

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



**COMPARACIÓN DE DIFERENTES VARIEDADES DE MAÍZ BAJO
UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN ORGÁNICA BIOINTENSIVA**

Por:

ANGELICA CORTÉS MONTIEL

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Marzo, 2010

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

División de Agronomía

Departamento de Botánica

COMPARACIÓN DE DIFERENTES VARIETADES DE MAÍZ BAJO UN
SISTEMA DE PRODUCCIÓN ORGÁNICA BIOINTENSIVA

Realizado Por:

ANGÉLICA CORTÉS MONTIEL

TESIS


Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como Requisito
Parcial Para Obtener el Título de:

Ingeniero en Agrobiología

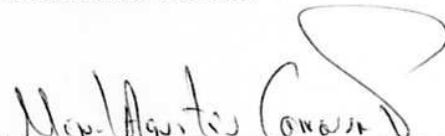
A P R O B A D A POR

Presidente del Jurado


Dr. Marco Antonio Bustamante García


Dr. Andrés Martínez Cano

SINODAL



Biol. Miguel Agustín Carranza Pérez

SINODAL

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMÍA


Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo

BELLAVISTA, SALTILLO, COAH, MÉXICO, MARZO 2010


Coordinación
División de Agronomía

AGRADECIMIENTO

A MI ALMA TERRA MATER

Por el tiempo que estuve presente en ella, y por todas las experiencias y aprendizaje, por los momentos agradables, gracias a ella conocí amigos, siempre la recordare con cariño.

Al Dr. Marco Antonio Bustamante García, por su tiempo, su dedicación y apoyo en la realización del presente trabajo de investigación.

Al Dr. Andrés Martínez Cano, por el apoyo brindado en la revisión del presente.

Al Biol. Miguel A. Carranza Pérez, por su atención y apoyo para concluir este trabajo.

A la Sra. Francisca Isidro Manzano, por su apoyo incondicional.

A la Familia Chávez Isidro, por el afecto y amistad.

A Judith Gregorio Méndez, por su amistad y momentos compartidos dentro y fuera de la universidad.

A Lizbeth Cruz Alonso por su afecto y los momentos que pasamos juntas.

DEDICATORIA

A MIS PADRES

Facunda Montiel Gonzales: A mí madre porque me apoyo en todo momento, por orientarme y hacer de mí una persona de bien.

Fabián Cortés Hernández (†): A mí padre aunque ya no está aquí, siempre estará presente en mi vida.

A MIS HERMANOS

Martha, por preocuparse por todos nosotros para que siguiéramos adelante.

Beatriz (†), porque fue una persona sencilla, y aunque ya no esté, siempre estará presente en cada recuerdo.

Francisco, Catalina y Marina, por el esfuerzo que hicieron para apoyarme, moral y económicamente.

A mí Hija, Alison Ivette Isidro Cortés, que es un motivo más para seguir adelante.

A mí Esposo, Heriberto Isidro Manzano, por brindarme su tiempo amor y cariño en todo momento.

A mis Sobrinas, Katia, Mariana y Cinthia, por su alegría y cariño que me brindan.

INDICE

CONTENIDO	PAGINA
AGRADECIMIENTO	iii
DEDICATORIA	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	viii
PALABRAS CLAVE	viii
INTRODUCCIÓN	1
Objetivos	3
Hipótesis	3
REVISIÓN DE LITERATURA	4
Origen del maíz	4
Clasificación taxonómica	5
Clasificación botánica y taxonómica	6
Planta	6
Hoja	6
Tallo.....	6
Inflorescencia.....	6
Semilla	7
Sistema radical	7
Concepto de semilla	7
Importancia de semilla	8
Composición en el grano.....	9
Usos del maíz.....	10
Planta	10
Mazorca	11
Grano.....	11
Siembra de temporal	12

Preparación de terreno	13
Siembra de riego	13
Temperatura	14
Humedad	15
Suelo	15
Clima	16
Producción de maíz en México	16
Concepto de agricultura orgánica	17
Importación de la agricultura orgánica	17
Las técnicas del cultivo orgánico.....	18
Suelos orgánicos.....	18
Abonos animales.....	19
Diferencias entre agricultura orgánica y agricultura tradicional	20
Ventajas de una cantidad adecuada de materia orgánica	21
Agricultura orgánica en México	22
MATERIALES Y MÉTODOS	23
Ubicación geográfica.....	23
Características del área experimental	23
Clima del lugar	23
Temperatura	23
Suelo	23
Siembras 2006	24
Siembras 2007	24
Cosecha	25
Evaluación de variables	24
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
Siembras 2006	27
Siembras 2007	29
CONCLUSIÓN	34
BIBLIOGRAFÍA.....	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Materiales de maíz establecidos en diferentes fechas del 2006, bajo un sistema de producción orgánica biointensiva.....	27
Tabla 2. Respuestas de dos materiales de maíz establecidos el 4 de Mayo del 2006, bajo un sistema de producción orgánica biointensiva	28
Tabla 3. Rendimiento y sus componentes en diez camas del híbrido de maíz AN 445, bajo un sistema de producción orgánica biointensiva. Coahuila. Ciclo verano 2007	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Se muestra la manera en que fue colocado el agríbon para proteger a las plantas del cultivo de maíz híbrido AN 445.....	25
Figura 2. Granos de maíz híbrido AN 445 durante la toma de datos	25
Figura 3. Cultivo de maíz híbrido AN 445 en etapa de maduración.....	29
Figura 4. Mazorcas cosechadas del maíz híbrido AN 445	31

RESUMEN

El presente trabajo describe como producir semilla orgánica de un forma sustentable y utilizando el método del cultivo biointensivo, para fomentar el uso de estas técnicas por parte de los pequeños productores rurales. En siembras realizadas en el 2006 con los materiales AN 445, VAN 210, Black Aztec, Painted Mountain, HicKory King e isleta, establecidos en diferentes fechas (del 22 de Marzo al 4 de Mayo), utilizando estiércol de vaca como abono orgánico, se encontró que en las primeras fechas de siembra los materiales fueron dañados por pájaros y gusanos, lográndose únicamente cosechar aquellos que fueron plantados el 4 de mayo. En este caso el VAN 210, el cual es una variedad recomendada para zonas con baja precipitación, produjo 1.7 ton/ha de semilla, Mientras que el AN 445, el cual es un híbrido recomendado para zonas con riego, presento un rendimiento de 7.1 ton/ha de semilla.

