

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

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**PRODUCCIÓN DE *Lycopersicon esculentum* EN MEZCLAS
DE VERMICOMPOSTA: ARENA Y CON LIXIVIADO DE
VERMICOMPOSTA EN INVERNADERO.**

Por

JORGE ALBERTO LORENZO MONTES

T E S I S

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

INGENIERO AGRÓNOMO

Torreón, Coahuila, México

Diciembre de 2007

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

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**PRODUCCIÓN DE *Lycopersicon esculentum* EN MEZCLAS
DE VERMICOMPOSTA: ARENA Y CON LIXIVIADO DE
VERMICOMPOSTA EN INVERNADERO.**

TESIS

INGENIERO AGRÓNOMO

POR

JORGE ALBERTO LORENZO MONTES

REVISADO POR EL COMITÉ ASESOR

ASESOR PRINCIPAL

DR. ALEJANDRO MORENO RESÉNDEZ

COASESOR

PhD. PEDRO CANO RÍOS

COASESOR

DR. NORMA RODRÍGUEZ DIMAS

COASESOR

DR. JOSÉ LUIS PUENTE MANRIQUEZ

MC. VÍCTOR MARTÍNES CUETO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Torreón, Coahuila, México

Diciembre 2007

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

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**TESIS QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DE H. JURADO
EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TÍTULO DE**

INGENIERO AGRÓNOMO

POR

JORGE ALBERTO LORENZO MONTES

APROBADA

DR. ALEJANDRO MORENO RESÉNDEZ
PRESIDENTE

PhD. PEDRO CANO RÍOS
VOCAL

DR. NORMA RODRÍGUEZ DIMAS
VOCAL

VOCAL SUPLENTE
DR. JOSÉ LUIS PUENTE MANRIQUEZ

MC. VICTOR MARTÍNEZ CUETO
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Torreón, Coahuila, México

Diciembre 2007

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por darme la oportunidad de vivir, le doy gracias por brindarme todo lo necesario para que pudiera cruzar una meta más en mi vida.

A mi “**ALMA TERRA MATER**” por haberme brindado todas las facilidades para la realización de mis estudios, que serán de gran importancia en mi vida profesional.

A la UAAAN-UL por haber financiado el desarrollo de este trabajo experimental.

De manera muy particular al Dr. Alejandro Moreno Reséndez, por su orientación, apoyo y conocimientos aportados en la realización de este trabajo.

Al Ph.D. Pedro Cano Ríos, por todo el apoyo y paciencia brindado para realizar esta investigación y su apoyo total de la misma.

Para la Dr. Norma Rodríguez Dimas, por su gran orientación, enseñanza y su gran apoyo para la realización de este trabajo.

Al Dr. José Luís puente Manríquez, por su invaluable apoyo en la realización de este documento.

A todos los maestros les doy las gracias por transmitirme todos sus conocimientos durante mi carrera en la universidad.

A todos mis amigos y compañeros de grupo, Fredy, Agustín, Rene, May y francisco Javier López.

DEDICATORIAS

A Dios que fue el que me dio la vida y permitirme llegar hasta aquí y realizarme como lo que soy ahora.

A mis padres:

JORGE ALBERTO LORENZO REYES

TERESA MONTES ESTRADA

Por haberme inculcado el respeto a las personas, la responsabilidad, disciplina amor y confianza en todo momento y por el esfuerzo que realizaron para darme el estudio.

A mi esposa Adela Castro Escobar y a mi hija Wendy Xiomara Lorenzo Castro por su cariño, apoyo y comprensión en todo momento de mi carrera.

A mis hermanos:

Jaime, Ulises y Sergio Lorenzo montes por su cariño apoyo y comprensión en todo momento.

A mis abuelos Emidio Montes, Amparo Estrada, felicita reyes y Antonio Lorenzo, por su cariño apoyo y educación que me han inculcado durante todo estos años.

A todas aquellas personas que creyeron en mí.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	iv
DEDICATORIAS.....	v
I INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo.....	4
1.2 Hipótesis.....	5
1.3 Metas.....	5
II REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
2.1 Generalidades de los invernaderos.....	6
2.1.1 Uso de los invernaderos.....	7
2.1.2 Ventajas y desventajas en el uso de los invernaderos.....	8
2.2 Sustratos o medios de crecimiento para el desarrollo vegetal.....	9
2.2.1 Propiedades de los sustratos.....	10
2.2.2 Clasificación de los sustratos.....	12
2.2.2.1 Sustratos orgánicos.....	12
2.2.2.2 Sustratos inorgánicos.....	13
2.3 Producción de hortalizas bajo condiciones de invernadero.....	14
2.4 Importancia de la agricultura orgánica.....	16
2.5 Importancia de los abonos orgánicos.....	17
2.5.1 Efectos de los abonos orgánicos sobre las características físicas del suelo.....	19
2.5.2 Efectos de los abonos orgánicos sobre las características químicas del suelo.....	20
2.5.3 Efectos de los abonos orgánicos sobre las características biológicas del suelo.....	20
2.6 Uso de los abonos orgánicos.....	21
2.7 El vermicompost.....	22
2.8 Características de vermicompost.....	23
2.8.1 Efectos sobre las propiedades físicas del suelo con el uso del vermicompost.....	24

2.8.2 Efectos sobre las propiedades químicas del suelo con el uso del vermicompost.....	24
2.8.3 Efectos sobre las propiedades biológicas del suelo con el uso del vermicompost.....	25
2.9 Usos de la vermicompost en los cultivos.....	25
2.10 Antecedentes de la producción con vermicompost en los cultivos.....	26
2.11 Té compost.....	27
2.12 Lixiviado de vermicompost.....	28
III MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
3.1 Ubicación geográfica del experimento.....	31
3.2 Clima.....	31
3.3 Características del invernadero.....	32
3.4 Preparación de los medios de crecimiento.....	32
3.5 Materiales inertes.....	33
3.6 Materiales vegetales.....	33
3.7 Siembra y trasplante.....	34
3.8 Riegos.....	34
3.9 Fertilización.....	35
3.10 Manejo del cultivo.....	36
3.10.1 Aporcado.....	36
3.10.2 Poda.....	36
3.10.3 Entutorado.....	36
3.10.4 Polinización.....	37
3.11 Organismos dañinos en el cultivo.....	37
3.11.1 Plagas y enfermedades.....	37
3.12 Variables evaluadas.....	38
3.13 Diseño experimental.....	39
3.14 Análisis estadísticos.....	39
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
4.1 Rendimiento total.....	40
4.2 Número de frutos por planta.....	42

4.3	Altura de planta.....	42
4.4	Inicio de floración.....	44
4.5	Inicio de cosecha.....	45
4.6	Número de nudos.....	45
4.7	Calidad de fruto.....	46
4.7.1	Peso del fruto.....	46
4.7.2	Diámetro polar.....	47
4.7.3	Forma del fruto.....	48
4.7.4	Diámetro ecuatorial.....	49
4.7.5	Sólidos solubles.....	50
4.7.6	Espesor de pulpa.....	52
4.7.7	Número de lóculos.....	52
V	CONCLUSIONES.....	54
VI	RESUMEN	55
VII	LITERATURA CITADA.....	57
VIII	APÉNDICE.....	65

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Tratamientos utilizados para el desarrollo del cultivo de tomate, bajo condiciones del invernadero. UAAAN – UL, periodo octubre-junio 2006-2007.....	33
Cuadro 2	Solución nutritiva aplicada al tratamiento testigo del cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero. UAAAN-UL, 2006-2007.....	35
Cuadro 3	Comparación de medias para las variables rendimiento total y número de frutos de tomate en cuatro formas de fertilizantes bajo condiciones de invernadero en el 2006-2007 en la Comarca Lagunera UAAAN-UL 2007.....	41
Cuadro 4	Variables altura de planta y floración de tomate bajo condiciones de invernadero en octubre-mayo del 2006 - 2007 en la UAAAN-UL.....	44
Cuadro 5	Inicio de cosecha de frutos de genotipos de tomate en cuatro formas de fertilizantes bajo condiciones de invernadero en 2006-2007 en la Comarca Lagunera UAAAN-UL 2007.....	45
Cuadro 6	Número de nudos de tomate en invernadero en el periodo de octubre-mayo del 2006 - 2007 en La Comarca Lagunera UAAAN-UL 2007.....	46
Cuadro 7	Variable peso del fruto de cuatro formas de fertilización en genotipos de tomate en invernadero en el periodo octubre-mayo del 2006 - 2007 en La Comarca Lagunera UAAAN-UL 2007.....	49
Cuadro 8	Las variables diámetro ecuatorial, sólidos solubles y espesor de pulpa de fruto de tomate en los tratamientos evaluados en mezclas de vermicompost-arena bajo condiciones de invernadero, en el ciclo 2006-2007 en la Comarca Lagunera. UAAAN-UL, 2007.....	51

ÍNDICE DE APÉNDICE

Cuadro A1	Cuadrados medios y significancia estadística de los ANOVA realizados, para la variable rendimiento para la producción de tomate en invernadero en el periodo Octubre–Mayo (2006-2007) en la UAAAN-UL.....	66
Cuadro A2	Cuadrados medios y significancia estadística de los ANOVA realizados, para la variable número de fruto por planta para la producción de tomate en invernadero en el periodo Octubre–Mayo (2006-2007) en la UAAAN-UL.....	66
Cuadro A3	Cuadrados medios y significancia estadística de los ANOVA realizados, para la variable altura en la producción de tomate en invernadero en el periodo Octubre–Mayo (2006-2007) en la UAAAN-UL.....	66
Cuadro A4	Cuadrados medios y significancia estadística de los ANOVA realizados, para la variable inicio de floración para la producción de tomate en invernadero en el periodo Octubre–Mayo (2006-2007) en la UAAAN-UL.....	67
Cuadro A5	Cuadrados medios y significancia estadística de los ANOVA realizados, para la variable inicio de cosecha para la producción de tomate en invernadero en el periodo Octubre–Mayo (2006-2007) en la UAAAN-UL.....	67
Cuadro A6	Cuadrados medios y significancia estadística de los ANOVA realizados, para la variable numero de nudos para la producción de tomate en invernadero en el periodo Octubre–Mayo (2006-2007) en la UAAAN-UL.....	67
Cuadro A7	Cuadrados medios y significancia estadística de los ANOVA realizados, para la variable peso del fruto para la producción de tomate en invernadero en el periodo Octubre–Mayo (2006-2007) en la UAAAN-UL.....	68
Cuadro A8	Cuadrados medios y significancia estadística de los ANOVA realizados, para la variable diámetro polar para la producción de tomate en invernadero en el periodo Octubre – Mayo (2006-2007) en la UAAAN-UL.....	68
Cuadro A9	Cuadrados medios y significancia estadística de los ANOVA realizados, para la variable forma del fruto para la	68

	producción de tomate en invernadero en el periodo Octubre–Mayo (2006-2007) en la UAAAN-UL.....	
Cuadro A10	Cuadrados medios y significancia estadística de los ANOVA realizados, para la variable diámetro ecuatorial para la producción de tomate en invernadero en el periodo Octubre–Mayo (2006-2007) en la UAAAN-UL.....	69
Cuadro A11	Cuadrados medios y significancia estadística de los ANOVA realizados, para la variable sólidos solubles para la producción de tomate en invernadero en el periodo Octubre–Mayo (2006-2007) en la UAAAN-UL.....	69
Cuadro A12	Cuadrados medios y significancia estadística de los ANOVA realizados, para la variable espesor de pulpa para la producción de tomate en invernadero en el periodo Octubre–Mayo (2006-2007) en la UAAAN-UL.....	69
Cuadro A13	Cuadrados medios y significancia estadística de los ANOVA realizados, para la variable número de lóculos para la producción de tomate en invernadero en el periodo Octubre–Mayo (2006-2007) en la UAAAN-UL.....	70

I. INTRODUCCIÓN

De las hortalizas que se cultivan en México, el tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es la segunda más importante por la superficie cosechada y la primera en cuanto a su participación dentro del valor de la producción nacional de hortalizas. Anualmente, se cosechan alrededor de 70,000 ha, con un rendimiento promedio de $28 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ y un volumen de producción de 1,960,000 toneladas de tomate. Este fruto es también de gran importancia socioeconómica por su amplio y variado consumo en fresco y procesado, alta redituabilidad, alto valor nutritivo (contiene vitaminas A y C) y gran demanda de mano de obra (SAGARPA, 2002).

