

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

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**FERTILIZACIÓN ORGÁNICA EN TOMATE  
BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO**

Por

**JORGE SAN JUAN LARA**

**T E S I S**

**Presentada como requisito parcial  
para obtener el Título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

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

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**FERTILIZACIÓN ORGÁNICA EN TOMATE  
BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO**

**Por  
JORGE SAN JUAN LARA**

**TESIS**

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

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**COMITÉ PARTICULAR**

**Asesor  
principal:**

  
\_\_\_\_\_  
**DR. PEDRO CANO RÍOS**

**Asesor :**

  
\_\_\_\_\_  
**M.C. CANDIDO MARQUEZ HERNÁNDEZ**

**Asesor :**

  
\_\_\_\_\_  
**DR. ADRIAN VEGA PIÑA**

**Asesor:**

  
\_\_\_\_\_  
**ING. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO**

  
\_\_\_\_\_  
**M.C. JOSE JAIME LOZANO GARCIA**  
**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

Torreón, Coahuila, México

DICIEMBRE DE 2005

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

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**TESIS DEL C. JORGE SAN JUAN LARA QUE SE SOMETE A LA  
CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR, COMO  
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**APROBADA POR:**

**PRESIDENTE**

  
\_\_\_\_\_  
**DR. PEDRO CANO RÍOS**

**VOCAL**

  
\_\_\_\_\_  
**M.C. CANDIDO MARQUEZ HERNANDEZ**

**VOCAL**

  
\_\_\_\_\_  
**DR. ADRIÁN VEGA PIÑA**

**VOCAL SUPLENTE**

  
\_\_\_\_\_  
**ING. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO**

  
\_\_\_\_\_  
**M.C. JOSE JAIME LOZANO GARCIA  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

## AGRADECIMIENTOS

A ti Padre Celestial por ser mi guía y fortaleza en los momentos de angustia. Te doy gracias por haber llegado en el momento oportuno, cuando más necesitaba "un te quiero" llegaste de la forma más humilde y simple, abrigándome con tu dulce amor y perdonando mis pecados sin importar el daño que había causado a mi prójimo. Todo lo que he logrado es por ti, solo por ti **Jesús**. A ti sea siempre la honra y la gloria.

A mi **ALMA TERRA MATER**, por darme abrigo durante este tiempo así como la oportunidad de culminar mi carrera, le doy gracias a Dios por existir una Universidad como la Antonio Narro, ¡no te acabes! Amigo mío.

Al Ph. D. Pedro Cano Ríos, por ser antes que mi asesor, un amigo y un maestro, gracias por guiarme en esta tesis, por su tiempo y confianza. Fue un honor trabajar con usted.

Al Doctorante Cándido Márquez Hernández gracias por tu confianza y apoyo incondicional como asesor para la realización de este trabajo, eres un gran amigo que Dios te bendiga.

Al Dr. Adrián Vega Piña gracias por haber aceptado ser mi asesor, por regalarme su tiempo, dedicación y espacio en la realización de este trabajo de investigación.

A la M. C. Norma Rodríguez Dimas, por asesorarme, gracias por tu confianza, paciencia y dedicación.

A COECyT, por becarme en la elaboración de este proyecto de investigación, los mejores deseos a todos ustedes, muchas gracias.

A CELALA-INIFAP por todas las facilidades brindadas para la realización de este trabajo de investigación.

Al Ph. D. Salvador Godoy Ávila por guiarme en la redacción del presente trabajo de investigación.

Al M.C. José Jaime Lozano García por brindarme su amistad y apoyo cuando lo necesité, muchas gracias.

A mis compañeros por haberme aguantado durante cuatro años y medio dentro y fuera de la Universidad: a Luis (Luiiiiiis), Pablo (Paglo), Anselmo (Chemo), Sarel (Mijitu), Oton (Mijo), Mercela (Marche), Didier (Didi), Juan (Paisa) gracias por su confianza y apoyo. Espero que algún día nos volvamos a ver. Donde quiera que estén que Dios les bendiga.

A Filiberto Martínez Lara, después de tanto sufrir hemos terminado la carrera ¿ya vez que si se pudo?, te deseo lo mejor amigo mío, te agradezco por haberme brindado tu amistad así como tu apoyo cuando lo necesité.

A Juana Callejas, Silvia Callejas y familia por hacerme parte de ustedes, por todas las atenciones que me brindaron muchas gracias.

A Ely por apoyarme en la realización de este trabajo, gracias mujer, que Dios te guarde y bendiga.

A todas aquellas personas que me apoyaron directa o indirectamente desde que ingresé a la Universidad y que por razones de espacio no menciono sus nombres, pero a todos ustedes muchas gracias.

## DEDICATORIAS

**A DIOS:** Dedico este trabajo a Ti maestro, tú el Amigo fiel, el Alfa y la Omega, el gran Yo soy, tú que nos das la vida, tú que bendices a diario a la familia, muchas gracias Jesús.

**A MIS PADRES:** A Pedro San Juan Martínez y a Josefina Lara Hernández.

Le doy gracias a Dios por tenerlos aún conmigo, gracias por respetar mis decisiones y apoyarme en todo lo que emprendo, todos mis logros es para ustedes, son mi motivo y todo lo que tenga que hacer lo haré por ustedes, les pido perdón por si en algún momento les he fallado como hijo, gracias por inculcarme los buenos valores y por confiar en mí. Los amo.

**A MIS ABUELOS:** Antonio San Juan Josefa, Ma. Eugenia Martínez, María Cristóbal Martínez y Sebastián Francisco Miguel (†) gracias por inculcarme los buenos modales y por sus consejos. Que Dios los bendiga.

**A MIS TÍOS:** Ofelio, Marcelo, Alicia, Carmen, Elizabeth, Eusebia gracias por su apoyo y por los consejos recibidos de su parte.

Mario, Guillermo, Olga, Edith gracias por apoyar a mis padres que Dios les bendiga.

**A MIS HERMANOS:** Lourdes, Silvia, Antonio; hijos ustedes son mi motivo me hubiera gustado crecer junto con ustedes y haber tenido mas tiempo para ustedes más la necesidad de estudiar me obligó a salir de casa pero saben bien que todo lo que he hecho es para el bien de la familia espero no haberlos defraudado.

**A MI HIJA: Isis (†)** Hija tu sabes bien que anhelaba mucho tu llegada pero papá Dios te llevó pronto y solo él sabe el porqué de las cosas, sé que estás con él y eso me alegra porque el te cuidará y no permitirá que sufras como tantos niños sufren en este mundo corrupto y sucio, espero conocerte aunque sea por un rato en el otro mundo. Hija mía aunque no estés aquí conmigo, quiero decirte, que te amo.

**Al Ing. Timoteo Hernández Mojica y Familia.** Aun recuerdo aquella clase cuando usted dijo "me gustaría que al menos uno de ustedes terminara una carrera..." esto nunca se me olvidó y siempre traje en mente la sugerencia que hizo en clase ahora por fin llegó el tiempo y quiero dedicarle este trabajo por su apoyo incondicional que me ha brindado desde la Telesecundaria hasta la Universidad, de igual forma aprovecho este espacio para decirle que sus enseñanzas en clase no fueron en balde y que uno de los alumnos de la generación 98 de la comunidad de Pahactla a terminado una carrera. Gracias por apoyarme, por brindarme su amistad y por confiar en mí, espero poder servirle cuando me necesite.

# ÍNDICE GENERAL

## AGRADECIMIENTOS

## DEDICATORIAS

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1	Objetivos.....	2
1.2	Hipótesis.....	2
1.3	Metas.....	2
<b>2</b>	<b>REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
2.1	La agricultura orgánica.....	3
2.1.1	Generalidades.....	3
2.1.2	Conceptos.....	4
2.1.3	Objetivos.....	6
2.1.4	Principios.....	7
2.2	Calidad de los productos orgánicos.....	8
2.4	Ventajas de la agricultura orgánica.....	9
2.5	La agricultura orgánica en el mundo.....	9
2.5.1	Panorama internacional.....	9
2.5.2	Comercio internacional de los productos orgánicos.....	10
2.5.3	Situación Nacional.....	10
2.5.4	Principales estados productores de orgánicos.....	11
2.5.5	Principales productos orgánicos producidos en México.....	12
2.5.6	Mercado para los productos orgánicos en México.....	13
2.6	Fertilización orgánica.....	14
2.6.1	Importancia de los fertilizantes orgánicos.....	16
2.6.2	Propiedades de los fertilizantes orgánicos.....	18
2.6.2.1	Propiedades físicas.....	18
2.6.2.2	Propiedades químicas.....	18
2.6.2.3	Propiedades biológicas.....	19
2.6.3	Productos destinados a la fertilización y mejoramiento del suelo.....	19
2.7	Formas de fertilizar orgánicamente.....	20
2.7.1	Composta.....	20
2.7.1.1	Condiciones ideales del compostaje.....	22
2.7.1.2	Instalaciones para el proceso de compostaje.....	22
2.7.1.3	Usos del compost.....	23
2.7.1.4	Los compost como abonos.....	24
2.7.2	La vermicomposta.....	25
2.7.3	Abonos verdes.....	27
2.8	Microelementos.....	28
2.8.1	Condiciones generales que conducen a la deficiencia de micronutrientes.....	29

2.8.2	Funcion y uso de los microelementos.....	29
2.8.3	Agentes quelantes.....	32
2.9	Mineralización.....	33
2.10	Calidad del agua de riego.....	33
2.11	Sustratos.....	35
2.11.1	Generalidades.....	35
2.11.2	Características de los sustratos.....	36
2.11.3	Clasificación de los sustratos.....	36
2.12	Generalidades del tomate.....	37
2.12.1	Origen del tomate.....	37
2.12.2	Clasificación taxonómica.....	37
2.12.3	Botánica.....	38
2.13	Elección del genotipo.....	38
2.14	Principales plagas y enfermedades del tomate.....	39
2.15	Invernaderos.....	40
2.15.1	Definición de invernadero.....	40
2.15.2	Principales ventajas y desventajas de los invernaderos.....	40
2.16	Requerimiento de clima.....	41
2.16.1	Temperatura.....	41
2.16.2	Luz.....	42
2.16.3	Humedad.....	42
2.16.4	Contenido de CO <sub>2</sub> en el aire.....	42
2.17	Producción de tomate orgánico.....	43
2.17.1	Producción en campo.....	43
2.17.2	Producción en invernadero.....	44
3	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>46</b>
3.1	Localización geográfica y clima de la Comarca Lagunera.....	46
3.2	Localización del experimento.....	46
3.3	Tipo y condiciones de invernadero.....	46
3.4	Siembra y trasplante.....	48
3.5	Diseño experimental.....	48
3.6	Manejo del cultivo.....	49
3.7	Fertilización y riegos.....	49
3.8	Control de plagas y enfermedades.....	50
3.9	Cosecha.....	51
3.10	Variable evaluadas.....	51
4	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>52</b>
4.1	Altura de planta.....	52
4.2	Floración.....	54
4.3	Rendimiento.....	56
4.4	Calidad de fruto.....	58
4.4.1	Peso de fruto.....	58
4.4.2	Diámetro polar.....	58

4.4.3	Diámetro ecuatorial.....	59
4.4.4	Grados brix.....	60
4.4.5	Número de lóculos.....	62
4.4.6	Espesor de pulpa.....	62
4.4.7	Color, forma de fruto y hombros.....	63
4.5	Plagas y enfermedades.....	64
5	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>65</b>
6	<b>RESUMEN.....</b>	<b>66</b>
7	<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>68</b>



## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	TÍTULO	PÁGINA
2.1	Importancia económica de la agricultura orgánica en México 1996-2002.....	11
2.2	Tipología de productores en la agricultura orgánica en México 1996-2000.....	11
2.3	México: destino de los productos orgánicos exportados, 2000.....	14
2.4	Superficie, producción y rendimiento de orgánicos en México.....	15
2.5	Productos orgánicos cultivados en México y estados productores.....	16
2.6	Condiciones ideales de compostaje.....	23
2.7	Variaciones en el contenido de nutrimentos de compost de broza preparado bajo diferentes condiciones de manejo.....	23
2.8	Valores nutritivos de la vermicomposta.....	27
2.9	Requerimientos de microelementos h <sup>-1</sup> .....	29
2.10	Principales plagas y enfermedades del tomate.....	39
3.1	Caracterización inicial y final de los sustratos. CELALA-INIFAP, 2005.....	48
3.2	Elementos nutritivos contenidos en la vermicomposta. CELALA-INIFAP, 2005.....	48

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	TÍTULO	PÁGINA
3.3	Tratamientos evaluados. CELALA-INIFAP, 2005.....	49
3.4	Características de tratamientos de fertilización, agua y microelementos. CELALA-INIFAP, 2005.....	50
3.5	Concentración de nutrientes en el agua de riego (gotero) (ppm). (Zaidan y Avidan, 1997).....	50
3.6	Productos y dosis aplicadas para el control de plagas y enfermedades en tomate bajo invernadero. CELAL-INIFAP, 2005.....	51
4.1	Ecuaciones de regresión para altura de plantas y valores estimados a los 30 y 100 días después del trasplante (DDT). CELALA, 2005.....	52
4.2	Ecuaciones de regresión y coeficientes de determinación para floración inicial de racimos de tomate en sustratos orgánicos. CELALA,2005.....	54
4.3	Efecto de las fuentes de fertilizantes sobre el rendimiento de tomate bajo invernadero. CELALA, 2005.....	56
4.4	Efecto de genotipos en diámetro polar y sólidos solubles en tomate orgánico bajo invernadero. CELALA, 2005.....	59
4.5	Efecto de fuentes de fertilizantes en las variables evaluadas en tomate orgánico bajo invernadero. CELALA, 2005.....	60
4.6	Efecto de los fertilizantes en el peso, diámetro polar y diámetro ecuatorial de tomate orgánico bajo invernadero. CELALA-INIFAP, 2005.....	61
4.7	Efecto de los fertilizantes en los grados brix, número de lóculos y espesor de pulpa de tomate orgánico bajo invernadero. CELALA-INIFAP, 2005.....	62
4.8	Variables de calidad del fruto: forma del fruto, colores del fruto, interno y externo y hombros de tomate en invernadero. CELALA-INIFAP, 2005.....	63
4.9	Severidad de cenicilla y tizón temprano en la producción orgánica de tomate bajo invernadero. CELALA-INIFAP, 2005.....	64

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 Temperaturas máximas y mínimas diarias en el invernadero. CELALA-INIFAP, 2005.....	47
Figura 4.1 Altura de plantas de tomate orgánico bajo invernadero. CELALA-INIFAP, 2005.....	51
Figura 4.2 Floración de genotipos de tomate bajo invernadero. CELALA-INIFAP, 2005.....	55
Figura 4.3 Rendimiento de tomate bajo invernadero. CELALA-INIFAP,2005.....	57

## I. INTRODUCCIÓN

El tomate es uno de los productos agrícolas de consumo más generalizado en la cocina internacional, ya sea como componente principal o para agregar sabor a platillos en fresco, cocinado, procesado, en salsas, purés, pastas e incluso como jugo lo cual le permite incorporarse en la alimentación de diversos países y culturas.

Las tecnologías de producción son muy variados los tomates se pueden cultivar en el terreno abierto o en invernaderos. En los últimos años ha tomado gran auge hacerlo bajo condiciones de invernadero y fertirriego, con el fin de obtener mayores rendimientos y productos de alta calidad. Sin embargo, el consumidor cada vez más se preocupa por estar informado sobre la inocuidad de los alimentos que adquiere, por lo cual, las grandes cadenas de supermercados exigen garantías sólidas en los productos que comercializan, lo que origina a desarrollar una agricultura eficiente y sustentable.

Lo anterior obliga a encontrar modos de producción apegados lo mas cercano posible a la no aplicación de químicos, siendo uno de los caminos, la agricultura orgánica, la cuál, además de no poseer químicos, tiene un sobreprecio de alrededor de un 40%, el cuál, el consumidor, está dispuesto a pagar.

La diferencia entre la producción en invernadero de tomate convencional contra la orgánica, varía en el tipo de sustrato, las prácticas de fertilización y el método de control de problemas fitosanitarios; además de que lo esencial contra la lucha de los insectos y enfermedades en los sistemas orgánicos, es la prevención y que en la actualidad hay productos permitidos por las normas internacionales de productos orgánicos, los cuales son todos a base de extractos vegetales.

En el caso de la fertilización, las técnicas más apropiadas para este sistema de producción son: abonos orgánicos, abonos verdes, fijación de nutrientes, compuestos biodinámicos y la incorporación de materia orgánica en general; dichas técnicas favorecen el uso del flujo energético natural sin generar residuos tóxicos y contaminantes, y que además mejoran el suelo para lograr mejores rendimientos y decrementos en los costos por la reducción de insumos.

## **1.1 Objetivos**

Evaluar el efecto de la fertilización orgánica sobre la calidad y el rendimiento de tomate.

Determinar el mejor genotipo de tomate adaptado a las condiciones de la Comarca Lagunera bajo invernadero.

Desarrollar un paquete tecnológico para producción de tomate orgánico bajo invernadero.

## **1.2. Hipótesis**

Los fertilizantes orgánicos mejoran el rendimiento y calidad del cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero.

Existen respuestas diferentes de los genotipos de tomate respecto a las fuentes de fertilización.

Es posible la producción de tomate orgánico bajo invernadero.

## **1.3. Metas**

Determinar el efecto de la fertilización orgánica en la producción de tomate bajo invernadero.

Encontrar el mejor genotipo con mayor adaptabilidad a las condiciones de la Comarca Lagunera

Desarrollar un paquete tecnológico para producción de tomate orgánico bajo invernadero.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. La agricultura orgánica

#### 2.1.1. Generalidades

Zamorano (2005) señala que la agricultura orgánica ha despertado gran interés, no solo en los sectores que están relacionados con el sector agropecuario y la economía rural en su conjunto, sino también en amplios sectores de la sociedad. Este gran interés empezó en los países desarrollados hace ya más de dos décadas. La reconversión progresiva hacia la agricultura orgánica, la investigación, las actividades de transformación, comercialización y consumo de productos también llamados biológicos ha registrado un comportamiento de gran dinamismo. Durante los últimos años, se ha registrado un comportamiento muy dinámico en la demanda y el consumo de productos orgánicos, sobre todo en los países desarrollados. La explicación reside en la preocupación creciente de la población con relación a la ingesta de productos alimenticios inocuos, sanos, de los cuales se conozca su origen y trayectoria real, así como la mayor conciencia por la conservación del medio ambiente, y algunas posiciones de solidaridad con grupos sociales menos favorecidos en los países en vías de desarrollo.

Schlermeyer (2004) menciona que va en aumento la producción orgánica en el mundo, además, Macilwain (2004) cita que la agricultura orgánica ha revolucionado sin perder la esencia de su fundamento, la materia orgánica.

FAO (2001), menciona que Japón, la Comunidad Europea y Estados Unidos, son los principales consumidores de productos orgánicos, los cuales tienen un sobre precio del orden del 40%, mientras que en México, López (2004) menciona que el precio es 30 o 40% más bajo que las convencionales.

Para que un producto se venda como orgánico, debe ser certificado por empresas especializadas, en México se encuentran la Quality Assurance Internacional (QAI) y la Oregon Tilth Certified Organic (OTCO), entre otras, las cuales cobran aproximadamente 100 y 25 dólares la hectárea, respectivamente;

cabe señalar que la certificación es anual y contempla la revisión del aspecto administrativo como el de producción, incluyendo en algunos casos visitas sorpresa (Gómez *et al.*, 1999).