En el año 2007 se estableció únicamente el AN 445, en dos fechas (Abril 7 y mayo 19) y utilizando composta comercial a base de estiércol de vaca, encontrándose un buen desarrollo del cultivo, y un rendimiento satisfactorio que fue en promedio de 7.4 ton/ha.

Palabras Clave: Sustentabilidad, Producción Orgánica, *Zea mays*, Semilla Orgánica.

INTRODUCCIÓN

El maíz es hoy por hoy el cereal más importante y significativo después del trigo en los intercambios mundiales. Bajo condiciones climáticas adecuadas o mediante el aporte de riego, el maíz es el más productivo de los cereales.

Es un producto de enorme importancia social y económica en México. Ocupa el 62% de la superficie cultivada y da empleo a cerca de 3 millones de agricultores. Representa la mitad del volumen total de alimentos que consumen los mexicanos cada año y proporciona a la población cerca de la mitad de las calorías requeridas. Es uno de los elementos clave de la cultura, fuente principal de alimentos e ingresos para la mayoría de los campesinos. Se estima que entre 15 y 18 millones de personas dependen en el país de la producción de esta planta para ganarse la vida. Su cultivo se extiende a lo largo de todo el territorio nacional, sobre distintos contextos geográficos, ecológicos, técnicos y sociales.

La agricultura ha provocado efectos adversos en el ambiente y una disminución en la productividad del suelo por los problemas de erosión, con la consecuente pérdida de materia orgánica, nutrimentos y otros problemas de degradación en el ambiente edáfico (Wallace, 1994)

En la actualidad, en los sistemas de producción agrícola se están buscando otras alternativas, las cuales sean capaces de satisfacer las demandas alimenticias de los pueblos, a la vez que no causen daños considerables a los recursos con que cuenta el medio natural en el que vivimos y nos desarrollamos. La utilización de productos de origen orgánico en los diferentes ámbitos agrícolas parecen ser una opción viable ante esta situación.

En México la agricultura orgánica o ecológica, caracterizada como una innovación tecnológica, ha demostrado ser una de las alternativas más promisorias para el campo. Este tipo de tecnología cumple con los objetivos de la sustentabilidad, pues utiliza insumos naturales a través de prácticas que favorecen la conservación y el mejoramiento de los recursos naturales, genera mejores ingresos para las familias rurales y permite que los productores puedan lograr mejores condiciones de vida.

La fertilización orgánica es una alternativa que en muchos casos resulta de bajo costo y fácil de preparar, además presenta la ventaja de aumentar la cantidad de materia orgánica y microorganismos que se encuentran disponibles en el suelo.

En la actualidad, no existe información acerca de la producción orgánica del cultivo del maíz.

Objetivo

Evaluar la producción de semilla de maíz bajo un sistema orgánico, utilizando diferentes variedades.

Hipótesis

La producción de semilla de maíz bajo un sistema orgánico será diferente dependiendo de la variedad utilizada.

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen del maíz

La palabra “maíz” proviene de una lengua del Caribe; los españoles tomaron el vocablo de un dialecto de la isla de Haití, cuyos orígenes le llamaban “mahiz”. El maíz o milpa, guarda muchos grandes secretos; sus frutos o granos significan moneda, religión, alimento para grandes y dispersos conglomerados humanos. Conjuntamente con el arroz y trigo, es uno de los cereales más importantes de la alimentación humana y animal; el grano posee diversas intensidades de colores: blanco, amarillo, rojo, azul, morado, púrpura, negro, variegado y pinto. Existen muchos esfuerzos por parte de arqueólogos, botánicos, lingüistas, antropólogos, entre otros, por descifrar su origen, evolución y dispersión. Los restos arqueobotánicos de maíz que se han descubierto en cuevas del Valle de Tehuacán, se calcula que tienen una antigüedad de entre 4500 a 7000 años. Asimismo, se han encontrado en la cueva de Guilá Naquitz en los valles centrales de Oaxaca, restos con una antigüedad de 6200 años aproximadamente (Benz, 2001; Piperno & Flannery, 2001). Por otra parte en el Noroeste de México, norte de Sinaloa y suroeste de Estados Unidos, los restos arqueológicos denotan una antigüedad aproximada de 4500 años (Carpenter *et al*, 2005; Carpenter *com pers.*, 2006).

Las investigaciones sobre la constitución cromosómica de varias razas de maíz de México y América central, concluyen que el maíz derivó de diferentes centros (Kato, 1976, 1984). Estudios posteriores a esta hipótesis han confirmado que ocurrieron eventos independientes de domesticación del maíz, en cuatro centros localizados en México (dos en la región de Oaxaca-Chiapas, una en las tierras altas y una en las tierras medias al norte del estado de Morelos y Guerrero) y uno en las tierras altas de Guatemala.

Estos sitios son considerados como los lugares donde el germoplasma original del maíz fue domesticado de las poblaciones de Teocintle, donde ya había ocurrido citogenéticamente la diversificación (Kato, 1984).

Durante el proceso evolutivo, los agricultores seleccionaron las variedades del grano de maíz de acuerdo a su utilización.

Clasificación taxonómica

Clase: LILIOPSIDA

Orden: CIPERALES

Familia: POACEAE

Tribu: MAYDAE

Género: *Zea*

Especie: *Zea mays* L.

Nombre vulgar: maíz

Clasificación botánica taxonómica

Planta.

Existen variedades enanas de 40 a 60 cm de altura, hasta las gigantes de 200 a 300 cm. El maíz común no produce macollos. La planta es diclina y monoica.

Hoja.

Las hojas son largas, anchas y planas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervias. Crecen en la parte superior de los nudos, abrazando al tallo mediante estructuras llamadas vainas.

Su color usual es verde pero pueden encontrarse hojas rayadas de blanco y verde o verde y púrpura. El número de hojas por planta varía entre 8 y 25 (TRILLAS, 1988). La lámina de la hoja puede llegar a medir hasta 150 cm de largo (Salazar, 1990).

Tallo.

Es simple, cilíndrico, erecto, de elevada longitud, sin ramificaciones. Formado por nudos y el número de estos nudos varia de 8 a 25 nudos (TRILLAS, 1988).

