sobre las variables principales de aireación, temperatura y humedad.

Al removerse las pilas de material, se favorece la incorporación adecuada de oxígeno. Se controla y mantienen los niveles apropiados de humedad. Se controla también la temperatura haciendo los agregados de material o uso de cobertura que le sean favorables.

Cuando el material deja de estar caliente, se considera que el proceso ha terminado y se efectúa el análisis microbiano correspondiente, en particular para ver la presencia de *eschericia coli* y *salmonella*.

Sobre el manejo y almacenamiento

Existen otro grupo de riesgos relacionados con la localización del tratamiento y del almacenamiento. Según corresponda, son útiles las siguientes recomendaciones. Esta localización debe ser distante de las zonas de producción y del almacén de productos cosechados.

Establecer barreras para reducir los riesgos de diseminación por viento o cursos de agua. Considerar el uso de coberturas.

Adoptar pisos de cemento, hoyos con arcilla u otro material que impermeabilice las pilas y evita la contaminación de las aguas subterráneas (Ramirez y Romero, 1980).

2.15. Vermicomposta (VC) o humus de lombriz

La vermicomposta es un tipo de composta en la cual cierto tipo de lombrices de tierra, e.g., *Eisenia foetida*, *Eisenia andrei*, *Lumbricus rubellus*, transforman los residuos orgánicos en un subproducto estable denominado “vermicomposta” o “*worm casting*”. Los residuos de la ganadería son una “fuente de alimento” común para las lombrices, pero los residuos de los supermercados, los biosólidos (lodos de aguas negras) la pulpa de papel, y de la industria de la cerveza también se han utilizado en el proceso de vermicomposteo (Moreno-Reséndez, 2004.)

La vermicomposta - lombricomposta o humus de lombriz - se genera en el tubo digestor de la lombriz, y de acuerdo al uso que se destine, se puede clasificar como: fertilizante orgánico, mejorador del suelo y medio de crecimiento (**MC**) para especies vegetales que se desarrollan en invernaderos (Moreno-Reséndez, 2004.)

La descomposición de la materia orgánica bajo condiciones ambientales variables es una característica fundamental de los ecosistemas terrestres. En el caso del vermicomposteo, las interacciones complejas entre residuos orgánicos, microorganismos, lombrices y otros animales de la fauna del suelo provocan la bioxidación y estabilización de dichos residuos. Una gran variedad de microorganismos y organismos invertebrados del suelo proliferan e interactúan contribuyendo al "ciclo de la materia" dentro del vermicomposteo. El sistema de vermicomposteo soporta complejas cadenas alimenticias, y al mismo tiempo, modifica diferentes formas químicas de diversos elementos nutritivos contenidos en los compuestos orgánicos, los cuales son importantes para la dinámica de los elementos nutritivos.

2.16. Características de la vermicomposta

La vermicomposta, en términos generales posee, entre otras, las características que se describen en el siguiente párrafo.

Material de color oscuro, con un agradable olor a mantillo de bosque, su gran bioestabilidad evita su fermentación o putrefacción, contiene una elevada carga enzimática y bacteriana que incrementa la solubilidad de los elementos nutritivos, liberándolos en forma paulatina, y facilita su asimilación por las raíces e impide que éstos sean lixiviados con el agua de riego manteniéndolos disponibles por más tiempo en el suelo y favorece la germinación de las semillas y el desarrollo de las plantas. Incrementa la superficie activa de las partículas minerales favoreciendo la CIC de los suelos. Favorece e incrementa la actividad biótica del suelo. Su acción antibiótica aumenta la resistencia de las plantas en contra de plagas, enfermedades y organismos patógenos.

Se puede utilizar sin inconvenientes en estado natural y se encuentra libre de nematodos. Los ácidos húmicos y fúlvicos que contiene regeneran las características químicas del suelo y, al igual que cierto tipo de hormonas de crecimiento, favorecen el desarrollo de las especies vegetales. Posee un pH neutro. Mejora las características estructurales del terreno, desliga suelos arcillosos y agrega suelos arenosos (Moreno-Reséndez, 2004.).

La vermicomposta se caracteriza por estar conformada por materiales finamente divididos como el peat con gran porosidad, aireación drenaje, capacidad de retención de humedad. Además presentan una gran área superficial, la cual le permite adsorber y retener fuertemente los elementos nutritivos, los cuales se encuentran en formas que son fácilmente asimilables para las plantas tales como los nitratos, el fósforo intercambiable, potasio, calcio y magnesio solubles. En consecuencia, las vermicompostas pueden tener un gran potencial en las industrias hortícolas y agrícolas como sustrato para el crecimiento de la planta (Moreno-Reséndez, 2004.)

Adicionalmente, las vermicompostas, comparadas con sus materiales originales, tienen reducidas cantidades de sales solubles, mayor CIC, y un creciente contenido de ácidos húmicos totales. También contienen sustancias biológicamente activas tales como reguladores de crecimiento vegetal, que estimulan el crecimiento de las plantas e impiden la proliferación de organismos patógenos. Por lo tanto, sus propiedades fisicoquímicas y biológicas parecen ser de mejor calidad para el crecimiento de las plantas que las propiedades de los materiales que dan origen a la Vermicomposta (Moreno-Reséndez, 2004).

2.17. La vermicomposta en desarrollo de las especies vegetales

2.17.1. Promoción de crecimiento

Como se señaló anteriormente, debido a que las reglamentaciones para la aplicación del estiércol a los suelos se han vuelto más rigurosas, se ha incrementado el interés por utilizar las lombrices como un sistema ecológicamente sano para manejar el estiércol. Debido a este enfoque, diversos investigadores han estudiado la utilización potencial de las vermicompostas, dentro de la industria agrícola y hortícola.

En éstas se ha demostrado que la aplicación de la vermicomposta ha incrementado el crecimiento y desarrollo de las plántulas y la productividad de una amplia gama de cultivos. El incremento en el crecimiento y productividad de la planta se ha atribuido a las características físicas y químicas que presenta la Vermicomposta (Moreno-Reséndez, 2004.)

Los efectos de las vermicompostas sobre el crecimiento de diversos cultivos incluyendo cereales y leguminosas, especies vegetales, plantas ornamentales y florales ha sido evaluado bajo condiciones de invernadero y en un menor grado bajo condiciones de campo.

En ensayos de invernadero, el crecimiento de plántulas de maravillas (caléndula) y tomate se incrementó significativamente al sustituir el medio de crecimiento comercial Metro-Mix 360 con 10 o 20% de desechos de cerdo vermicomposteados o de residuos de alimentos vermicomposteados, cuando todos los requerimientos nutritivos fueron suministrados (Moreno-Reséndez, 2004.)

La vermicomposta generada a partir de estiércol de ganado vacuno, estimuló el crecimiento de las plantas de tomate y lechuga en comparación con el estiércol a partir del cual se generó la vermicomposta. Esto sugiere que las lombrices incrementaron la maduración de los residuos orgánicos. Por lo tanto, el incremento en el crecimiento de la planta podría ser debido a las características fisicoquímicas más favorables de los residuos procesados y el más alto contenido de N-NO_3^- , una forma de nitrógeno que es fácilmente disponible para la asimilación de las plantas (Moreno-Reséndez, 2004.)