### 2.1.2. Conceptos

Comúnmente el término orgánico se utiliza para designar los compuestos complejos del carbono; pero en agricultura orgánica, se califica en el sentido más amplio, los materiales compuestos, total o principalmente de sustancias de origen animal o vegetal (FIRA, 2003).

En vista de lo anterior, se citan algunos autores y organizaciones que dan su definición y que llaman nuestra atención, se analizan con el afán de tener una idea más extensa sobre este tema tan relevante.

Según la USDA (citado por O'Keeffe-Swank, 2004) "es un sistema de producción que integra prácticas culturales, biológicas y mecánicas que adopta el reciclaje de los recursos, promueve el equilibrio ecológico y conserva la biodiversidad".

Según la FAO (2001) "La agricultura orgánica es un sistema holístico de gestión de la producción que fomenta y mejora la salud del agro ecosistema, y en particular la biodiversidad, los ciclos biológicos y la actividad biológica del suelo... Los sistemas de producción orgánica se basan en normas de producción específicas y precisas cuya finalidad es lograr agro ecosistemas óptimos que sean sostenibles desde el punto de vista social, ecológico y económico. En el intento de describir más claramente el sistema orgánico se usan también términos como "biológico" y "ecológico". Los requisitos para los alimentos producidos orgánicamente difieren de los relativos a otros productos agrícolas en el hecho de que los procedimientos de producción son parte intrínseca de la identificación y etiquetado de tales productos, así como de las declaraciones de propiedades atribuidas a los mismos".

Norma Oficial Mexicana NOM-037-FITO-(1995) "Sistema de producción agrícola orientado a la producción de alimentos de alta calidad nutritiva en cantidades suficientes que interactúa con los sistemas y ciclos naturales en una forma constructiva de forma que promueve vida; mejora y extiende ciclos biológicos dentro del sistema agrícola, incluyendo microorganismos, flora del suelo y fauna, planta y planta: mejora y mantiene la fertilidad del suelo a largo plazo; promueve el uso sano y apropiado del agua, recursos del agua y toda la vida en esta, en el que, el control de malezas, plagas y enfermedades es sin el uso de insumos de síntesis químico industrial."

Koepf (1981) Menciona que el objetivo primordial de la agricultura orgánica es el de trabajar el suelo lo menos posible, con ello, no se quiere decir que se puede sembrar en un suelo duro y compacto, si no que, tenemos que alimentar a los labradores del suelo, las raíces, lombrices y a todos los seres vivos que allí habitan, para lograr un suelo siempre mullido que requiere por lo tanto de una mínima labor, donde se desarrollaran plantas mas vigorosas y sanas libres de parásitos y optimas de desarrollo a tal grado que sus propias condiciones de defensa-lucha biológica natural son suficientes para combatir un parásito.

Aubert (1981) Agrega que al trabajar con agricultura orgánica se lleva una seguridad de que es la actividad más sana que pueda haber, el hombre y la planta trabajan de una forma natural y armoniosa en su propio ritmo. El productor aprende a vivir con las plantas a conocerlas y a respetar este ritmo. Obedeciendo siempre las leyes de la naturaleza, lo que los lleva a un reencuentro subestimado del hombre con la tierra en un perfecto balance.

\* Revista Agro Red (2002) La agricultura orgánica se caracteriza por estar libre de agroquímicos y de cultivarse bajo un sistema de insumos naturales y practicas que protegen el medio ambiente, lo que le permite obtener productos libres de residuos tóxicos.



Gerbe (1981) Considera que para poder llevar a cabo la agricultura orgánica se rechaza el monocultivo, considerado como antiecológico, respetando además los árboles, barreras y demás elementos del entorno natural.

### **2.1.3. Objetivos**

Anónimo (2004) menciona lo siguiente:

- Producir alimentos sanos libres de venenos sin contaminar el medio ambiente, eliminando los insumos químicos.
- Producir alimentos de importancia económica accesibles a la población.
- Adoptar tecnologías apropiadas de producción y disminuir insumos externos.
- Producir de forma rentable, de forma sostenible y viable.
- Trabajar en el rescate y conservación de la biodiversidad genética.
- Promover la integridad de los ciclos biológicos.
- Recuperar, conservar y potencializar la fertilidad del suelo.
- Trabajar en el reciclaje de nutrientes y conservar la materia orgánica.
- Utilizar al máximo el potencial natural, genético y productivo de las plantas y animales, conociendo las limitaciones y potencial de las unidades productivas.

- Que los productos orgánicos puedan competir en los mercados locales, regionales, nacionales e internacionales, en función de los parámetros de calidad y cantidad.

#### **2.1.4. Principios**

IFOAM (2000) menciona lo siguiente:

##### **En el nivel general:**

- Mejorar y mantener el paisaje natural y los agroecosistemas,
- Evitar la sobre explotación y la contaminación de los recursos naturales,
- Minimizar el consumo de energía y de los recursos naturales no renovables,
- Producción de suficiente cantidad de alimentos sanos, nutritivos y de alta calidad,
- Proveer retornos adecuados en un ambiente de trabajo seguro y saludable,
- Se rescata el saber tradicional y se incorpora al sistema productivo.

##### **En el nivel práctico:**

- Mantener y aumentar la fertilidad de los suelos a largo plazo.
- Mejorar los ciclos biológicos dentro de la finca, especialmente los ciclos de los nutrientes.
- Proveer una oferta de nitrógeno a través del uso intensivo de las plantas fijadoras de nitrógeno.
- Protección biológica de las plantas basada en la prevención en lugar de la curación.
- Diversidad de variedades de cultivos y de especies animales apropiadas para las condiciones del lugar.
- Prohibición de fertilizantes químicos sintéticos, pesticidas, hormonas y otros reguladores del crecimiento.

## **2.2. Calidad de los productos orgánicos**

Ruiz (1995) menciona que la calidad de los productos orgánicos comprende los siguientes aspectos:

### **Calidad alimentaria**

- Calidad higiénica: Ausencia de residuos de plaguicidas y de productos tóxicos de origen biológico.
- Calidad nutricional: Contenido de proteínas, vitaminas, minerales, materia seca.
- Calidad organoléptica: sabor, olor, color y textura.

### **Calidad en el manejo del producto**

- Aptitud a la conservación, al transporte y refrigeración.
- Facilidad de utilización.
- Facilidad de embalaje y de almacenamiento.

### **Calidad ecológica**

- Que contamine menos.
- Que economice los recursos naturales.
- Que reduzca la erosión.

### **Calidad social**

- Esquema socialmente justo y humano, porque trabaja con unidades culturales, estimulan la autogestión y permiten el dominio tecnológico social.
- Fomentan y retienen la mano de obra rural ofreciendo una fuente de empleo permanente.
- Favorecen la salud de los trabajadores, los consumidores y el ambiente, al eliminar los riesgos asociados al uso de agroquímicos sintéticos.

#### **4. Ventajas de la agricultura orgánica**

Según EDUSAT (2003) las ventajas de la agricultura orgánica son las siguientes:

- 1) Establece un sistema productivo compatible, amigable y respetuoso con el medio ambiente.
- 2) Conserva el equilibrio de los recursos naturales.
- 3) Proporciona oportunidades comerciales emergentes.
- 4) Combina los conocimientos tradicionales con la ciencia moderna para descubrir tecnologías de producción innovadoras.
- 5) Fomenta el debate público sobre el desarrollo sustentable, generando conciencia sobre problemas ambientales y sociales que merecen atención.

#### **5. La agricultura orgánica en el mundo**

##### **5.1. Panorama internacional**

Actualmente se estima en alrededor de 23 millones de hectáreas destinadas a producir alimentos orgánicos en el orbe, de las cuales 18 millones de hectáreas se encuentran distribuidas en siete países: Australia con 10.5 mill., Argentina 3.2 mill., Italia 1.2 mill., Estados Unidos 950 mil, Reino Unido 679 mil, Uruguay 678 mil y Alemania con 632 mil. La importancia relativa de la agricultura orgánica en los países europeos, se ubica en promedio en 2.5 % a 3% de la superficie total. Aunque ya hay países como Suiza, Dinamarca, y Holanda en donde la proporción llega al 5–6%. Por su parte, Estados Unidos ha incrementado su superficie cultivada con productos orgánicos en más del doble durante la década de los 90's, presentando una tasa de crecimiento media anual de 20%. En Latinoamérica, además de Argentina segundo país líder mundial en superficie de manejo orgánico, Brasil y Chile cuentan con alrededor de 275 mil ha cada uno. Por su parte en México, la agricultura orgánica ha seguido la tendencia internacional y también se encuentra en gran expansión. La superficie bajo este régimen de

producción ha pasado de 25 mil a más de 220 mil hectáreas en los últimos 10 años (Claridades agropecuarias, 2005).

## 2.5.2. Comercio internacional de los productos orgánicos

En los últimos años se ha registrado un gran dinamismo de las ventas mundiales de productos orgánicos cuya tasa media anual de crecimiento se ubican en el rango de 20 al 25%. Se estima que las ventas en el 2002 fueron entre 23,000 a 25,000 millones de dólares (MDD) y se espera que éstas superen los 31,000 MDD para el 2005. La Organización Mundial de Comercio (OMC) y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación (FAO) coinciden en que los principales mercados demandantes de productos orgánicos se encuentran en Europa, Estados Unidos y Japón, países industrializados cuya población se caracteriza por sus altos ingresos (Gómez *et al.*, 2003).

## 2.5.3. Situación actual de la agricultura orgánica en México

Gómez *et al.* (2000) señala que la superficie orgánica presenta un dinamismo anual de 45% a partir de 1996; y para el 2002 se estimó un total de casi 216 mil hectáreas. Para el año 2000, esta agricultura fue practicada por más de 33 000 productores en 262 zonas de producción de 28 estados de la República, lo cual generó 139 millones de dólares en divisas y 16.4 millones de jornales por año. De acuerdo con las estimaciones de 2002 (Cuadro 2.1) el número de productores se ha incrementado a más de 53 mil, mientras que las divisas han alcanzado más de 280 millones de dólares, también la agricultura orgánica es un sistema de producción con alta utilización de mano de obra, (alrededor de 169 jornales h<sup>-1</sup>), por lo que generó alrededor de 16.4 millones de jornales/año en el 2000. (ver Cuadro 2.2).

En el Cuadro 2.1 se detalla la importancia económica de la agricultura orgánica en México durante 1996-2002.

**Cuadro 2.1 Importancia económica de la agricultura orgánica en México 1996-2002**

	1996	1998	2000	TMAC	2002
Superficie (ha)	23265	54457	102802	44.98	215843
Numero de productores	13176	27914	33587	26.35	53577
Empleo (1,000 jornales)	3722	8713	16448	44.98	34534
Divisas generadas (US\$ 1,000)	34293	72000	139404	41.99	280698

Fuente: Gómez *et al.* (2000)

La agricultura orgánica ha llamado la atención no sólo de los pequeños productores, sino también de productores medianos y grandes, quienes también buscan opciones que les permitan obtener mejores ingresos. En el año 2000, los productores orgánicos estaban principalmente representados por los pequeños productores (98% del total) de tipo campesino e indígenas organizados (con promedio de 2 ha por productor), quienes cultivaban 84% de la superficie y generaban 69% de las divisas del sector orgánico. En el caso de los productores medianos y grandes (menos del 2% del total), estos cultivaban el 15.8% de la superficie orgánica y generaban el 31% del total de divisas de este sector (Cuadro 2.2) (Gómez C. *et al.*, 2001).

**Cuadro 2.2 Tipología de productores en la agricultura orgánica en México 1996-2000**

Tipo de productor	% de productores		% de superficie		% de divisas	
	1996	2000	1996	2000	1996	2000
Pequeño	97.50	98.60	89.00	84.15	78.00	68.84
Grande*	2.50	1.40	11.00	15.85	22.00	31.16

Productor pequeño: menos de 30 hectáreas y organizados en sociedades de producción. Productor grande: mas de 100 hectáreas. \* incluye productores medianos (entre 30 y 100 ha). Fuente: Gómez C. *et al.* (2001)

#### 2.5.4. Principales estados productores de orgánicos

Para el caso de México, en el año 2000 se registró un total de 102,802 hectáreas de cultivos dedicados a la producción orgánica. Los estados de Chiapas y Oaxaca son por mucho los estados que cuentan con la mayor superficie de este

tivo, aportando el 43% y 27%, respectivamente (70% del total nacional en conjunto). Asimismo, ambos estados aportaron la mayor parte del crecimiento observado en el área de cultivo de orgánicos de los últimos años. Le siguen en orden de importancia Michoacán, Chihuahua y Guerrero. Se estima que para el año 2000 habían un total de 47,987 productores dedicados a la producción orgánica en México, la gran mayoría (casi el 60%) se dedican al cultivo del café (Cruz *et al.*, 2000).

### 5.5. Principales productos orgánicos producidos en México

En el país se cultivan más de 45 productos orgánicos, de los cuales el café es el más importante por superficie cultivada, con 66% del total (70 838 ha) y una producción de 47 461 t; en segundo lugar se ubica el maíz azul y blanco con 4.5% de la superficie (4 670 ha) y una producción de 7 800 t, y en tercer lugar está el ajonjolí, con 4% de la superficie (4 124 ha) y una producción de 2 433 t; a estos cultivos les siguen en importancia las hortalizas, con 3 831 ha; el agave, con 3 047 ha; las hierbas, con 2 510 ha; el mango, con 2 075 ha; la naranja, con 1 849 ha; el frijol, con 1 597 ha; la manzana, con 1 444 ha; la papaya, con 1 171 ha, y el aguacate con 911 ha. (Cuadro 2.4). También, aunque en menor superficie, se produce soya, plátano, cacao, vainilla, cacahuate, piña, jamaica, limón, coco, nuez, litchi, garbanzo, maracuyá y durazno. Otros tipos de productos que también se obtienen con prácticas orgánicas son: miel, leche, queso, pan, yogurt, dulces y cosméticos (Cuadro 2.5) (Gómez y Gómez, 1996).

Respecto a las hortalizas, en México existen 42 zonas de producción de hortalizas y hierbas orgánicas distribuidas en 14 estados: Baja California, Baja California Sur, Colima, Chiapas, Chihuahua, Estado de México, Guanajuato, Guerrero, Morelos, Querétaro, Sinaloa, Sonora, Tlaxcala y Yucatán, siendo los principales estados productores Baja California Sur, Guanajuato y Sinaloa (Cruz *et al.*, 2000; Gómez y Gómez, 1999 ).

## 2.5.6. Mercado para los productos orgánicos en México

Sosa (1999) cita que de la producción orgánica de México el 85% se destina a la exportación, el restante 15% se vende en el mercado interno, sobre todo como producto convencional, porque todavía no existe una demanda nacional por estos productos. Los destinos de las ventas externas son Estados Unidos, Alemania, los Países Bajos, Japón, el Reino Unido y Suiza, entre otros (Cuadro 2.3). La comercialización de los productos orgánicos implica la inspección y la certificación de los métodos de producción empleados, la cual realizan principalmente entidades de los países importadores. En 1996, 68% de las zonas de producción orgánica del país las certificó la Organic Crop Improvement Association (OCIA) de Estados Unidos; 18% Naturland de Alemania; 10% Oregon Health de Estados Unidos y el resto otras organizaciones.

Gómez *et al.* (1999) establece que entre los productos más exportados están el café, las frutas, las hortalizas (en invierno), y otros que ocupan mucho mano de obra, como el ajonjolí. Los países a los que principalmente se exportan los productos orgánicos mexicanos son Estados Unidos, Alemania, Holanda, Japón, Inglaterra y Suiza, entre otros. Respecto al mercado principal de las hortalizas y hierbas orgánicas mexicanas es el de Estados Unidos, el cual absorbe el 80% de la producción total del país, mientras que otra parte se canaliza a Japón en menor proporción a Canadá e Inglaterra.



**Cuadro 2.3 México: destino de los productos orgánicos exportados.**

Producto	Destino
Café	Estados Unidos, Alemania, Países Bajos, Suiza, Japón, Italia, Dinamarca, España, Francia, Australia, Reino Unido y Bélgica
Mango	Estados Unidos, Japón, Canadá, Reino Unido, Australia y Chile
Miel	Alemania, Reino Unido, Estados Unidos e Italia
Aguacate	Suiza, Reino Unido, Japón, Canadá y Estados Unidos
Hortalizas	Estados Unidos, Canadá, Japón y el Reino Unido
Cacao	Alemania y Estados Unidos
Vainilla	Estados Unidos y Japón
Jamaica	Alemania y Estados Unidos
Ajonjolí	Estados Unidos
Banano	Estados Unidos y Japón
Litchi	Estados Unidos

Fuente: Gómez *et al.* (1999)

## 2.6. Fertilización orgánica

Un abono, en general se considera aquel material que se aplica al suelo y estimula el crecimiento de las plantas de manera indirecta, a través del mejoramiento de las propiedades físicas del suelo. Por otro lado, un material se considera como fertilizante cuando estimula el crecimiento de manera directa a través de aportar nutrimentos indispensables para las plantas (Chaney *et al.*, 1992).

Los fertilizantes orgánicos también conocidos como abonos orgánicos son aquellos materiales derivados de la descomposición biológica de residuos de cultivos, deyecciones y estiércoles animales, de árboles y arbustos, pastos, basura y desechos industriales; su aplicación en forma y dosis adecuadas mejoran las propiedades y características físicas, químicas y biológicas del suelo, es decir, es la forma más natural de fertilizar al suelo (Ruiz, 1999).

Los fertilizantes orgánicos ejercen multilateral efecto sobre las propiedades agronómicas de los suelos y, en caso de adecuada utilización, elevan de manera importante la cosecha de los cultivos agrícolas (Rodríguez, 2002).

**Cuadro 2.4 Superficie, producción y rendimiento de orgánicos en México**

Año 2002

Cultivo	Superficie (ha) (Estimación)*	Producción (ton)	Productividad (ton/ha)
Café	70,838	47,461	0.67
Maíz azul y rojo	4,670	8,686	1.86
Ajonjolí	4,125	2,393	0.58
Hortalizas	3,831	55,281	14.53
Maguey	3,047	-	ND
Hierbas culinarias y medicinales	2,510	-	ND
Mango	2,075	26,332	12.69
Naranja	1,850	17,039	9.21
Frijol y Garbanzo	1,597	1,597	1.00
Manzana	1,444	1,487	1.03
Papaya	1,171	20,551	17.55
Aguacate	911	8,600	9.44
Soya	865	-	-
Banano	826	36,740	44.48
Cacahuete	740	1,073	1.45
Cacao	656	394	0.6
Jamaica	540	140	0.26
Palma Africana	400	8,000	20.00
Vainilla	331	7	0.02
Piña	329	4,201	12.77
Caña de Azúcar	150	-	ND
Nuez	25	-	ND
Litchi	16	74	4.6
Otros productos**	40,207	-	-
Suma	143,154	240,056	-

\*Superficies certificadas y en transición.

\*\*Incluyen: limón, coco de agua, rambután, cártamo, chayote, maracuyá, estropajo, durazno, pastizales para bovino y caprino, área de pecoreo para miel, dulces, cosméticos y artesanías a base de arcillas, fibras y madera orgánicas.