Inflorescencia.

En el maíz, la inflorescencia masculina (espiga) y femenina (mazorca) se encuentran en la misma planta, pero en sitios diferentes, por esto se dice que es una planta monoica (Salazar, 1990).

La inflorescencia masculina es la terminación del tallo principal y está formada por una espiga central y varias ramas laterales, organizada en una panícula laxa.

Aquí se asientan las flores masculinas agrupadas en espiguillas pareadas, una de las cuales es pedicelada y la otra es sésil. Cada espiguilla posee dos florecillas funcionales y cada una de estas posee tres anteras productoras de polen. La polinización se efectúa mediante la caída libre del polen sobre los estigmas (Bejarano, 2000).

Semilla.

La cubierta o capa de la semilla (fruto) se llama pericarpio. Es dura, por debajo se encuentra la capa de aleurona, que le da el color al grano (blanco, amarillo, morado) y contiene proteínas.

Sistema radical

Las raíces representan un importante componente funcional y estructural de la planta de maíz (Cabrera, 2002). En la planta madura las raíces pueden profundizar hasta 18 m y explorar una superficie de un círculo de 2 m de diámetro (Salazar, 1990).

Concepto de semilla

Una semilla es un ovulo maduro, que consta de un embrión, su reserva alimenticia almacenada y sus cubiertas protectoras (Marino, 1999). Por su parte, Moreno, (1996) define semilla en términos agronómicos y comerciales

como toda clase de granos, frutos y estructuras más complejas que se emplean en las siembras agrícolas. Desde un punto de vista botánico menciona que una semilla es un embrión en estado latente, acompañado o no de tejido nutricional y protegido por el epispermo.

El Fruto de la planta del maíz se llama comercialmente grano, botánicamente es un cariósipide y agrícolamente se la conoce como semilla.

Pericarpio. Cubierta del fruto, de origen materno, se conoce como testa, ollejo o cascara.

Aleurona. Capa de células del endospermo, de naturaleza proteica.

Endospermo. Tejido de reserva de la semilla que alimenta al embrión durante la germinación.

Escutelo o cotiledón. Parte del embrión.

Embrión o germen. Planta en miniatura con la estructura para originar una nueva planta, al germinar la semilla.

Importancia de la semilla

A través de la historia, la importancia de la semilla ha persistido; así, el hombre primitivo consideraba la semilla con reverencia, tanto por su valor alimenticio como por su capacidad para producir plantas iguales a sus progenitores.

Una buena cosecha comienza con una buena semilla y el agricultor ha entendido la importancia de esta relación.

En la medida que el conocimiento científico ha aportado nuevos conocimientos, estos se han incorporado para desarrollar una tecnología de producción de semilla de alta calidad y seguridad.

Hellin y Bellon (2007) comentan que las prácticas tradicionales de manejo de las semillas de maíz incluyen el uso de las que proceden de la última cosecha o que se obtienen de familiares o amigos. Por ello, resulta importante conocer el papel que juega el agricultor en la selección, manejo y almacenamiento de la semilla a través de variables como: rendimiento, facilidad de manejo y sabor. A su vez, es una característica común entre los agricultores tener más de una variedad local de un mismo sistema de cultivo, lo cual no es exclusivo del maíz. Esta es una manera de lidiar con el estrés y los altos riesgos que implica la producción agrícola en ambientes marginales.

Composición en el grano

El endospermo incluye el 82% del grano; el pericarpio el 6% y el embrión el 12%.

El grano del maíz contiene aproximadamente 75% de almidón, 10% de proteínas, 5% de grasas, fibra y minerales (Pedersen *et al.*, 1989) y 1 a 3 % de azúcares (Watson, 1987). La proteína del maíz es, sin embargo, deficiente en lisina y triptófano.

Usos del maíz

El maíz tiene múltiples usos que se agrupan en lo siguiente:

Planta

La raíz y los tallos constituyen para los campesinos de algunas regiones la principal fuente combustible para cocinar y calentar sus viviendas.

Los tallos pueden ser utilizados para construir corrales y jaulas para aves en el solar de las viviendas campesinas.

Las hojas del totemoxtle, es decir las brácteas que envuelven las mazorcas tradicionalmente se han usado para envolver los tamales.

La planta completa de maíz, con mazorca, se utiliza para forraje, ya sea picada en verde o ensilándola para proporcionarla al ganado de rumiantes bovinos productores de leche/o carne, de ovinos y de caprinos, principalmente.

Artesanías. Con el totemoxtle se elaboran muñecas, muñecos y flores, que se colorean y se ven muy bien.

Medicinal. En la medicina tradicional se utilizan las infusiones de “pelos” de elote para tratar el paludismo, y las infusiones de elote para tratar la diarrea.

Mazorca

Elote alimento humano

Forraje tosco

El olote, la parte de la mazorca donde están insertados los granos, es común que se use como combustible, y como tiende a producir humo, igual que la cascara de coco, se usa también para ahuyentar por la tarde-noche a los mosquitos de las casas habitación.

Grano

Tortilla. En ocasiones se llega a pensar que la tortilla, siendo el uso más importante del maíz, es el único y, como veremos, no es así.

Grano tierno. El grano tierno se consume en México como elote, esquites y los exquisitos tamales de elote.

Grano seco. El grano de maíz maduro tiene múltiples usos, dentro de los tradicionales esta además de la tortilla, el pinole y la fabricación de mazapanes.

Grano fermentado. Desde antes de la llegada de los españoles a América se fabricaba la cerveza de maíz.

Nixtamal y masa. El grano de maíz se pone a coser con agua y cal, y después de varias horas se obtiene el nixtamal, el cual al ser molido produce la masa que es utilizada principalmente para elaborar tortillas y, en menor medida, otros alimentos (cada uno con decenas o cientos de tipos), como son los siguientes;

atoles (de dulce y de chile), tamales, pozoles y menudos, sopes, quesadillas, tlacoyos, etcétera.

Maíz industrializado. En México se industrializa el maíz desde mediados del siglo pasado y cada vez son mayores los volúmenes requeridos por la industria. En seguida describiremos algunos de los principales productos industriales.