El tomate se caracteriza por ser la principal hortaliza que México exporta a los Estados Unidos de Norteamérica, por ejemplo en el año 2001 el 16% del valor de las exportaciones agropecuarias, equivalentes a cerca de 600,000 t, correspondió a esta hortaliza. También es necesario resaltar que el 15% de las 600,000 t de tomate se generaron bajo condiciones de invernadero. Los principales estados productores de tomate en la República Mexicana son: Sinaloa (con más del 35 % de la superficie cosechada), Baja California Norte, San Luís Potosí, Michoacán, Nayarit, Morelos y Sonora (SAGARPA, 2002).

En atención a la creciente demanda de alimentos, debido a gran incremento poblacional y a la cada vez más escasa superficie de siembra, Moreno-Reséndez (2005) menciona que se ha establecido como alternativa

para la producción agrícola el manejo de sistemas de producción sustentables que, además de promover prácticas que preservan los recursos naturales y la biodiversidad, permitan hacer un uso eficiente y adecuado de los residuos que se derivan directa o indirectamente del sector agropecuario, así como de los desechos que se originan de diversas actividades realizadas por el hombre. En el mismo sentido, señalan que la gran cantidad de residuos que se generan a nivel mundial, y ante la demanda de un mundo sano, debido a los altos índices de contaminación que se reflejan sobre diversas regiones, se fortalece la necesidad de buscar alternativas que beneficien directamente a los sistemas de producción a partir de los materiales biodegradables.

Jara-Peña *et al.* (2003) mencionan que en la producción sustentable se encuentra como alternativa el uso de los abonos orgánicos y biofertilizantes que aportan gradualmente elementos nutritivos y mejoran la características físicas, químicas y biológicas del suelo incrementando la producción de los cultivos, dentro de los abonos orgánicos el vermicompost se considera como uno de los mejores abonos orgánicos de fácil manejo y producción rápida en las plantas de composteo.

Por otra parte Escalón y Luna (2003) señalan que el vermicompost (VC) un sustrato especial que se obtiene a partir de excretas de lombriz, ha dejado atrás los agroquímicos, pues acelera el crecimiento de la planta, proporciona mayor color y mejor sabor y, por si fuera poco, inhibe ciertas enfermedades de la planta en vivero.

Así mismo Cruz-Rodríguez (s/f) señala que el compost sirve como aporte de elementos nutritivos para el cultivo, pero también genera otros beneficios; ya que mejora la calidad del suelo debido a que fomenta la

formación de agregados, mejorando la estructura de cualquier tipo de suelo y tiene efecto sobre otras características del suelo como son: incrementar la capacidad de intercambio catiónico (CIC), la capacidad de retención de humedad, la aireación, las poblaciones de microorganismos, etcétera. Todo lo anterior se refleja en un mejor desarrollo del cultivo.

Por otra parte Rosales *et al.* (2004) señalan que el humus de lombriz es el resultado de la digestión de todos aquellos materiales como residuos de cosecha, desechos orgánicos y principalmente de toda clase de estiércoles. Las excretas o sea el humus resultante del proceso de digestión, al ser sometidas a un proceso de lavado y filtrado, generan un producto que posee propiedades microbiostáticas que puede inhibir el desarrollo de enfermedades como la Sigatoka negra.

El lixiviado obtenido de estiércol de bovino de donde se alimentan las lombrices ha demostrado ser una excelente fuente de potasio, conteniendo $2.4 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ de este elemento y $61 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (61 ppm) de N, además de hierro, manganeso, cobre y zinc, microelementos esenciales para el desarrollo de las especies vegetales. Por otro lado, los fertilizantes líquidos elaborados con extracto de humus de lombriz de tierra aportan ácidos húmicos y fúlvicos, microorganismos vivos propios para la nitrificación y solubilización de minerales en el suelo (Casco e Iglesias, 2005).

En el mismo sentido, Fernández (2003) señaló que los humus líquidos son soluciones compuestas por ácidos húmicos y fúlvicos disueltos en agua, que permiten aportar materia orgánica al suelo a través del riego.

Meléndez y Soto (s/f) mencionan que el extracto de lombricomposta son caldos (lixiviados o efluentes) que se obtienen durante la producción de

compost o del lombricompost. Normalmente son altos en elementos nutritivos disponibles para las planta, sin embargo, al inicio también pueden acarrear patógenos, por lo que en algunos casos, en otros países, no se recomienda su utilización como fertilizante foliar.

A pesar de que el uso de los abonos orgánicos líquidos (BIOL) es relativamente nuevo, los agricultores los están aceptando y reemplazando así a los agroquímicos convencionales, por su bajo costo de obtención ya que los materiales empleados están a su alcance. Esto hace que el manejo de la agricultura sea más sostenible y con menor contaminación hacia el ambiente (Meléndez y soto, s/f).

En atención a lo anteriormente señalado, y debido a que cuando se produce el vermicompost (VC), acumulando residuos orgánicos (e.g., estiércoles) en bordos o cunas sobre estructuras de plástico o de mampostería con drenaje, es posible recuperar el líquido que drena a través de los sustratos donde se desarrollan las lombrices, al que se le ha denominado lixiviado de vermicompost (LVC), y el cual se supone contiene elementos y/o compuestos químicos que podrían favorecer el desarrollo de las especies vegetales, dada la gran capacidad de disolución y de arrastre que presente el agua a través del proceso de lixiviación, se ha planeado lo siguiente:

1.1.- Objetivo

a) Evaluar el efecto de diversas mezclas de vermicomposta con arena y la aplicación del lixiviado de vermicompost (LVC), utilizados como

medios de crecimiento, sobre el desarrollo del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo condiciones de invernadero.

b) Determinar la calidad de frutos y rendimiento de dos genotipos desarrollados con diferentes mezclas de vermicompost:arena y aplicando el lixiviado de VC.

1.2.- Hipótesis

Es posible producir tomate de crecimiento indeterminado, con alta calidad de fruto y aceptable rendimiento, en sustratos con vermicompost–arena y aplicando lixiviado de vermicompost.

1.3.- Metas

Disponer de información para generar recomendaciones técnicas para el uso de VC y del LVC, que permitan sustituir el uso de fertilizantes sintéticos aplicados a través de las soluciones nutritivas, durante el desarrollo del cultivo de tomate en invernadero.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1.- Generalidades de los invernaderos

Serrano (2002) señaló que un invernadero es una instalación cubierta y abrigada artificialmente con materiales transparentes para defender las plantas de la acción de los fenómenos ambientales. Esta instalación permite el control de determinados parámetros productivos, como: temperatura ambiental y del suelo, humedad relativa, concentración de anhídrido carbónico en el aire, luz, etc. Los invernaderos están formados por una estructura o armazón ligero (metálico, madera, hormigón, etc.) sobre la cual se asienta una cubierta de material transparente (polietileno, copolimero EVA, policarbonato, policloruro de vinilo, poliéster, cristal, etc.) con ventanas frontales y cenitales y puertas para el servicio de invernadero.

La tecnología actual de producción en la agricultura debe cumplir con las expectativas de los productores en cuanto a productividad y oportunidad de mercado. La producción intensiva de cultivos bajo condiciones del invernadero no es la excepción; se puede tener control de factores ambientales como luz y temperatura y un uso óptimo de recursos humanos e insumos como agua fertilizantes y agroquímicos, la tecnología en invernaderos es aplicable también para áreas marginadas desprovistas de agua y suelo, así; los invernaderos familiares ofrecen una opción para producir la dieta anual de las familias en un

afán de suplir los nutrimentos y energía para el óptimo desarrollo de las poblaciones de estas áreas (Sánchez, 2003).

2.1.1.- Uso de los invernaderos

Actualmente el uso de invernaderos se justifica debido a la corriente mundial de calidad en la que el hombre está viviendo. Los mercados a nivel mundial son cada vez más exigentes en calidad, inocuidad, presentación y certificación del contenido, ya que el cliente final observa las diferencias entre el tipo de producto hortícola que se presentan en los mercados con respecto a otros.

El desarrollo de la agricultura bajo invernaderos es producto de las condiciones ambientales que prevalecen en diferentes países, básicamente del hemisferio norte, ya que su principal limitante para la producción es el clima. En la actualidad el uso de esta tecnología está disponible para la mayor parte de los esquemas productivos y de los productores en general del resto del mundo (Pacheco–Abrahán, s/f).

Por otra parte, Larenas y Barrios (2004) señalan que la diversificación productiva, tan necesaria en los tiempos actuales, indica la necesidad de mejorar nuestros sistemas de producción de hortalizas y flores. Los beneficios de los invernaderos han masificado su uso en la agricultura porque permiten obtener una producción limpia, trabajar en su interior durante los días lluviosos, desarrollar cultivos que necesitan otras condiciones climáticas y evitar los daños de roedores, pájaros, lluvia o el viento.

El uso de invernaderos y túneles cubiertos con plástico para la producción forzada y semiforzada de hortalizas proporciona beneficios tales como incrementar la producción, obtener producción fuera de la cosecha, ahorrar agua, etc. Estas aplicaciones son útiles en la producción de plantas ornamentales, frutales y otras (Rodríguez e Ibarra, 1991).

2.1.2.- Ventajas y desventajas en el uso de los invernaderos.