Fuente: Lamas (2003).

**Cuadro 2.5 Productos orgánicos cultivados en México y estados productores.**

Estados	Productos
Chiapas, Oaxaca, Veracruz	Café
Yucatán, Quintana Roo,	Miel
Chiapas, Oaxaca	
Yucatán	Sábila.
Tlaxasco, Chiapas	Cacao
Sinaloa	Mango
Veracruz, Chiapas, Oaxaca,	Litchie y rambután
Puebla	
Michoacán	Aguacate
Baja California Sur	Hortalizas (tomate, zanahoria, chile, calabaza y orientales)
Oaxaca, Veracruz,	Plantas aromáticas, alimentarias y medicinales
Querétaro, Edo. de Mex.,	(albahaca, orégano, cebollín, manzanilla, mejorana, etc.)
Baja California Sur	
Chihuahua	Manzana
Morelos, Distrito Federal,	Nopal
Guanajuato	
Tlaxasco, Chiapas	Plátano
Oaxaca, Chiapas	Ajonjolí
Oaxaca, Veracruz	Jamaica
Chihuahua	Maíces de especialidad
Veracruz, Oaxaca	Vainilla
Oaxaca, Veracruz	Piña
Michoisco, Hidalgo	Miel de maguey
Chiapas	Papaya maradol
Veracruz, Oaxaca, Chiapas	Chayote
Veracruz	Naranja
Sayarit, Sinaloa	Frutas deshidratadas
Estado de México,	Fertilizantes
Michoacán	

Fuente: Claridades agropecuarias, 2005.

### 3.1 Importancia de los fertilizantes orgánicos

Ruiz (1996) establece que los materiales orgánicos pueden mejorar la fertilidad de los suelos de diferentes maneras:

proporcionando a las plantas elementos nutritivos,

modificando las condiciones físicas del suelo,

incrementando la actividad microbiológica para un mayor aporte de energía y

d) protegiendo a los cultivos de un exceso temporal de sales minerales o de sustancias tóxicas, gracias a su fuerte capacidad de absorción.

Lamas (2003) menciona que la fertilización en la agricultura orgánica debe cumplir tres aspectos:

Mejorar la fertilidad del suelo, economizar los recursos no renovables y no introducir elementos contaminantes en los agrosistemas; de ahí que se desprenden los siguientes principios: Evitar la pérdida de elementos solubles, utilizar las leguminosas como fuente de nitrógeno, no emplear productos obtenidos por vía de síntesis química, tomar en cuenta micro y macroorganismos del suelo y luchar contra la degradación física, química y biológica del suelo.

La fertilización orgánica mediante el uso de residuos de cosechas, compostas, estiércoles, abonos verdes, polvo de rocas y subproductos de animales. tiene como objetivo aprovechar los ciclos naturales de los nutrientes en favor de la actividad biológica y la estructura del suelo. Las técnicas más apropiadas de fertilización son: abonos orgánicos, abonos verdes; fijación natural de nutrientes por medio de plantas como: leguminosas, plátano, manzanilla, mostaza y otras; abonos foliares de origen natural tales como: fermentados de estiércol de ganado, gallinaza, hormigas y/o compuestos vegetales; compuestos biodinámicos en general; incorporación de materia orgánica en general; rotación de cultivos, vegetación secundaria natural y/o cultivos forestales. Técnicas que favorecen el uso del flujo energético natural sin generar residuos tóxicos y contaminantes, y que además mejoran el suelo para lograr mejores rendimientos y decrementos en los costos por la reducción de insumos (Ruiz, 1996).

Quintero (1999) cita que de ser posible todo el material de origen animal (estiércol, gallinaza, orines y subproductos) deben provenir de animales criados orgánicamente. Si no fuese así, es obligatorio su compostaje completo. Toda unidad de producción debe intentar el autoabastecimiento de nitrógeno y de otros nutrientes necesarios para su producción agropecuaria. En la certificación se verificará tanto el origen de los materiales exógenos aplicados para la fertilización, como los esfuerzos para llegar a la autosuficiencia de nutrientes en la unidad de producción. Los estiércoles exógenos a la unidad de producción sólo podrán

- Aumentan también la capacidad de intercambio catiónico del suelo, con lo que aumentan la fertilidad.

### 2.6.2.3. Propiedades biológicas.

- Favorecen la aireación y oxigenación del suelo.
- Constituyen una fuente de energía para los microorganismos.

### 2.6.3. Productos destinados a la fertilización y mejoramiento del suelo

Ruiz (1995) menciona que la agricultura orgánica utiliza la energía natural y el reciclado de los esquilmos agrícolas, pecuarios y forestales, así como las basuras urbanas e industriales y mediante un composteo biológico (normal o lombricomposteo) se produce humus rico en nutrientes regresándolo al suelo para que de ahí se nutran los cultivos seleccionados. Se pueden producir biofertilizantes naturales ricos en Rhizobium, micorrizas y otros microorganismos que contribuyan a la fertilidad natural del suelo. Algunos productos destinados a la fertilización y mejoramiento del suelo son:

- Estiércoles y deyecciones de animales (Ej.: vacuno, ovino, cunícola, porcino, murciélagos, avícola y carprino).
- Residuos agrícolas (maíz, trigo, avena, cebada, frijol, café, etc.).
- Residuos de la industria azucarera (cachaza, bagazo de caña).
- Turba
- Compost de desecho en el cultivo de hongos comestibles y lombrices
- Compost de desechos orgánicos domésticos y de residuos vegetales.
- Subproductos provenientes de rastros (harina de carne, harina de hueso, harina de sangre, harina de plumas) y de la industria del pescado (harina de pescado).
- Subproductos orgánicos de la industria alimentaria y de la textil.
- Algas y productos de algas.

- Residuos forestales (corteza de árboles, viruta de madera, aserrín y cenizas).
- Abonos verdes
- Biofertilizantes (Micorrizas y *Rhizobium*)
- Residuos de pastos y jardines
- Mulches
- Roca fosfórica natural.
- Sulfato de magnesio.
- Azufre.
- Sulfato de potasio.
- Yeso

## **2.7. Formas de fertilizar orgánicamente**

### **2.7.1. Composta**

De acuerdo con Mustin (1987) el compostaje es el proceso biológico de descomposición de compuestos orgánicos hasta la formación de un producto estable y rico en sustancias húmicas.

Para favorecer el compostaje es necesario crear las condiciones ideales para la actividad microbiana, como: la cantidad adecuada de agua, oxígeno y alimentación balanceada. La intensa actividad microbiana durante este proceso provoca un aumento en la temperatura. En el lombricompostaje para evitar este calentamiento que causa daño a las lombrices, se trabaja con camas de poca altura (Siles 1998, Bollo 1999).

Una de las formas de transformar los residuos orgánicos en material fertilizante, es someterlos a un proceso de descomposición (aeróbico o anaeróbico) hasta un compuesto estable llamado humus.

Figueroa y Cueto (2002) mencionan que la elaboración de composta, ya sea bacteriana o mediante lombrices, tiene varias ventajas:

- a) Reduce los olores del estiércol

- b) No atrae moscas
- c) Minimiza la concentración de patógenos
- d) Reduce la diseminación de malezas
- e) Adición de compuestos orgánicos estabilizados que mejoran la estructura del suelo.

Mientras que como desventaja, añade es el costo que implica su elaboración.

En la producción orgánica, las compostas son aceptadas dentro del proceso de producción, únicamente deben cumplir ciertos requisitos como es el de voltearla por lo menos cinco veces, manteniendo la temperatura entre 131 y 170 °F por tres días y que la relación de C:N sea entre 25:1 y 40:1 (NOP, 2004).

La composta es el abono orgánico por excelencia y es lo más cercano a la manera en que la naturaleza fertiliza los bosques y los campos. Las ventajas de la composta son muchas, pero las principales que se derivan de su uso continuo son: retiene nutrientes evitando que se pierdan a través del perfil del suelo; mejora la estructura del suelo; retiene la humedad; limita la erosión; contiene micro y macronutrientes; estabiliza el pH del suelo y neutraliza las toxinas; sus ácidos disuelven los minerales del suelo haciéndolos disponibles; propicia, alimenta y sostiene la vida microbiana, y no contamina el suelo, el aire, el agua, ni los cultivos (FIRA, 2003). Este proceso es favorecido por un aporte apropiado de aire, humedad y temperatura. Básicamente el proceso se puede dividir en tres fases:

- a) Fase inicial de uno a cinco días durante los cuales se descomponen los componentes rápidamente degradables (azúcares, aminoácidos, lípidos);
- b) Fase termofílica, durante la cual se degrada gran cantidad de celulosa (hemicelulosa y lignina), y
- c) Estabilización, periodo en que declina la temperatura, decrece la velocidad de descomposición y los microorganismos mesofílicos recolonizan la composta (formación de sustancias húmicas).

La condensación de los fenoles junto con el amonio durante el proceso de humificación, es quizás la fase más importante del proceso de compostaje (Paul y Clark 1996). La forma más sencilla para determinar si durante el proceso de compostaje se a logrado la formación de ácidos húmicos es por una disminución de temperatura, siendo todas las condiciones de alimentación, humedad y oxígeno óptimas para la actividad microbiana. De esta forma si la temperatura disminuye es porque todo el sustrato balanceado a sido transformado (Soto y Muñoz, 2002).

Existen cuatro aspectos a considerar en la hechura de compostas: El tipo de residuo disponible, el volumen del material a transformar, los costos en relación a la mano de obra, equipo y espacio y el uso que se debe dar a la composta.

En resumen, los materiales para ser compostados deben cumplir dos condiciones básicas:

- 1) Ser biodegradables.
- 2) No estar contaminados.

#### **2.7.1.1. Condiciones ideales del compostaje**

Dado que el compostaje es un proceso de descomposición predominantemente aeróbico, las prácticas de manejo deben crear las condiciones óptimas para el establecimiento y desarrollo de estos organismos. Las condiciones que favorecen el crecimiento de los microorganismos aeróbicos son: presencia de oxígeno, temperatura, agua y una nutrición balanceada (Cuadro 2.6). Hay otros factores que también pueden afectar su desarrollo tales como: pH, fuentes energéticas de fácil solubilización como azúcares simples (melaza), y mayor superficie de contacto o tamaño de partícula.

#### **2.7.1.2. Instalaciones para el proceso de compostaje**

En general, no se requieren condiciones muy controladas para la elaboración de compost. El aspecto más importante es el acceso a una fuente de



agua para mantener la humedad óptima, pero sin que los lixiviados del proceso contaminen estas fuentes de agua. Se recomienda que el material esté cubierto para evitar la pérdida de nutrientes. Soto (2001) comparó Vermicompost preparados a cielo abierto con otros que permanecieron cubiertos durante todo el proceso, determinando una pérdida de nutrientes en los lixiviados del material sin tapar (Cuadro 2.7).

**Cuadro 2.6 Condiciones ideales de compostaje.**

Condición	Ámbito aceptable	Condición óptima
Relación C:N	20:4 – 40:1	25: 1 – 30:1
Humedad	40 – 65 %	50 – 60 %
Oxígeno	+ 5%	a 8%
PH	5,5 – 9,0	6,5 – 8,0
Temperatura °C	55 – 75	65 – 70 °C
Tamaño de partícula	0,5 – 1,0	variable

Fuente: Rynk (1992)

**Cuadro 2.7 Variaciones en el contenido de nutrientes de compost de broza preparado bajo diferentes condiciones de manejo.**

Broza de café	pH	Humedad	N	P	Ca	Mg	K
			(%)				
Vermicompost al aire libre	5,5	48,0	1,50	0,12	0,71	0,17	0,17
Vermicompost bajo techo	7,5	65,0	2,32	0,21	2,41	0,80	0,79

Fuente: Soto (2001)

### 2.7.1.3. Usos del compost

El compost tiene efectos positivos en el suelo, tales como: incremento en la actividad de la fauna del suelo, reducción de microorganismos patógenos (Bulluck *et al.* 2002), incremento en la densidad aparente, estabilización del pH, incremento de la capacidad de intercambio catiónico, disminución del lavado de nitratos, eliminación de patógenos y semillas de malezas por las altas temperaturas generadas por la actividad microbiana, degradación de residuos de plaguicidas (Büyüksönmez *et al.* 2000) y disminuye el riesgo de erosión por agua o viento,

porque los granos del suelo se forman mejor, se mantienen mejor y son más estables (Anónimo, 2004).

Además de estos efectos, el compostaje como proceso ofrece ventajas en términos operativos porque disminuye la cantidad de biomasa a aplicar debido a la pérdida de carbono y agua del material, durante el proceso de descomposición, lo cual representa un ahorro de dinero al productor (Rynk, 1992).

El uso de compost también tiene desventajas, tales como el incremento en los contenidos de sales a niveles que pueden afectar el crecimiento de cultivos sensibles y fitotoxicidades, especialmente cuando se emplean residuos con trazas de metales pesados o materiales no terminados (Costa *et al.*, 1997).

El compost puede ser considerado como un mejorador del suelo porque la adición de ácidos húmicos aumenta la capacidad de intercambio catiónico y mejora la capacidad de manejo de agua. Pero también es usado como abono. La mayoría de los productores, durante el proceso de transición de agricultura convencional a orgánica, buscan alternativas al uso de fertilizantes sintéticos y utilizan el compost como abono orgánico.

#### **2.7.1.4. Los compost como abonos**

Muchos agricultores prefieren utilizar compost como fuente de nutrimentos para sus cultivos que aplicar residuos frescos, tales como excretas de animales, porque reducen el mal olor (Miller, 1993), los efectos tóxicos sobre los cultivos, la contaminación de aguas y elimina patógenos y semillas de malezas (Rynk, 1992). Además en el caso de excretas de animales, el Reglamento de producción Orgánica de los Estados Unidos (NOP 2000), prohíbe el uso de excretas sin compostear 120 días antes de la cosecha en cultivos cuya parte comestible toque el suelo, y 90 días en aquellas que el producto comestible no toque el suelo.

Los abonos con macromateria orgánica como el bocashi o excretas frescas semicomposteadas son recomendables al iniciar el periodo de transición entre producción convencional intensiva y producción orgánica porque mantienen una tasa de liberación de nutrimentos más rápida que el compost.

No obstante, Shibahara *et al.* (1998) señala que la aplicación de un material que libera los nutrientes lentamente tiene la ventaja de que reduce las pérdidas por lixiviación y volatilización y constituye una fuente de nutrientes a largo plazo.

### 2.7.2 La vermicomposta

Luévano y Velásquez (2001) citan que la lombriz de tierra es un integrante natural que se encuentra en los suelos contribuyendo de manera decisiva a su fertilidad, ya que desarrolla una actividad esencial en la aireación y estructuración de los suelos. Se ha encontrado que es capaz de transformar restos orgánicos (hojas muertas, heces de animales, etc.) en compuestos fácilmente asimilables por las plantas además de favorecer la mineralización del suelo; acelera la formación de compostas y el ciclo de los nutrientes; mejora el drenaje y favorece la propagación de bacterias nitrificantes; ayuda al intercambio de capas del suelo evitando el encostramiento, y coadyuva a la recuperación de suelos erosionados.

Magnano y Gómez (1999) señalan que las lombrices de tierra son indispensables en la agricultura orgánica, ya que ayudan al establecimiento de compostas de origen urbano, industrial o agrícola. La actividad de las lombrices puede resultar en una composta de calidad, la cual se obtiene después de que la materia orgánica ha sido degradada por hongos, bacterias y protozoarios, organismos que son los que en realidad sirven de alimento a las lombrices y que son ingeridos junto con el sustrato en que se encuentran; toda esta mezcla al salir como excremento junto con el suelo, forman un producto ideal como mejorador del suelo.

Rynk (1992) menciona que a dicho producto, que es el abono producido por la lombriz, se le conoce como lombrí-abono o lombrí-composta o vermi-compost, el cual contiene los materiales y nutrientes óptimos para los cultivos agrícolas. La lombriz que se utiliza para el procesamiento de desechos orgánicos es la *Eisenia foetida*, también conocida como lombriz roja de California. El lombrí-composteo es un método biológico de tratamiento de materia orgánica para transformarla a un estado estable (humus) mediante la acción de la lombriz de tierra. Se pueden

diferenciar tres aspectos: un sustrato base (materia orgánica fresca), el agente de transformación (lombriz) y un producto final (lombri-compost).

Nogueroles y Sicilia (2004) mencionan que el humus de lombriz es un fertilizante bioorgánico de estructura coloidal, producto de la digestión, que se presenta como un producto desmenuzable, ligero e inodoro. Es un producto terminado, imputrescible y no fermentable.

Contiene una elevada carga enzimática y bacteriana que aumenta la solubilización de los nutrientes haciendo que puedan ser inmediatamente asimilables por las raíces. Por otra parte, impide que estos sean lavados por el agua de riego manteniéndolos por más tiempo en el suelo (Luévano y Velásquez, 2001). Se considera como uno de los abonos orgánicos de fácil manejo y producción rápida en las plantas de composteo; tiene buenas características físicas, químicas, microbiológicas y nutritivas (Kulkarni *et al.*, 1996)

La característica más importante del vermicompuesto es su alta carga microbiana, la cual le hace como el excremento material regenerador del suelo. Con un pH prácticamente neutro, con valores que oscilan entre 6.8 y 7.2, características que le permiten ser aplicadas aún en contacto directo con las semillas (Martinez, 1997).

Los valores nutritivos de la vermicomposta se presentan en el Cuadro 2.8.

García (1996) describe las ventajas de la vermicomposta de la siguiente manera:

Aporta los elementos nutritivos para la planta, tales como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio.

La presencia de bacterias que por su acción ayudan a una mejor asimilación de los elementos nutritivos para la planta.

No contiene productos químicos que alteren el ecosistema del suelo.

Por su estructura granular retiene la humedad y propicia un buen desarrollo de las raíces.

No produce malos olores y está libre de patógenos.

La aplicación de lombri-composta disminuye la población de plagas del suelo por su contenido bacteriano que compite con las mismas.

Por su contenido de materia orgánica se obtiene una óptima capacidad de intercambio catiónico del suelo.

El contenido microbiano de este abono acelera la descomposición de elementos orgánicos e inorgánicos.

### **Cuadro 2.8 Valores nutritivos de la vermicomposta**

Valores nutritivos de la vermicomposta.	
Humedad	30-60%
PH	6,8-6,2
Nitrógeno	1-2,6%
Fósforo	2-8%
Potasio	1-2,5%
Calcio	2-8%
Magnesio	1-2,5%
Materia orgánica	30-70%
Carbono orgánico	14-30%
Ácido fúlvicos	2,8-5,8%
Ácido húmico-fúlvico	1,5-3%
Sodio	0,02%
Cobre	0,05%
Hierro	0,02%
Manganeso	0,006%

Fuente: Luévano y Velásquez (2001).

### **2.7.3. Abonos verdes**

Una técnica que gana adeptos día tras día es la de los abonos verdes, especialmente por su actividad múltiple como aporte de materia orgánica y nutrientes, cubierta permanente o semipermente del suelo, cultivo asociado o de rotación y fuente de productos alimenticios (Anónimo, 2004).