Los estudios con vermicompostas han demostrado consistentemente que los residuos orgánicos vermicomposteados tienen efectos benéficos sobre el crecimiento de la planta independientemente de las transformaciones y la disponibilidad de los elementos nutritivos. Cuando las vermicompostas se han utilizado como mejoradores del suelo o como componentes de los medios de crecimiento hortícolas, éstas han mejorado consistentemente la germinación de las semillas, el incremento en el crecimiento y desarrollo de las plántulas, y una

creciente productividad de la planta, mucho más de la que pudiera ser posible de la mera conversión de los elementos minerales en formas más accesibles para la planta.

En correspondencia a lo anterior, Atiyeh señalan que la mayor respuesta de crecimiento y de rendimiento de las plantas se ha presentado cuando las vermicompostas constituyen una proporción relativamente pequeña (10 - 40%) del volumen total del medio de crecimiento de la planta dentro de los cuales estos materiales son incorporados. Generalmente, ni proporciones más grandes o más reducidas de vermicompostas sustituyendo a los medios de crecimiento no han incrementado el crecimiento de las plantas.

Las posibles variables asociadas con el hecho de que la vermicomposta pueda ser en parte responsable del incremento en el crecimiento de los cultivos, incluyen la fertilidad, el ajuste del pH, las propiedades físicas del sustrato, la actividad microbiana y/o los componentes de la materia orgánica (Moreno-Reséndez, 2004.).

Por lo tanto, parece muy probable que las vermicompostas, las cuales consisten de una amalgama de heces de lombrices humificadas y materia orgánica, estimulan el crecimiento de la planta más allá del generado por los elementos nutritivos minerales, debido a los efectos de las sustancias húmicas presentes en las vermicompostas o debido a los reguladores de crecimiento de la planta asociados con los ácidos húmicos (Moreno-Reséndez, 2004.).

2.17.2. Efecto sobre rendimiento

Atiyeh al sustituir el medio de crecimiento comercial “Metro – Mix 360” con 20 % de vermicomposta de estiércol de cerdo, concluyeron que además de mejorar el crecimiento de plántulas de tomate, también se logró incrementar significativamente el rendimiento de este cultivo bajo condiciones de invernadero, con una producción de 5.1 kg planta⁻¹. Este valor resultó 58 % más alto que el rendimiento del testigo (Metro – Mix 360 sin vermicomposta).

De acuerdo con las lombrices de tierra provocan diferentes efectos benéficos, físicos, químicos y biológicos, sobre los suelos y sobre los medios de crecimiento, en consecuencia se ha demostrado que estos efectos pueden incrementar el rendimiento de los cultivos tanto en ecosistemas naturales como en los ecosistemas controlados. Los efectos benéficos se han atribuido al mejoramiento de las propiedades y de la estructura del suelo, a una mayor disponibilidad de los elementos nutritivos, a una creciente población microbiana y de metabolitos

biológicamente activos, que participan como los reguladores de crecimiento de la planta.

Como resultado de la aplicación de vermicomposta y la inoculación con el hongo endomicorrízico arbuscular *Glomus intraradix* y la bacteria *Azospirillum brasilense* sobre la producción de tomate de cáscara, Velasco-Velasco *et al.* (2003) concluyeron que, la adición de vermicomposta, sola o combinada con *G. intraradix* y *A. brasilense*, mostró efecto positivo sobre la tasa fotosintética, acumulación de materia seca y rendimiento de tomate de cáscara. Además señalaron que el tratamiento que incluía la combinación de vermicomposta + *G. intraradix*, superó al testigo en peso seco total en 120% y en rendimiento en 26%.

Los resultados de la prueba de campo en Juchitepec, Edo. de México en el cultivo de papa var. Alpha usando combinaciones de abonos orgánicos y fertilizantes minerales para ajustar la dosis recomendada de fertilización de 165-200-300, indicaron que la gallinaza fue el abono que aportó mayor cantidad de nutrimentos de origen orgánico, tuvo la mejor respuesta en rendimiento total, comercial, producción de materia seca, acumulación de N por tubérculos y presentó el mayor contenido de C-biomasa microbiana en suelo. Por cada tonelada de gallinaza aplicada se incrementó el rendimiento total de tubérculos en 1468 kg, obteniéndose rendimientos superiores a 43 t ha⁻¹. La aplicación de vermicomposta produjo menores niveles de rendimiento que los otros abonos, con reducción de rendimiento al elevar la dosis de vermicomposta, pero en la dosis recomendada obtuvo mayor concentración de N en tubérculos y, por tanto mejor calidad biológica al aumentar el contenido de proteína (Moreno-Reséndez, 2004.).

En la comparación de dos genotipos de tomate - Adela y André – desarrollados en diferentes mezclas de vermicomposta:arena (**VC:A**; %:%, en base peso) vs sustrato con arena y solución nutritiva, en invernadero, se destacó lo siguiente, para el genotipo André el rendimiento de 17.05 kg m⁻¹, con la mezcla 12.5:87.5 (%:%) aunque resultó estadísticamente igual ($P < 0.05$) al testigo, en el que se obtuvieron 15.10 kg m⁻¹, lo superó en un 11.43%. (Moreno-Reséndez, 2004.). Adicionalmente, los mismos autores establecieron que con la misma mezcla: a) se obtuvieron los valores promedio significativamente más altos para las variables de calidad: número de lóculos (5), sólidos solubles (6.2 ° Brix), diámetro ecuatorial (7.47 cm) y peso de fruto (224.71 g fruto⁻¹); b) en el caso del diámetro polar (6.5 cm) esta mezcla sólo fue superada por la mezcla 50:50 (%:%) donde se obtuvo un valor de 6.9 cm; y c) con respecto al espesor de pulpa los diferentes tratamientos fueron estadísticamente iguales con un promedio de 0.8 cm. Los resultados

sugieren que la fertilización del genotipo André, a través de la solución nutritiva, puede ser sustituida con la aplicación de **VC** en el **MC**.

2.17.3. Control de enfermedades y organismos patógenos

Existen pocos datos sobre los posibles mecanismos mediante los cuales las vermicompostas generan efectos de incremento en el crecimiento. Sin embargo, se ha demostrado que la incidencia de enfermedades de las plantas puede ser controlada por las vermicompostas. Además, debido a la presencia de este material ha incrementado la actividad de la micorriza vesículo arbuscular y se ha suprimido la población de nematodos (Atiyeh *et al.*, 2002).

Cuando las lombrices se alimentan de los residuos orgánicos ingieren una amplia gama de materiales alimenticios, incluyendo bacterias, hongos, protozoarios y nematodos. Debido a esta situación, Bonkowski *et al.* (2000), concluyeron que las lombrices, de diferentes grupos ecológicos, prefieren como alimento a diversas especies de hongos, entre las cuales destacan: *Fusarium nivale*, *Rhizoctonia solani*, *Cladosporium cladosporioides*, *Mucor* sp. La importancia de esta preferencia se debe a que, la mayoría de estos hongos son organismos patógenos o parásitos del tejido de las plantas, y en consecuencia limitan su óptimo crecimiento.

Gajalakshmi *et al.* (2001), señalan que dentro de los beneficios que aporta las vermicomposta, al comparar su incorporación con el material original (pre-vermicompostado) se encuentran el incremento de la capacidad de la retención de humedad del suelo, una mejor disponibilidad de elementos nutritivos para las plantas. También han establecido que las vermicomposta contienen enzimas y hormonas que estimulan el crecimiento de las plantas e impiden la proliferación de organismos patógenos.