Según Serrano (2002) los invernaderos presentan las siguientes ventajas y desventajas:

Ventajas:

- Cultivar fuera de época y conseguir mayor precocidad.
- Realizar cultivos en determinadas zonas climáticas y épocas estacionales en que no es posible hacerlos al aire libre.
- Disminuir el tiempo de los ciclos vegetativos de las plantas, permitiendo obtener mayor número de cosechas por año.
- Posibilidad de obtener más de un ciclo de cultivo por año.
- Aumento de producción.
- Obtención de mejor calidad.
- Mejor control de plagas y enfermedades.
- Ahorro de agua de riego.
- Menos riegos catastróficos.
- Trabajar con más comodidad y seguridad.
- Siembra de variedades selectas con rendimientos máximos.

Por otro parte Abarca (2007) los invernaderos presentan las siguientes desventajas:

- Inversión inicial alta.
- Desconocimiento de las estructuras más apropiadas para cada región.
- Alto nivel de especialización y necesidades de capacitación del personal.
- Altos costos de producción.
- Condiciones óptimas para el rápido ataque de plagas y enfermedades.
- Alta dependencia de las condiciones del mercado.

2.2.- Sustratos o medios de crecimiento para el desarrollo vegetal

El término sustrato, que se aplica en agricultura, se refiere a todo material, natural o sintético, mineral u orgánico, de forma pura o mezclado, cuya función principal es servir como medio de crecimiento y desarrollo para las plantas, permitiendo su anclaje y soporte a través del sistema radical, favoreciendo el suministro de agua, elementos nutritivos y aire (Macias *et al.*, 2003).

En el mismo sentido, Mora (1999) menciona que el sustrato constituye la parte que sirve de sostén y soporte para el desarrollo del sistema radicular de las plantas. Este elemento reviste una gran importancia en el éxito del cultivo, por lo que antes que pensar en nombres o tipos de sustratos, se debe tener presente la conjugación de una serie de factores o propiedades para optimizar la funcionalidad y el papel que debe desempeñar un sustrato en el sistema de cultivos sin suelo.

El cultivo de plantas en sustrato difiere marcadamente del cultivo de plantas en suelo. Así, cuando se usan contenedores, el volumen del medio de cultivo, del cual la planta debe absorber el agua, oxígeno y elementos nutritivos, es limitado y significativamente menor que el volumen disponible para las plantas que crecen en campo abierto (Calderón, s/f).

Así mismo, Valenzuela y Gallardo (2003) señalan que un sustrato consiste en un sistema conformado por tres fases: sólida, líquida y gaseosa; en ese ambiente crecerán las raíces y es por ello que cobra relevancia el volumen del contenedor. Ya que el sustrato ideal sería aquel que proporcione a la planta las mejores condiciones para su crecimiento, que posea un bajo impacto ambiental y que la relación costo/beneficio sea adecuada para el sistema productivo en cuestión.

De acuerdo con Burés (1997) los materiales que componen un sustrato se han seleccionado tradicionalmente en base a su disponibilidad, costo, facilidad de manejo, ausencia de semillas de malezas, insectos o patógenos o ausencia de fitotoxicidad. A medida que la población toma conciencia respecto a la conservación del ambiente, y también a causa de las normativas inminentes sobre el uso de pesticidas y la combinación de aguas subterráneas, actualmente se incluyen como nuevos factores de selección de sustratos la supresión respecto a patógenos, la capacidad de ser reciclados, la optimización del consumo de agua y la prevención del lavado de elementos nutritivos.

2.2.1.- Propiedades de los sustratos.

Gran parte del éxito en la producción de plantas en maceta o contenedor requiere de una comprensión del ambiente único encontrado la maceta y como éste es afectado por las propiedades físicas y químicas de los sustratos utilizados (Iskander, 2002).

Urrestarazu (2004) describe las propiedades físicas de los sustratos:

- Elevada capacidad de retención de agua fácilmente disponible o asimilable.
- Suficiente suministro de aire.
- Distribución del tamaño de las partículas que mantenga las condiciones antes mencionadas.
- Baja densidad aparente.
- Elevada porosidad total, y
- Estructura estable, que impida la contracción (o hinchazón) del sustrato.

Urrestarazu, (2004) y Macias *et al.* (2003) señalan que entre las propiedades químicas del los sustratos:

- Baja o apreciable capacidad de intercambio catiónico, dependiendo de que la fertirrigación se aplique permanentemente o de modo intermitente, respectivamente
- Suficiente nivel de elementos nutritivos asimilables
- Baja salinidad
- pH ligeramente ácido.

Por otro lado, de acuerdo con Mora (1999) los sustratos pueden presentar las siguientes propiedades:

- Debe ser un sustrato estéril o que permita su esterilidad
- Permitir una buena oxigenación
- Debe poseer excelente drenaje
- Buena capacidad de retención de humedad, de forma homogénea
- Debe ser de fácil manejo.

2.2.2.- Clasificación de los sustratos

Existen una serie de sustratos que pueden ser empleados para el desarrollo de cultivos hidropónicos, éstos se utilizan solos o en mezclas, en busca de obtener las mejores condiciones para el desarrollo de las plantas (Mora, 1999).

2.2.2.1 Sustratos orgánicos

Se definen como sustratos orgánicos, o químicamente activos, todos aquellos materiales que por su origen están sujetos a descomposición, es decir, liberan elementos nutritivos, a través de la descomposición, de que están constituidos (Samperio – Ruíz, 2004).

Los siguientes sustratos orgánicos representan algunos de los materiales utilizados como medio de crecimiento vegetal:

- La fibra de coco constituye un excelente sustrato, por su buena capacidad de retención de humedad, ofreciendo grandes ventajas para la mezcla con otros sustratos. En Costa Rica en los últimos tiempos se ha iniciado la producción de este sustrato, sin embargo faltan algunos controles en la calidad, ya que existen materiales derivados de fibra “joven” que se ofrece a la venta sin

previo tratamiento en cuanto a la eliminación de sustancias tóxicas (Mora, 1999).

- La Cascarilla de arroz es un sustrato utilizado para mezcla fundamentalmente con gravas, es liviano, de baja capacidad de retención de humedad, de los sustratos orgánicos la cascarilla es una de las más lentas en descomponerse (Mora, 1999).
- La turba consiste en musgos de pantanos o ciénegas, parcialmente descompuestos. La composición de los depósitos de turba varía mucho, dependiendo de la vegetación de la cual son originados, su grado de descomposición, el contenido de minerales y acidez (Macias *et al.*, 2003).
- Peat moss es un material muy salino, y está constituido por varios componentes, no es de vida duradera y llega a presentar problemas de humedad y falta de aireación, y no puede ser reutilizable (Samperio-Ruiz, 2004).

2.2.2.2 Sustratos inorgánicos

Entre los sustratos de origen inorgánicos están, ante todo, los de origen mineral no metálico, como los derivados de las rocas, ya sean grava de río o triturada, arena, tezontle (Samperio - Ruíz, 2004).

- La piedra pómez es un material de origen volcánico. Posee muy buena retención de humedad, se obtiene en distintas granulometrías, posee además buena estabilidad y durabilidad (Mora, 1999).

- La arena es un material de naturaleza silíceo y descomposición variable, que depende de los componentes de la roca silicatada original. Procede de canteras (granito, basalto, etc.) o de ríos y ramblas (depósitos de formación aluvial, más o menos recientes) (Urrestarazu, 2004).
- La vermiculita es un material constituido químicamente por magnesio, aluminio, hierro y silicio. Cuando se somete a una temperatura de 1000 °C, su estructura se modifica, expandiéndose en capas parecidas a la espuma (Samperio-Ruiz, 2004).
- Perlita procedente de rocas volcánicas vítreas (grupo de las riolitas), que se han formado por enfriamiento rápido, constituyendo un material amorfo, que contiene de 2-5 % de agua combinada (Urrestarazu, 2004).
- Roca volcánica es un material rojizo, de origen volcánico, con características similares a la piedra pómez, este sustrato es utilizado con éxito, sin embargo posee partículas muy pequeñas, las cuales deben ser eliminadas mediante lavados, para evitar el encharcamiento en el medio de cultivo (Mora, 1999).
- Las gravas son partículas que se obtienen de materiales procedentes de depósitos naturales o canteras que son triturados y que por sus características ofrecen condiciones adecuadas para el desarrollo de plantas. Por lo general su partícula mide de 2 a .02 mm. Mora (1999).

2.3.- Producción de hortalizas bajo condiciones de invernadero

Las técnicas de producción son muy variables y en los últimos años el desarrollo de estas prácticas ha tomado auge hacerlo bajo condiciones de invernadero con hidroponía (cultivo sin suelo), con el fin de obtener mayor rendimiento y calidad de los cultivos, por lo que los países desarrollados ven en estas técnicas de producción una alternativa económica para automatizar y programar su agricultura intensiva, principalmente en aquellos cultivos que se cotizan en el mercado, como hortalizas, flores y especies de ornato (Requejo *et al.*, 2004).

Existen antecedentes tantos en algunas zonas de México como en otros países de que el uso de plásticos en la agricultura, aplicados en diversas formas (invernaderos, macrotuneles y microtúneles, entre otros) proporcionan condiciones más adecuadas para el desarrollo de los cultivos, obteniéndose mayor cantidad y calidad de productos, así como el adelantar el inicio de cosecha y producir en épocas no programadas, entre otras ventajas (Rodríguez e Ibarra 1991).

Shany (2004) comenta que considerando la decisión de proteger el cultivo la única justificación para desarrollarlo bajo cobertura es, cuando el beneficio económico obtenido es significativamente mayor comparándolo con un cultivo a campo abierto. Así mismo Shany (2004) señala que los factores que definen la necesidad de cultivar bajo cobertura son:

- Tipo de cultivo
- Mejoramiento de la calidad de los frutos
- Necesidad de reemplazar el suelo
- Incremento de los rendimientos.

La producción en invernadero permite un mejor control del clima dentro de esta estructura, mejorando las condiciones para el desarrollo de las especies vegetales, lo que se traduce en una mejor adaptación de cada cultivo y en un incremento significativo de su rendimiento (Antón *et al.*, s/f).

Hernández *et al.* (2006) comentan que la producción de hortalizas en casas de cultivos o bajo invernadero es una de las técnicas más modernas que se utiliza actualmente en la producción agrícola. Que por lo tanto permiten al agricultor controlar la temperatura, la cantidad de luz y aplicar efectivamente el control químico y biológico para proteger el cultivo y así obtener mayores rendimientos de los productos hortícolas.

Por otra parte Jaramillo (s/f) comenta que cultivando hortalizas bajo invernadero es posible producir durante todo el año, independientemente de las condiciones climáticas externas. Y así dentro de un ambiente protegido, las condiciones de producción favorecen la obtención de productos sanos, similares en forma y tamaño, con madurez uniforme, más sabrosos y con excelente presentación, características que estimulan sensiblemente el consumo.