Si se incorporan al suelo masas de plantas cultivadas con el fin de enterrarlas posteriormente con el arado, entonces se habla de abono verde. Los cultivos destinados a abono verde pueden plantarse como cultivo principal dentro de una rotación o estar en forma de cultivos asociados. Fertilizar con abono verde

significa incorporar al suelo plantas verdes con alto porcentaje de agua, durante o al inicio de la floración cuando apenas están lignificadas y poseen abundante azúcar, almidón y nitrógeno (Labrador, 2004).

Principalmente se utilizan como abono verde a las leguminosas, las cuales además tienen la capacidad de fijación simbiótica de nitrógeno al suelo mediante la bacteria del género *Rhizobium* (Ruiz, 2000).

## 2.8. Microelementos

De los dieciséis elementos conocidos como esenciales para el crecimiento de las plantas y de los microorganismos, siete son requeridos en tan pequeñas cantidades que por ello se les llama elementos micronutrientes, oligoelementos o elementos traza. Son: hierro, manganeso, zinc, cobre, boro, molibdeno y cloro. Otros elementos como silicio, vanadio y sodio parecen ayudar al desarrollo de ciertas especies. Todavía otros elementos como el cobalto, yodo y flúor se ha demostrado que son esenciales para el crecimiento de los animales, pero al parecer no son requeridos por las plantas (Bukman, 1993).

Gros y Domínguez (1992) señalan que no basta en encontrar un elemento en las cenizas de la planta para sacar la conclusión de que es verdaderamente indispensable. También hay que considerar que algunos elementos son esenciales para los animales sin que lo sean para las plantas de la que aquéllos se alimentan o viceversa.

Requerimientos de nutrimentos por hectárea (ver Cuadro 2.9):

- 1) C, H, y O<sub>2</sub> son requeridos en ton h<sup>-1</sup>.
- 2) El N, P, K, Ca, Mg, y S son usados en decenas a cientos de kilos h<sup>-1</sup>.
- 3) Los microelementos son requeridos en gramos o kilos h<sup>-1</sup>.

### 2.8.1. Condiciones generales que conducen a la deficiencia de micronutrientes

Bukman (1993) cita que los micronutrientes pueden limitar el crecimiento de un cultivo bajo las siguientes condiciones:

- a) Suelos ácidos arenosos fuertemente lavados,
- b) suelos de turba,
- c) suelos con pH muy alto, y
- d) suelos que han sido cultivados muy intensamente y muy fertilizados sólo con macronutrientes.

**Cuadro 2.9 Requerimientos de microelementos h<sup>-1</sup>**

Elemento	g ha <sup>-1</sup>
Manganeso, hierro	500 g
Zinc, boro	200 g
Cobre	100 g
Molibdeno	10 g
Cobalto	1 g
Selenio	0.02 g

Un cultivo intensivo de los suelos turbosos acentúa también las deficiencias de los elementos traza. El pH del suelo y el contenido en Ca tienen una influencia marcada en la asimilación de todos los micronutrientes, excepto el cloro. Bajo condiciones muy ácidas, el molibdeno resulta inaprovechable, mientras que los pH de valores alto afectan a todos los otros cationes desfavorablemente. Un exceso de encalado puede producir una deficiencia de hierro, manganeso, cinc, cobre y aún boro. Tales condiciones se presentan en la naturaleza en muchos suelos calcáreos.

### 2.8.2. Función y uso de los microelementos

Los microelementos están más asociados con la transferencia de electrones. Estos elementos funcionan principalmente en la activación enzimática y en el transporte de electrones. Bajo deficiencias se tiene respuesta a las

aplicaciones de micronutrientes sin embargo, algunos de ellos son tóxicos en cantidades superiores a las requeridas por la planta. El Bo, Zn, Mo, Mg y Cu son tóxicos en concentraciones relativamente altas (Bukman, 1993; Gros y Domínguez, 1992).

De acuerdo a Carretero *et al.* (2002) las funciones y usos de los microelementos es como a continuación se describe:

### **Fierro**

Se absorbe como  $Fe^{+++}$  ó  $Fe^{++}$ . Al absorberse como  $Fe^{+++}$  se reduce en la planta a  $Fe^{++}$ . Es un ión inmóvil y es el centro de las porfirinas, de una manera análoga al Mg en la clorofila, las cuales sirven para cambiar la forma  $Fe^{+++}$  a  $Fe^{++}$  en las reacciones de óxido-reducción. Es un constituyente de la catalasa y de la peroxidasa. Es también necesario en la síntesis de la clorofila. Ayuda al transporte de electrones en el proceso de la fotosíntesis.

### **Boro**

Fue una de los micronutrientes identificados como necesarios para el crecimiento de las plantas. Es un ión inmóvil. Se absorbe como  $BO_3^-$  y es reducido a  $H_3BO_3$  (ácido bórico). El boro incrementa la síntesis de ATP, la reproducción de la planta, la germinación de la planta, la germinación del polen, la traslocación de los azúcares e interviene en la absorción de agua. La deficiencia de B se relaciona con enfermedades fisiológicas tales como la hoja arrollada de la papa, la pudrición del corazón de la remolacha azucarera y el corazón café del nabo.

### **Zinc**

De movilidad intermedia dentro de la planta. Se captura en forma de ion zinc. Actúa como catalizador en la descomposición del  $CO_2$ . cataliza reacciones de respiración y fermentación. Interviene en la síntesis de las auxinas, que son las hormonas responsables del desarrollo de las yemas. Se le asocia con enfermedades fisiológicas como la roseta en nogal.



## **Manganeso**

El Mn es relativamente inmóvil. Su principal función es en la asimilación de nitratos y reducirlos a nitritos en la formación de proteínas. La planta puede capturar el manganeso del suelo en forma de ion manganeso o en forma de permanganato. Forma parte de los complejos enzimáticos de óxido-reducción de la respiración. El Mn también es necesario para la síntesis de clorofila y estimula la fotosíntesis. Algunos síntomas de deficiencias de Fe pueden ser causadas por un exceso de Mn. Es probable que el Mn interfiera con la reducción de Fe del estado férrico al ferroso.

## **Molibdeno**

De movilidad intermedia. Forma parte del sistema enzimático de la nitrato reductasa, enzima involucrada en la reducción del nitrato. El Mo es necesario para la fijación del N atmosférico. Se absorbe por la planta como ion  $\text{MoO}_4^-$  (molibdato). Es imprescindible para la formación de ácido ascórbico.

## **Cobre**

Elemento esencial en la fotosíntesis y en la respiración. Se le encuentra en la proteína plastocianina la cual transporta electrones en las reacciones de luz (FS2). Forma parte de varias enzimas, como en las que intervienen en la oxidación-reducción. Se absorbe como  $\text{Cu}^{++}$  ó  $\text{Cu}^+$  y es de movilidad intermedia. Es parte integrante de los cloroplastos. El exceso de hierro en el suelo impide la absorción de cobre, de ahí su carácter antagónico.

## **Cloro**

Estimula la fotosíntesis al incrementar el transporte de electrones del agua a la clorofila en el FS2. Forma parte del complejo de intercambio de las membranas celulares, ayudando a mantener el potencial osmótico. Como forma parte activa de la membrana celular proporciona a la planta resistencia a la sequía. Es muy móvil dentro de la planta y se absorbe como  $\text{Cl}^-$ .

## Nickel

Es parte esencial de la enzima ureasa que cataliza la hidrólisis de la urea a  $\text{CO}_2$  y  $\text{NH}_4^+$ . Aparentemente las plantas producen urea y requieren ureasa. Las leguminosas como el chícharo de vaca (*Vigna unguiculata*) y la soya forman ureidas en los nódulos de las raíces durante la fijación del N. Las ureidas son transportadas por el xilema a las hojas. También hay transferencia de ureidas de las hojas viejas a los tejidos jóvenes. En leguminosas, el uso del N de las ureidas involucra su rompimiento en urea y en su posterior hidrólisis. La falta de Ni hace que se acumulen cantidades tóxicas de urea en la punta de las hojas cuando las plantas comienzan a florear. En todas las plantas el rompimiento de las bases de purina (adenina y guanina) ocurre vía las ureidas, de tal forma que todas las plantas requieren Ni y ureasas.

### 2.8.3. Agentes quelantes

López y Caamaño (2002) señalan que los micronutrientes cationes Fe, Zn, Mn y Cu, son relativamente insolubles en soluciones nutritivas, cuando se proporcionan como sales inorgánicas comunes y en las soluciones del suelo. Esta insolubilidad se intensifica en pH's mayores a 5. Bajo estas condiciones los cationes reaccionan con los iones hidroxilo precipitando los óxidos hidro-metálicos.

A causa de esta y otras reacciones que contribuyen a la insolubilidad ciertas plantas no pueden absorber suficientes cantidades de elementos como el Fe y el Zn. Una manera de solucionar esta deficiencia es el de proporcionar los elementos en forma de quelatos de metal. Un quelato es un producto soluble y estable el cual se forma cuando ciertos átomos de una molécula inorgánica llamada agente quelante dona electrones a los cationes metálicos. Entre los productos utilizados actualmente los más comunes son los siguientes (Gross y Domínguez, 1992):

1. DTPA-Fe
2. ADTA-Fe
3. EDDHA-Fe
4. EDTAH-Fe

Con respecto al boro y al molibdeno, no se dispone de quelatos, ya que su estructura química impide su formación, por lo que en caso de no estar presente en cantidades suficientes en el agua de riego, se aplicarán en forma de compuestos inorgánicos (ácido bórico y bórax, para el boro, molibdatos amónico y sódico, para el molibdeno) o enlazados a moléculas orgánicas tipo etanolamina o trietanolamina (Gross y Domínguez, 1992).

## **2.9 Mineralización**

Rodríguez (1997) cita que la mineralización es la descomposición rápida de los residuos orgánicos, convirtiéndose en compuestos minerales que poseen una formación química más simple como son: bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), fosfatos ( $\text{PO}_4^-$ ), Sulfatos ( $\text{SO}_4^-$ ), compuestos potásicos, etc.

Las condiciones que determinan la descomposición o mineralización son:

Temperatura, aireación del suelo, humedad del suelo y los tipos de residuos.

Gross y Domínguez (1992) cita que en la mineralización se distinguen dos etapas:

- a) La amonización, que es la transformación de nitrógeno orgánicos en amoniacal.
- b) La nitrificación o transformación del nitrógeno amoniacal en nítrico.

## **2.10. Calidad de agua de riego**

Es importante el aprovechamiento del contenido en el agua de riego de elementos como Ca, Mg y  $\text{SO}_2^{-4}$ . Debido al contenido salino de las aguas, las precipitaciones de fosfatos y sulfatos de Ca y, fundamentalmente, la carbonatación de los residuos de bicarbonatos de Ca y la desecación de disoluciones salinas pueden producir obturación de goteros. Para evitar dicha obturación se utilizan disoluciones madres ácidas, en función de la calidad del agua de riego y manteniendo, al mismo tiempo, las relaciones óptimas de nutrientes además de

realizar diariamente un lavado al final de la fertilización con  $\text{HNO}_3$  diluido, a pH de 3,5 a 6, según el sustrato, o con la misma agua de riego (Cadaña, 1999).

González (1991) encontró que el tomate necesita de alta cantidad de agua disponible en la fase de floración y fructificación y señala que los mejores rendimientos se obtienen cuando la planta recibe la cantidad de agua necesaria, 15 litros  $\text{kg}^{-1}$  de fruto aproximadamente, durante estas etapas provocando además un aumento en la calidad del fruto.

Magán (2002) mencionó que para que un sistema de cultivo sin suelo pueda ser empleado a nivel comercial, es necesario que permita el desarrollo de la raíz en perfectas condiciones, de manera que debe aportar de forma óptima los siguientes elementos:

- Aireación
- Agua
- Solutos
- Temperatura

Cualquier sistema de cultivo sin suelo adoptado funcionará tanto mejor cuanto más óptimamente proporcione los elementos antes mencionados, así, los sistemas con sustrato dependerán muy directamente del manejo del riego para conseguir un adecuado equilibrio aire / agua, mientras que en los hidropónicos es la aireación el principal problema, al contrario de lo que sucede en los aeropónicos, en los que la dificultad estriba en mantener humedecida toda la raíz (Magán, 2002).

El agua de extracción profunda o de embalses suele tener algunos nutrientes para las plantas tales como  $\text{SO}_4$ , Ca, Mg y B y en algunas ocasiones K. Las concentraciones de estos elementos preferentemente, no deberán exceder las concentraciones de las soluciones nutritivas estándar. Los iones contenidos en el agua a utilizar y que son absorbidos por la planta como nutrientes, deben sustraerse de la solución nutritiva estándar. Algunos otros iones presentes en el

agua son absorbidos por las plantas en cantidades pequeñas, pero que pueden alcanzar concentraciones que causan efectos negativos en las plantas (Castellanos, 2004).

## **2.11. SUSTRATOS**

### **2.11.1 Generalidades de los sustratos.**

El término sustrato, se aplica a todos los materiales sólidos, distintos de los suelos naturales, minerales u orgánicos. Los sustratos pueden ser de materiales químicamente inertes o activos, que pueden o no aportar elementos nutritivos al proceso de nutrición de las plantas (Zaidan, 1997).

Para el caso de los inertes podemos mencionar, la arena, según Muñoz (2003):

**ARENA.** La arena es un material de naturaleza silicea con una concentración mayor del 50% de  $\text{SiO}_2$  y de composición variable, que depende de los constituyentes de la roca silicatada original. La arena deberá de estar exenta de limo y arcilla también de carbonato de calcio. La arena posee una fracción granulométrica comprendida entre 0.02 y 2 mm. Desde el punto de vista hortícola, se prefiere la arena con tamaño de partícula de medio a grueso (0.6 – 2mm). La densidad de la arena es superior a  $1.5 \text{ g/cm}^3$ . Su pH puede variar entre 4 y 8. Capacidad de intercambio catiónico es nula o baja. La arena es el sustrato más utilizado, llegando a presentar un 60% de la superficie total bajo condiciones e hidroponía.

Por otro lado, actualmente los aspectos relacionados con la conservación del medio ambiente, han quedado enmarcados en los conceptos de sustrato. Los ecologistas han hecho hincapié en este tema, ya que muchos sustratos provienen de yacimientos naturales, afectando el número de mantos protegidos como reservas naturales, por lo que se están tomando medidas para regular el uso de este tipo de sustratos. Aspectos como este han sido motivado para buscar

alternativas rentables sin dañar al medio ambiente, siendo una de ellas, la utilización de lombrices como material biológico para producir vermicomposta (Zaidan, 1997)

### **2.11.2. Características de los sustratos**

De acuerdo a Bastida (2001) algunos puntos importantes a considerar en la composición de sustratos, son los siguientes:

#### **A). Características físicas.**

Composición y estructura.

Isotropía e isometría

Granulometría y distribución

Porosidad

Densidad y peso

Conductividad térmica

#### **B). Propiedades químicas.**

Capacidad de intercambio catiónico

pH

Capacidad buffer

Elementos Tóxicos

#### **C). Propiedades biológicas**

Contenido de materia orgánica

Relación Carbón-Nitrógeno

### **2.11.3. Clasificación de los sustratos**

Los sustratos pueden clasificarse en grupos de acuerdo a su origen y pueden ser: naturales, industriales y artificiales. El sustrato adecuado para el desarrollo de los cultivos, es aquel capaz de retener suficiente agua, aire y

elementos nutritivos en forma disponible para la planta (García, 1996; Buras, 1997).

El uso de sustratos en la agricultura es común en cultivos intensivos, especialmente en invernadero, teniendo como ventajas principales que permite el control y monitoreo sobre el riego y la fertilización, adelanto en la cosecha, incremento en calidad del fruto y reducción de riesgos por enfermedades y plagas (Ansorena, 1994).

## **2.12. Generalidades del tomate**

### **2.12.1. Origen del tomate**

El tomate es una planta nativa de América del Sur, cuyo origen se localiza en la región de los andes (Chile, Colombia, Ecuador, Bolivia, y Perú), donde se encuentra la mayor variabilidad genética y abundancia de tipos silvestres. México está considerado a nivel mundial como el centro más importante de domesticación de tomate (Nuez, 2001).

Durante muchos años el mercado de tomate contó con una reducida gama de productos; hoy en día, este mercado se caracteriza por la continua promoción de nuevas variedades de diferente color, forma y sabor, de mejor calidad, con mayor vida de anaquel y recientemente, han surgido nuevos genotipos de mayor valor nutricional y con más beneficio para la salud (Revista de Horticultura, 1998).

### **2.12.2. Clasificación taxonómica**

De acuerdo a Hunziker citado por Esquinas y Nuez (1999) la taxonomía del tomate es la siguiente:

<b>Nombre común:</b>	Tomate o Jitomate	<b>Familia:</b>	Solanáceae
<b>Nombre científico:</b>	<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.	<b>Tribu:</b>	Solaneae
<b>Familia:</b>	Solanaceae	<b>Genero:</b>	Lycopersicon
<b>Clase:</b>	Dicotyledoneas	<b>Especie:</b>	Esculentum
<b>Orden:</b>	Solanes (personatae)		

### **2.12.3 Botánica**

En Anónimo (2004) describe las principales características botánicas de la planta de tomate como a continuación se indica: El tipo de raíz depende del sistema de cultivo. Así, los tomates sembrados en forma directa tienen un sistema radicular pivotante, profundo y poco ramificado, en tanto que los sembrados por trasplante poseen raíces profusamente superficiales y ramificadas; la mayor parte de las raíces absorbentes se encuentran en los primeros 20 a 30 cm de profundidad. Los tallos y ramas son de consistencia herbácea (necesita tutores para sostenerse). Las hojas, compuestas y usualmente recubiertas con una fina vellosidad, se encuentran en forma alterna. Las flores son perfectas (los estambres están soldados entre sí) y se encuentran agrupadas en inflorescencias de racimo; el número oscila de acuerdo con la variedad y con la fase de crecimiento.

El fruto es una baya de forma y tamaño variable, dependiendo del número de lóculos que van desde uno (1) a 10. La semilla es ligeramente pubescente y aplanada; la viabilidad de la semilla es de tres a cuatro años en condiciones tropicales, pero pueden conservarse en refrigeración hasta por 12 años. En un fruto pueden encontrarse entre 100 y 300 semillas, dependiendo proporcionalmente del tamaño del mismo.

### **2.13. Elección del genotipo**

Uno de los mayores atractivos de cualquier producto frente al consumidor es la diversidad. El tomate es una hortaliza que ha alcanzado una variedad de tipos muy extensa. Las preferencias por un tipo determinado son muy variadas y van en función del país, tipo de población uso al que se destina (Diez, 2001).

Las condiciones micro ambientales específicas creadas en el interior de los invernaderos y en general en cultivo protegido hacen que los genotipos no se comporten de la misma forma que al aire libre. Uno de los factores responsables de esa diferencia de comportamiento es la luz. Así, a los cultivares desarrollados



especialmente para invernadero se les exige que tengan aptitud para crecer, florecer, cuajar y desarrollar frutos de calidad en condiciones de baja luminosidad (Stevens y Rick, 1986).

Hay variedades con distinto aspecto exterior (forma, tamaño, color) e interior, textura, sabor y dureza, variedades para consumo en fresco o procesado industrial y dentro de estos usos principales, muchas especializaciones del producto (Diez, 2001). Introducidos recientemente por una empresa Israelita los híbridos de larga vida de anaquel. este tipo de híbridos añaden alta productividad, resistencia a enfermedades y la característica de la larga vida en estantería, capacidad para soportar transporte a largas distancias ( Philouze *et al.*, 1992).