Almidón. El almidón del maíz tiene ya bastante tiempo de fabricarse en México, para ser utilizado como materia prima en otros procesos industriales o bien como producto final; recuérdese la maicena, que es utilizada para elaborar atoles o almidonar cuellos y puños de las camisas.

Aceite. En el último cuarto del siglo pasado comenzaron a concurrir al mercado volúmenes mayores de aceite comestible elaborado con maíz.

Alimentos “chatarra” (frituras de diversos productos vegetales), como son los llamados churros, totopos, nachos, etcétera.

Siembra de temporal

El maíz es el cultivo más importante de México, desde el punto de vista alimentario, político y social. Este grano se produce en dos ciclos productivos: primavera verano y otoño-invierno, bajo las más diversas condiciones agroclimáticas, de humedad, temporal y riego.

En México más del 86% de la superficie cultivada con maíz es de temporal; esto explica, al menos parcialmente, la baja producción unitaria promedio nacional.

Todo el proceso de producción de temporal es con lluvia y siendo un gran problema la distribución de lluvias, su cantidad y su intensidad en un momento dado, varias técnicas y artificios se han ideado para lograr producciones económicas de maíz bajo temporal deficiente.

Preparación de terreno.

Depende del sistema de producción que tiene cada región. También se ve influenciada por otros factores como precipitación, tipo de suelo.

Una adecuada preparación del suelo, ayuda a controlar malezas, enriquecer el suelo incorporando rastrojos, controla algunas plagas y permite una buena germinación de la semilla.

Siembras excesivamente tempranas o tardías no son convenientes: las primeras por dificultades de germinación, emergencia y primeros estadios de desarrollo de las pequeñas plantas, que se desenvuelven normalmente en un medio adverso; las segundas por venir retrasada la floración y la maduración del grano y poder coincidir esta con lluvias o fríos que dificultan su secado, Manuel (1984).

Siembra de riego.

- Uso intensivo del suelo
- Posee una fuente de agua proveniente de obras hidráulicas realizadas por el hombre

- Presenta dos variantes en cuanto al uso del trabajo vivo: una, en la que se utiliza la yunta, combinada con el trabajo humano y que en forma auxiliar emplea la maquinaria; esta variante se localiza con cierta frecuencia en los pequeños distritos de riego. La otra es aquella que emplea en forma intensiva la maquinaria y se le encuentra en los distritos de riego conocidos como de agricultura moderna.

Temperatura:

Para la siembra del maíz es necesaria una temperatura media del suelo de 10 °C, y que ella vaya en aumento. Para que la floración se desarrolle normalmente conviene que la temperatura sea de 18 °C como mínimo. Por otra parte, el hecho de que deba madurar antes de los fríos hace que tenga que recibir bastante calor. De todo esto se deduce que es planta de países cálidos, con temperatura relativamente elevada durante toda su vegetación. La temperatura más favorable para la nascencia se encuentra próxima a los 15 °C.

En la fase de crecimiento, la temperatura ideal se encuentra comprendida entre 24 y 30 °C. Por encima de los 30 °C se encuentran problemas en la actividad celular, disminuyendo la capacidad de absorción de agua por las raíces.

Las noches cálidas no son beneficiosas para el maíz, pues es la respiración muy activa y la planta utiliza importantes reservas de energía a costa de la fotosíntesis realizada durante el día.

Si las temperaturas son excesivas durante la emisión de polen y el alargamiento de los estilos pueden producirse problemas.

Si sobrevienen heladas antes de la maduración sin que haya producido todavía la total transformación de los azúcares del grano en almidón, se interrumpe el proceso de forma irreversible, quedando el grano blando y con un secado mucho más difícil, ya que, cuando cesa la helada, los últimos procesos vitales de la planta se centran en un transporte de humedad al grano.

Humedad:

Las fuertes necesidades de agua del maíz condicionan también el área del cultivo. Las mayores necesidades corresponden a la época de la floración, comenzando 15 ó 20 días antes de ésta, período crítico de necesidades de agua.

Suelo:

Hay gran variación en los suelos en donde se cultiva el maíz, desde los pedregosos, arenosos, con fuertes pendientes, infértiles y manejo complicado, hasta los fértiles y fáciles de mecanización integral desde siembra hasta cosecha. Los mejores suelos, para altos rendimientos, son los que cuentan con un adecuado drenaje, fértiles de fácil manejo, bien aerados, profundos; suelos francos, arcillosos rojizos; ricos en materia orgánica, en nitrógeno, fosforo, potasio y elementos menores en cantidades balanceadas y con pH de 6-7, (Reyes, 1990).

No se deben usar para sembrar maíz:

- a) Terrenos altamente arcillosos.
- b) Terrenos completamente arenosos.
- c) Terrenos con fuertes pendientes (mayor de 3%).
- d) suelos humíferos.
- e) Suelos salinos, salitrosos.
- f) Terrenos inundables.
- g) Suelos contaminados con agroquímicos o residuos industriales o susceptibles a contaminación.

Clima

El maíz exige un clima relativamente cálido, y agua en cantidades adecuadas. La mayoría de las variedades de maíz se cultiva en regiones de temporal, de clima caliente y de clima subtropical húmedo, pero no se adaptan en regiones semiáridas. El granizo y las heladas afectan considerablemente el cultivo.

Producción de maíz en México

El maíz es la forma domesticada de la gramínea silvestre mexicana conocida como teocintle (*Zea mexicana*). México y los países centroamericanos son considerados como centro de la diversidad de maíz con 59 razas.

El maíz es el cultivo agrícola más importante de México, desde el punto de vista alimentario, industrial, político y social.

México es el cuarto productor de maíz en el mundo con 3%, después de Brasil (6%), China (19%) y Estados Unidos de América con el 40% (SAGARPA-SIAP, 2007).

Concepto de agricultura orgánica

Zúñiga (2006) define a la agricultura orgánica como un sistema de producción de hortalizas, granos, frutos y forrajes, sin la aplicación de productos químicos, en los que solo se utilizan estrategias naturales para la nutrición del cultivo y el control de insectos y enfermedades.

A diferencia de la agricultura convencional que emplea insumos de síntesis química y considera al suelo principalmente como sustrato, la agricultura orgánica considera al suelo como un sistema biológico que interacciona con la planta y la atmosfera, que tiene y genera vida por acción de los microorganismos presentes en la materia orgánica,(Remero, 2005).