2.4.- Importancia de la agricultura orgánica

La agricultura orgánica, que se caracteriza por excluir el uso de productos de síntesis química (fertilizantes y plaguicidas en general), organismos modificados genéticamente, aguas negras y radiaciones en los alimentos, es una de las pocas alternativas productivas que se están vislumbrando en el campo mexicano, actualmente, los pequeños productores orgánicos mexicanos están tomando ventaja de la creciente demanda de

productos inocuos, principalmente por parte de los países desarrollados. Lo interesante de este proceso es que a pesar de que por un lado se está respondiendo a una tendencia global de demanda de productos orgánicos, por otro se están desencadenando procesos autogestivos locales en las comunidades rurales (Gómez y Gómez. 2003).

Por otra parte, Gómez *et al.* (2005) señalan que la agricultura orgánica es un sistema holístico de gestión de la producción, que fomenta y mejora la salud de los agroecosistemas, y en particular la biodiversidad, los ciclos biológicos y la actividad biológica del suelo, a través de prácticas que evitan el uso de productos de síntesis química, como los fertilizantes, insecticidas, herbicidas, hormonas, reguladores del crecimiento de plantas y animales, así como de organismos genéticamente modificados, aguas negras, edulcorantes y conservadores sintéticos en productos transformados. En síntesis, tiene por objetivo obtener alimentos inocuos, libres de contaminación y de alta calidad nutritiva (Samperio - Ruíz, 2004).

Acuña *et al.* (2002) mencionan que la agricultura orgánica, mediante la aplicación de abonos elaborados reciclando la materia orgánica, el uso de coberturas verdes, la implementación de técnicas de conservación de suelos y agua, y la utilización racional de los recursos disponibles en cada región geográfica, mejora las características químicas, físicas y biológicas del suelo y la nutrición natural de las plantas; favoreciendo la recuperación y preservación del principal patrimonio con que cuentan los productores (la tierra y la biodiversidad), así como el desarrollo de sistemas productivos agropecuarios basados en un equilibrio ecológico, económico y social.

2.5.- Importancia de los abonos orgánicos

Los abonos orgánicos son importantes en la agricultura orgánica por la fuente de elementos nutritivos que éstos contienen, materia orgánica, sustancia húmicas fitohormonas y otros compuestos de naturaleza enzimática y proteica y como fuente de nutrición integral. Y éstos influyen sobre los rendimientos de los cultivos y mejoran las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo (Saray - Siura, s/f).

Los abonos orgánicos son de gran importancia en la agricultura porque elevan el potencial productivo del suelo al actuar como mejoradores de sus características físicas, químicas y biológicas. Además son fuentes de varios elementos nutritivos esenciales para las plantas, elevando el potencial de fertilidad del suelo. También contribuyen a incrementar el desarrollo radicular de las plantas mejorando el sostén de las mismas, promueven la sanidad del cultivo y aportan hormonas que afectan positivamente los mecanismos fisiológicos de las especies vegetales (Blanco – Sandoval, s/f).

Meléndez y Soto (s/f) mencionan que dentro de la agricultura, los abonos orgánicos juegan un papel importante porque contribuyen al aporte de elementos nutritivos, de microorganismos y a mejorar las propiedades físicas del suelo. Para los agricultores de bajos recursos estos abonos representan una buena alternativa para reducir el uso de insumos externos y aumentar la eficiencia de los recursos internos de cada región o zona productiva.

Limón *et al.* (2005) señalan que los abonos orgánicos son de gran importancia porque incluyen toda fuente de elementos nutritivos derivados de origen vegetal o animal, éstos son a menudo una fuente subestimada de

elementos nutritivos. Los abonos orgánicos son muy diferentes de los fertilizantes sintéticos o minerales, la diferencia básica es que contienen materia orgánica. Debido a su contenido de materia orgánica son una fuente lenta de alimentos y proveen varios elementos nutritivos simultáneamente; sin embargo, mejoran principalmente la calidad del suelo.

El uso de abonos orgánicos constituye una práctica de manejo fundamental en la rehabilitación de la capacidad productiva de suelos degradados. Los abonos orgánicos son enmiendas que se incorporan al suelo para mejorar sus propiedades físicas, químicas, biológicas y con ello su fertilidad (Leblanc *et al.*, 2007).

2.5.1.- Efectos de los abonos orgánicos sobre las características físicas del suelo

Zulueta *et al.* (2006) destacan que debido a las características físicas de los abonos orgánicos y a su color oscuro retienen con mayor facilidad las radiaciones lumínicas, con lo que el suelo aumenta su temperatura y absorbe mejor los elementos nutritivos, mejora la estructura y la textura del suelo, lo que significa que hace más ligeros los suelos arcillosos y más compactos los arenosos. Mantienen la permeabilidad de los suelos y, por lo tanto, favorecen la infiltración de agua al drenaje y su aireación y aumentan en el suelo la retención de agua que las plantas requieren para su crecimiento así como también, disminuye considerablemente la erosión de los suelos.

Por otra parte Trinidad (2000) menciona que los abonos orgánicos influyen favorablemente sobre las características físicas del suelo, como son: estructura, porosidad, aireación, capacidad de retención de agua, infiltración,

conductividad eléctrica y estabilidad de agregados. Un aumento en la porosidad aumenta la capacidad del suelo para retener el agua incrementando simultáneamente la velocidad de infiltración de esa misma agua en el suelo.

2.5.2.- Efectos de los abonos orgánicos sobre las características químicas del suelo

Las características químicas del suelo que cambian por el efecto de la aplicación de abonos orgánicos son obviamente el contenido de materia orgánica; derivado de esto aumenta el porcentaje de nitrógeno total, la capacidad de intercambio de cationes, el pH y la concentración de sales (Trinidad, 2000), así mismo influyen en la disponibilidad de los elementos nutritivos y en la fertilidad de los suelos al reducir los niveles de acidez o alcalinidad (pH) (Zulueta *et al.*, 2006).

En el mismo sentido Camilo y Mandoza (2007) comentan que los abonos orgánicos aumentan el poder tapón del suelo, y en consecuencia reducen las oscilaciones de pH de éste. También aumenta la capacidad de intercambio catiónico del suelo, con lo que aumenta la fertilidad.

2.5.3.- Efectos de los abonos orgánicos sobre las características biológicas del suelo

Los abonos orgánicos favorecen la aireación y oxigenación del suelo, por lo que hay mayor actividad radicular y mayor actividad de los microorganismos aerobios. Constituyen una fuente de energía para los microorganismos, por lo que se multiplican rápidamente (Trinidad, 2000).

En el mismo sentido, Zulueta *et al.* (2006) establecen que al promover la aireación y la oxigenación del suelo, se amplifica la actividad radicular y la multiplicación de los microorganismos aerobios; para esto último, la energía de los materiales orgánicos es crucial.

2.6.- Uso de los abonos orgánicos en los cultivos

Zulueta *et al.* (2006) mencionan que los terrenos agrícolas que se cultivan año tras año, van sufriendo paulatinamente la pérdida de una gran cantidad de elementos nutritivos que, más tarde o más temprano, deben ser restituidos para mantener su fertilidad. En estos casos, parece ser que el abonado de los suelos es una opción atinada sobre todo cuando el contenido de materia orgánica es bajo y el efecto de la erosión evidente debido a los beneficios, directos e indirectos, derivados del mejoramiento de sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Así, la aplicación de los abonos orgánicos puede optimizar la calidad de la producción de los cultivos en cualquier tipo de suelo y restablecer en forma gradual sus cualidades naturales.

La aplicación de los abonos orgánicos mantienen y mejoran la disponibilidad de elementos nutritivos en el suelo obteniendo mayores rendimientos en el cultivo de las cosechas, entre los abonos orgánicos se incluyen los estiércoles, composta, vermicomposts, abonos verdes, residuos de las cosechas y residuos orgánicos industriales. Una aplicación constante de ellos, con el tiempo, mejora las características físicas, biológicas y sanitarias del suelo (Trinidad, 2000).

Por otro lado, Carmen y Morales (2003) mencionan que unas de las estrategias fundamentales para la producción ecológica es la aplicación de los

abonos orgánicos como base de la fertilidad del suelo. Por lo tanto, permiten mejorar la fertilidad integral del suelo (física, química y biológica).

2.7.- El vermicompost

El vermicompost (VC) es producto de la descomposición de diferentes residuos orgánicos con una comunidad de lombrices produciendo humus, un producto muy apreciado como fertilizante (Roca y Serrano, 2003).

Por otro lado, Luévano y Velásquez (2001) comentan que el vermicompost es un fertilizante orgánico por excelencia, y el producto que sale del tubo digestor de la lombriz es un material de color, oscuro, con un agradable olor a mantillo del bosque, es limpio, suave al tacto y su gran bioestabilidad evita su fermentación o putrefacción. Contiene una elevada carga enzimática y bacteriana que aumenta la solubilización de los elementos nutritivos haciendo que puedan ser inmediatamente asimilables por las raíces.

Por otra parte Escalón y Luna (2003) señalan que el vermicompost (un sustrato especial que se obtiene a partir de excretas de lombriz) ha dejado atrás los agroquímicos, pues acelera el crecimiento de la planta, proporciona mayor color y mejor sabor y, por si fuera poco, inhibe ciertas enfermedades de la planta en vivero.

El vermicomposteo es un proceso de biooxidación, degradación y estabilización de la materia orgánica mediada por la acción combinada por lombrices y microorganismos, mediante el cual se obtiene un producto final estabilizado, homogéneo y de granulometría fina denominado vermicompost,

lombricopost, compost de lombriz o humus de lombriz (Saavedra, 2007). Moreno - Reséndez (2005) menciona que en el caso del vermicomposteo, las interacciones complejas entre residuos orgánicos, microorganismos, lombrices y otros animales de la fauna del suelo provocan la bioxidación y estabilización de estos materiales. También destaca que una gran variedad de microorganismos y organismos invertebrados del suelo proliferan e interactúan contribuyendo al "ciclo de la materia" dentro del proceso de vermicomposteo.

Actualmente, con la búsqueda de alternativas de desarrollo sostenible, procesos como el composteo, la lombricultura o el vermicomposteo y los productos derivados de los mismos, han adquirido un especial auge por su capacidad de restituir al suelo una cierta proporción de materia orgánica para mejorar sus propiedades físicas, químicas y biológicas, las cuales se han visto deterioradas por el uso continuo de fertilizantes sintéticos bajo condiciones intensas del cultivo (Salas, s/f).

2.8.- Características del vermicompost

El humus de lombriz es uno de los mejores abonos orgánicos, porque posee un alto contenido en nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, elementos esenciales para el desarrollo de las plantas. Además, este material ofrece a las plantas una alimentación equilibrada con los elementos básicos utilizables y asimilables por sus raíces (Brechelt., s/f).