Por otra parte, determinaron que durante el proceso de vermicomposteo de dos residuos orgánicos: estiércol de vaca y lodos de aguas negras, con lombrices *Eisenia andrei*, se logró reducir significativamente la presencia de nematodos (>50%) en ambos sustratos debido a la actividad de descomposición que realizan estas lombrices (Moreno-Reséndez, 2004.)

2.17.4. Producción de sustancias húmicas

En la literatura existe un gran número de referencias que demuestran que los reguladores de crecimiento de las plantas, tales como el ácido indol-acético (auxinas), giberelinas y citoquininas, son generados por microorganismos, y en dichas referencias se ha sugerido que la promoción de la actividad microbiana en la materia orgánica por las lombrices podría provocar la producción de cantidades

significativas de reguladores de crecimiento: auxinas, giberelinas y citoquininas (Atiyeh *et al.*, 2002). Esta situación se debe al papel relevante que las lombrices tienen en el proceso de formación de humus, en el cual la vermicomposta contiene sustancias húmicas que pueden afectar el crecimiento de la planta a través de efectos fisiológicos (Moreno-Reséndez, 2004.)

Las sustancias húmicas comprenden un gran número de compuestos orgánicos con una estructura molecular compleja (anillos aromáticos, grupos carbonilos, fenólicos y hidroxil alcohólicos, entre otros). El origen de estas sustancias se debe a la descomposición química y microbiana que actúa sobre los residuos de plantas y animales (Moreno-Reséndez, 2004.)

Además, se ha demostrado que las vermicompostas originadas a partir de estiércoles, lodos de aguas negras o lodos de residuos de papel contienen grandes cantidades de sustancias húmicas. Estudios sobre los efectos de las sustancias húmicas sobre han provocado efectos consistentemente positivos sobre el crecimiento de la planta independientemente de la nutrición. Por ejemplo, en experimentos controlados, las sustancias húmicas incrementaron la producción de materia seca de plántulas de maíz y avena; el número y la longitud de las raíces de tabaco, los pesos secos de plántulas, raíces, y nódulos de la soya, el nogal y las plantas de trébol, el crecimiento vegetativo de las plantas achicoria, e indujeron la formación de retoños (plántulas) y raíces en cultivos tropicales desarrollados en cultivo de tejidos.

La incorporación de ácidos húmicos derivados del proceso de vermicomposteo, dentro de cada medio de crecimiento, incrementó significativamente el crecimiento de las plantas de tomate y de pepino, en términos de la altura de las plantas, el área foliar, y el peso seco de plántula y raíces. El crecimiento de la planta incrementó conforme se incrementó la concentración de los ácidos húmicos dentro de los medios de crecimiento hasta cierta proporción, pero esto difirió de acuerdo con la especie de planta, el origen de la vermicomposta, y la naturaleza del medio de crecimiento. El crecimiento de la planta tendió a incrementarse por los tratamientos de las plantas con $50 - 500 \text{ mg kg}^{-1}$ de ácidos húmicos, pero con frecuencia disminuyó significativamente cuando las concentraciones de los ácidos húmicos aplicados al medio de crecimiento rebasó los $500 - 1000 \text{ mg kg}^{-1}$.

Las respuestas de crecimiento probablemente fueron debidas a la actividad que como hormonas tiene los ácidos húmicos de las vermicompostas o podrían haberse debido a hormonas de crecimiento de la planta adsorbidas dentro de los humates (Moreno-Reséndez, 2004).

2.18. Composta

Puede definirse el compost como el producto que se obtiene al someter la materia orgánica a un proceso de fermentación aeróbica que la transforma en una mezcla estable, lo más homogénea posible y que guarde una relación entre sus componentes que la confieran un buen valor agronómico.

Cualidades:

- a) La mejora notoria en las propiedades químicas y bioquímicas de los suelos.
- b) Su utilización hace que el suelo retenga más agua.
- c) Ahorro económico en abonos químicos.
- d) Es un sistema de reciclaje, con una útil revalorización del residuo.
- e) La composta es aplicable como sustrato, teniendo importancia su uso en el cultivo de plantas ornamentales.

Bio-composta

El compost es el producto obtenido de la descomposición de materia orgánica, mediante fermentación aeróbica. Es un abono natural que se obtiene a partir de los residuos orgánicos.

Propiedades

El residuo orgánico es transformado en una extraordinaria fertilizadora.

Actúan sobre los nutrientes macromoleculares llevándolos a estados directamente asimilables por las plantas, manifestándose en notables mejoras de las cualidades organolépticas de frutas y flores y mejor resistencia a los agentes patógenos. Acelera el desarrollo radicular y los procesos fisiológicos de brotación, floración, maduración, sabor y color. Al mejorar el estado general de las plantas aumenta la resistencia al ataque de plagas y patógenos y la resistencia a las heladas. La acción microbiana del compost hace asimilable para las plantas materiales inertes como fósforo, calcio, magnesio, así como micro oligoelementos. Su riqueza en oligoelementos lo convierte en un fertilizante completo. Aporta a las plantas sustancias necesarias para su metabolismo. Además contiene hormonas, sustancias reguladoras del crecimiento y promotores de las funciones vitales de las plantas. Está compuesto principalmente por carbono, oxígeno, nitrógeno e hidrogeno, encontrándose también una gran cantidad de microorganismos.

También agrega material orgánico al suelo, aumenta la permeabilidad de los suelos de arcilla y aumenta la capacidad de retención de agua de los suelos arenosos, promueve el crecimiento de la raíz y crea espacios para el aire y el agua.

El compost cumple un rol trascendental al corregir y mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos.

Cuadro 3. Contenido nutrimental

N	20 u. f. ‰
P	25 u. f. ‰
K	19 u.f. ‰
M.O.	47‰
Humedad	25 ‰

Se puede generalizar que la compostas:

1. Es el producto final originario de proceso del compostaje.
2. Es la materia orgánica, estabilizada, no toxica, no perjudicial y peligrosa para la salud de las personas, donde se encuentran la mayor parte de los macro nutrientes necesarios para las especies vegetales (nitrógeno, fósforo y potasio) y los oligo-elementos presentes en la materia orgánica inicial.
3. El suelo donde se utiliza, lo enriquece.
4. El producto terminado cumple con la normativa vigente y estará dado de alta al registro de Fertilizantes afines del Ministerio de Agricultura, al igual que lo están los abonos minerales.

2.19. Te de composta

Es un extracto líquido del estiércol vegetal que contiene nutrimentos de planta, compuestos del crecimiento vegetal y microorganismos benéficos. Los extractos líquidos se han utilizado por centenares de años en la agricultura, promoviendo la salud de la planta y suelo. Estos extractos se han derivado históricamente de una amplia gama de materiales de planta y abonos animales, utilizando gran variedad de métodos en el proceso. El te aireado de composta es un concepto reciente que incorpora la tecnología de aireación para mejorar la extracción y acelerar el proceso generando niveles óptimos del oxígeno para el crecimiento y la reproducción de microorganismos aerobios benéficos (Grubienger, 2005; Salter, 2006).