Importancia de la agricultura orgánica

La agricultura orgánica es de gran importancia en la economía nacional, actualmente se cultivan más de 30 productos orgánicos, cubre más de 54, 000 has, certificadas bajo esquemas de producción sostenible, además genera al año más de 70 millones de dólares en divisas, propiciando la revalorización de la agricultura tradicional, la generación de empleos y mayores ingresos, principalmente para los pequeños productores.

La materia orgánica ha sido considerada tradicionalmente uno de los factores fundamentales de la fertilidad de los suelos. Es el reservorio de alrededor del 95% del nitrógeno edáfico e influye favorablemente sobre propiedades físicas como la estabilidad de la estructura, la aerodabilidad y la densidad aparente. Se la considera también uno de los componentes principales de la sustentabilidad de los agroecosistemas (Swift, Woomer 1991).

La agricultura orgánica comparte mucho con la agricultura tradicional pues no contamina y además conserva la cultura y garantiza una vida digna. Este tipo de agricultura también ofrece mucha potencialidad para la comercialización.

Las técnicas del cultivo orgánico

- a) Obras de protección del suelo (zanjas y bancales)
- b) Fabricación de abono orgánico (composta, vermicomposta)
- c) Labranza mínima
- d) Abono verde
- e) Policultivo

Suelos orgánicos

Cuando en un suelo la materia orgánica alcanza el 20 por ciento o más, ella determina las características del mismo. Los suelos orgánicos resultan fáciles de labrar, nunca forman terrones ni se encostran, tienen alta disponibilidad de agua y presentan naturalmente un alto contenido de nitrógeno asimilable.

Por encima de un pH de 5,5 aproximadamente no necesitan encalado, (Samuel *et al.*, 1974)

Tan pronto como los residuos llegan al suelo y cuando las condiciones ambientales de temperatura y humedad son favorables, los microorganismos comienzan rápidamente su proceso degradativo, (Borie, 1994).

Se estima que la composición de la materia orgánica en el suelo estaría definida por: un 10% de carbohidratos; un 10% de compuestos nitrogenados incluyendo proteínas, péptidos, aminoácidos, azúcares, purinas, pirimidinas, y otros compuestos; un 15% de grasas, ceras, resinas, etc., y un 65% de sustancias húmicas. Evidentemente estos porcentajes son variables y altamente dependientes de numerosos factores externos e internos (Schnitzer, 1990).

Abonos animales

El estiércol es una forma excelente de materia orgánica. En el abonamiento de maíz es una fuente muy importante tanto de nutrientes para la planta como de materia orgánica. Por ser un subproducto de la agricultura ganadera, usualmente no requiere ningún gasto directo de dinero. Por esta razón en muchas partes del mundo el cosechero de maíz depende solamente del estiércol de los ganados para mantener y mejorar la fertilidad del suelo. En las zonas templadas el estiércol de ganado se considera como un tratamiento ideal para el maíz, y muchos agricultores ciertamente consideran imposible cultivar maíz sin aplicaciones de estiércol.

Simpson (1991), afirma que desde hace muchísimo tiempo se conoce el valor de los estiércoles animales para mejorar el rendimiento de las cosechas. Tanto autores griegos y romanos de los últimos siglos anteriores a la era cristiana, como los de los primeros siglos de la misma, describieron minuciosamente las propiedades de los excrementos de caballos, vacas, cabras, ovejas, gallinas y otras aves y del hombre, para ser utilizados en diferentes suelos y cosechas.

Glanze (1980), señala que el estiércol con su efecto de larga duración, constituye un abono ideal para el maíz. Se pueden esparcir de 300 a 500 quintales métricos y más por hectárea. Esta forma de abonar el maíz se utiliza todavía en los países tropicales y subtropicales.

Diferencias entre agricultura orgánica y agricultura tradicional

Frecuentemente la agricultura orgánica es confundida con la agricultura tradicional y aunque hay elementos en común (como el uso del conocimiento tradicional e indígena a través de prácticas como terrazas, asociación y rotación de cultivos, etc.), se tienen algunas diferencias que pueden tomarse en cuenta cuando se define a la agricultura orgánica como innovación tecnológica.

Algunas diferencias entre agricultura orgánica y la tradicional mexicana se refieren a lo siguiente:

- La agricultura orgánica utiliza las técnicas provenientes de la agricultura tradicional así como de la agricultura moderna; por ejemplo el uso del control biológico de plagas a través de hongos, bacterias e insectos, y el uso de feromonas o atrayentes sexuales.

- La agricultura tradicional practicada en varias regiones del país está basada en el sistema de roza-tumba-quema. Este sistema de producción está prohibido por la normatividad en la producción orgánica, al considerar que destruye los recursos naturales (selvas, vegetación secundaria, suelos) y que retrasa su recuperación.
- La agricultura tradicional usa practicas como la incorporación de estiércoles o semidescompuestos en algunas regiones, los cuales han sido restringidos por la normatividad orgánica para evitar problemas sanitarios como la presencia de *Escherichia coli* y *Salmonela sp* en los alimentos, provocados por mala descomposición de los estiércoles; así la agricultura orgánica prefiere el composteo de los materiales orgánicos para la fertilización, lo que evita los problemas antes mencionados.
- En algunas regiones la agricultura tradicional acepta el uso de herbicidas para el control de malas hierbas, así como fertilizantes químicos, aun que en dosis bajas. Sin embargo, la agricultura orgánica prohíbe todo los productos de síntesis química.

Ventajas de una cantidad adecuada de materia orgánica

-Usted puede arar con menos potencia.

-Puede preparar una sementera mejor con menos terrones.

-La lluvia penetra en el suelo a una gran velocidad. Se almacena más agua para el uso de los cultivos en periodos de sequia; el exceso de agua atraviesa más rápidamente el suelo en la primavera, permitiéndole arar y sembrar a tiempo.

Después de la siembra, le permite realizar las labores culturales y cosechar en fecha, reduciendo también el escurrimiento que provoca la erosión y se lleva los nutrientes de los fertilizantes.

-Evita el encostramiento que impida la emergencia de la plántula, aumenta el escurrimiento y puede reducir la entrada de aire al suelo.

-Los suelos de textura fina, al mejorarse, resultan menos pegajosos.