## 2.14. Principales plagas y enfermedades del tomate

**Cuadro 2.10 Principales plagas y enfermedades del tomate**

PLAGAS	PRINCIPAL (ES) ESPECIE (S)	ENFERMEDADES
Mosca Blanca	<i>Bemisia tabaci</i> (Gennadius)	Damping Off o secadera de plántulas
	<i>Trialeurodes vaporariorum</i> (Westwood)	Tizón tardío
	<i>Bemisia argentifolii</i> (Bellows & Perring)	Tizón temprano
	<i>Aphis gossypii</i> (Sulzer)	Chino del tomate
Pulgón Minador de la hoja	<i>Myzus persicae</i> (Glover)	Marchitez manchada del tomate
Gusano alfiler	<i>Liriomyza spp</i>	Agallamiento de raíz
	<i>Keiferia lycopersicella</i> (Walshingham)	Necrosis de medula
	<i>Spodoptera exigua</i> (Hübner)	Cáncer bacteriano
	<i>Spodoptera litoralis</i> (Boisduval)	Marchitez por Fusarium
	<i>Heliothis armigera</i> (Hübner),	Pudrición de la corona
	<i>Heliothis peltigera</i> (Dennis y Schiff)	Moho griss
Orugas	<i>Chrysodeisis chalcites</i> (Esper)	Mancha bacteriana
	<i>Autographa gamma</i> (L.)	Cenicilla
	<i>Tetranychus urticae</i> (Koch)	
	<i>T. turkestanii</i> (Ugarov & Nikolski)	
Araña roja	<i>T. ludeni</i> (Tacher)	
Ácaro del bronceado	<i>Aculops lycopersici</i> (Masse)	
Pulgón saltador	<i>Paratrioza cockerellii</i> (Suc.)	

Realizado en base a Anónimo (2004)

## **2.15. Invernaderos**

### **2.15.1 Definición de invernadero**

Un invernadero se define como una construcción cubierta artificialmente, con materiales transparentes, con el objeto de proveer un medio ambiente climático favorable durante todo el año para el desarrollo de los cultivos; por otro lado, un cultivo forzado o protegido se define como aquél que durante todo el ciclo productivo o en una parte del mismo crece en un microclima acondicionado por un invernadero. A pesar de que se hace hincapié en la modificación del ambiente climático, el cultivo forzado también incluye las técnicas de manejo, fertirrigación, densidad y época de siembra, sanidad vegetal, etc., prácticas que inciden notoriamente en los objetivos que persigue el cultivo protegido tales como incremento de la producción, precocidad y mayor calidad de la cosecha, además de lo anterior, el cultivo se orienta a la producción de plantas de origen climático diferente del ambiente natural donde se desea cultivarlas (Rodríguez y Jiménez, 2002).

### **2.15.2. Principales ventajas y desventajas que aportan los invernaderos.**

Según Sánchez y Favela (2000) entre las ventajas y desventajas de establecer un cultivo bajo condiciones de invernadero se destacan las siguientes:

#### **Ventajas:**

- Precocidad.
- Aumento de calidad y rendimiento.
- Producción fuera de época.
- Ahorro de agua y fertilizantes.
- Mejor control de insectos y enfermedades.
- Posibilidad de obtener más de un ciclo de cultivo al año.

### **Desventajas:**

- Alta inversión inicial.
- Alto costo de operación.
- Requiere personal ejecutivo de alto nivel, de experiencia práctica y conocimientos teóricos.

La producción del cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero ha permitido obtener frutos de mayor calidad y mayor rendimiento, en cualquier época del año, a la vez que permite alargar el ciclo de cultivo, lo cual permite producir en las épocas del año más difíciles y por consiguiente obtener mejores precios (Infoagro, 2002).

## **2.16 Requerimiento de clima.**

El manejo racional de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos se encuentran relacionados y la actuación sobre uno de estos inciden sobre el resto. Castilla (1999).

### **2.16.1. Temperatura**

La temperatura es un factor determinante de la actividad metabólica y del crecimiento y desarrollo de los vegetales (Lorenzo, 2000).

Quezada (1989) menciona que este factor influye de manera decisiva en procesos de la planta, como fotosíntesis, respiración, traslocación, transpiración. La temperatura óptima para la mayoría de los cultivos en invernadero oscila entre 20-30 °C durante el día y entre 13 y 16 °C durante la noche. Temperaturas inferiores a 12-15 °C, las plantas detienen su crecimiento y su floración. Originan problemas en el desarrollo, malformación de frutos, que se debe a bajas temperaturas, lo cual propicia un desarrollo desigual de lóculos (Sade, 1998).

### **2.16.2. Luz**

Quezada (1989) menciona que la luz solar es un factor primordial en la vida de las plantas, ya que sin ésta no se lleva a cabo la fotosíntesis. Por lo que el invernadero debe permitir la máxima transparencia posible para el buen desarrollo de cultivos. Valores reducidos pueden afectar procesos como floración, fecundación y desarrollo vegetativo de la planta.

Se ha determinado para algunos cultivos como tomate y pepino que reducciones del 1% de iluminación suponen reducciones del 1% en producción (Cockshull, 1999).

### **2.16.3. Humedad**

Trigui y Barrington (1999) mencionan que el déficit de la presión de agua y aire es el primer factor que hay que controlar para facilitar el canal de salida del agua de la planta en invernaderos, ya que el canal de salida del agua en invernaderos afecta varios procesos fisiológicos como la polinización, crecimiento y rendimiento.

Burgueño (2001) cita que cuando la humedad relativa esta en exceso hay menor desarrollo vegetativo porque disminuye la transpiración, hay aborto de flores, aumentan las enfermedades y existe una condensación de humedad provocando el goteo. Y cuando es deficiente la humedad existe una deshidratación de los tejidos, hay menor desarrollo vegetativo por cierre de estomas, deficiente fecundación y caída de flores. Cita que la humedad optima ambiental para el cultivo de tomate es de 50% con una mínima de 40% y una máxima de 60%.

### **2.16.4. Contenido del CO<sub>2</sub> en el aire**

Ferreira (2004) Menciona que el CO<sub>2</sub> es el factor de producción que más limitaciones impone en los invernaderos. Es posible añadirlo gratuitamente a las

plantas a partir del humo del calentamiento. Pero desafortunadamente, las necesidades de la planta de CO<sub>2</sub> y los periodos en que necesita la calefacción no son los mismos. Los factores que limitan la fotosíntesis son el agua y el CO<sub>2</sub>, elementos base, pero también la luz, fuente de energía que permite la síntesis de los azúcares. Una hectárea de invernadero tiene alrededor de 40000 m<sup>3</sup> de aire, es decir 14 m<sup>3</sup> o 27 kg. de CO<sub>2</sub> por una hora de fotosíntesis a 350 w/m<sup>2</sup>, sin ventilación. El enriquecer con CO<sub>2</sub> cuando la luz es insuficiente no debe de realizarse porque no se aprovecharía. En el verano, el aporte de CO<sub>2</sub> es mayor, dado que la luz es más intensa, pero, como es necesario airear permanentemente, se deberá utilizar un porcentaje bajo de CO<sub>2</sub>, para evitar pérdidas. Para llegar a niveles elevados, es decir 1000 a 1500 ppm, se deben inyectar de 70 a 100 kg de CO<sub>2</sub> por hora por hectárea de invernadero.

Los resultados experimentales muestran rendimientos productivos superiores cuando se aplica la técnica de enriquecimiento carbónico a concentraciones entre el rango de 700-900 (Papadopoulos *et al.*, 1997)

## **2.17. Producción de tomate orgánico**

### **2.17.1. Producción en campo**

El rendimiento en la producción nacional de tomate orgánico es de 10 t ha<sup>-1</sup> (SAGARPA, 2005), sin embargo, si bien la cosecha es certificada, los rendimientos pueden aumentar, incrementando la relación beneficio-costos.

La producción de tomate orgánico en México se lleva a cabo en Baja California Sur (Navejas, 2002), pero si bien la cosecha es orgánica, los rendimientos son bajos, por lo que es conveniente, producir en invernadero, garantizando rendimientos mucho más elevados, garantizando obviamente la aplicación de insumos orgánicos para garantizar la obtención de un producto orgánico y prácticamente inocuo, por lo que la obtención de un sustrato orgánico, evitaría los tres años mencionados, lo anterior coincide con lo citado por Castellanos *et al.* (2000).

Navejas (2002) menciona que la producción orgánica de tomate en Baja California, ocupa diez veces menos superficie, pero genera divisas diez veces más.

Dodson *et al.* (2002) mencionan que la diferencia entre la producción en invernadero de tomate convencional contra la orgánica, varía en tipo el sustrato, las prácticas de fertilización y el método de control de problemas fitosanitarios

Navejas (2002) menciona que lo esencial contra la lucha de los insectos y enfermedades en los sistemas orgánicos, es la prevención y que en la actualidad hay productos permitidos por las normas internacionales de productos orgánicos, los cuales son todos a base de extractos vegetales.

### **2.17.2 Producción en invernadero**

El rendimiento en la producción nacional de tomate orgánico es de  $10 \text{ t ha}^{-1}$  (SAGARPA, 2005), sin embargo, si bien la cosecha es certificada, los rendimientos pueden aumentar, incrementando la relación beneficio-costos. Producir en invernadero, se obtienen cinco veces más a lo obtenido en campo, es una opción. Márquez y Cano (2004) encontraron un rendimiento de tomate orgánico en invernadero de  $89.64 \text{ t ha}^{-1}$ , en composta más arena sin fertilizar, donde superaron los rendimientos de tomate orgánico en campo en 8.96 veces

Tuzel y Yagmar (2003) mencionan que se obtienen rendimientos de tomate orgánico en invernadero de 59 a  $90 \text{ t ha}^{-1}$  en otoño, mientras que en primavera se obtuvieron desde 126 a  $162 \text{ t ha}^{-1}$ .

El principal problema de la producción en invernadero, una vez que se tienen las condiciones ambientales controladas, es la presencia de plagas y enfermedades así como la fertilización. Dodson *et al.* (2002) mencionan que de no efectuarse un efectivo control de plagas y patógenos, éstos puede llevar al exterminio total, lo anterior origina que la mayoría de los productos agroquímicos se apliquen de manera preventiva y continua, sin tomar en cuenta los umbrales de acción, originando que el fruto lleve altas cantidades de residuos de agroquímicos, los cuales son monitoreados minuciosamente al pretender ser exportados con la

consecuencia del rechazo del producto; cabe señalar que la fertirrigación no es admitida en el manejo orgánico, debido a la aplicación de fertilizantes químicos (FAO, 2001; NOM.037 FITO, 1995; NOP, 2004); aunado a lo anterior, además de contaminar de agroquímicos el fruto, el costo de los insumos por éste rubro, incrementa considerablemente los costos de producción, mencionando Castellanos (2003) una erogación de \$118,000 pesos por concepto de fertilizantes para un ciclo de 10 meses.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Localización geográfica y clima de la Comarca Lagunera.**

La Comarca Lagunera se encuentra comprendida entre los paralelos 24° 10' y 26° 45' de latitud norte y los meridianos 101° 40' y 104° 45' de longitud oeste de Greenwich, con una altura sobre el nivel del mar de 1100 metros. La región cuenta con una extensión montañosa y una superficie plana donde se localizan las áreas agrícolas. El clima de verano va desde semi-cálido a cálido-seco y en invierno desde semi-frío, mientras que los meses de lluvia son de mediados de junio a mediados de octubre (Santibáñez, 1992).

#### **3.2. Localización del experimento**

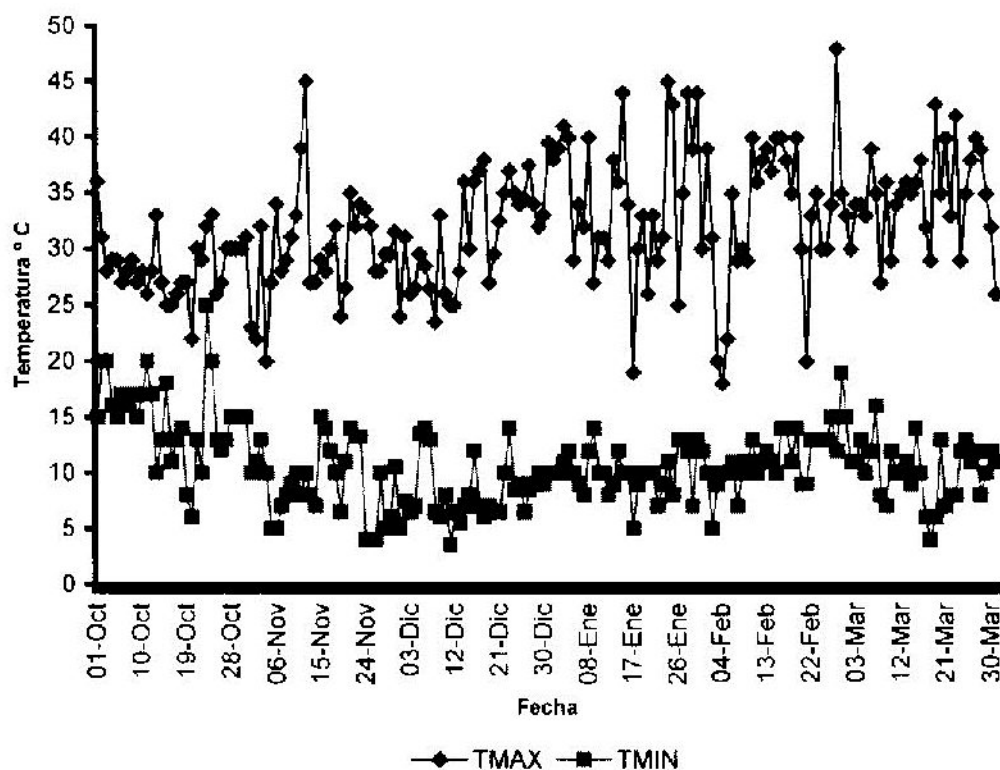
El experimento se estableció en el Campo Experimental La Laguna (CELALA-INIFAP), localizado en el Km 17.5 de la carretera Torreón-Matamoros, en el municipio de Matamoros, Coahuila, dentro de la Comarca Lagunera.

#### **3.3. Tipo y condiciones de invernadero**

El experimento se realizó bajo un invernadero semicircular con sistema de ventilación y calefacción de 250 m<sup>2</sup> con estructura totalmente metálica, cubierto lateralmente por laminas de policarbonato y doble capa de plástico en el techo; el sistema de enfriamiento consistió en pared húmeda y dos extractores, mientras que la calefacción fue suministrada por un quemador de gas, ambos programados automáticamente. El sistema de riego fue por goteo. Las temperaturas se registraron diariamente, se colocaron tres termómetros, la primera se ubicó cerca de la pared húmeda, la segunda en medio del invernadero y la tercera en la entrada de la misma, de igual manera se registraba la humedad relativa en la bitácora de actividades. Las temperaturas máximas y mínimas promedio fueron de 32.1 y 13.5°C. Las temperaturas diarias se muestran en la Figura 3.1.



Dentro del invernadero hay cinco camas de concreto de 75 cm de ancho y 1.70 cm entre centros de cama, el largo de la cama es de 23.5 m.



**Figura 3.1** Temperaturas máximas y mínimas diarias en el invernadero. CELALA-INIFAP, 2005.

### 3.4. Siembra y trasplante

La siembra se realizó el 29 de Agosto de 2004 en charolas germinadoras de 200 cavidades, usando como sustrato peat-most. El trasplante se efectuó el día 1 de octubre de 2004, utilizando macetas de 20 kg de capacidad se llenaron con una mezcla a una proporción de 50% en base a volumen con arena de río y vermicomposta (Cuadro 3.1 y 3.2), a excepción del testigo, el cual fue llenado solo con arena de río.

Las macetas se colocaron a doble hilera con una densidad de 4 macetas en 1.02 m<sup>2</sup>. La superficie sembrada fue de 250 m<sup>2</sup>.

**Cuadro 3.1 Caracterización inicial y final de los sustratos. CELALA-INIFAP, 2005.**

Parámetro	Unidad	Mezcla Inicial		Mezcla Final			
		B	A*	ME	O	In	T
pH (Disolución 1:1)		8.24	8.63	8.60	8.42	8.56	8.1
Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C.)	Meq/100 g	8	5	5	5	7	5
Porcentaje de Saturación	%	45.66	47.33	49.66	42.60	45.33	39.66
Conductividad Eléctrica (E.)	mS cm <sup>-1</sup>	2.45	1.05	0.91	0.67	0.85	0.65
Materia Orgánica	%	7.16	4.3	3.36	3.86	2.68	0.12

A, Arena; ME, Microelementos, O, fertilizante orgánico; In, Fertilizante inorgánico; T, Testigo

**Cuadro 3.2 Elementos nutritivos contenidos en la vermicomposta. CELALA-INIFAP, 2005**

Vermicomposta	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Zn	Mn
	%				ppm					
	0.86	0.17	1.03	4.86	0.76	0.14	3785	22.5	92.5	2270

En el caso del N, elemento problema en los abonos orgánicos debido al porcentaje bajo de mineralización (11%), tenemos que 0.86% de N en la composta, utilizada en la proporción ya indicada nos da un total por hectárea de 64.88 Kg., de N, es decir; que de acuerdo con Rincón (2002), se necesitan 3 kg de N por hectárea por kilogramo de tomate producido. Lo anterior conlleva a suponer que el nitrógeno aprovechable es suficiente para producir 88.29 t ha<sup>-1</sup>.

## 5. Diseño experimental

El diseño experimental empleado fue completamente al azar con cinco repeticiones con arreglo factorial, donde el factor **A** son dos genotipos (Bosky y Big Beef) mientras que el factor **B**, son cuatro tratamientos de fertilización, tres orgánicos mas el testigo (fertilización inorgánica); originando lo anterior, ocho tratamientos (Cuadro 3.3). Los análisis estadísticos se realizarán mediante el

paquete estadístico SAS (1998). La parcela experimental consistió de 20 macetas, siendo la parcela útil, un maceta.

**Cuadro 3.3 Tratamientos evaluados. CELALA-INIFAP, 2005.**

No Tratamiento	Genotipos	Fertilización
1	Bosky	Agua
2	Bosky	Microelementos
3	Bosky	Fertilización orgánica*
4	Bosky	Testigo
5	Big Beef	Agua
6	Big Beef	Microelementos
7	Big Beef	Fertilización orgánica
8	Big Beef	Testigo**

\* Macroelementos mas microelementos orgánicos

\*\* Macroelementos mas microelementos inorgánicos

### 3.6. Manejo del cultivo

Las plantas fueron guiadas a un solo tallo eliminando los brotes axilares, sostenidas con rafia cuando alcanzaron una altura de 30 cm para poder mantener la planta erguida, evitando así cualquier contacto de la planta y frutos con el suelo. Cuando inició la etapa de floración se procedió a la polinización con un vibrador eléctrico (cepillo dental) el cual se pasó por el pedúnculo de la inflorescencia por un lapso de 3 a 5 segundos, diariamente. esta actividad se hace preferentemente a medio día ya que es cuando el polen se encuentra apto para la polinización. Durante la fructificación, se eliminaron las hojas basales que quedaban debajo de los frutos maduros.

### 3.7. Fertilización y riegos

Para el manejo del riego, la cantidad aplicada varió en función de la etapa fenológica, oscilando entre 0.5 y 2 L por planta por día.