Es un extracto de composta preparado con una fuente de alimento microbial con melaza, algas marinas, ácidos húmicos-fúlvicos en un proceso aeróbico con una bomba de aire, en el extracto se desarrollan poblaciones de microorganismos benéficos por un periodo de 24 a 36 horas (Diver, 2002). Después de ese periodo se reduce el contenido de N por volatización, las fuentes de alimento microbial pueden ser: melaza, polvo de algas y pescado y como catalizador microbial los ácidos húmicos-fúlvicos, extracto de yuca y polvos de roca.

Los plaguicidas químicos como insecticidas, fumigantes, herbicidas y el exceso de fertilizantes sintéticos, matan a diversos microorganismos benéficos que ayudan al crecimiento de las plantas, mientras que el te de composta mejora la vida de los suelos y la superficie foliar de la planta. El te de composta de alta calidad inocula la superficie de las hojas y favorecen la presencia de microorganismos benéficos, en lugar de destruirlos (Al-Dahmani *et al.* 1999; Cascadia, 2001).

Este se ha convertido en una herramienta de gran ayuda para la agricultura, ya que al ser aplicado al follaje de la planta, proporciona microorganismos benéficos supresores de enfermedades y al ser suministrado al suelo, los nutrimentos y los microorganismos que posee se moverán hacia la zona radicular, afectando positivamente la rizósfera de la planta, auxiliándola en la disposición de nutrimentos como alimento (Bess, 2000; Reinten y Salter, 2002 y Touart, 2005). Los microbios del te pueden tener mucha competencia con otros microorganismos del suelo, pero tienen la oportunidad de convertirse en una parte de la ecología microbiana del suelo y de la rizósfera (Bess, 2000).

2.20. Calidad del forraje

La vaca lechera alta productora, depende en gran parte para el sostenimiento de su alta producción, de la calidad de los forrajes. Siendo un rumiante necesita de la fibra de la ración, tanto de su calidad como de cantidad, esta calidad está dada en parte por su grado de digestibilidad, a nivel ruminal.

Los nutrientes en los forrajes pueden variar por:

- ❖ Especie
- ❖ Madurez de la planta
- ❖ Condición de crecimiento
- ❖ Fertilidad del suelo
- ❖ Método de cosecha
- ❖ Condición de conservación
- ❖ Duración del almacenamiento

Los forrajes pueden llegar a formar parte de una ración para ganado lechero y/o ganado de carne desde un 45% a un 100%.

El análisis del contenido de los forrajes como; fibra cruda, fibra neutro detergente (FND), lignina, digestibilidad, nutrientes digestibles totales (NDT) y otros, representan un esfuerzo para conocer su valor como forraje. Sin embargo, algunos de estos valores tienen mayor influencia por su efecto, sobre la producción de leche y sus contenidos, como en el caso de la FND y su digestibilidad, que además tiene efecto sobre el consumo de alimento. El desarrollo de nuevas variedades de forrajes, se ha orientado a variedades con

menores contenidos de lignina, FND, FND más digestibles, a un mayor contenido de energía. Cuando los forrajes son altamente digestibles y una vez que cubren las necesidades de mantenimiento, el resto está disponible para una mayor producción de leche.

El rumen opera como un reactor industrial, cuyo proceso se inicia con la introducción de la materia prima (alimento), pasando al tracto digestivo, ahí se derivan diferentes metabolitos que vía sanguínea son transportados, el residuo o desecho, sale, este proceso es continuo y su velocidad de paso va a depender de la calidad de la materia prima(alimento), mientras mayor sea este su paso por el reactor (rumen) es más rápido, seguido por una velocidad mayor de llenado, a mayor digestibilidad de un forraje, mayor paso vía ruminal, mayor extracción de nutrientes, ocasionando un mayor consumo. El proceso de vaciado del rumen produce la sensación de hambre, por el contrario un forraje de mala calidad, permanece más en el rumen, ocasionando una baja en el consumo y por ende en la producción de leche.

Entre los criterios de selección para el mejoramiento del maíz par ensilaje están la digestibilidad, el rendimiento de la materia seca y el porcentaje de elote (Peña et al 2003; Peña et al 2004).

Pero por lo general los híbridos forrajeros, son seleccionados arbitrariamente por su capacidad productora de materia seca, y poco interés se ha puesto a su calidad nutritiva. Los datos indican que existe amplia variabilidad genética en la digestibilidad del rastrojo, grano, tallo y hojas en los híbridos en uso, así como en el contenido de FDN de hojas y tallos, factible de ser explotada genéticamente. Adicionalmente se ha determinado que la variabilidad genética de la digestibilidad es mayor en la parte vegetativa que en el grano, de tal manera que la selección del follaje podría favorecer avances más notables.

Existen ejemplos, en los cuales no se ha encontrado variación genética para la digestibilidad del grano, ni de la planta total, ni interacción genética con el ambiente, pero si diferencias importantes en la producción de materia seca total y del follaje.

Evaluar la calidad del forraje es fundamental para la selección de progenitores de híbridos, ya que existen diferencias en contenidos de proteína, fibra y digestibilidad de la materia seca entre los híbridos de maíz para forraje (Allen *et al* 1995).

Asimismo se ha encontrado diferencias en proteína cruda (PC) con valores que oscilan de 6 a 17%, fibra detergente neutra (FDN) de 40 a 68%, fibra detergente acida (FDA) de 23 a 43% y digestibilidad in Vitro de la materia seca (DIV) de 54 a 86% (Laurer *et al.* 2001). Lo anterior indica gran variabilidad en características de calidad en maíces para forraje.

2.21. Ideotipo del maíz para forraje

Una planta forrajera ideal según Ulyatt (1981) deberá tener una fácil ruptura de la epidermis y de los tejidos vasculares frágiles, concentraciones elevadas de carbohidratos no estructurales, un contenido mineral óptimo y una concentración elevada de proteína total con suficientes cantidades de metionina y nitrógeno no degradable en el rumen.

Pinter (1985) define las características generales sobre el tipo ideal del maíz para producción de forraje, las cuales están relacionadas con las altas producciones por unidad de superficie y elevado contenido de energía que puede ser consumida en grandes cantidades por el animal.

Struik y Deinum (1990) mencionan que el ideotipo de maíz para forraje deberá producir una cantidad máxima y estable de materia seca digestible, ser fácil de cosechar y conservar, apetecible, con un consumo elevado u una utilización eficiente para el animal. También estos autores mencionan que el ideotipo de maíz para forraje deberá ser específico de un ambiente dado.

Pinter (1985) menciona que el maíz es un alimento principalmente usado como fuente de energía, se considera que su contenido de proteína, minerales y vitaminas es suficiente para cubrir los requerimientos de ganado altamente productivo.

Deinum y Struick (1985) indica que el bajo contenido de estos nutrimentos es debido a razones fisiológicas que han de hacer difícil alterar genéticamente las cantidades de ciertos compuestos celulares solubles como el nitrógeno y minerales.

Los híbridos de maíz, que actualmente se utilizan para la producción de forraje en México, son seleccionados por su rendimiento en materia seca por unidad de superficie, ya que no se dispone de información de su calidad nutricional. (Núñez, 1993).

2.22. Contenido de fibras

Van Soest (1996) define la fibra como el material estructural en las plantas resistentes a la acción en las enzimas digestivas de los animales que son digeridas por los organismos del rumen animal.