Una buena provisión de materia orgánica en descomposición activa produce estos beneficios, porque aporta compuestos aglutinantes que mantienen unidas las finas partículas de suelo formando pequeños grupos o agregados.

Agricultura orgánica en México

La agricultura orgánica en México comenzó a desarrollarse en la década de los ochentas con la influencia de organizaciones gubernamentales, comercializadoras, grupos religiosos, etc., aunque no fue hasta la década de los noventa que esta alcanza su consolidación.

Para finales del 2000, en México existían 262 zonas de producción orgánica ubicadas en 28 estados de la república. Destacan por sus experiencias y su aportación a la producción los estados de Chiapas, Oaxaca, Michoacán, Chihuahua, Guerrero, Jalisco, Sonora y Sinaloa. La superficie de producción orgánica nacional es de casi 103 mil hectáreas, distribuidas en 33 600 productores, y con una tasa de crecimiento promedio anual del 45% entre 1996 y 2000.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación geográfica

El trabajo se realizó en el Centro de Entrenamiento sobre Agricultura Orgánica Biointensiva Antonio Narro, de la UAAAN, en Saltillo, Coahuila; el cual cuenta con 2 huertos orgánicos, uno con 39 camas (huerto chico) y el otro con 56 camas (huerto grande), las cuales son elevadas y de 1x5m. de superficie.

Características del área experimental

Climatología del lugar

El clima es de tipo Bwhw (x') (e) seco, semicalido, con invierno fresco extremo y templado, con lluvias principalmente en verano.

Temperatura

La temperatura media anual es de 19.8 °C con una oscilación de 10.4°C. Los meses más cálidos son junio, julio y agosto con temperaturas máximas de 37°C; durante diciembre y enero se registran temperaturas más bajas de hasta 10°C bajo cero.

Suelo

Son suelos con pH elevado, con un bajo contenido de materia orgánica.

Siembras del 2006

Antes de la siembra, las camas fueron fertilizadas con 40 ton/ha de estiércol de vaca, ya que el suelo era muy arenoso y alcalino. Se establecieron diferentes materiales del maíz por siembra directa, a partir del 22 de Marzo y hasta el 4 de Mayo, siendo estos los siguientes: AN 445, VAN 210, Black Aztec, Painted Mountain, Hickory King e Isleta.

Durante la siembra la semilla se colocó a 2.5 cm. de profundidad y a una distancia de 38 cm. entre puntos de siembra, utilizando un diseño tresbolillo y teniendo un total de 26 camas, 24 en el huerto grande y 2 en el huerto chico. Después de la siembra las camas se cubrieron con malla sombreadora para proteger la semilla de los pájaros.

El riego se aplicó utilizando una manguera de jardín con aspersora y de acuerdo a las necesidades del cultivo, realizándose deshierbes y aporques de tierra en forma manual.

Siembras del 2007

En este año las camas fueron fertilizadas con 60 ton/ha de composta comercial a base de estiércol de vaca, (Organodel, Agrodelta, S.A.) sembrándose únicamente el AN 445, en dos fechas, Abril 7 (Huerto chico) y Mayo 19 (huerto grande), utilizando agríbon para proteger la semilla de los pájaros (Figura 1), teniendo un total de 61 camas, 9 en el huerto chico y 52 en el huerto grande, manejándose el cultivo igual que en año anterior.



Figura 1. Se muestra la manera en que fue colocado el agribon para proteger a las plantas del cultivo de maíz híbrido AN 445.

Cosecha

La cosecha se realizo de forma manual cuando el grano estaba totalmente seco, se tomaron 10 camas al azar del huerto grande y se tomaron datos de las mazorcas, se colocaron en bolsas y se etiquetaron para no confundirlas (Figura 2).



Figura 2. Granos de maíz híbrido AN 445 durante la toma de datos.

Evaluación de variables

Número de mazorca por cama: se contaron las mazorcas obtenidas en cada cama.

Peso de la mazorca: Se peso cada mazorca individualmente.

Longitud de mazorca: Con la ayuda de una regla se midió en centímetros la longitud de las mazorcas.

Diámetro de mazorca: Se midió con una regla en centímetros el diámetro de la mazorca.

Número de hileras en la mazorca: Se contaron el número de hileras presentes en la mazorca.

Número de grano por hilera: Se contaron el número de grano de cada hilera en la mazorca.

Peso de las semillas. Una vez desgranada las mazorcas de cada cama se peso de forma individual, se reporto su peso en gramos.

Peso de grano por cama: Se peso todo el grano que se obtuvo de cada cama.

Peso de mil semillas: Se contaron mil semillas de cada una de las camas se peso de manera individual y se reporto su peso en gramos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Siembra 2006

En la tabla 1 se puede observar que se tuvieron problemas de germinación con algunos de los materiales, probablemente porque la semilla tenía poca viabilidad, ya que era de cosechas del año 2002. Los materiales AN 445 y VAN 210 si presentaron buena germinación por ser de cosecha del 2005, pero estos no se pudieron cosechar ya que las plántulas fueron dañadas por los pájaros, o las mazorcas fueron atacadas por los pájaros y gusanos.

Tabla 1. Materiales de maíz establecidos en diferentes fechas del 2006, bajo un sistema de producción orgánica biointensiva.

Variedad	Fecha de Siembra	Observaciones
AN 445 (Riego) Hibrido	Marzo 22	Las plántulas fueron dañadas por los pájaros. Se tenía 4 camas
VAN 210 (Temporal) Variedad	Marzo 29	Las plántulas no fueron dañadas tanto, al tener una semilla más chica. Se tenía 4 camas.
Black Aztec	Marzo 29	No germino la semilla. 1 cama
Painted Mountain	Marzo 29	No germino la semilla. 1 cama
Hickory King	Marzo 29	No germino la semilla. 1 cama
Isleta	Marzo 29	No germino la semilla. 1 cama
AN 445	Abril 26	Las mazorcas fueron dañadas por pájaros y gusanos. 8 camas
VAN 210	Abril 26	Las mazorcas fueron dañadas por pájaros y gusanos. 4 camas

Los materiales VAN 210 y AN 445 se sembraron el 4 de mayo (tabla 2), se tuvieron menos problemas con pájaros y gusanos.