Las características de las fuentes de fertilización agua y microelementos se presentan en el Cuadro 3.4. La concentración de la solución nutritiva, suministrada tanto orgánica como inorgánicamente, según el tratamiento, se muestra en el

Cuadro 3.5. La fertilización de los tratamientos de fertilización orgánica así como el testigo se llevo a cabo según Zaidan y Avidan (1997), como se muestra en el Cuadro 3.4

**Cuadro 3.4 Características de tratamientos de fertilización, agua y microelementos. CELALA-INIFAP, 2005.**

Parámetro	Agua				
	Elemento	meqL <sup>-1</sup>	Elementos	ppm	
PH	8.17	Calcio	1.81	Fierro	0.02
CE(mScm <sup>-1</sup> )	0.32	Magnesio	0.19	Cobre	0.01
Cloruros (meqL <sup>-1</sup> )	0.62	Sodio	1.05	Manganeso	0.01
Sulfatos (meqL <sup>-1</sup> )	1.31	Potasio	0.07	Nitratos	0.01

**Cuadro 3.5 Concentración de nutrientes en el agua de riego (gotero) (ppm). (Zaidan y Avidan, 1997)**

Estado de la planta	N	P	K	Ca	Mg
Plantación y establecimiento	100 – 120	40 – 50	150 – 160	100 – 120	40 – 50
Floración y cuajado	150 – 180	40 – 50	200 – 220	100 – 120	40 – 50
Inicio de maduración y cosecha	180 – 200	40 – 50	230 – 250	100 – 120	40 – 50

### 3.8. Control de plagas y enfermedades

Se colocaron trampas amarillas para el control de plagas, además se realizaron inspecciones cada semana con el fin de prevenir la propagación de algún insecto.

Así también, se aplicaron plaguicidas para el control de hongos, bacterias, enfermedades e insectos, todos los productos fueron de origen vegetal, autorizados por el IFOAM (Cuadro 3.6).

**Cuadro 3.6 Productos y dosis aplicadas para el control de plagas y enfermedades en tomate bajo invernadero. CELALA-INIFAP, 2005.**

Producto	No Aplicaciones	Dosis	Unidades
Abakob	9	1	ml L <sup>-1</sup>
Sedric	9	4 a 6	L ha <sup>-1</sup>
Bioinsect	10	4 a 6	L ha <sup>-1</sup>
Biocrack	1	2	L ha <sup>-1</sup>
Algaenzimas	6	1	L 100L <sup>-1</sup>
BioFyb	12	2	L ha <sup>-1</sup>
Kilwak	2	4 a 6	L ha <sup>-1</sup>
Sultron	5	4	L ha <sup>-1</sup>

## 9. Cosecha

La cosecha se realizó dos veces por semana, cuando el fruto presentó una madurez rojiza de al menos 70%. Posteriormente se procedió a pesar el fruto y en su caso, a determinar las características de calidad.

## 10. Variables evaluados

Las variables evaluadas durante el experimento fueron altura de planta, inicio de floración, calidad del fruto y rendimiento en t ha<sup>-1</sup>. La altura de la planta se midió semanalmente siendo el primer muestreo el día 22 de octubre. La calidad fue cuantificada al medir sus diferentes variables que son: el diámetro polar, diámetro ecuatorial, peso de fruto, grados Brix, espesor de pulpa y número de lóculos utilizando para ello vernier, refractómetro, balanza de precisión, regla milimétrica y tabla de colores.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Altura de planta

Mediante las ecuaciones de regresión obtenidas para cada tratamiento (Cuadro 4.1), se estimó la altura a los 30 y 100 días después del trasplante (ddt).

**Cuadro 4.1. Ecuaciones de regresión para altura de plantas y valores estimados a los 30 y 100 días después del trasplante (DDT). CELALA, 2005.**

Genotipo	Fertilizantes	Ecuación de regresión	r <sup>2</sup>	30	100
Bosky	Agua	$y = 65.28+5.41x$	0.93	22.758	60.628
Bosky	Quelatos	$y = 55.77+5.18x$	0.95	21.117	57.377
Bosky	Fert. Orgánicos	$y = 50.12+7.05x$	0.90	26.162	75.512
Bosky	Testigo	$y = 4.34+10.57x$	0.97	32.144	106.134
Big Beef	Agua	$y = 69.54+4.64x$	0.90	20.874	53.354
Big Beef	Quelatos	$y = 56.26+5.18x$	0.95	21.166	57.426
Big Beef	Fert. Orgánicos	$y = 49.33+7.03x$	0.88	26.0231	75.2331
Big Beef	Testigo	$y = 25.592+8.3x$	0.92	27.4592	85.5592

y, altura; x, ddt

Para el caso de los tratamientos de menor altura, igualmente coincidió en ambas estimaciones, siendo la fuente de fertilización agua y el genotipo Big Beef. Lo anterior difiere de lo encontrado por Moreno *et al.* (2005) ya que menciona que no existe variación de alturas a diferentes niveles de vermicomposta, producidas de diferente fuente. Márquez y Cano (2004) mencionan un rango de alturas, obtenidas evaluando porcentajes de compostas y sustratos inertes en un ciclo de 135 días, entre 36.7 y 141.79 cm.

En la Figura 4.1. se observa el comportamiento de la altura a través del ciclo del cultivo. Puede notarse que las fuentes de fertilización agua, quelatos y fertilizantes orgánicos para ambos genotipos en estudio, es decir aquellas que contenían composta, muestran un rápido crecimiento. Caso contrario, se presenta en el testigo. Dentro de éste, el genotipo Bosky demora aun más que Big Beef.

Es conveniente señalar que a partir del 5º y hasta el 10º (Figura 3.1.) el crecimiento se detiene considerablemente, probablemente debido a que es cuando empieza el llenado de fruto y los fotoasimilados son exigidos por los frutos. Dicha tendencia se mantiene en ambos genotipos.

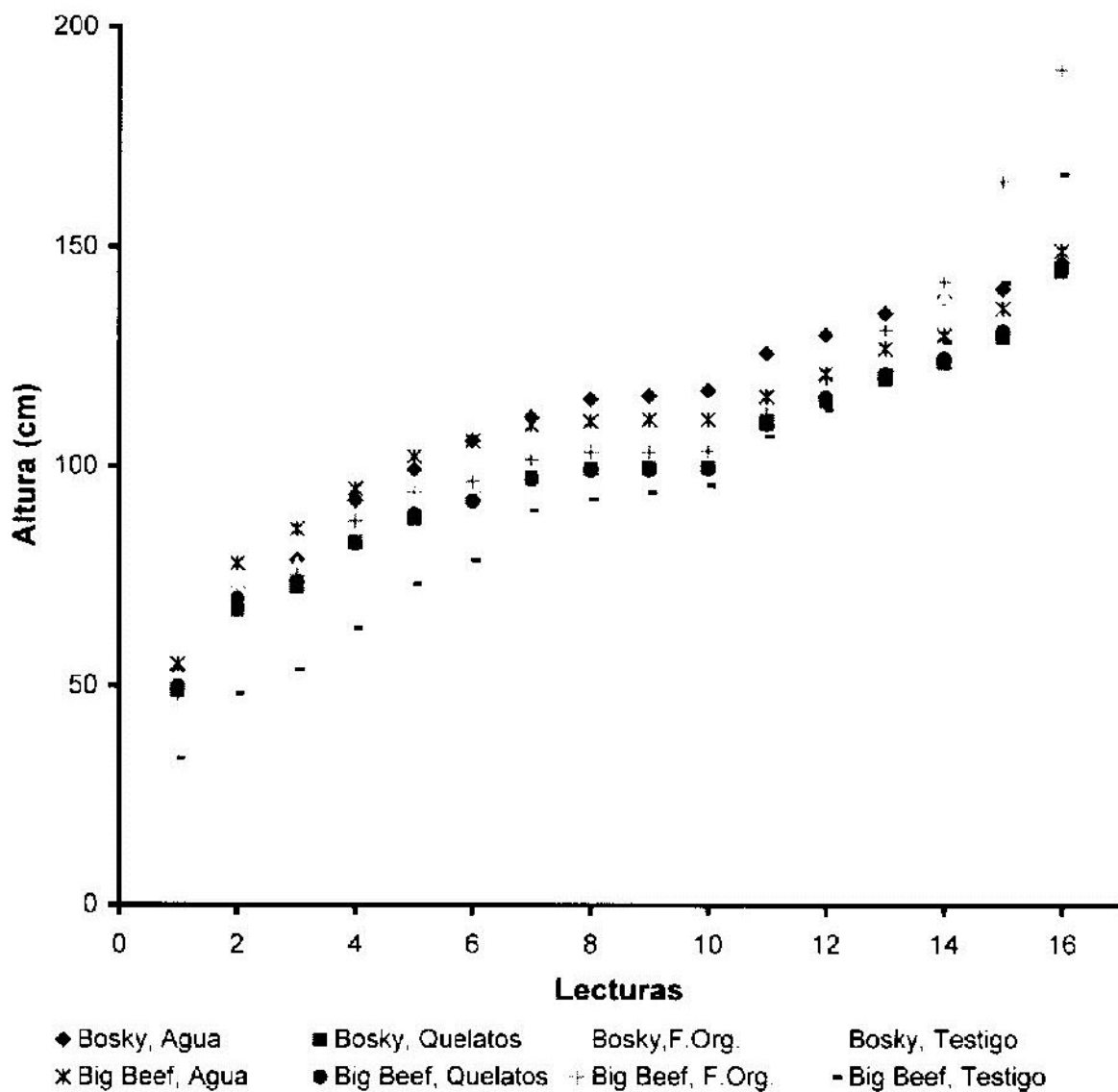


Figura 4.1 Altura de plantas de tomate orgánico bajo invernadero. CELALA-INIFAP, 2005.

Por otro lado, al final del ciclo del cultivo, las fuentes de fertilización agua y microelementos en los dos genotipos disminuyen su crecimiento considerablemente, debido al agotamiento de los elementos nutritivos que inicialmente contenía la composta (Cuadro 3.2), respecto a los tratamientos a los cuales se les suministro los macroelementos, tanto orgánica como inorgánicamente.

## 4.2. Floración

Se determinaron las ecuaciones de regresión para estimar ddt en los que aparecerán el segundo y quinto racimo (Cuadro 4.2).

La aparición del segundo racimo fluctuó entre los 27.39 y 52.69 ddt, siendo los tratamientos, respectivamente, Big Beef en quelatos y el testigo con Bosky; nótese la diferencia del testigo en relación a los tratamientos, es decir, que demora mas en florear el testigo, pudiéndose deber, a la tardanza en establecerse en el medio de cultivo así como iniciar con el proceso de absorción de iones; caso contrario, la precocidad mostrada por los demás tratamientos, ya que por el contenido de composta, los elementos nutritivos están disponibles inmediatamente. Para el caso de la estimación del quinto racimo, se obtuvo un rango de aparición entre 64.38 y 99.28 ddt en los genotipos Big Beef con agua y Bosky con quelatos respectivamente.

**Cuadro 4.2 Ecuaciones de regresión y coeficientes de determinación para floración inicial de racimos de tomate en sustratos orgánicos. CELALA,2005.**

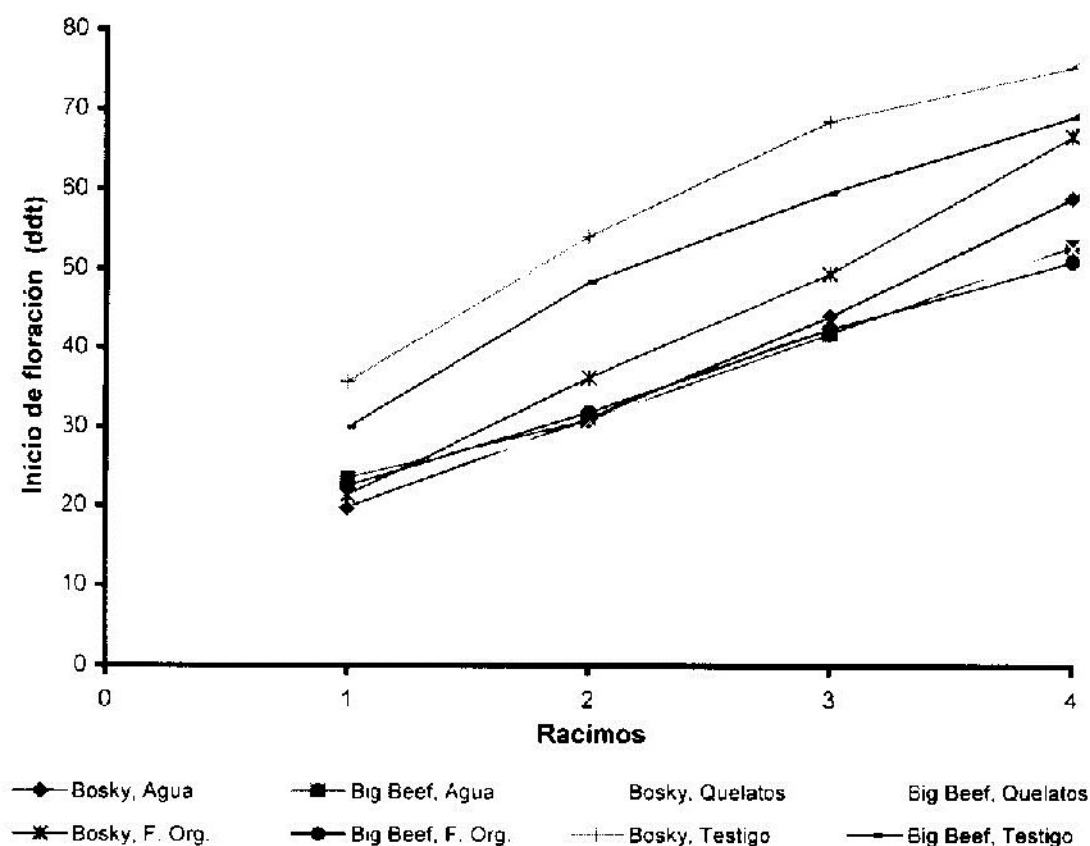
Genotipo	Fertilizantes	Ecuaciones de regresión	r <sup>2</sup>	Racimo	
				2º	5º
Bosky	Agua	$y = 3.16 + 14.44x$	0.99	32.04	75.36
Bosky	Quelatos	$y = -8.5 + 21.59x$	0.92	34.68	99.45
Bosky	Fert. Orgánicos	$y = 4.84 + 17.98x$	0.96	40.8	94.74
Bosky	Testigo	$y = 21.637 + 15.53x$	0.99	52.697	99.287
Big Beef	Agua	$y = 10.98 + 10.74x$	0.99	32.46	64.68
Big Beef	Quelatos	$y = -8.79 + 18.092x$	0.96	27.394	81.67
Big Beef	Fert. Orgánicos	$y = 2.69 + 14.74x$	0.97	32.17	76.39
Big Beef	Testigo	$y = 18.56 + 14.96x$	0.96	48.48	93.36

, apertura floral (ddt); x, numero de racimo



Los resultados obtenidos concuerdan con Muñoz (2003) ya que menciona que el primer racimo floral aparece a las tres semanas, aproximadamente, después de la expansión cotiledonar, además añade que deben existir entre seis y once hojas debajo de la primera inflorescencia, ya que si son escasas éstas, los fotoasimilados serán insuficientes para soportar las primeras flores y el desarrollo de los primeros frutos.

En la Figura 4.2., es notorio la diferencia en la aparición del los primeros racimos, entre el testigo y los tratamientos que contenían composta en la bolsa. Lo anterior, debido a que la arena es un medio inerte, mientras que la composta contenía elementos nutritivos (Cuadro 3.2) constantes y suficientes para cubrir las demandas nutrimentales del cultivo, al menos para los primeros racimos.



**Figura 4.2. Floración de genotipos de tomate bajo invernadero. CELALA-INIFAP, 2005.**

### 4.3. Rendimiento

Se obtuvieron diferencias altamente significativas para el caso de fertilizantes y genotipos diferencias significativas; en el caso de la interacción, no significativos; se obtuvo una media de 112.97 t ha<sup>-1</sup>.

En el Cuadro 4.3 se observa que los tratamientos fertilizados con macroelementos, tanto orgánica e inorgánicamente, son similares estadísticamente y superiores, a cuando dicha acción, no se llevo a cabo.

Es conveniente señalar que el testigo, debido a su fertilización inorgánica, no está dentro de los estándares de producción orgánica. Sin embargo, es conveniente su uso, dentro de un manejo sustentable, debido a que no se utilizaron pesticidas tóxicos.

Cabe señalar que la similitud estadística permite recomendar, la fertilización orgánica, aun en los sistemas de producción convencionales sin disminución de los rendimientos

Las fuentes de fertilización, agua y microelementos, fueron inferiores en 38.57%, respecto a los fertilizados con macroelementos; es decir, dichos elementos contenidos en la composta, se agotaron.

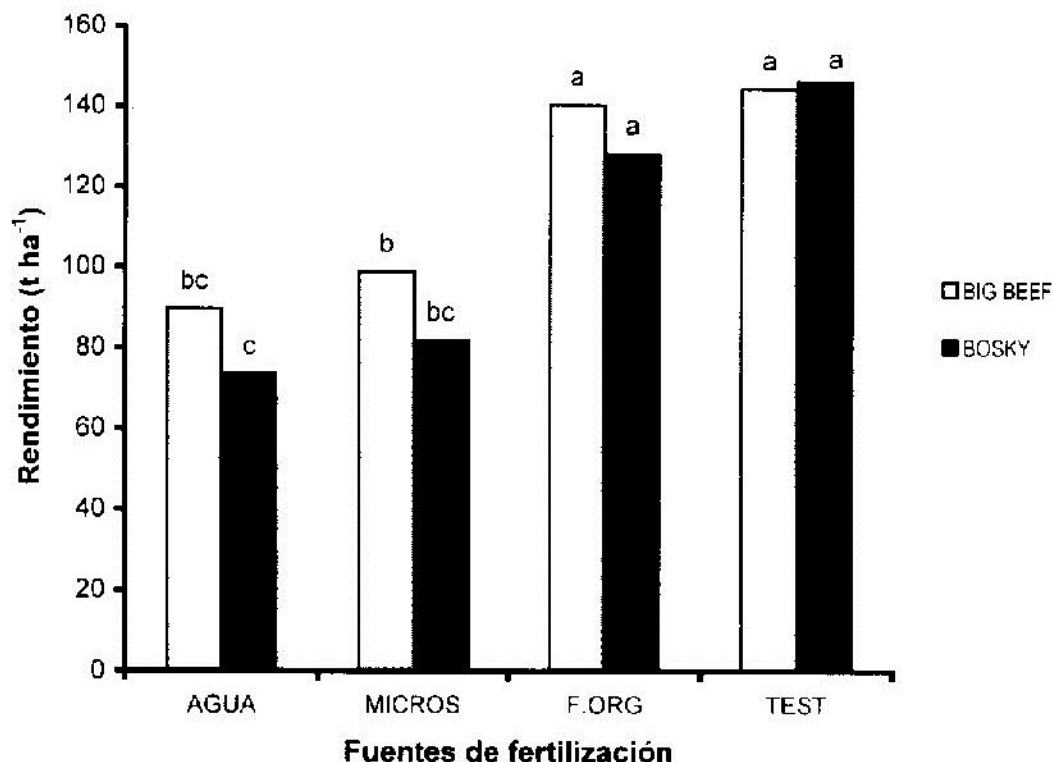
**CUADRO 4.3. Efecto de las fuentes de fertilizantes sobre el rendimiento de tomate bajo invernadero. CELALA, 2005.**

Fuente de fertilizante	Rendimiento t ha <sup>-1</sup>
Testigo	145.54 a
Fertilizantes orgánicos	134.39 a
Quelatos	90.39 b
Agua	81.56 b

Tratamientos con diferente letra son significativamente diferentes (DMS,  $p \leq 0.05$ )

En el caso de la interacción (Figura 4.3.) ambos genotipos, presentaron el mismo comportamiento, en las cuatro fuentes de variación. Los tratamientos fertilizados con macroelementos (testigo y fertilización orgánica) fueron similares

estadísticamente; superando a las fuentes de fertilización agua y microelementos, los cuales a su vez fueron similares.