2.23. Fibra detergente neutro (FDN)

El contenido de fibras de la plata total y en especial la fibra detergente neutro (FDN) de las plantas sin elote ha sido considerado igual de importante que el contenido de grano en la calidad de forraje (Peña *et al* 2003)

Cantú (2003) y Nelson (1994) hacen mención que la temperatura tiene un efecto importante en la calidad de forraje, los materiales depositados en bajas temperaturas tienen menor contenido de lignina y por consiguiente se eleva la digestibilidad, mientras que en altas temperaturas la lignina se incrementa notablemente causando que el forraje producido sea de menor digestibilidad.

Núñez (2003) afirma que lo que indica que los híbridos con la misma concentración de fibra detergente neutro pueden tener valores de energía neta de lactancia diferente es debido a que la digestibilidad de FDN no es la misma.

El contenido de grano en el forraje aumenta la palatabilidad, el nivel de energía neta de lactancia y el contenido de fibras. Widdicombe *et al* (2002); Rodríguez *et al* (1990) Wolf *et al* (1993) menciona que existen variabilidad en el contenido de FDN en hojas y tallos con valores de 57.9 a 65 % y de 30 a 60% del total. Algunos autores comentan que las variaciones en la digestibilidad de las fibras fluctúan de 24.8 a 61.5 en híbridos.

2.24. Fibra detergente ácido (FDA)

Cantú (2003) afirma que la fibra detergente ácido (FDA) es la fracción de la pared celular del forraje más comúnmente aislada y reportada. Esto puede ser determinado más importante del análisis del forraje. La FDA es la porción que queda después de un tratamiento con un detergente bajo condiciones ácidas e incluye la lignina, celulosa y sílice. Además es importante por lo que ha mostrado estar en correlación negativa con la digestibilidad del forraje administrado, nitrógeno y sílice que están unidos a la fibra.

Cuadro 4. Clasificación de los forrajes dependiendo de los porcentajes de fibra detergente neutro y fibra detergente ácido

Clasificación	Fibra Detergente Ácido (%)	Fibra Detergente Neutro (%)
Excelente	≤ 31	≤ 40
Bueno	31 – 35	40 – 46

Regular	36 – 40	47 – 53
Malo	41 – 42	54 – 60
Pésimo	43 – 45	61 – 65

Fuente: González 1995.

2.25. Calidad de forraje de acuerdo al contenido de fibras

La pared celular que es aislada y reportada mas frecuentemente, es la fibra detergente ácido (FDA) que es la parte del forraje que permanece después del tratamiento con la solución bajo condiciones acidas, e incluye celulosa, lignina y sílice. La fibra detergente ácido es muy importante ya que está relativamente correlacionada con la digestibilidad de los forrajes. Al aumentar esta tipo de fibras los forrajes son menos digestivos. De esta forma dos parámetros muy importantes en la formulación de raciones, la digestibilidad, y el consumo, pueden hacerse estimados tomando en cuenta la FDA y la FDN (Herrera, 1999).

Cuadro 5. Parámetros de calidad de forraje

CONCEPTO	BAJA CALIDAD	ALTA CALIDAD
FAD	> 35 %	25 – 35 %
FDN	> 60 %	40 – 52 %
ENL	< 1.40 Mcal/Kg	> 1.40 Mcal / Kg
DMS	< 60 %	> 65 %

Fuente: Lozano 2000.

FAD = Fibra detergente ácido, FDN = fibra detergente neutral, ENL = energía neta de lactancia, DMS = digestibilidad de la material seca.

2.26. Densidad de población

Cuiscanqui y Lauer (1999) registraron incrementos significativos en la producción de materia seca del maíz de 1.7 a 4.7 ton/ha⁻¹ al incrementar la densidad de población de 44 500 a 104 500 plantas / hectárea.

Cuiscanqui y Lauer (1999) y Cox *et al* (1998) opinan que el incremento en la calidad forrajera a mayores densidades de población hace que la optima densidad de las plantas para producción de leche por hectárea sea menor que la requerida para la mayor producción de materia seca.

En México la información sobre prácticas con bases sólidas para lograr una mayor producción y calidad forrajera en maíz (*Zea mays*, L) es reducida. Existen evidencias que los híbridos tardíos de esta especie incrementan la producción de materia seca al elevar la densidad de siembra a 80 000 plantas por hectárea, mientras que los híbridos de ciclo intermedio responden positivamente hasta 120 000 plantas por hectárea (Núñez *et al* 1999).

La densidad de plantas necesarias para el máximo rendimiento forrajero es mayor para la producción de grano; no se conoce con precisión la respuesta de estos maíces a las altas densidades y sus efectos sobre el rendimiento y valor nutricional (Pinter et al 1994).

Widdicombe y Telen (2002) reportaron ganancias en la materia seca de 1.6 ton/ha al incrementar la densidad de 64 200 a 88 900 plantas/ha; Cox y Cherney (2002) lograron un incremento de 3.7 % en producción de materia seca al incrementarse la densidad de 36 000 plantas/ha. En la mayoría de estos estudios la proteína cruda decreció, el contenido de fibras incremento y la digestibilidad decreció conforme la densidad de población aumento.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización del experimento

El experimento se realizó en el ciclo primavera-verano, se considero la evaluación agronómica de los materiales, rendimiento y calidad nutricional, el cual se llevo a cabo en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, Unidad Laguna en la ciudad de Torreón, Coahuila la cual está localizada geográficamente entre los paralelos 25° 30’ de latitud norte y los meridianos 103° 32’ de longitud oeste a una altura sobre el nivel del mar de 1120 msnm (PROGRESA, 1995).

Aspectos climatológicos de la Comarca Lagunera

Las características agroclimatológicas regionales son temperatura media de 21° anuales. Su clima es clasificado como muy seco con deficiencia de precipitación durante todas las estaciones del año. Los datos promedio de temperatura indican una media de 27° para el mes más caluroso y la precipitación anual promedio es de 150 a 250 mm anuales y la evaporación potencial es de 2173 mm. (Aguirre S O. 1981).

3.2. Genotipo

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

3.3. Densidad de siembra

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

3.4. Sistema de riego

Se empleó sistema de riego por gravedad. Aplicándose 1 riego de aniego y 3 riegos de auxilio en cada ciclo.

3.5. Fertilización

Cuadro 6. Dosis de fertilización

Tratamiento	Dosis (ton o l/ha)
Vermicomposta	8,181 kg.
Composta	10,000 kg.
Te de composta	3,000 lts.
Químico (MAP + UREA)	(180-90-0)
Fertilización cero	0

3.6. Control de plagas y enfermedades

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

3.7. Diseño experimental

Se utilizó el diseño bloques al azar.

3.8. Tratamientos

Vermicomposta, composta, te de composta, químico y fertilización cero para el ciclo PV.

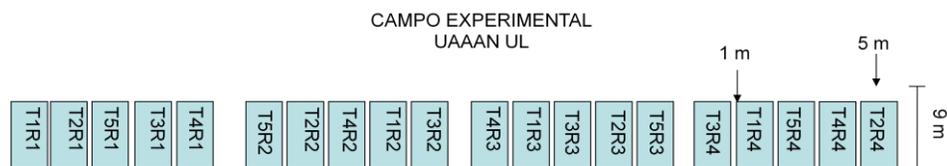
3.9. Distribución de los tratamientos

La distribución de cada parcela serán 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 1,309m².