En Agosto y Septiembre se presento una fuerte tormenta con mucho viento, lo cual daño a las plantas dejándolas muy dobladas, por lo cual ya no se manejaron adecuadamente, dejándose secar hasta el mes de diciembre que fue cuando se cosecharon las mazorcas, teniéndose buenos resultados en cuanto a rendimiento.

Tabla 2. Respuestas de dos materiales de maíz establecidos el 4 de Mayo del 2006, bajo un sistema de producción orgánica biointensiva.

Variedad	Fecha de Siembra	No. De mazorcas Por cama	Peso total grano (Kg)	Rendimiento (ton/ha)
VAN 210	Mayo 4	21	0.850	1.7
AN 445	Mayo 4	34	3.520	7.1

Sin embargo, es claro que la genética de los materiales determino que hubiera una gran diferencia en el rendimiento, ya que el manejo fue idéntico para los 2 materiales. Cabe mencionar que la variedad VAN 210 es específica para ser cultivada bajo condiciones de temporal y su rendimiento puede ser hasta 3 ton/ha, mientras que el híbrido AN 445 se cultiva con riego y su rendimiento puede ser de 10 ton/ha, por lo cual podemos concluir que los rendimientos obtenidos en nuestras condiciones fueron aceptables, aunque pensamos que estos se pueden mejorar teniendo mejores condiciones ambientales y una mejor nutrición.

De acuerdo a nuestras estimaciones y en base al rendimiento obtenido con el material AN 445 en la siembra del 4 de Mayo del 2006, con los 3.520 Kg de

semilla obtenidos en una cama de 5 m², podemos sembrar mínimo 200 camas (1000 m²), las cuales nos darían 140.8 toneladas de semilla, para sembrar 4,000 hectáreas que nos darían 28,160 toneladas de semilla y así sucesivamente.

Siembra 2007

El cultivo se desarrollo normalmente, observándose un buen desarrollo de las plantas y elotes en la siembra del 7 de abril (huerto Chico), y teniéndose plantas con 2, 3, 4 y 5 elotes. Sin embargo, antes de la cosecha se presento un fuerte ataque de ardillas las cuales se comieron el grano de todos los elotes antes de que pudiéramos cosechar por lo que no pudimos evaluar el rendimiento y es por esto que no presentamos resultados de esta fecha de siembra.

En la siembra del 19 de Mayo (Huerto Grande), las plantas presentaron buen vigor, altura y color, con cierto daño al follaje por gusanos pero considerado insignificante (Figura 3).



Figura 3. Cultivo de maíz híbrido AN 445 en etapa de maduración.

En la tabla 3 se presentan los resultados de rendimiento y sus componentes de 10 camas del maíz AN 445, camas que fueron seleccionadas al azar de las 52 camas establecidas el 19 de mayo del 2007 en el huerto grande.

Tabla 3. Rendimiento y sus componentes en diez camas del híbrido de maíz AN 445, bajo un sistema de producción orgánica biointensiva. Coahuila. Ciclo verano 2007.

Cama	No. de mazorca por cama	Peso total (Kg/cama)	Longitud de mazorcas (cm)	Diámetro de mazorcas (cm)	No. de hileras por mazorca	No.de granos por hilera	Peso de mil granos (g)	Rendimiento de grano (Kg/cama)	Rendimiento de grano (Ton/Ha)
6	22	5.500	15.5	4.4	12.5	34	400	3.650	9.125
7	25	6.000	15.8	4.7	13.4	32	425	2.275	5.688
12	24	5.700	15.8	4.7	13.7	31	400	3.650	9.125
26	34	5.450	13.4	4.0	11.4	28	325	3.350	8.375
14	28	4.200	14.0	4.0	12.0	25	350	2.425	6.063
30	33	5.400	14.1	4.2	12.2	27	325	3.425	8.563
34	27	3.300	12.3	3.8	11.3	23	325	1.875	4.688
36	28	5.700	15.0	4.5	13.6	28	450	3.700	9.250
44	20	3.550	15.5	4.2	12.8	28	400	2.000	5.000
10	28	4.850	14.3	4.3	13.5	29	250	3.250	8.125
Promedio	27	4.965	14.6	4.3	12.6	28.5	365	2.960	7.4

En este año el cultivo se beneficio de buenas lluvias, aunque también se presentaron fuertes vientos con granizo, por lo que algunas plantas se vieron afectadas ligeramente, pero aun así se tuvo buena cosecha.

Si consideramos los resultados obtenidos con el híbrido AN 445 siembra del 2006 que fue en el huerto chico, con los obtenidos en las siembras del 2007, en el huerto grande los resultados obtenidos son satisfactorios ya que en esta ultima el rendimiento promedio fue de 7.4 Ton/Ha, muy similar a la de 7.1 Ton/Ha que obtuvimos en la anterior.

Con relación al número de mazorcas por cama, hubo un rango de 20-34 y un promedio de 27, esto nos indica que al menos se obtuvo una mazorca por planta. Por otra parte los parámetros de longitud y diámetro de mazorca, nos reflejan que no hubo tanta diferencia entre camas y esto indica que ambos parámetros presentaron un buen crecimiento y desarrollo (Figura 4).



Figura 4. Mazorcas cosechadas del maíz híbrido AN 445

De acuerdo a los resultados obtenidos en las variables de número de hileras en la mazorca, y de número de granos por hilera, se puede decir que fueron favorables, ya que entre más este cubierto el olote de grano, más semilla se tendrá para seguir produciendo. Estos dos parámetros además del peso de mil granos, son muy similares a los reportados por otros autores con otros materiales de maíz (Sandoval *et al.*, 2003).

Si consideramos el rendimiento de grano obtenido en promedio de 2.960 kg por cama y si lo multiplicamos por las 52 camas sembradas, nos da un total de 153.92 kg de semilla, con lo cual podemos establecer 50 Has de maíz en camas biointensivas o utilizar parte de este grano para preparar tortillas orgánicas.

A pesar de que todas las camas fueron fertilizadas con 60 ton/ha de composta podemos ver que el resultado fue diferente, de una cama a otra lo cual indica que no en todas las camas la composta tuvo el mismo efecto. Es importante mencionar que antes de sembrar maíz se cultivaron diferentes hortalizas y cereales lo que puede ser una explicación a los diferentes rendimientos obtenidos, ya que cada cultivo anterior al maíz, tuvo diferentes extracciones de nutrientes, lo cual se reflejó en el maíz a pesar de que este recibió una fertilización similar en cada cama.