Ortigosa-Rivas (s/f) señala que dentro de las características del vermicompost destacan: es de color negruzco, granulado y homogéneo, similar a la borra del café e inodoro o con un olor agradable a mantillo de bosque. Está compuesto principalmente por carbono, oxígeno, nitrógeno e hidrógeno, junto

con una gran cantidad de microorganismos. La composición final del vermicompost depende del sustrato que se les haya suministrado a las lombrices como alimento. Su carga microbiana protege a las plantas de otros tipos de bacterias patógenas y de la acción de los nematodos.

Así mismo, Luévano y Velásquez (2001) mencionan que las características más importantes del vermicomposteo es su alta carga microbiana, la cual le hace ubicarse como un excelente material regenerador del suelo. Con un pH prácticamente neutro, con valores que oscilan entre 6.8 y 7.2; características que le permiten ser aplicados a un contacto directo con las semillas.

2.8.1.- Efectos sobre las propiedades físicas del suelo con el uso del vermicompost

El vermicompost mejora la estructura, dando soltura a los suelos pesados y compactos y ligando los sueltos y arenosos, mejora la porosidad, y, por tanto, la permeabilidad y ventilación del suelo, reduce la erosión del terreno, incrementa la capacidad de retención de humedad, confiere un color oscuro al suelo, lo que ayuda a la retención de energía calorífica (Ortigosa - Rivas s/f). En el mismo sentido, Blanco-Sandoval (s/f) señala que el vermicompost mejora las propiedades físicas del suelo al promover la formación de la estructura, la aireación, la agregación de las partículas, la capacidad para retener agua y la absorción de elementos nutritivos.

2.8.2.- Efectos sobre las propiedades químicas del suelo con el uso del vermicompost

El vermicompost incrementa la disponibilidad de los elementos nutritivos requeridos por las especies vegetales, la capacidad de almacenarlos y liberarlos de forma equilibrada: e. g., nitrógeno, fósforo, potasio, hierro, azufre y boro, además incrementa la eficiencia de la fertilización en general, sobre todo regulando la actividad de los nitritos del suelo. La vermicomposta estabiliza las reacciones del suelo, debido a su alto poder tampón, neutraliza la presencia de contaminantes (insecticidas, herbicidas) debido a su capacidad de absorción, inhibe el crecimiento de hongos y bacterias perjudiciales para las plantas (Ortigosa-Rivas, s/f).

Por otra parte Blanco-Sandoval (s/f) menciona que el vermicompost aumenta la habilidad del suelo para resistir cambios bruscos en el pH, estimula la asimilación del fósforo y del hierro y neutraliza sustancias tóxicas para las plantas.

2.8.3.- Efectos sobre las propiedades biológicas del suelo con el uso del vermicompost

El vermicompost es fuente de energía, el cual incentiva la actividad microbiana al existir condiciones óptimas de aireación, permeabilidad, pH y otros, incrementa y diversifica la flora microbiana del suelo, favoreciendo el desarrollo radicular y la actividad microbiana (Blanco–Sandoval, s/f).

Brechelt (s/f) señaló que el lombricompost contiene altas poblaciones de microorganismos que colaboran en los procesos de formación del suelo, solubilizan elementos nutritivos para ponerlos a disposición de las especies vegetales y previenen el desarrollo de poblaciones de microorganismos causantes de enfermedades en las plantas.

2.9.- Usos del vermicompost en los cultivos

El humus de lombriz se puede utilizar prácticamente en todos los cultivos. Para utilizarlo como reconstituyente orgánico para especies ornamentales, se puede aplicar mensualmente a las macetas o directamente al jardín, mezclándolo bien con la tierra. Esto enriquece el suelo con sustancias nutritivas que son casi inmediatamente asimiladas por las plantas. En horticultura y floricultura se utiliza el humus de lombriz para enriquecer y mejorar el suelo. Las plantas se desarrollan más rápido y más fuertes y así son menos susceptibles a plagas y enfermedades. Por lo general también la cosecha es mayor. La cantidad que se recomienda aplicar es de aproximadamente $10 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Brechelt, s/f).

El vermicompost es considerado como uno de los abonos orgánicos con gran efectividad, en muchos casos, el uso de estos materiales mejora las propiedades físicas del suelo (porosidad, estabilidad de agregados, balance hídrico), aumentando su contenido en materia orgánica así como los niveles de elementos nutritivos totales y disponibles para el cultivo. Como consecuencia, los rendimientos de cosecha aumentan, observándose incrementos apreciables de los niveles de macro y microelementos en las plantas cultivadas (Melgar *et al.*, 2003).

Así mismo, Castillo *et al.* (2000) comentan que en las actividades hortícolas el uso del humus de lombrices produce en las plantas mejoras importantes en su aspecto, sanidad y rendimiento. Dicho abono puede combinar, mediante las enzimas producidas por su dotación bacteriana, sus elementos con los presentes en el terreno.

2.10.- Antecedentes de la producción con vermicomposta en los cultivos

Moreno y Aguilera (2002) señalan que el vermicompost satisface las necesidades nutritivas del chile chilaca, bajo condiciones de invernadero, con niveles que oscilan del 12.5 al 37.5% de vermicompost mezclados con arena, obteniendo buenos resultados para la rentabilidad del cultivo

Por otro lado, Toral *et al.* (2005) comentan que la incorporación de materia orgánica a través de humus de vermicompost en jamaica responde positivamente. Ya que observaron que el tamaño de la planta de jamaica conservó un buen tamaño en los tratamientos que tuvieron aplicación del vermicompost.

Ramiro-Sandoval (2002) menciona que el vermicompost usado como sustrato de crecimiento, bajo condiciones de invernadero, sobre la producción de plantas de papaya (*Carica papaya* L) exhibieron altos valores en cuanto altura de planta, número de hojas, diámetro de tallo, etc.

Reyes-Alemán *et al.* (2001) determinaron que la aplicación de vermicompost sobre la planta de aguacate bajo vivero, resulto eficiente al aumentar el desarrollo del injerto, incrementando de 39.6 a 48.0 cm su altura final.

Hernández *et al.* (2006) evaluaron tomate cherry en diferentes mezclas de composts con distintas combinaciones, con arena o perlita, ya que en rendimiento se obtuvieron los mejores resultados con los tratamientos: vermicomposta 50% mas arena, así como vermicomposta al 25, 37.5 y 50% con perlita alcanzando una media en rendimiento $48.507 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. A demás Cano-

Ríos, *et al.* (2004) señalan que producir tomate en sustratos de vermicompost al 50% de vermicomposta se obtiene un rendimiento de $173.6 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$.

2.11.- Té de compost

Navarro (2003) señala que el compost puede ser incorporado al suelo en dos formas, como: a) material composteado seco y b) té de compost: ya que los macro y microelementos son más fácilmente asimilables por las plantas al encontrarse disueltos en agua. La preparación del té de compost consiste en colocar este abono orgánico en una bolsa porosa dentro de un barril con agua de la llave, lo cual facilita que el líquido se ponga en contacto con el compost diluyendo el material sólido.

De acuerdo con la ABAC (2004) el procedimiento de preparación del té de compost, provoca la extracción de las sustancias nutritivas, las enzimas, los minerales, etc., y una vida microbiana compuesta por hongos, bacterias, nemátodos positivos y protozoos, que pasan a formar parte de los suelos y sirven para enriquecer a la planta y ayudarla en su nutrición y en sus distintos procesos biológicos.

Tomando como referencia lo anterior, y debido a que el agua tiene la capacidad de solubilizar y lixiviar una gran cantidad de compuestos, sustancias y elementos químicos en su tránsito a través de los horizontes del suelo, se ha establecido, a manera de suposición que el paso del agua a través de las cunas, donde se lleva a cabo el proceso de vermicomposteo, provocará la lixiviación de componentes nutritivos en solución, los cuales al aplicarse en los sustratos de crecimiento, donde se desarrollan las especies vegetales, favorecerán el desarrollo de las especies vegetales.

2.12.- Lixiviado de vermicompost

Los extractos o lixiviados del humus de lombriz han sido considerados, tradicionalmente, como un fertilizante líquido orgánico. Recientemente, estos materiales están siendo utilizados para el control de plagas y enfermedades (Santiago-Larco, 2004).

Así mismo, Casco e Iglesias (2005) mencionan que los fertilizantes líquidos elaborados con extracto de humus de lombriz de tierra aportan ácidos húmicos y fúlvicos, microorganismos vivos propios para la nitrificación y solubilización de minerales en el suelo. Cuando estos abonos líquidos se aplican al suelo o a la planta, se hace asimilable en todo su espectro a los macro y microelementos, evitando la concentración de sales. Crea además un medio ideal para la proliferación de organismos benéficos, bacterias, hongos, etc., que impiden el desarrollo de patógenos, reduciendo sensiblemente el riesgo en el desarrollo de enfermedades. Además, estimula la humificación propia de los materiales orgánicos ya que incorpora y descompone los residuos vegetales presentes en el suelo.

Por otro lado, Meléndez y Soto (s/f) comentan que los extractos son los caldos (lixiviados o efluentes) que se obtienen durante la producción del compost o del lombricompost. Normalmente son altos en elementos nutritivos disponibles para las plantas, sin embargo, al inicio también pueden acarrear patógenos, por lo que en algunos casos no se recomienda su utilización como fertilizante foliar. En Costa Rica, muchos productores utilizan los extractos de lombricompost como fertilizante foliar.

Salas (s/f) señala que el extracto líquido, es por lo tanto la concentración de los elementos más importantes presentes en el humus de lombriz (sólido), como son los ácidos húmicos, fúlvicos reforzado con nitrógeno, fósforo, potasio y microelementos, balanceados en su parte orgánica e inorgánica. Así mismo, Fernández (2003) señaló que estas soluciones son compuestas por ácidos húmicos y fúlvicos disueltos en agua, que permiten entregar materia orgánica al suelo a través del suelo.

En cuanto a la terminología que se aplica a los lixiviados de compost, extractos de compost y té de compost, se conoce que los lixiviados de compost se producen directamente de las pilas, son ricos en sustancias nutritivas y contienen microorganismos cuando son extraídos al principio del compostaje y se caracterizan por una coloración negruzca. Mientras que, los extractos de compost, provienen de la mezcla fermentada que se obtiene al colocar en un saco el material y llevarlo a un recipiente con agua por 7 a 14 días, su primer beneficio es como fertilizante líquido. El té de compost, es una técnica moderna, donde se coloca material maduro de compost en agua y se recoge un extracto fermentado, alimentado con una fuente energética, que permite un crecimiento de microorganismos benéficos (Santiago-Larco, 2004).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.- Ubicación geográfica del experimento

El experimento se realizó en el invernadero de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna, localizada en Periférico y Carretera a Santa Fe Km. 1.5 de la ciudad de Torreón, Coahuila, México. La universidad se encuentra ubicada dentro de la Comarca Lagunera que se localiza en la parte central de la porción norte México, entre los meridianos 101°40' y 104°45' long. Oeste, y 25°05' y 26°54' lat. Norte. Esta región tiene una altura de 1,139 msnm. La región cuenta con una extensión montañosa y una superficie plana donde se localizan las tres áreas agrícolas, así como las áreas urbanas. La temperatura promedio en los últimos 10 años es de una máxima de 28.8 °C, una mínima de 11.68 °C y una temperatura media de 19.98 °C (CNA, 2002).