Los croquis de fertilización fueron los siguientes:

Cuadro. 7 Distribución de los tratamientos

PROYECTO: MAIZ BAJO EL ESQUEMA DE FERTILIZACION ORGANICA PV '09



Bloques completamente al azar

- 12 surcos a 75 cm (8 centrales medibles)
- 5 tratamientos
 - T₁ *Testigo absoluto
 - T₂ *Químico
 - T₃ *vermi-composta
 - T₄ *Te de composta a base de gallinaza
 - T₅ *composta a base de materia orgánica
- 4 repeticiones

20 Unidades experimentales



IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de planta

La altura de planta alcanzada en los tratamientos evaluados, se presenta en el cuadro 8. El análisis de varianza realizado para esta variable no detectó diferencia significativa entre tratamientos, vermicomposta, te de composta, químico y composta con valores de 2.32, 2.22, 2.16 y 1.99 m respectivamente. Altura similar a la obtenida por Matheus, 2004, en este cultivo al utilizar compost elaborado a base de residuos de la industria azucarera con un promedio de altura de planta de 1.4 a 2.0 m. Siendo inferiores ambos resultados a los obtenidos por Uribe et al., 2007 quien con la aplicación de biofertilizantes en el cultivo del maíz, obtuvo una altura de planta de 2.37 a 2.45 m

Número de hojas

El análisis de varianza realizado en número de hojas por planta en los tratamientos evaluados, se presenta en el cuadro 8. No encontró diferencia en químico, vermicomposta y cero con valores de 14.66, 14.33 y 14.03 hojas por planta respectivamente. Rango inferior al obtenido por Matheus, 2007, que evaluando el desarrollo y producción de diferentes híbridos de maíz bajo fertilización química, obtuvo un número de hojas promedio de 17 hojas por planta. Lo cual puede ser resultado del tipo de híbrido evaluado, los cuales son diferentes a los evaluados en este experimento.

Cuadro 8. Promedio de altura y número de hojas en los distintos tratamientos

Variables	Ciclo PV					C.V.
	Q	VC	C	TC	F0	
Altura	2.16ab	2.32a	2.22ab	1.99ab	1.94b	11.53
Hojas	14.03ab	14.66a	14.33ab	12.36c	13.33b	6.18

Medias con misma letra son estadísticamente iguales (DMS 0.05)

Q=químico, VC=vermicomposta, C=composta, TC=te de composta, F0=fertilización cero

Longitud de diámetro polar

El análisis de varianza realizado de longitud de diámetro polar de elote, detectó diferencia entre la aplicación de fertilizante químico y orgánico (Cuadro 9). El valor de longitud de diámetro polar, fue superior en tratamiento vermicomposta con un valor de 58.93 cm.

Longitud de diámetro polar superior al obtenido por Matheus, 2004, que al realizar la evaluación agronómica del uso de compost de residuos de la industria azucarera en el cultivo del maíz, obtuvo una longitud de altura de planta de elote de 13.0 a 15.25 cm. Mediante una relación entre la longitud de altura de elote y

longitud de diámetro de elote (aproximadamente 2 a 1), la longitud variaría de 26.0 a 30.5 cm confirmando esta discusión.

Longitud de diámetro ecuatorial

El análisis de varianza realizado a longitud de diámetro ecuatorial de elote, no detectó diferencia entre tratamientos evaluados (Cuadro 9). El valor de longitud de diámetro ecuatorial presentó valores de 16.66 a 24.28 cm. La longitud de diámetro ecuatorial, fue superior al obtenido por Matheus et al., 2004 que evaluando el uso de compost de residuos de la industria azucarera en el cultivo del maíz, que cita una altura de elote que varió de 3.39 a 4.28 cm. Considerando una relación dos a uno entre el diámetro y altura, este sería una longitud de diámetro ecuatorial de 6.78 a 8.56 cm aproximadamente.

Peso de elote

El análisis estadístico de peso de elote detectó diferencia entre tratamientos (Cuadro 9), variando entre 0.272 a 0.338 kg. Vermicomposta presentó el mayor peso de elote con 0.337 kg, seguido por fertilización cero, químico, te de composta con 0.31, 0.31 y 0.305 kg respectivamente. El más bajo peso de elote fue presentado por composta con 0.280 kg.

Peso de planta

El análisis de varianza realizado para peso de planta, detectó diferencia entre tratamientos, variando entre 0.895 y 0,978 kg (Cuadro 9). El peso de planta de químico, vermicomposta, te de composta y cero fueron similares con valores de 0.98, 0.96, 0.90 y 0.89 kg/planta respectivamente. El menor peso de planta de planta lo presentó composta con 0.83 kg siendo similar a cero y te de composta.

Relación peso de planta y peso de elote

El análisis de varianza realizado para la relación existente entre peso de planta y peso de elote, encontró diferencia entre los tratamientos evaluados, variando de 30.5 y 39.63% (Cuadro 9). Vermicomposta, cero y te de composta fueron similares con 34.97, 34.66 y 34.06% respectivamente. Sin embargo te de composta y composta fueron similares a químico con 34.06, 33.68 y 31.57% pero diferentes a vermicomposta, te de composta y cero.

Cuadro 9. Promedio de longitud de diámetro polar, ecuatorial del elote, peso de elote, planta y su relación entre estos

Variables	Ciclo PV					C.V.
	Q	VC	C	TC	F0	
Diámetro polar (cm)	56.53ab	58.93a	54.60ab	52.15b	53.15b	6.06

Diámetro ecuatorial (cm)	24.28a	25.38a	23.88a	23.33a	23.13a	10.62
Peso de elote (kg)	0.309b	0.337a	0.305b	0.282c	0.309b	3.07
Peso de planta (kg)	0.978a	0.963a	0.895ab	0.837b	0.891ab	6.96
Relación entre peso de elote y planta (%)	31.57b	34.97a	34.06ab	33.68ab	34.66a	4.85

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (DMS 0.05)

Q=químico, VC=vermicomposta, C=composta, TC=te de composta, F0=fertilización cero

Redimiento de forraje verde

El análisis de varianza realizado en rendimiento en forraje verde, detectó diferencia para los tratamientos evaluados, variando entre 52.3 y 87.7 ton/ha (Cuadro 10). Resultado inferior al obtenido por Dimas en 2007 en la evaluación de las características físicas del suelo y rendimiento del maíz forrajero, evaluados con labranza y combinación de fertilización orgánica e inorgánica, en el cual varió de 76.82 y 101.98 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 presentan rendimientos similares con 98.75, 98.12, 89.68 y 83.87 respectivamente. Sin embargo te de composta fue similar a cero presentando un rendimiento de 66.87 ton/ha.

Materia seca

El análisis de varianza realizado para rendimiento de materia seca, encontró diferencia entre tratamientos (Cuadro 10). Vermicomposta y químico presentaron valores de 31.74 y 27.90 ton/ha respectivamente. Sin embargo químico fue similar a composta y te de composta los cuales presentaron un rendimiento de materia seca de 26.04 y 24.20 ton/ha respectivamente.