Trinidad (1978) observó que la cobertura de veza (*Vicia villosa* Roth) y de trébol (*Trifolium incarnatum* L.), incorporados o dejados como cobertura, contribuyen en el aumento de rendimiento del maíz (*Zea mays* L.). El uso de estos residuos como abono en cobertura produjo un rendimiento promedio equivalente a la aplicación de 117 kg ha⁻¹ de nitrógeno en dos ciclos de cultivo.

Glanze (1980), señala que el estiércol con su efecto de larga duración, constituye un abono ideal para el maíz. Se pueden esparcir de 300 a 500 quintales métricos y más por hectárea. Esta forma de abonar el maíz se utiliza todavía en los países tropicales y subtropicales.

Si comparamos la opinión de estos dos autores, uno dice que para obtener mejor rendimiento el mejor abono es la cobertura de trébol, y para el otro el mejor resultado es con el estiércol. Pues de acuerdo a estos dos reportes, podemos decir que la composta a base de estiércol es un buen abono que permite obtener rendimientos muy significativos.

Tomando en cuenta las necesidades que enfrentan los productores en el campo, la agricultura orgánica es una buena alternativa para ellos, ya que para sembrar una hectárea en el cultivo de temporal se invierte más semilla, mas gastos económicos, aproximadamente de 10 a 12 kilogramos de semilla, en comparación con el sistema de agricultura orgánica biointensiva, se puede empezar con 3.5 kilogramos de semilla, se aprovecha el espacio al máximo para obtener más producto.

Los resultados obtenidos señalan que el híbrido AN 445 mostro el más alto rendimiento en comparación con las variedades mencionadas anteriormente, esto nos permite decir que año tras año podríamos tener la seguridad que a través de la producción orgánica podríamos evitar la compra de semilla y obtenerla de nuestro cultivo anterior.

CONCLUSIÓN

Bajo condiciones de producción orgánica biointensiva obtuvimos un promedio de 7.4 Ton/Ha de rendimiento en el cultivo de maíz con el material AN 445, lo que permite afirmar que este sistema de producción puede competir con el convencional, además de traerle beneficios económicos, sociales y ambientales a los productores.

La ventaja de esta agricultura orgánica biointensiva, es que puede ser practicada en espacios pequeños, lo cual esto a la vez nos ofrece la ventaja de consumir productos del maíz sin agroquímicos, puede mejorar la economía de familias urbanas y puede considerarse como una alternativa de autoempleo.

BIBLIOGRAFÍA

- Aldrich R.S. y Leng R.E. 1974. Producción moderna de maíz. Edit. Emisferio Sur
- Bejarano, A. 2000. Características botánicas y fisiológicas de la planta: Características botánicas del maíz. En: El maíz en Venezuela. Compilado por Fontana, H y Gonzales C. Fundación Polar Venezuela
- Benz, B. F. 2001. Archaeological evidence of teosinte domestication from Guilá Naquitz. PNAS 98 (4): 2104-2106
- Borie B.,F. 1994."Microorganismos y Cero Labranza" Frontera Agrícola, año 2 N.1
- Cabreara, S 2002. Desarrollo de la planta de maíz, formación y tipos de granos, etapas de crecimiento. En: IX Curso de sobre producción de maíz. Asociación de Productores Rurales del Estado Portuguesa – Instituto nacional de Investigaciones Agropecuarias. Portuguesa. Venezuela.
- Carpenter S. J. 2006. Reflexiones sobre el maíz prehispánico en Sinaloa y Sonora. Comunicación personal.
- Ernesto P.,G 2006 Productos orgánico-Hormonales Estimulantes de la germinación y vigor en Semillas de Maíz (*Zea mays* L.), Tesis Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. P. 15-16
- Glanze, P. 1980. El maíz de grano. Ediciones Euroamericanas. Mexico.p.129.
- Hellin, J. y M. Bellon (2007). "Manejo de semillas y diversidad del maíz". LEISA, 23-2, Septiembre.
- Kato Y., T. A. 1976. Cytological studies of maize (*Zea mays* L.) and teosinte (*Zea mexicana* Schrader Kuntze) in relation to their origin and evolution. Massachusetts Agric. Expt. Sta. Bull. 635.
- Kato Y., T. A. 1984. Chromosome morphology and the origin of maize and its races. *Evol. Biol.* 17: 219-253.

- Marino A., A. 1999. Propagación de plantas. 7ª reimpresión. Ed. Continental, S.A. de C.V. México D.F. p. 87,88
- Moreno M., E. 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. 3a edición. Instituto de biología, UNAM. México. P. 36,40
- Remero Lima, M.R. 2005. Taller de composta y fertilización orgánica, UAAAN UL, Torreón, Coahuila
- Reyes, P. C. 1990. El maíz y su cultivo. AGT EDITOR, S.A. pág. 292
- SAGARPA-SIAP, 2007. Situación actual y perspectivas del maíz en México 1996-2012, 130 p.
- Sandoval I E, J Sánchez M, J M Padilla G, A N Avendaño L, L J Arellano R, T Gonzalez U (2003) Sector Semillas de México: Problemática y Alternativas. CUCBA. Universidad de Guadalajara. Sistecopy S. A. de C. V. (Ed). Zapopan, Jalisco, México. 144 p.
- Salazar, P. 1990. El cultivo del maíz en el estado Trujillo. FONAIAP Divulga, No 33. Enero – Junio. Venezuela.
- Simpson, K. 1991. Abonos y estiércoles. ACRIBIA. Zaragoza, España. pp 2-4. Efecto de estiércol bovino-tesis
- Swift MJ, Woomer P. 1991. Organic matter and the sustainability of agricultural systems: definition and measurement. En: Soil organic matter dynamics and sustainability of tropical agriculture. Ed. Mulongoy K, Merckx R. John Wiley & sons, New York, pág. 3-17
- Trillas. 1988. Maíz. Manuales para la educación agropecuaria. Editorial Trillas Mexico.
- Watson, S.A. 1987. "structure and composition". In: Watson, S.A. y P.E Ramstad (Eds). Corn. Chemistry and technology. St. Paul, AAC. Pp 53-82