**Gráfica 4.3 Rendimiento de tomate bajo invernadero. CELALA-INIFAP, 2005.**

Las fuentes de fertilización, agua y microelementos, debido al no suministro de macroelementos, presentaron el menor rendimiento, es decir, se agotaron, ya sea por el consumo de la planta, la lixiviación o bien, la no disponibilidad de éstos.

Los datos obtenidos superan a Tuzel *et al.* (2003), ya que mencionan rendimientos entre 9.37 y 10.67 kg m<sup>-2</sup>; igualmente, difiere a lo mencionado por Subler *et al.* (1998) y Riggle (1998) ya que mencionan que el mejor desarrollo del cultivo se da con pequeñas proporciones de composta, entre 10 y 20%, así mismo con lo mencionado por Atiyeh *et al.* (2000a y 2000b) ya que mencionan que usando más del 20% del sustrato hay un decremento en la productividad de la planta.

Cabe recalcar pues, que es necesario suministrar elementos nutritivos ya que, la demanda de éstos por la planta, sobrepasa a los contenidos en la composta (Hashemimajd *et al.*, 2004); caso contrario, mencionan Márquez y Cano (2004), probablemente las diferencias se pueden atribuir al contenido de los elementos nutritivos de las compostas usadas en los experimentos.

Los rendimientos obtenidos superan a los obtenidos en campo en 13.39 veces, es decir, que la producción en invernadero aumentara la relación costo – beneficio en pro de un mejor beneficio para el productor

#### **4.4. Calidad**

##### **4.4.1. Peso de fruto**

En el análisis de varianza no presentó diferencias significativas para fuentes de fertilización y genotipos (Cuadro 4.4 y 4.5), presentando un valor promedio de 229.2 g. Caso contrario para la interacción de ambos factores. En la interacción de genotipos con fuentes de fertilización, se presentaron tres grupos estadísticos (Cuadro 4.6), fluctuando los valores entre 192.6 y 239.01 g.

En la comparación de medias se puede observar que el genotipo Big Beef sobresalió en el primer grupo estadístico, con un valor de 239.01 g.

En el presente experimento, la variable peso de fruto superó a lo obtenido por Acosta (2003) quien reportó en su trabajo de investigación un valor máximo de 134.07 g. Avalos (2003) evaluando el cultivo de tomate de tres cultivares con vermicomposta en invernadero encontró diferencias altamente significativas entre los tratamientos obteniendo mayor efecto en los tratamientos de 37.5 y 25 % de vermicomposta en dos genotipos de tomate

##### **4.4.2. Diámetro polar de fruto**

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas entre los genotipos y las fuentes de fertilización así como para la interacción de ambos.

En el caso de genotipos, Bosky fue mayor en un 4.14 % con un valor de 6.52, respecto a Big Beef (Cuadro 4.4). Respecto a las fuentes de fertilización, agua y el testigo fueron los que presentaron los valores extremos (Cuadro 4.5), siendo diferente significativamente únicamente, el agua.

En el Cuadro 4.6, se observa que el genotipo Bosky en el testigo y en la fertilización orgánica son los valores mas altos con una media de 6.7 cm, mientras que los de menor diámetro fueron ambos genotipos con agua.

**Cuadro 4.4 Efecto de genotipos en diámetro polar y sólidos solubles en tomate orgánico bajo invernadero. CELALA, 2005.**

Variables	Genotipos	
	Bosky	Big Beef
Peso (g)	231.21 a <sup>1</sup>	227.21 a
Diámetro polar (cm)	6.52 a	6.25 b
Diámetro ecuatorial (cm)	7.7485 a	7.748 a
Sólidos solubles (°Brix)	4.32 b	4.75 a
No. lóculos	5.67 a	5.91 a
E. Pulpa (cm)	0.73 a	0.72 a

<sup>1</sup> Genotipos con diferente letra son significativamente diferentes (DMS  $p \leq 0.05$ )

#### 4.4.3. Diámetro ecuatorial de fruto

Para esta variable el análisis de varianza no encontró diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) para genotipos con un valor alrededor de 7.74 (Cuadros 4.4). Para las fuentes de fertilización, se obtuvieron valores desde 7.49 a 7.99 cm (Cuadros 4.5)

En la interacción de genotipos con fuentes de fertilización hubo diferencia significativa (Cuadro 4.6) en donde el Bosky con testigo y el Big Beef con fertilizantes orgánicos presentaron el mayor diámetro ecuatorial con 8.2 y 8.0 cm respectivamente, mientras el de menor diámetro fue el Bosky con Quelatos con un diámetro de 7.3 cm.

Zarate (2002) en el cultivo de tomate en invernadero no presenta diferencias significativas en las variables diámetro polar y ecuatorial.

Avalos (2003) encontró para esta variable diferencias altamente significativas, donde los mejores tratamientos presentaron valores entre 7.59 y 7.46 cm.

**Cuadro 4.5 Efecto de fuentes de fertilizantes en diámetro polar y sólidos solubles en tomate orgánico bajo invernadero. CELALA, 2005**

Variables	Fuentes de fertilizantes			
	Agua	Quelatos	Fertilizantes orgánicos	Testigo
Peso	223.33 a <sup>*</sup>	213.18 a	241.54 a	238.78 a
Diámetro polar	6.12 b	6.40 ab	6.39 ab	6.64 a
Diámetro ecuatorial	7.49 b	7.51 ab	7.99 a	7.98 a
Sólidos solubles	4.60 a	4.72 a	4.61 a	4.20 b
No. lóculos	5.59 a	6.01 a	5.99 a	5.58 a
E. pulpa	0.76 ab	0.70 bc	0.78 a	0.67 c

\*Fuentes de fertilización con diferente letra son significativamente diferentes (DMS  $p \leq 0.05$ )

#### 4.4.4. Grados Brix

El análisis de varianza presentó diferencias estadísticas altamente significativas para todas las fuentes de variación

En los genotipos, Big Beef es mayor a un 8.8 % respecto a Bosky (Cuadro 4.4). En las fuentes de fertilización, los Quelatos, Fertilizantes orgánicos y agua fueron significativamente iguales con una media de 4.64 grados Brix mientras que el testigo presentó 4.2 grados Brix, es decir, 9.5 % menos a la media de los fertilizantes orgánicos (quelatos, Fertilizantes orgánicos, agua).

En la interacción de genotipos con fuentes de fertilización se presentaron tres grupos estadísticos (Cuadro 4.7), fluctuando los valores de 4.9 a 4.4 grados Brix.

Estos resultados superaron a los obtenidos por Acosta (2003) quien no encontró diferencia significativa entre los tratamientos con una media de 4 grados

Brix. Sin embargo, los resultados obtenidos en este experimento no superan a los citados por Ríos (2002), evaluando genotipos de tomate en invernadero reporta para el genotipo Adela 5.3 grados Brix.

Zarate (2002) evaluó tomate en invernadero con vermicomposta y encontró diferencias altamente significativas, el tratamiento con más grados Brix fue el T4 (50% vermicomposta de estiércol de cabra con paja de alfalfa + Zacate chino) con 5.6 grados Brix.

De acuerdo con Díez (1999) los tratamientos evaluados se consideran de buena calidad ya que según este investigador, los tomates para procesado y consumo en fresco deben contar con un contenido de sólidos solubles que oscilen entre 4.4 y 5.5° Brix. (Cuadro 7). Osuna (1983) menciona que un valor mayor o igual a 4.0 es considerado bueno, por lo tanto entran en las normas de calidad.

**Cuadro 4.6 Efecto de los fertilizantes en el peso, diámetro polar y diámetro ecuatorial de tomate orgánico bajo invernadero. CELALA-INIFAP, 2005.**

Genotipos	Fuentes de fertilización	Peso (g)	D. polar (cm)	D. Ecuatorial (cm)
Big Beef	Fert. Orgánicos	239.014 a	6.176 c	8.074 ab
Big Beef	Quelatos	233.752 ab	6.352 bc	7.712 abc
Big Beef	Agua	223.132 abc	6.054 c	7.514 bc
Big Beef	Testigo	212.93 abc	6.44 abc	7.692 abc
Bosky	Testigo	264.632 abc	6.84 a	8.28 a
Bosky	Fert. Orgánicos	244.066 abc	6.618 ab	7.918 abc
Bosky	Agua	223.534 bc	6.2 c	7.47 bc
Bosky	Quelatos	192.602 c	6.452 abc	7.326 c

\*Interacciones con diferente letra son significativamente diferentes (DMS  $p \leq 0.05$ )

**Cuadro 4.7. Efecto de los fertilizantes en los grados Brix, número de lóculos y espesor de pulpa de tomate orgánico bajo invernadero. CELALA-INIFAP, 2005.**

Genotipos	Tratamientos	Sólidos solubles (° Brix)	No. Lóculos	E. Pulpa (cm)
Big Beef	Fert. Orgánicos	4.802 ab	6.16 ab	0.786 a
Big Beef	Quelatos	4.956 a	6.42 a	0.69 bcd
Big Beef	Agua	4.852 a	5.78 ab	0.756 abcd
Big Beef	Testigo	4.392 c	5.28 b	0.678 d
Bosky	Testigo	4.026 d	5.88 ab	0.68 cd
Bosky	Fert. Orgánicos	4.434 c	5.82 ab	0.778 ab
Bosky	Agua	4.36 cd	5.4 ab	0.768 abc
Bosky	Quelatos	4.492 bc	5.6 ab	0.726 abcd

\*Genotipos con la misma letra son iguales estadísticamente, DMS al 5%.

#### 4.4.5. Número de lóculos

El análisis de varianza no detectó diferencias significativas entre los genotipos evaluados ni en las fuentes de fertilización (Cuadro 4.4 y 4.5), presentando una media de 5.79 lóculos.

En la interacción de genotipos con fuentes de fertilización (Cuadro 4.7) puede notarse que el Big Beef fue el que presentó el mayor y el menor número de lóculos con fertilización quelatada así como en el testigo con 6.4 y 5.3 lóculos respectivamente.

En esta variable Avalos (2003) evaluando tomate en invernadero encontró el valor más alto de 5 y 4.8 lóculos por fruto. Los resultados superaron en la media a lo obtenidos por López (2003) quien evaluando los híbridos de tomate en invernadero con solución nutritiva reporta para esta variable una media de 3.7 lóculos.

#### 4.4.6. Espesor de pulpa

Para esta variable el análisis de varianza no encontró diferencia significativa en los genotipos (Cuadro 4.4). Se encontró diferencias altamente significativas



entre las fuentes de fertilización (Cuadro 4.5) en donde los fertilizantes orgánicos presentaron el mayor espesor de pulpa con 0.78 cm mientras que el testigo fue el de menor espesor con solo 0.67 cm equivalente a 13% menos al de mayor espesor de pulpa.

Moreno *et al* (2004) reporta un valor máximo de 0.87 cm. Acosta (2003) encontró reporta valores de 0.65 y 0.63 cm de espesor.

#### 4.4.7. Color, forma de fruto y hombros

El color externo de fruto al momento de la cosecha presentó variación que va desde el color naranja hasta diferentes tonalidades de rojo, desde claro hasta oscuro, con valores según la escala colorimétrica, de 31A hasta 34B (Cuadro 4.8). En el caso del color interno, éste fluctuó entre 29C a 34C.

Para la variable hombros todos los genotipos presentaron uniformidad, mientras que la forma de fruto que se presentó fue tanto globoso como globoso profundo (Cuadro 4.8).

**Cuadro 4.8 Variables de calidad del fruto: forma del fruto, colores del fruto, interno y externo y hombros de tomate en invernadero. CELALA-INIFAP, 2005.**

TRAT	GEN	CEXT	CINT	HOMBROS	FORMA
AGUA	Big Beef	33B	33B	U	1, 2
MICROEL	Big Beef	32A	34A	U	2
FORG	Big Beef	33B,34B	34C	U	2
TEST	Big Beef	34A	34A	U	1
AGUA	Bosky	40A	29C	U	2
MICROEL	Bosky	34A	34A	U	1
FORG	Bosky	31A	32B	U	2
TEST	Bosky	33A	31B	U	1

U = Maduración, Uniforme, 1= Globoso, 2= Globoso profundo.

## 5. Plagas y enfermedades

Se detectó la presencia tanto de cenicilla como alternaria. Ésta última con valores inferiores a la unidad, es decir, solamente trazas en algunos de los tratamientos (Cuadro 4.9)

Respecto a la cenicilla, los valores fluctuaron entre 0 y 2.1, de acuerdo a la escala utilizada (Cuadro 4.9). Siendo los tratamientos respectivamente, Big Beef con quelatos y Big Beef en el testigo.

La incidencia de la cenicilla, probablemente se debió a que el patógeno encontró, además de las condiciones ambientales, la susceptibilidad en ambos genotipos. Una mayor severidad de daño se presentó en los tratamientos sin macroelementos, es decir, que debido a su condición, de una menor nutrición originó mayor susceptibilidad a la cenicilla

**Cuadro 4.9 Severidad de cenicilla y tizón temprano en la producción orgánica de tomate bajo invernadero. CELALA-INIFAP, 2005.**

Genotipos	Fertilización	Cenicilla	Tizón temprano
		<i>Leveillula taurica</i>	<i>Alternaria</i>
Big Beef	Quelatos	2.1 a	0.61 a
Bosky	Quelatos	1.42 b	0.72 a
Big Beef	Agua	1.28 b	0.16 b
Bosky	Agua	0.35 c	0.05 c
Bosky	Fert. Orgánicos	0.23 cd	0 d
Big Beef	Fert. Orgánicos	0.16 d	0 d
Bosky	Testigo	0.05 e	0 d
Big Beef	Testigo	0 f	0 d

planta sana; 1= -25% del área foliar dañada; 2= 26-50% del área foliar dañada; 3= 51-75% del área foliar dañada y 4= 76-100% del área foliar dañada

#### IV. CONCLUSIONES

La adición de macroelementos orgánicos en la fertilización permite obtener mayores rendimientos, respecto a cuando se agregan solo microelementos o bien, cuando únicamente se cultiva con los nutrientes de la composta.

Los elementos contenidos en la composta no fueron suficientes para cumplir las demandas nutritivas, lo anterior debido a la falta de nutrientes, lixiviación, baja mineralización o bien a la no disponibilidad de éstos.

Es conveniente señalar que los microelementos no tienen efecto significativo, respecto al suministrar solo agua, en rendimiento ni en calidad.

En general el genotipo Big Beef obtuvo mejores rendimientos al interactuar con las fuentes de fertilización; sin embargo en la calidad, no hubo diferencias.

Las plantas que estuvieron sin adición de macroelementos, presentaron mayor susceptibilidad a las enfermedades.

Producir tomate orgánico en invernadero, suministrando fertilización mediante insumos orgánicos certificados permite aumentar los rendimientos obtenidos en campo en 13.39 veces, es decir, que la producción en invernadero aumentara la relación costo–beneficio en pro de un mejor beneficio para el productor.

## VII. RESUMEN

La producción de tomate en invernadero con riego por goteo y sustrato de arena con vermicomposta permite que las plantas se desarrollen con mayor vigor incrementando su rendimiento y calidad. Durante el invierno-primavera de 2004 - 2005 se estableció el experimento de tomate en invernadero con riego por goteo y como sustrato de crecimiento mezclas de arena con vermicomposta, con el objetivo de determinar el comportamiento de dos genotipos de tomate de crecimiento indeterminado y de larga vida de anaquel bajo condiciones de invernadero, y establecer la concentración óptima de la mezcla vermicomposta - arena para satisfacer las necesidades nutricionales del cultivo de tomate. La siembra se efectuó el 29 de Agosto de 2004 en charolas germinadoras de 200 cavidades, con sustrato de Peat Most, el transplante se realizó el 1 de Octubre de 2004 en macetas de 20 kg. usando como sustrato la vermicomposta mezclada con arena (previamente esterilizada), ya una vez realizada la mezcla se realizó el llenado de las macetas. La mezcla de vermicomposta con arena se realizó a la misma proporción, 50% arena y 50% vermicomposta, se colocaron a doble hilera con arreglo a tresbolillo espaciadas a 30 cm entre plantas. El diseño experimental fue bloques completamente al azar con cinco repeticiones y la unidad experimental fueron 20 macetas y como parcela útil una maceta, se evaluaron ocho tratamientos: fuentes de fertilización orgánica, agua, microelementos y macroelementos así como dos genotipos, Bosky y Big Beef. Además un testigo en forma hidropónica a partir de solución nutritiva inorgánica. Los resultados indican que la adición de macroelementos orgánicos en la fertilización permite obtener mayores rendimientos, respecto a cuando se agregan solo microelementos o bien, cuando únicamente se cultiva con los nutrientes de la composta. Los elementos contenidos en la composta no fueron suficientes para cumplir las demandas nutritivas, lo anterior debido a la falta de nutrientes o bien a la no disponibilidad de éstos. Es conveniente señalar que los microelementos no tienen efecto significativo, respecto al suministrar solo agua, en rendimiento ni en calidad. En general el genotipo Big Beef obtuvo mejores rendimientos, respecto a las fuentes de fertilización; sin embargo en la calidad, no hubo diferencias, a

excepción de grados Brix, donde la fertilización con macroelementos orgánicos, superaron a la fertilización inorgánica. Las plantas que estuvieron sin adición de macroelementos, presentaron mayor susceptibilidad a las enfermedades. Producir tomate orgánico en invernadero, suministrando fertilización mediante insumos orgánicos certificados permite aumentar los rendimientos obtenidos en campo en 13.39 veces, es decir, que la producción en invernadero aumentara la relación costo –beneficio en pro de un mejor beneficio para el productor.