Porcentaje de la relación de forraje seco y forraje verde

El análisis de varianza realizado a relación de peso de forraje seco y verde, encontró diferencia entre los tratamientos evaluados (Cuadro 10). Vermicomposta en ambos ciclos, obtuvo los valores más altos con 33.7 y 32.3% respectivamente. Presentando diferencia con los tratamientos químico, cero, composta y te de composta similares entre ellos, con 28.80, 28.50, 28.30, 28.10, 29.10 y 28.70% respectivamente. Porcentaje superior al obtenido en experimento realizado de fertilización orgánica de maíz para ensilaje, en el Centro Regional de Investigación

Remehue en Chile, en el cual se obtuvo una rentabilidad de 12 a 19.8 ton/ha que representado por 25%.

Cuadro 10. Rendimiento en forraje verde, materia seca y porcentaje de la su relación en los tratamientos evaluados

Variables	Ciclo PV					
	Q	VC	C	TC	F0	C.V.
Forraje verde	87.22a	87.77a	79.72a	74.55ab	59.44b	13.22
Materia seca	24.86ab	28.35a	23.2b	21.4bc	16.82c	14.00
% de MS vs. FV	28.50b	32.30a	29.10b	28.70b	28.30b	6.77

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (DMS 0.05)

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

Relación beneficio costo

Variable no analizada estadísticamente, que se presenta en el cuadro 11. El tratamiento químico presentó una rentabilidad beneficio costo superior al tratamiento vermicomposta con valores de 168.21%. Rentabilidad superior a la deseada, que oscila entre el 25 y 33%. Superando la rentabilidad económica obtenida en estudio realizado en Papaloapan, 2005 obteniendo un 8.7% proyecto que especialistas en la materia, consideraron viable.

Cuadro 11. Relación beneficio costo de producción-ingreso ciclo PV '09

Concepto	Q	VC	C	TC	F0
Rendimiento (ton/ha)	87.22	87.77	79.72	74.55	59.44
Precio (\$/kg)	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00
Ingreso bruto (\$/ha)	31,399.00	31,597.00	28,699.00	26,838.00	21,398.00
Costo total (\$/ha)	11,706.00	14,021.00	15,203.00	53,427.00	8,427.00
Ingreso neto (\$/ha)	19,692.00	17,576.00	13,496.00	-26,589.00	12,971.00
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

Cuadro 12. Proteína bruta, fibra ácido detergente y digestibilidad de la materia orgánica en la planta entera de maíz forrajero cosechado en las tres fincas de ensayo.

	Q	VC	C	TC	F0
PB	8,72 ± 0,82 a	8,88 ± 0,29 a	7,13 ± 0,16 b	6,95 ± 0,73 a	6,04 ± 0,44 a
FAD	21,44 ± 0,37 a	22,10 ± 0,49 a	21,59 ± 0,31 a	21,49 ± 0,40 a	19,95 ± 1,19 a
DMO	70,69 ± 1,04 a	72,46 ± 1,51 a	71,07 ± 0,39 a	69,83 ± 0,52 a	69,66 ± 0,46 a

Q=químico, VC=vermicomposta, C=composta, TC=te de composta y F0= fertilización cero

Dentro de cada explotación y para cada parámetro, tratamientos seguidos por la misma letra no se diferencian entre sí para una probabilidad p 0,05.

V. CONCLUSIONES

En todas las explotaciones, los resultados obtenidos muestran que es posible obtener los mismos niveles de producción, calidad nutritiva y digestibilidad de maíz forrajero para ensilado con el empleo de abonos orgánicos, químico y fertilización cero empleados en el proyecto, indicando una buena disponibilidad de los nutrientes de este abono orgánico a corto plazo.

El mejor desarrollo de planta se obtuvo utilizando vermicomposta. El mejor rendimiento se obtuvo utilizando vermicomposta. En rentabilidad, la fertilización química fue superior

VI. BIBLIOGRAFIA

- Acuña, O. 2003. El uso de biofertilizantes en la agricultura. In: G. Meléndez y G. Soto (eds.) Taller de abonos orgánicos. Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica. San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica. pp. 67-75.
- Aguilera, C. M. 2005. Relaciones agua, suelo, planta y atmósfera. México, D.F. Ed. Mc Graw-Hill p.65-74
- Allen, S.D, Poehlman, J.M. 1995. Mejoramiento genético de las cosechas. Ed. Limusa. México, D.F. p. 234-267
- Atiyeh, R. M., Lee, S., Edwards, C. A., Arancon, N. Q. and Metzger, J. D. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Biores. Technol.* 84: 7-14.
- Bernal, M., M. Sánchez-Monedero, C. Paredes, y A. Roig. 1998. Carbon mineralization from organic wastes at different composting stages during their incubation with soil. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 69: 175-189.
- Bess V. 2000, Undersanding Compost Tea, publicado en artículo informativo en *Bicycle*. (www.jppress.com/BCArticles/2000/100071.html)
- Cantú, B.J. 2003. Manual de prácticas de Bromatología animal. UAAAN-UL. Torreón, Coah., México
- Carpenters-Boggs, A. Kennedy y J. Reganold. 2000. Organic and Biodynamic magnagement. Effects on soil biology. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64: 1651-1659.
- Contreras, F., C. Rivero y J. Paolini. 1995. Efecto de la incorporación de residuos orgánicos sobre la actividad de la ureasa en un alfisol. *Venesuelos* 3 (1): 2-6.
- Datzel, H., K. Biddlestone, K. Gray y K. Thurairajan. 1991. Manejo del suelo, producción y uso del composte en ambientes tropicales y subtropicales. *Boletín de suelos. FAO N° 56.* Roma. 312 p.
- Diver, S. 2001. Notes on Compost Teas: A supplement to the ATTRA publication *Compost Teas for plant disease control*. ATTRA publication, Fayetteville, Arkansas. In: <http://attra.ncat.org/attar-pub/compost-tea-notes.html>)

Eskenazi B., K. Harley, A. Bradman, E. Weltzien, N.P. Jewell; D.B. Barr, C.E. Furlong and N.T. Holland (2004) Association of in utero organophosphate pesticide exposure and fetal growth and length of gestation in an agricultural population.

Environmental health perspectives (United States) Jul, 112 (10): 1116-1124.

FAO, 1993. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. El maíz en la nutrición humana. Colección FAO: Alimentación y nutrición N° 25. ISBN 92-5-303013-5. Código FAO:86 AGRIS:501. Roma, Italia.

FAO. Food and Agriculture Organization. 2001. Los mercados mundiales de frutas y verduras orgánicas. Roma, Italia 334p.

Ferrer, J., G. Páez, E. Martínez, C. Chandler, M. Chirinos y Z. Mármol. 1997. Efecto del abono de bagazo de uva sobre la producción de materia seca en el cultivo de maíz. Rev. Fac. Agron. (LUZ) 14: 55-65.

Gallegos S.L., 2006. Alternativas forrajeras para Guanajuato. Secretaría de Desarrollo Agropecuario. SDA. Celaya, Guanajuato.

Grubinger. V. 2005. Compost tea to suppress plant disease. (<http://www.uvm.edu/vtvegandberry/factsheets/composttea.html>)

Gutiérrez, M. 1997. Nutrición mineral de las plantas; avances y aplicaciones. Agronomía Costarricense 21(1): 127-137.