3.2.- Clima

Palacios (1990) define el clima de la región como muy seco, con pocas lluvias en verano. Los registros de temperatura indican una media anual de 21 °C presentando su valor más bajo en enero y el más alto en julio. La precipitación promedio es de 220 mm anuales situación que limita la práctica de una agricultura de temporal. Las heladas ocurren de noviembre a marzo teniéndose un periodo libre de heladas de abril a octubre. La cantidad de agua para esta región es escasa en todas las estaciones del año, el mes más lluvioso tiene una acumulación de 36.6 mm. En cuanto al mes más seco solo alcanza 1.5 mm; La humedad relativa varía en el año; en primavera tiene un valor promedio de 30.1%. En Otoño de 49.3% y finalmente en Invierno de un 43.1% (CENID- RASPA, 2003).

3.3.- Características del invernadero

El experimento se llevó a cabo en un invernadero semicircular, con cubierta plástica de polietileno y malla sombra, en el interior cuenta con piso de piedra granulada de color gris, un sistema de control de temperatura y humedad relativa a través de una pared o frente de humedecimiento con dos extractores de aire caliente y un sistema de riego por goteo, el cual cuenta con un equipo de programación computarizado (RAIN-BIRD SPE-4) que consiste en un controlador para cuatro estaciones y 3 programas para aplicar los riego en diferentes dosis y tiempos durante el día. La superficie del invernadero es de 180 m².

3.4.- Preparación de los medios de crecimiento

Esta etapa se llevó a cabo en las instalaciones de la UAAAN – UL, se inicio por extraer el vermicompost de las cunas de donde el estiércol utilizado como materia prima, se mantuvo en contacto con las lombrices *Eisenia fetida* durante un periodo de tres meses, para después depositar el material a un tamiz para posteriormente cribarla y separar las lombrices. Después de cribar el vermicompost se mezcló con arena previamente esterilizada (por insolación), y una vez realizada la mezcla se realizó el llenado de las macetas. En la cual las macetas utilizadas tiene una capacidad de 20 kilogramos aproximadamente, las macetas son bolsas de polietileno de color negro de tipo vivero. Y una vez terminado de llenar las macetas a su máxima capacidad se colocaron dentro del invernadero. El sustrato utilizado para el crecimiento vegetal de la planta se combinó en tres diferentes proporciones. De la mezcla vermicompost:arena, se preparó con diferentes relaciones de ambos materiales 1:1, 1:2 y 1:3, los cuales se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 1 Tratamientos utilizados para el desarrollo del cultivo de tomate bajo condiciones del invernadero UAAAN-UL, periodo octubre-mayo 2006-2007.

Tratamiento	Mezcla	Volumen porcentual de la mezcla	Genotipos
1	Arena+vermicompost+LVC	50:50	Miramar
2	Arena+vermicompost+LVC	50:50	Romina
3	Arena+vermicompost+LVC	66:34	Miramar
4	Arena+vermicompost+LVC	66:34	Romina
5	Arena+vermicompost+LVC	75:25	Miramar
6	Arena+vermicompost+LVC	75:25	Romina
7	Arena+SN	100	Miramar
8	Arena+SN	100	Romina

LVC: Lixiviado de vermicompost; SN: solución nutritiva

3.5.- Materiales inertes

El material inerte utilizado fue arena de río, la cual fue esterilizada previamente por medio de insolación, durante un periodo de cinco días.

3.6.- Materiales vegetales

Los genotipos que se utilizaron fueron, los Híbridos: Miramar y Romina®, son tomates de crecimiento indeterminado los cuales fueron transplantados en el ciclo otoño-primavera del 2006-2007.

3.7.- Siembra y trasplante

Las semillas de los genotipos de tomate se pusieron a germinar, el Miramar el día 06 y el Romina el día 20 de octubre del 2006 en charolas de polietileno cada una con 200 celdillas, se utilizó como sustrato Peat most, conocido comercialmente como COMOSPEAT®, el cual fue humedecido antes de realizar el llenado de las celdillas y después se colocó una semilla en cada celdilla, enseguida se aplicó una capa de Peat-Most para tapar las semillas. Una vez germinadas las plantas de tomate se trasplantaron a las macetas, Miramar el día 02 y Romina el 17 de noviembre del 2006 dentro del invernadero, antes de transplantar se realizó un lavado de las macetas y posteriormente se llevó a cabo el llenado de las mismas con el vermicompost mezclada con arena, las plantas tenían una altura promedio de 13 cm para el genotipo Miramar y de 4.8 cm el genotipo Romina y de dos a cuatro hojas verdaderas.

3.8.- Riegos

Las láminas de agua que se aplicaron oscilaron de 0.5 a 2 litros de agua día⁻¹ por maceta divididas en tres riegos al día, así como también se aplicó el lixiviado de vermicompost como biofertilizante, en una dosis de 200 mL de lixiviado día⁻¹ estos riegos se aplicaron para ambos genotipos.

3.9.- Fertilización

La solución nutritiva que se utilizó para el tratamiento testigo fue a razón de 0.5 L•día⁻¹ de solución nutritiva por maceta del tratamiento testigo. Los materiales y las cantidades utilizadas para la preparación de esta solución se describen en el cuadro 2. En este cuadro también se describen las cantidades de la solución nutritiva que se aplicaron para cada una de las etapas del desarrollo del cultivo. Los compuestos químicos utilizados para preparar la solución nutritiva, que se aplicó a los tratamientos testigo, se disolvieron en 18 L de agua de la llave.

La aplicación del ácido fosfórico se realizó por separado, aplicando 0.5 L•día⁻¹, ya que este compuesto reacciona fácilmente con el calcio, que contiene el Ca (NO₃)₂, provocando su precipitación. Las cantidades de ácido fosfórico que se utilizaron para cada etapa fenológica del tomate se disolvieron en 18 L de agua de la llave.

Cuadro 2. Solución nutritiva aplicada al tratamiento testigo del cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero. UAAAN-UL, 2006-2007.

Solución	1ª fase Plantación	2ª fase floración y cuajado	3ª fase inicio de maduración	4ª fase cosecha
Nitrato de calcio (g)	90	360	475	675
Nitrato de magnesio (g)	20	180	216	360
Nitrato de potasio (g)	55	385	495	825
Zn (EDDHA) (g)	4	14	9	15
Maxiquel multi (g)	2.7	14	18	30
Maxiquel Fe (g)	2.7	14	18	30
Ácido fosfórico (mL)	200	200	200	200

3.10.- Manejo del cultivo

3.10.1.- Aporcado

El aporcado contribuye a favorecer la emisión de raíces adventicias en la porción de tallo cubierta de tierra al aporcar. Simultáneamente, se entierra el tallo tumbado en la arena; el trozo de tallo enterrado debe deshojarse con antelación. El primer aporcado se realizó la segunda semana después del transplante el cual estaba en la etapa de plantación; el segundo aporcado que se realizó fue en la etapa de floración y cuajado.

3.10.2.- Poda

La poda que se llevó a cabo fue la de formación, esta práctica consistió en eliminar las yemas axilares cuando tenían menos de 5 cm de longitud, con la finalidad de conducir la planta a un solo tallo, y se realizó cada tres días para evitar el desarrollo de estas yemas. Los materiales que se utilizaron fueron tijeras previamente esterilizadas en una solución de agua de la llave y cloralex al 10%.

3.10.3.- Entutorado

El entutorado se sustenta en un entramado de alambre, el cual se encuentra sujeto con la estructura del invernadero. Para cada planta se empleó hilo de plástico (rafia de polipropileno) el cual se enreda a la planta sujetando el hilo al tallo y enredando la misma en la planta para poderla guiarla hacia la estructura del invernadero y de esta manera mantenerle en posición vertical.

3.10.4.- Polinización

Cuando inicio la apertura de las flores, se procedió a polinizar cada flor manualmente, con un vibrador (cepillo dental eléctrico), realizando esta actividad a diario por un lapso de tres segundos en un horario de 12:00 a 14:00 horas.

3.11.- Organismos dañinos en el cultivo

3.11.1.- Plagas y enfermedades

Las plagas que se presentaron durante el ciclo del cultivo de tomate fueron las siguientes:

- Mosquita blanca (*Bemisia argentifolii* bellows & perring), para su detección se utilizaron trampas amarillas, el cual consisten en colocar rectángulos de cartón forrados de papel lustrina de color amarillo y por encima de éste un pegamento especial llamado Nomate®, una vez estimada la población se aplicó un insecticida de nombre comercial llamado Bioinsect®, equivalente a una dosis de $2 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$, la aplicación de este insecticida fue por medio de una bomba de mochila con capacidad de 19 litros.

- Gusano alfiler (*Keiferia lycopersicella* Walshingham) para combatirlo se aplicó una dosis equivalente a $2 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ de Bioinsect®, con la bomba de mochila para tener un control sobre esta plaga.
- Pulgones (*Aphis gossypii* Sulz) esta plaga se combatió con el insecticida orgánico Bioinsect® en una dosis equivalente a $2 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$.
- En cuanto a las enfermedades que se presentaron durante el desarrollo del cultivo, se destacan la cenicilla (*Leveillula taurica* Lev. Arnaud) que se presentó a los 65 días después del trasplante aproximadamente, y se combatió con la aplicación del un fungicida orgánico, llamado comercialmente, Cedric® utilizando una dosis equivalente a $1.8 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$. Utilizando para su aplicación una bomba tipo mochila con una capacidad de 19 litros.

3.12.- Variables evaluadas

Las variables que se evaluaron fueron las siguientes: Fecha de germinación, altura de planta, desarrollo y volumen radicular, grosor de tallo, fecha de floración, número de flores por planta, número de frutos por planta, número de cortes y rendimiento.

Rendimiento. Para esta variable se tomó en cuenta la producción de cada corte considerando el tratamiento y la repetición a la que pertenecían los frutos obtenidos, llevando un registro del peso que presentaron, para lo cual se utilizó una balanza digital y así obtener mayor precisión en la toma de datos,

Tamaño del fruto. Para determinar el tamaño del fruto se utilizó un vernier o pie de rey, registrando los diámetros polar y ecuatorial a 2 frutos por racimo, y así sucesivamente en los 6 racimos por planta.

Sólidos solubles. Para determinar los sólidos solubles se utilizó un refractómetro de campo (ATAGO ATC-1E), el procedimiento que se utilizó para esta determinación fue el de partir por la mitad los tomates que se seleccionaron para calidad del fruto, y se colocaron dos gotas del jugo en el refractómetro para registrar la lectura en °Brix, después de cada lectura se tenía que se lavar y se secar perfectamente antes de realizar la siguiente lectura, para evitar errores por la mezcla de jugos de los diferentes frutos.