## VIII. LITERATURA CITADA

- Acosta, B., B. 2003. Producción orgánica de hortalizas con vermicomposta bajo condiciones de invernadero en la Comarca Lagunera. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila México.
- Anónimo. 2004. Tecnologías orgánicas de la granja integral autosuficiente. Manual Agropecuario. Ibalpe Internacional de Ediciones, S.A., de C.V. Maztlán, Sinaloa, México. pp. 546-548.
- Ansorena, M., J. 1994. Sustratos: Propiedades y Caracterización. Ed. Mundiprensa. Madrid, España. pp. 11-15
- Atiyeh, R. M., Arancon N. E. C. A. and Metzger, J. D. 2000. "Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes." *Biores. Technol.* 75: 175-180.
- Avalos G., L. C. 2003. Rendimiento y Calidad de dos híbridos de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill), en vermicomposta bajo condiciones de invernadero. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Laguna. Torreón, Coahuila, México. p. 47.
- Aubert, C. 1981. El huerto Biológico. Edit. Posada, México DF. pp. 42-45.
- Bastida T., A. 2001. "El medio de cultivo de las plantas. Sustratos para la agricultura moderna," Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. pp. 15-19, 72-73
- Bollo, E. 1999. Lombricultura: una alternativa de reciclaje. Ecuador Soboc. p. 149.
- Bukman, Harry O., 1993. Naturaleza y propiedades de los suelos. Quinta reimpresión. Editorial Limusa, S.A. de C.V. pp. 476-480.
- Bulluck, LR; Brosius, M; Evanylo, GK; Ristaino, JB. 2002. Organic and synthetic fertility amendments influence soil microbial physical and chemical properties on organic and conventional farms. *Applied Soil Ecology* 19: 147-160.
- Buras, S. 1997. Sustratos. Ed. Agrotecnicas. Madrid, España. pp. 265-274.
- Burgueño, C. H. 2001. Técnicas de producción de solanáceas en invernadero, Diapositivas 102-104. *En: Memorias del 1<sup>er</sup> Simposio Nacional de Técnicas*

- Modernas en Producción de Tomate, Papa y otras Solanáceas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Büyüksönmez, F; Rynk, R; Hess, TF; Bechinski, E.2000.Occurence, degradation, and fate of pesticides in compost and composting systems. *Compost Science and Utilization* 8(1): 6.
- Cadahia, L., C. 2001. Fertilización. Pp.169-186. *En: F. Nuez (Ed.) El Cultivo del Tomate*. Editorial Mundi-Prensa México.
- Carretero, C. I., Doussinague C. y Villena F. E. 2002. Técnico en agricultura. Tomo. I. 1ª edición. Cultural, S.A. pp. 70,79.
- Castellanos, J. Z. 2003. Análisis de costos de inversión y producción de tomate en invernadero. p.321-332. *En: J. J. Muñoz-Ramos y J. Z. Castellanos (Eds).* Manual de producción hortícola en invernadero. INACAPA. México
- Castellanos, J. Z., Uvalle B.J.X., Aguilar S.A. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. INACAPA. México
- Castellanos, J.Z. 2004. Manual de producción hortícola en invernadero. 2ª Ed. Celaya, Gto. México. p. 155
- Castilla, P. N. 1999. Manejo del cultivo intensivo con suelo; Pp: 191-211. *En: F. Nuez (Ed.) El Cultivo del Tomate*. Editorial Mundi-Prensa México.
- Cervantes, F. M. A. 2004. Abonos Orgánicos. (En línea). [www.infoagro.com/abonos/abonos\\_organicos.htm](http://www.infoagro.com/abonos/abonos_organicos.htm). [Consulta: 24/06/2004]
- Chaney, D. E., Drinkwater, L. E. and Pettygrove, G. S. 1992. Organic soil amendments and fertilizers. University of California, Division of agriculture and Natural Resources. Publication 21505. p.36.
- Claridades agropecuarias. 2005. La agricultura orgánica en el mundo. Pp. 4-5.
- Cockshull, K.E. 1989. The influence of energy conservation on crop productivity. *Acta Horticulture* 45: 530-536.
- Costa, CA da; Casali, VWD; Loures, EG; Cecon PR; Jordao, CP.1997. Teor de zinco, cobre e cádmio em cenoura em funcao de doses crescentes de composto de lixo urbano.*horticultura Brasileira*. 15 (1): 10-14.
- Cruz, J. E.; González, V. J., y Guzmán, S. J. C. 2000. Desarrollo de la agricultura orgánica en México. Curso internacional para inspectores orgánicos

IFOAM/BIOAGRICOOP. ExHacienda Caracho, Uruapan, Michoacán, México. Abril del 2000. Instituto Politécnico Nacional, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Centro de Investigación y Desarrollo en Agricultura Orgánica de Michoacán, CIECAS, Fundación Produce Michoacán y SAGAR.

Diez, J. M. 2001. Tipos varietales. Pp. 93-129 En: F. Nuez (Ed.) El Cultivo del Tomate. Editorial Mundi-Prensa México.

Dodson M., Bachmann J. & Williams P. 2002. Organic Greenhouse Tomato Production. ATTRA. USDA

EDUSAT. 2003. Agricultura orgánica. Transmitida el 24 de Abril. Canal 18. Telesesión No. 8. INCA-RURAL.

Esquinas, A. J. y F. V. Nuez 1999. Situación Taxonómica, Domesticación y difusión del tomate, pp: 13-23. En: F. Nuez (Ed.) El cultivo del tomate . Editorial Mundi-Prensa México.

FAO. 2001. Los mercados mundiales de frutas y verduras orgánicas. Roma, Italia.

Ferreira C. C. 2004. El CO<sub>2</sub> elemento indispensable para la producción de vegetales. Asociación interregional de investigación y Experimentación Hortícola. <http://www.ediho.es/horticom/tem-aut/flores/co2.html>.

Figueroa V. U. y Cueto W. J.A. 2002. Uso sustentable del suelo y abonos orgánicos. Ponencia presentada como parte del Curso: "Abonos orgánicos", Impartido dentro del XXXI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, 15 de Octubre del 2002. Torreón, Coah.

FIRA. 2003. Agricultura orgánica. Una oportunidad sustentable de negocios para el sector agroalimentario mexicano. México, D. F.

García, P.R.E. 1996. La lombricultura y el vermicompost en México. En: Agricultura orgánica: Una opción sustentable para el agro mexicano. Editor Ruiz, F. J. F. Universidad Autónoma Chapingo.

Gerbe, Vicent. 1981. Tu Huerto Biológico. Edit. Sertebi, Paris, Francia.

Gómez, C. M. A. y Gómez, T. L. 1996. Expectativas de la agricultura orgánica en México. En: Agricultura Orgánica: Una opción sustentable para el agro mexicano. Editor Ruiz, F. J. F. Universidad Autónoma Chapingo.



- Gómez, C. M. A. y Gómez, T. L. 1999. El mercado Mundial de la hortofruticultura orgánica en México. VII Congreso de Horticultura. 25 al 30 abril de 1999, Manzanillo, Col.
- Gómez, C., M. A.; R. Schwentesius R; L. Gómez T.; I. Arce C.; M. Quintero M.; Y. Morán V. 2000. Agricultura Orgánica de México, datos básicos. México. SAGAR, UACH. Chapingo, México. 46 p.
- Gómez, C., M. A., Gómez T. L., y Schwentesius R. R. 2001. Desafíos de la agricultura orgánica. Certificación y comercialización, Mundi-Prensa-Universidad Autónoma Chapingo, tercera edición, México, 224 p.
- Gómez, C., M. A., Gómez T. L. y Schwentesius R. R. 2003. México como abastecedor de productos orgánicos. Comercio exterior, Vol. 53, Num. 22, Febrero 2003.
- Gómez, T., L., Gómez C. M., Á. y Schwentesius R., R. 1999. Desafíos de la agricultura Orgánica en México. Comercialización y certificación. Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la industria y de la Agricultura Mundial (CIESTAAM) UACH. Ed Mundi Prensa. Méx. Pp. 25-40, 52.
- González, R. A. 1991. Efectos de diferentes sistemas de podas, sobre rendimiento y calidad del fruto del tomate. Tesis Ingeniero Agrónomo. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México.
- Gros A. y Domínguez V. A. 1992. Abonos guía práctica de la fertilización. Madrid, España. 8ª edición en español. Ediciones Mundi-Prensa. pp. 106-112, 225,238.
- Hashemimajd, K.; Kalbasi, M.; Golchin, A. and Shariatmadari, H. 2004. Comparison of vermicompost and composts as potting media for growth of tomatoes. Journal of plant nutrition (USA) 27 (6): 1107-1123.
- IFOAM 2000. Basic Standards for Organic Production and Processing. General Assembly in Basel, Switzerland). September 2000.
- Infoagro ,2002. El compostaje. <http://www.Infoagro.com/abonos/compostaje.asp>.
- Koepf, Hubert. 1981. ¿Que es la agricultura biodinámica? Edit. Rudolf Steiner. Londres, Inglaterra.

- Kulkarni, B. S.; U. G. Nalawadi and R. S. Giraddi. 1996. Effect of vermicompost and vermiculture on growth and yield on china aster (*Callistephus chinensis* Nees.) cv. Ostrich Plume mixed. South Indian Horticulture. 44: 33-35 (Abstr).
- Labrador, J. 2004. Conocimientos, técnicas y productos para la agricultura y la ganadería. Imag Impressions, S.I. Benifaió, Valencia. P. 181-182
- Lamas N. M. 2003. FIRA. Boletín informativo. Una oportunidad sustentable de negocios para el sector agrolimentario mexicano.
- López A. 2004. Productos orgánicos ganan popularidad en el mercado. El financiero. 11 de marzo
- López J, C. y Caamaño M., Á. 2002. Técnico en agricultura. Primera edición. Cultural, S.A. Madrid, España. pp. 70-71.
- Lorenzo, P. 2000. Influencia de la temperatura en el crecimiento y desarrollo de los cultivos. En: Calefacción de invernaderos en el sudeste español: Resultados experimentales para cultivos de pepino y judía. Ed. Caja Rural de Almería. pp.11-13.
- Luévano G. A. y Velásquez G.N.E. Ejemplo singular en los Agronegocios, estiércol vacuno: de problema ambiental a excelente recurso. Año V. Volumen 9. julio –Diciembre del 2001. Torreón, México. Vol.: 9 (2) pp. 306-320.
- Macilwain C. (2004). Organic: is it the future of farming?. Nature 428: 792-793
- Magán C., J.J. 2002. Sistemas de cultivo en sustrato: a solución perdida y con recirculación del lixiviado. Cultivos sin Suelo II. Curso Superior de Especialización. Estación Experimental las Palmerillas- Caja Rural de Almería. pp. 173-205.
- Magnano, J.C. y Gómez O. 1999. Curso de Lombricultura. Vita-Fertil.
- Márquez H., C. y Cano R., P. 2004. Producción orgánica de tomate bajo invernadero. In: Olivares S., E. (ed.) Segundo Simposio Internacional de Producción de Cultivos en Invernaderos. Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey N. L. México.
- Martínez, C. C. 1997 Martínez C., C. 2001. La Lombricultura, una Alternativa Viable en la Agricultura Sustentable. CONACYT 5265 – N9407. Área de

- Microbiología, PROEDAF – INR, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México. pp. 3-4.
- Miller, FC.1993. Minimizing odor generation. In Hoiting. Haj; Keener, HM. Ed. Science and Engineering of composting; design, environmental, Microbiological and Utilization aspects. p. 219-241.
- Moreno R., A.; Valdés P., M.T. y Zarate L., T. 2005. Desarrollo de tomate en sustratos de vermicompost / arena bajo condiciones de invernadero. Agricultura Técnica (Chile) 65(1):26-34.
- Mustin, M.1987. Le Compost, Gestion de la Metiere organique. Paris, Editions Francois DUBUSC, p. 954.
- Muñoz R. J. J. 2003. El cultivo del tomate en invernadero. *En* : Muños R. J. De J. y Castellanos J. Z. (eds) Manual de producción Hortícola en invernadero. INCAPA Celaya Gto. México. pp 247-258.
- Navejas J.J. 2002. Producción orgánica de tomate. INIFAP-CIRNO. Desplegable Técnica No. 5.
- Nogueroles, Carlos y Sicilia, Alexis. 2004. Conocimientos, técnicas y productos para la agricultura y la ganadería. Imag Impressions, S.I., Benifaió, Valencia. p. 68.
- NOM-037-FITO, 1995. Norma Oficial Mexicana, por la que se establecen las especificaciones del proceso de producción y procesamiento de productos agrícolas orgánicos. México, D.F.
- NOP. 2000. National Organic Program. Final Rule 7 CFR Part 205. Department of Agriculture. USA.
- NOP,2004. The national organic program. USDA-USA
- Nuez V., F. 1999. El cultivo del tomate. Editorial mundi prensa, España. pp. 65,66,205-210,217,388-390.
- Nuez V., F. 2001. Desarrollo de nuevos cultivares. Pp 626-669. *En*: F. Nuez (Ed.) El Cultivo del tomate, Editorial Mundi-Prensa, México.
- O'keeffe-Swank, K. 2004. Coctel de soluciones. Productores de hortalizas. Septiembre de 2004. Año 13. No. 9. p. 38.

- Osuna, G. A. 1983. Resultados de la investigación Tomates para uso industrial en el Edo. de Morelos, 1980- 1982., SarH. INIA, CITAMC CAEZ. México.
- Papadopoulos, A.P. and S. Pararajasingham. 1998. Effects of controlling pH with hydrochloric acid on the growth, yield, and fruit quality of greenhouse tomato grown by nutrient film technique. Hort Technology. 8(2). pp. 193-198.
- Paul, EA; Clark, FE. 1996. Soil Microbiology and Biochemistry. 2 ed. Academic Press. p. 340.
- Philouze, J.; Duffe, P.; Miles, M. 1992. Recherches sur la tomate. Raport d'Activité 1991-1992 de la Satation d' Amelioration des Plantes Maraicheres, Montfavet. pp. 59-51.
- Quintero, S. R. 1999. El cultivo del aguacate orgánico (*Persea americana Mill*). Memorias del IV Foro Nacional sobre Agricultura Orgánica. Colegio de Postgraduados, Universidad Autónoma Chapingo y Consejo Nacional Regulador de Agricultura Orgánica.
- Quezada, M. R. 1989. Producción de invernadero. In: 1er curso nacional de Plásticos en la Agricultura. Centro de Investigación en Química Aplicada. CIQA. Saltillo, Coahuila, México.
- Revista Horticultura. 1998. Numero, 29, Vol. XVII, junio, pp. 25-28.
- Revista periódica. Agro Red S.A. de C.V. Julio de 2002. #26. México, DF.
- Rincón, S. L. 2002. Bases de la fertirrigación para solanaceas y cucurbitáceas cultivadas en invernadero bajo planteamiento de producción integrada. In: 12º Symposium Internacional. Ecología y producción integrada en cultivos hortícolas en invernadero. PYTOMA (España) 135: 34-46.
- Riggle, D. 1998. Vermicomposting researchs and education. Biocycle 39:54-56.
- Ríos, J. A.. 2002. Evaluación para rendimiento y calidad de fruto de los híbridos de tomate bola (*Lycopersicon esculentum Mill*) bajo condiciones de invernadero en la Comarca Lagunera. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila. México. p.59.
- Rodríguez, J.V.J. 2002. Fertilizantes orgánicos. (En línea). <http://www.ediho.es/horticom/tem-aut/flores/co2.html>. [Ultima actualización: Enero de 2002]. Consulta: 30 de septiembre de 2005.

- Rodríguez, M. R. y Jiménez D. F. 2002. Manejo de invernaderos. *En: Memorias de la XIV Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED*. Venecia, Durango. Pp. 58-65.
- Rodríguez, S. F. 1997. Fertilizantes Nutrición vegetal. A.G.T. Editor, S.A. pp. 33,34.
- Ruiz, F. J. F. 1995. La agricultura orgánica: Ecología o Mitología? (Respuesta a algunas interrogantes). Coordinación del Programa de Investigación de Agricultura Orgánica. Agosto, 1995. Universidad Autónoma Chapingo.
- Ruiz, F. J. F. 1996. Los fertilizantes y la fertilización orgánica, bajo la óptica de un sistema de producción orgánico. Colima, Col. 7 y 8 de Noviembre de 1996. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, Consejo Nacional Regulador de Agricultura Orgánica, Gobierno del Estado de Colima y SAGAR-INIFAP.
- Ruiz, F. J. F. 1999. Tópicos sobre agricultura orgánica. Tomos I y II. Consejo Nacional Regulador de Agricultura Orgánica. Universidad Autónoma Chapingo.
- Ruiz, F. J. F. 2000. Agricultura orgánica: Situación actual y perspectivas. Curso internacional para Inspectores Orgánicos IFOAM/BIOAGRICOOP. Volumen I. Exhacienda Caracha, Uruapan, Michoacán, México. Abril del 2000. Instituto Politécnico Nacional, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Centro de Investigación y Desarrollo en Agricultura Orgánica de Michoacán, CIECAS, Fundación Produce Michoacán y SAGAR.
- Rynk, R.1992. On-Farm composting handbook. Northeast regional Agricultural Engineering Service. Cooperative Extension. New York, p.186.
- Sade A. 1998; Cultivos bajo condiciones forzadas. Nociones Generales. Rejovot, Israel. p.143.
- Sánchez, B. F. y E. Favela Ch. 2000. Construcción y manejo de invernaderos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Laguna. En Impresión. p. 45.

- SAS. 1998. Statistical Analysis System (SAS) versión 6.12 (SAS, 1998). Edition Cary N.C: United States of America.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2005. Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON). México, D. F. Internet: <http://www.siea.sagarpa.gob.mx/sistemas/siacon/SIACON.html>.
- Schlermeler Q. 2004. Organic world view. *Nature* 428:794-795.
- Shibahara, F; Shigekazu, Y; Inubushi, K. 1998. Dynamics of Microbial Biomass Nitrogen as Influenced by Organic Matter Application in Paddy Fields. *Soil Science and Plant Nutrition*. 44 (2): 167-178.
- Soto, G. 2001. Abono orgánicos: producción y uso de compost. *In: Meléndez, G; Molina, E. (Eds) Fertilidad de suelos y manejo de la nutrición de Cultivos en Costa Rica*. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica.
- Soto, G. y Muñoz C. 2002. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología. Costa Rica. p. 124.
- Siles, J. 1998. El manejo de desecho de broza con lombrices californianas. Tesis MSc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. p. 93
- Sosa, M. L. 1999. La certificación de los productos orgánicos en México y la acreditación ISO65. Memorias del IV Foro Nacional sobre Agricultura Orgánica. Colegio de Postgraduados, 8 al 10 de noviembre de 1999. Colegio de Postgraduados, Universidad Autónoma Chapingo y Consejo Nacional Regulador de Agricultura Orgánica.
- Stevens, M. A. y Rick, C. M. 1986. Genetics and breeding. En: "Atherton, J. G. and Rudich, J." (Eds) *The tomato crop*. Chapman and Hall, London, New York. pp. 35-102.
- Subler, S., Edwards C., A. and Metzger, J. 1998. Comparing vermicomposts and composts. *Biocycle (USA)* 39: 63-66.
- Tuzel, Y., Yagmar G. B. 2003. Organic tomato produced under greenhouse conditions. (En línea). [http://www.actahort.org/books/614/614\\_114.htm](http://www.actahort.org/books/614/614_114.htm) Consulta: 2 de marzo del 2004.

- Trigui M. y Barrington S. F. 1999. Effects of humidity o tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Truss) water u'ptake, yield and dehumidification cost. Can. Agric. Eng. 41 (3): 135-140.
- Zaidan, O. y Avidan. 1997. CINDACO. Curso Internacional de hortalizas. Shefayim, Israel.
- Zamorano, U., J. 2005. Evolución y perspectivas de la agricultura orgánica en México. Claridades agropecuarias. p. 3-4
- Zarate, L., T. 2002. Respuesta Fisiológica del tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) en cuatro substratos de vermicomposta en diferentes niveles. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Laguna. Torreón, Coahuila, México. p. 63.