Hernandez X.E, Alanís, F. 1985. Biología Agrícola: los conocimientos biológicos y su aplicación en la agricultura. Ed. CECOSA. México, D.F. p.34-45

Herrera, K. 1999. Factores ambientales y recursos compartidos. Ed. Trillas, México, D.F. pp:176

Hughes H.M., Mott, H., Heath, M. 1985. Forrajes: La ciencia de la Agricultura basada en la producción de pastos. México, D.F. p. 234, 456-491

IBPGR. 1991. Descriptors for maize. International Maize and Wheat Improvement Center, México. International Board for Plant Genetic Resources. Roma. 88 p.

Labrador, M. J.; Procura J. L.; Reyes P. J. L. 2004. Fertilizantes, enmiendas, activadores biológicos, sustratos y acondicionadores de suelo. En: Labrador M. J. (ed.) Conocimientos, técnicas y productos para la

agricultura y la ganadería ecológica. Sociedad española de agricultura ecológica. p. 117-180.

Leite, L., E. Mendonca y J. Neves. 2003. Total stocks of organic carbon and its pools in Acrisols under forest and under maize cultivated with mineral and organic fertilization. *Rev. Bras. Ciên. Solo* 27(5): 821-831.

López, T.M. 2003. Fitomejoramiento. Ed. Trillas. México, D.F. p.34-56

Matheus L., J. Caracas, J. Montilla, O. Fermín. Eficiencia agronómica relativa de tres abonos orgánicos (vermicompost, compost y gallinaza) en plantas de maíz (*Zea mays* L.). *Agricultura Andina*, 2007, vol. 13 p. 27-38

Matheus, J. Evaluación agronómica del uso de compost de residuos de la industria azucarera (biofertilizante) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Bioagro*, 2004, vol.16, no.3, p.219-224. ISSN 1316-3361

Millán, A. y E. Malavé. 1997. Evaluación de 20 híbridos de maíz blanco (*Zea mays* L.) en Santa Bárbara, estado Monagas. *Bioagro* 9(1): 26-31.

Mogollón, L. 2000. Uso eficiente de los fertilizantes. In: Lobo D. (ed.). Manejo de la Fertilidad de los Suelos. Sociedad Venezolana de la Ciencia del Suelo. Maracay, Venezuela. pp. 25-36.

Moreno, A.. Origen, importancia y aplicación de vermicomposta para el desarrollo de especies hortícolas y ornamentales, 6 simposio nacional de horticultura, 2005.

Ndegwa, P. M., Thompson, S. A. and Das, K. C., 2001. Effects of stocking density and feeding rate on vermicomposting of biosolids. *Biores. Technol.* 71: 5-12.

Núñez G.& otros. Producción y Utilización de la alfalfa en la zona Norte de México. INIFAP-SAGAR 2000

Peña, C.B., Banziger, M., Mickelson, H.R., Edmeades, G.O.I 2002. Developing, Drought and low N tolerant maize preceedings of a smposium, March 25-29. CIMMYT. El Batán, México. p. 345-367

Ramírez, C.A. 1997. Regimen fiscal agropecuario. Ed. Race. Torreón, Coah., México p.24-36

- Reinten, J., and C. Salter. 2002. Compost tea for suppression of xanthomonas in carrot production. Growing solution web page. (<http://growingsolutions.com/home/gs1/page/117/13>)
- Rivero, C. y J. Paolini. 1995. Efecto de la incorporación de residuos orgánicos sobre la evolución del CO₂ de dos suelos venezolanos. Rev. Fac. Agron. (UCV) 21(1-2): 37-49.
- Rodríguez, C.H., Guzmán, G.J. Principios de fisicoquímica, química orgánica y bioquímica. 2003. Ed. Limusa. p.123-176
- Rodríguez, M., Lagunes, T., 2000. Combate químico de plagas agrícolas en México. Colegio de postgraduados pp: 266
- Rodríguez, P.A., Ibarra, J.L. 1990. Semiforzados de cultivos mediante el uso de plásticos. Ed. Limusa. México, D.F. p.24,29,31-43.
- Rodríguez, S.F. 1989. Nutrición vegetal. México, D.F. Ed. AGT pp:157
- Ruiz, F.J.F. 1998. Normatividad y certificación. Primer curso: el ABC de la agricultura orgánica. Universidad Autónoma de Chapingo. 28-30 de septiembre de 1998
- Ruiz, F.J.F. 1999. Tópicos sobre agricultura orgánica. Tomos I y II. Consejo nacional regulador de agricultura orgánica. Universidad Autónoma de Chapingo.
- Salas, E. y E. Ramírez. 2001. Bioensayo microbiano para estimar los nutrientes disponibles en los abonos orgánicos: calibración de campo. Agronomía Costarricense 25(2): 11-23.
- Salazar, P. 1996. Evaluación de maíces (*Zea mays* L.) criollos sembrados en los Llanos Occidentales del país. Memorias de la III Jornada Científica Nacional del Maíz. Araure, Portuguesa. Venezuela. pp. 23-24.
- Salter, C. 2006. Compost and compost tea boost soil vitality “the cutting edge” seeds of change Newsletter. 57. July 2006.: (http://www.seedsofchange.com/enexsletter/issue_57/compost_tea.asp)
- Sevilla, V., R. Mijares, R. Rodríguez y X. Abreu. 1996. Efecto de la incorporación de coberturas vegetales y abonos orgánicos sobre las pérdidas de suelos y aguas en dos suelos agrícolas venezolanos. Venesuelos 4(1 y 2): 14-18.

- Terry, E., Z. Teran, , R. Martínez-Viera y M. Pino. 2002. Biofertilizantes, una alternativa promisorio para la producción hortícola en organopónicos. *Cultivos Tropicales* 23(3): 43-46.
- Touart, P.A. 2000. Time for tea in the Northwest: *BioCycle*, vol 41 No.10, october 2000.4. *Journal composting y recycling* 1 No.10
- Uribe, L. 2003. Inocuidad de los abonos orgánicos. In: Meléndez G. y Soto G. (eds.). *Taller de abonos orgánicos*. Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica. San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica. pp. 122-137.
- Urrestarazu M., Salas C.M., Padilla I.M., Moreno J., Elorrieta A.M., Carrasco G.A. 2001. Evaluation of different composts from horticultural crop residues and their uses in greenhouse soils cropping. *Acta Hort.* 549:147-152
- Van Soest P.J. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. Comstock. Cornell University Press. Ithaca an London. Cornell University Press; 1994
- Van Soest, P.J., J.B. Robertson, 1985. *Analysis of forages and fibrous feeds*. Cornell University
- Vergara, B.S. 2002. *Guía del agricultor para el cultivo del arroz*. Ed. Limusa. México, D.F. p. 178-181
- Watson, S.J. 1987. *El ensilaje*. Ed. CECSA. México, D.F. p. 89-93
- Webber, C.L., III 1987. Crude protein and yield components of six kenaf cultivars as affected by crop maturity . *Ind. Crops prod.* 2:27-31
- Whalen, J., Q. Hu y A, Liu. 2003. Compost applications increase water-stable aggregates in conventional and no-tillage systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 67:1842-1847.
- Williams, D.W., 1992. *Ganado vacuno para carne: Cría y explotación*. Ed. Limusa, México, D.F., p.124-202
- Zhu J.K. 2002. SALT and drought stress signal transduction in plants. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Molec. Biol.* 53:247-273.