Número de lóculos. Se contabilizó partiendo el tomate por la mitad con un cuchillo, y después se contaba el número de lóculos que contenía cada tomate.

Grosor de pulpa. El método que se utilizó para cuantificar esta variable fue el de partir los tomates por la mitad, y se utilizó una regla graduada de 30 cm para medir el grosor de pulpa.

3.13.- Diseño experimental

El diseño experimental utilizado en este experimento fue completamente al azar con arreglo factorial 4 x 2: el factor A consistió en los tratamientos y el factor B los genotipos, generando un total de 8 tratamientos y 5 repeticiones por tratamiento.

3.14.- Análisis estadísticos

Se realizó un análisis de de varianza, considerando cada una de las características evaluadas, cuando se encontraron diferencias significativas se

realizó una comparación de medias utilizando la prueba de diferencia mínima significativa (DMS) al 5 %. Los análisis de varianza se llevaron a cabo mediante el paquete estadístico *Statistical Analysis System* (SAS) versión 6.12 (SAS, 1998).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.- rendimiento total de frutos

Para la variable rendimiento se estimó la suma de todos los tomates producidos por planta por tratamiento, se calculó primero el rendimiento por m² y posteriormente el rendimiento por ha. De acuerdo con el análisis de varianza (ANOVA) en la variable rendimiento se obtuvo que los sustratos y genotipos presentaron diferencia estadística altamente significativa ($P < 0.01$), y significativa ($P < 0.05$) en la interacción TXG (Cuadro A1). Con una media de 128.65 t•ha⁻¹ y un coeficiente de variación de 24.9%. Las mejores combinaciones fueron ambos híbridos con el testigo: Miramar con 183.67 y Romina con 161.08 t•ha⁻¹, seguido del tratamiento 25 % de vermicompost con el genotipo Miramar con 146.79 t•ha⁻¹ (cuadro 3).

Estos resultados difieren a lo obtenido por García (2006) quien obtuvo una media de 165 t•ha⁻¹, se reporta que la producción de tomate en mezclas de

vermicompost con arena en tomate bajo invernadero los tratamientos al 12.5% y al 50% fueron estadísticamente iguales con 170.5 y 131.1 t ha⁻¹, respectivamente (Moreno-Reséndez *et al.*, 2004). En tomate en invernadero con fertilizantes y sustratos orgánicos y sintéticos se reporta que al primer racimo los sistemas orgánicos producen más que el sistema convencional presentando rendimientos de 1.5 a 4 kg por planta (Rippy *et al.*, 2004). Rodríguez *et al.* (2005) evaluando un sustrato orgánico en el cultivo de tomate en invernadero señalan que el testigo presentó mayor rendimiento en comparación con el vermicompost además reportan rendimientos de 296 a 150 t•ha⁻¹.

Cuadro 3 Comparación de medias para las variables rendimiento total y número de frutos de tomate en cuatro formas de fertilizantes bajo condiciones de invernadero en el 2006-2007 en la Comarca Lagunera UAAAN-UL 2007.

Tratamiento	Genotipo	Rendimiento (t•ha ⁻¹)	Número de frutos planta ⁻¹
T1	Miramar	136.07 c	26 a
T2	Miramar	106.42 d	22 bc
T3	Miramar	146.79 bc	27 a
T4	Miramar	183.67 a	26 a
T1	Romina	96.10 d	21 c
T2	Romina	105.01 d	20 c
T3	Romina	94.09 d	20 c
T4	Romina	161.08 ab	25 ab
CV		15.06	9.01
DMS		24.96 *	2.70 *
Media		128.65	23

*Genotipos con la misma letra son iguales estadísticamente, DMS al 5%. ** Altamente significativo DMS al 1%. NS= no significativo. T1 Arena:vermicomposta (50%:50%), T2 Arena:vermicompost (66%:34%), T3 Arena:vermicompost (75%:25%) y T4 Arena+Fertilización testigo

Los resultados obtenidos en el presente experimento difieren con Maurilio (2004) quien al evaluar niveles de fósforo en hidroponía en invernadero reporta rendimientos de 204 y 162 t•ha⁻¹. Nuestros resultados no superaron a Esquivel (2006) quien evaluando niveles de NPK en tomate en invernadero reporta un rendimiento de 172.6 t•ha⁻¹.

Zarate (2002) menciona que es posible implementar sistemas de producción en invernadero donde se manejen mezclas de vermicompost + arena que favorezcan el desarrollo de diferentes especies, generando rendimientos y frutos de calidad adecuada. Con los resultados obtenidos se comprueba que el vermicompost favorece el rendimiento y calidad además de reducir los gastos de producción.

Con esto se comprueba en el caso del nivel 25 % de vermicompost usado como fertilizante orgánico aporta elementos nutritivos esenciales para el desarrollo de los cultivos e incrementan de manera considerable el rendimiento del fruto.

4.2.- Número de frutos por planta

Se encontró diferencia altamente significativa ($P < 0.01$) entre tratamiento y genotipos y significativa ($P < 0.05$) en la interacción TXG, en esta variable, el análisis de varianza presentó un coeficiente de variación de 9.01% y una media de 23 frutos por planta (Cuadro A2). La mejor combinación fueron el tratamiento 25 % de vermicomposta y Miramar con 27 frutos también ambos genotipos en el tratamiento testigo: Miramar con 26 frutos y Romina con 25 frutos (cuadro 3). Estos resultados difieren a los obtenidos por García (2006) quien registro una media de 28 frutos•planta⁻¹, esta diferencia pudiera ser por

que en el invernadero donde desarrolló este último experimento se contaba con sistema de calefacción.

4.3.- Altura de planta

En el análisis de varianza mostró diferencia significativa ($P < 0.05$), entre los sustratos y altamente significativa en genotipos ($P < 0.01$), no presentó diferencia significativa en la interacción TXG (cuadro A3) además se encontró una media de 222.1 cm y un coeficiente de variación de 10.8 % mostrados en el (cuadro 4). Lo anterior coincide a lo encontrado por García (2006) quien reporta una media de 225 cm y difiere a lo obtenido por Moreno *et al.* (2005) quienes mencionaron que no existe variación de alturas a diferentes niveles de vermicompost, producidas de diferente fuente. Pero si difiere de lo encontrado por Márquez y Cano-Ríos (2004) mencionan un rango de alturas, obtenidas evaluando porcentajes de composts y sustratos inertes en un ciclo de 135 días, con 141.79 cm. En este experimento registro una altura de 117 cm a los 138 dds. Esta diferencia se debe a la fecha de siembra de ambos experimentos del 4 de agosto a 6 de octubre hay mas unidades de calor en el periodo de agosto que en el de octubre este último presenta mas horas frío en el inicio de crecimiento.

Lo anterior difiere a lo obtenido por Rodríguez *et al.* (2005) evaluando tomate con sustrato orgánico en el cultivo de tomate en invernadero reportaron una altura media de 286 cm. A demás, los resultados obtenidos no coinciden con los mencionado por Aguilar (2002) evaluando tomate de crecimiento indeterminado en invernadero plástico sin calefacción ni sistema de control de temperatura y reportó una altura promedio de 249.3 cm y difieren a los

obtenidos por Ríos, (2002) quien evaluó tomate en invernadero y reportó una

Tratamiento	Altura	Inicio de floración
50:50% arena:vermicompost+LVC	201.2 b	40 bc
66:34% arena:vermicompost+LVC	224.5 a	40 bc
75:25% arena:vermicompost+LVC	223.8 a	43 ab
100% arena+solución nutritiva	239.0 a	44 a
DMS	21.88*	2.43**
Genotipo		
Miramar	233.6 a	39 b
Romina	210.7 b	45 a
DMS	15.47 **	1.71**
Media	222.1	42

media de 200.13 cm. de altura (2.0 m).

Cuadro 4 Variables altura de planta y floración de tomate bajo condiciones de invernadero en octubre-mayo del 2006 - 2007 en la UAAAN-UL.

CV	10.8	6.4
LVC: lixiviado de vermicomposta		

Los anteriores resultados tampoco concuerdan con López (2003) quien evaluando híbridos de tomate en invernadero reportó una media de 253.3 cm. reportando como mayor altura 287.6 cm mientras menor altura fue con 219.8 cm. su menor altura no coincide con la media obtenida en el presente experimento.

4.4.- Inicio de floración al primer racimo

El análisis de varianza mostró diferencia altamente significativas ($P \leq 0.01$) entre tratamientos y genotipos y no significativas en la interacción TXG, además presento una media de 42 días después del transplante (ddt) y un coeficiente de variación de 6.4%. Con seis días de diferencia del genotipo Miramar fue más precoz que Romina (cuadro 4). Estos resultados difieren a los obtenidos por (Lara, 2005) quien reportó para esta variable valores de 64 y 81 días después de siembra (ddt).

4.5.- Inicio de cosecha

De acuerdo con el análisis de varianza se presentó diferencia altamente significativa ($P < 0.01$), para los tratamientos evaluados y no significativo en genotipos ni para la interacción TXG (Cuadro A5). Los tratamientos orgánicos con el 25 y 34% de vermicompost fueron más precoces con un valor de 120 y 122 ddt respectivamente, el testigo fue el más tardío con 132 ddt (cuadro 5).

Cuadro 5 Inicio de cosecha de frutos de genotipos de tomate en cuatro formas de fertilizantes bajo condiciones de invernadero en 2006-2007 en la Comarca Lagunera UAAAN-UL 2007.

Tratamiento	Inicio de cosecha
50:50% arena:vermicompost+LVC	129 a
66:34% arena:vermicompost+LVC	122 b
75:25% arena:vermicompost+LVC	120 b
100% arena+SN	132 a
DMS	
Genotipo	4.83**
Miramar	25
Romina	27
DMS	
Media	126
CV	6.38

*Genotipos con la misma letra son iguales estadísticamente, DMS al 5%. ** Altamente significativo DMS al 1%. NS= no significativo.

4.6.- Número de Nudos

En esta variable el análisis de varianza presentó diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre tratamientos y la interacción TXG y significativas ($P < 0.05$) en genotipos (cuadro A6), mostró una media de 31 nudos y un coeficiente de variación de 7.0% (cuadro 6). Estos resultados difieren a lo reportado por García (2006) quien reporta una media de 58 nudos por planta.

Cuadro 6 Número de nudos de tomate en invernadero en el periodo de octubre-mayo del 2006-2007 en La Comarca Lagunera UAAAN-UL 2007.

Tratamiento	Genotipo	Número de Nudos planta⁻¹
T1	Miramar	29 bc
T2	Miramar	29 bc
T3	Miramar	31 b
T4	Miramar	37 a
T1	Romina	28 c
T2	Romina	31 b
T3	Romina	31 b

T4	Romina	30 bc
CV		7.0
DMS		2.76 **
Media		31

*Genotipos con la misma letra son iguales estadísticamente, DMS al 5%. ** Altamente significativo DMS al 1%. NS= no significativo. T1 Arena:vermicompost (50%:50%), T2 Arena: vermicompost (66%:34%), T3 Arena: vermicompost (75%:25%) y T4 Arena+Fertilización testigo.

4.7.- Calidad de fruto

4.7.1.- Peso del fruto

El análisis de varianza mostró diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los tratamientos y no significativas en genotipos ni la interacción TXG, mostrando una media de 147.9 y 149.5 g respectivamente con un coeficiente de variación de 25.2%. Los tratamientos testigo y 50% de vermicompost presentaron los mayores valores 175.7 y 149.9 g respectivamente (cuadro 7). Los resultados obtenidos en este experimento bajo estas condiciones fueron similares a los obtenidos por Rodríguez (2002) quien encontró un peso promedio de 149.1 g y García (2006) reportó 149.5 g.

Estos resultados difieren en mucho a los obtenidos por Acosta (2003) quien reportó que el tratamiento testigo presentó el mayor peso de fruto con 134.07 g, en dicho experimento el valor más bajo lo presentó el tratamiento con el genotipo Adela al 50% de vermicompost con 134.7 g.

Avalos (2003) evaluando tres cultivares del cultivo de tomate con vermicompost en invernadero encontró diferencias altamente significativas entre los tratamientos, obteniendo el mayor efecto en los tratamientos de 37.5 y 25% de vermicompost en dos genotipos de tomate, Andre con 224.7 g y Adela con 174.7 g al 37.5 % y mientras que para el tratamiento 25% Andre presentó 223.4 g y Adela 139.7 g. Estos resultados no concuerdan con lo obtenido en el

presente experimento ya que el testigo presentó el mayor peso mientras que el tratamiento al 34% de vermicompost quedó en la última posición y estadísticamente igual al resto de los tratamientos.

A demás los resultados difieren con los obtenidos por Rodríguez *et al.* (2005) quienes al evaluar tomate con sustrato orgánico en invernadero reportó un peso promedio de 170.6 g. Los resultados obtenidos no concuerdan con Aguilar (2002) quien reportó un peso de 213.7 g, Ríos (2002) registro valores de 201.7 y 187.1 g, los resultados obtenidos en este experimento difieren con los resultados obtenidos con Ríos (2002).

4.7.2.- Diámetro polar

Para esta variable el análisis de varianza encontró diferencias significativa ($P < 0.05$) en tratamientos y altamente significativas entre los genotipos ($P < 0.01$) y no significativas en la interacción TXG (Cuadro A8), mostrando una media de 5.7 cm con un coeficiente de variación de 3.9 % (cuadro 7). Los tratamientos con mayor valor fue el testigo y con 25% de vermicompost con 5.9 y 5.7 cm respectivamente mientras que el genotipo de mayor diámetro fue el genotipo Romina.

Estos resultados fueron semejantes a lo reportado por García (2006) quien reportó una media de 5.7 cm y Aguilar (2002) quien registro un diámetro polar para los genotipos Andre y Gabriela de 6.1 y 5.0 cm, respectivamente, lo cual no concuerdan con los obtenidos con el presente experimento. López (2003) también determino un diámetro polar de 6.1 cm.

Moreno-Reséndez *et al.* (2004) encontraron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) para esta variable, y los tratamientos con mayores

valores fueron el genotipo Andre al 37.5% de vermicompost y el genotipo Andre al 25% de vermicompost, con 6.51 y 6.88 cm respectivamente. Por su parte Rodríguez *et al.* (2005) evaluando tomate con sustrato orgánico en el cultivo de tomate en invernadero obtuvieron una media de 5.7 cm.

4.7.3.- Forma del fruto

Para la forma del fruto se utilizó el formato técnico de la comercializadora de semillas Hazera (1999) (figura .1). En esta variable se encontró diferencia altamente significativa ($P < 0.05$) entre los tratamientos y genotipos. No significativa en la interacción TXG (cuadro A9), con una media de 3 y un coeficiente de 6.6 %. Miramar presentó forma 3 (achatada profundamente) mientras que Romina presentó forma 2 (globosa), de los tratamientos solo el testigo presenta forma 3 (cuadro 7). Para el caso de los hombros, en su mayoría presentaron una maduración uniforme.



Figura 1 Formato técnico para evaluar forma del fruto Fuente: Hazera (1999).

Cuadro 7 Variable peso del fruto de cuatro formas de fertilización en genotipos de tomate en invernadero en el periodo octubre-mayo del 2006-2007 en La Comarca Lagunera UAAAN-UL 2007.

Sustrato	Peso fruto (g)	de Diámetro Polar (cm)	Forma de fruto
50:50%arena:vermicompost+LVC	149.9 ab	5.6 b	2 b

66:34% arena:vermicompost+LVC	128.5 b	5.6 b	2 b
75:25% arena:vermicompost+LVC	137.9 b	5.7 ab	2 b
100% arena+ SN	175.7 a	5.9 a	3 a
DMS	33.9 *	0.20 *	0.15 **
Genotipo			
Miramar	156.3	5.6 b	2.68 a
Romina	139.6	5.9 a	2.49 b
DMS	NS	0.14**	0.1 **
Media	147.9	5.7	3

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

4.7.4.- Diámetro ecuatorial

En el cuadro A10 se presenta la comparación de media en el cual se puede observar que existió diferencias significativas entre tratamientos y genotipos ($P < 0.01$) y significativo en la interacción TXG mostrando una media de 6.9 cm y un coeficiente de variación de 3.8 % (cuadro 8). Los resultados obtenidos en el presente trabajo superaron a los reportados por García (2006) quien reportó una media de 6.2 cm y no superaron a los obtenidos por Ríos (2002) quien evaluando genotipos de tomate bola en condiciones de invernadero registro una media de 7 cm. Mientras que López (2003) evaluando 7 genotipos en invernadero reportó una media de 6.6 cm de diámetro. Los resultados obtenidos superan a los obtenidos por Rodríguez (2002) quien evaluando 5 genotipos de tomate en invernadero en dos años reporta una media de 5.3 cm.

4.7.5.- Sólidos solubles

El análisis de varianza (cuadro A11) no registró diferencia estadística significativa entre las fuentes de variación tratamientos, genotipos ni la

interacción TXG mostrando una media de 4.6 °Brix y un coeficiente de variación de 13.5 % (cuadro 8). Estos resultados difieren a lo encontrado por García (2006) quien reporta una media de 4.1 evaluando tomate con fertilizantes orgánicos. Los resultados obtenidos en este experimento se encuentran por encima de lo mencionado por Osuna (1983) quien afirmó que para tener un fruto de calidad es necesario que tenga un valor de 4 o mayor cantidad y estos genotipos presentaron este valor lo que se considera de buena calidad. Los resultados obtenidos superan a los obtenidos por Bugarin–Montoya *et al.* (2002) quienes obtuvieron valores de 3.9 a 4.2 °Brix, igualmente, difieren a los mencionados por Márquez y Cano (2004) que reportaron valores de 4.3 y 4.7 °Brix, y concuerdan con los obtenidos por Ortega-Farías *et al.* (2003) y Moreno-Reséndez *et al.* (2005).

Estos resultados no concuerdan con Ríos (2002) quien obtuvo una media de 5.42 °Brix, y Santos (2002) evaluando genotipos de tomate bola registro valores de 5.5 y 4.5 °Brix.

Los resultados obtenidos coinciden con Diez (1995) quien afirma que el tomate destinado para procesado y consumo en fresco, el contenido de los sólidos solubles (°Brix) se sitúa entre 4.5 y 5.5 ° Brix, y los obtenidos en este experimento están dentro de estos valores. A demás estos resultados concuerdan con los obtenidos por Rodríguez (2002) quién evaluando tomate en invernadero y reportó una media de 4.84 °Brix.

Cuadro 8 Las variables diámetro ecuatorial, sólidos solubles y espesor de pulpa de fruto de tomate en los tratamientos evaluados en mezclas de vermicomposta-arena bajo condiciones de invernadero, en el ciclo 2006-2007 en la Comarca Lagunera. UAAAN-UL, 2007.

Tratamiento	Genotipo	Diámetro Ecuatorial (cm)	Sólidos solubles °Brix	Espesor de pulpa (cm)
T1	Miramar	6.98 bc	4.9	0.80 b
T2	Miramar	6.56 c	4.6	0.72 cd
T3	Miramar	6.92 c	4.9	0.76 bc
T4	Miramar	7.60 a	4.4	0.98 a
T1	Romina	6.46 c	4.9	0.70 cd
T2	Romina	6.68 c	4.4	0.68 d
T3	Romina	6.50 c	4.4	0.70 cd
T4	Romina	7.46 a	4.5	0.80 b
CV		3.8	13.5	7.1
DMS		0.53 *	NS	0.07 *
Media		6.9	4.6	0.76

*Genotipos con la misma letra son iguales estadísticamente, DMS al 5%. ** Altamente significativo DMS al 1%. NS= no significativo. T1 Arena: vermicomposta (50%:50%), T2 Arena: vermicomposta (66%:34%), T3 Arena: vermicomposta (75%:25%) y T4 Arena+Fertilización testigo

4.7.6.- Espesor de pulpa

Al realizar el análisis de varianza presentó diferencias estadística altamente significativa ($P < 0.01$), entre tratamientos y genotipos y significativas en la interacción TXG ($P < 0.05$) con una media de 0.76 y un coeficiente de variación de 7.1 % (Cuadro 8).

El espesor obtenido difiere de lo encontrado por García (2006) quien reportó 0.71 cm y Márquez y Cano (2004) registraron un promedio de 0.79 cm de espesor de pulpa. También, los resultados no coinciden con Ríos (2002) registro una media de 0.90, y valores para el mayor espesor con 0.94 cm y menor espesor de pulpa 0.86 cm. También López (2003) reporta una media de

0.9 cm, y difieren con lo reportado por Aguilar (2002) reporta para el genotipo Andre un espesor de pulpa de 0.8 cm.

4.7.7.- Número de lóculos

El análisis de varianza no registró diferencias significativa entre los tratamientos ni la interacción TXG, pero si presentó diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre genotipos, presentando una media de 3.4 y un coeficiente de variación de 8.6 % (cuadro A12).

Los resultados del presente experimento concuerdan con Aguilar (2002) el cual reportó para los híbridos Andre y Gabriela 4.9 y 3.2 lóculos por fruto respectivamente. Lo anterior coincide con lo obtenido por Rodríguez *et al.* (2005) evaluando tomate con sustrato orgánico en el cultivo de tomate en invernadero reportó una media de 4 loculos. Y difiere a lo obtenido por Márquez y Cano (2004) reportan en esta variable 6 loculos.

En esta variable Acosta (2003) evaluando tomate en invernadero con niveles de vermicompost no encontró diferencia significativa y reportó de 4 lóculos y difieren a los reportados por Avalos (2003) evaluando tomate en invernadero encontró que los genotipos Adela y Andre mostraron el valor más alto en el tratamiento al 37.5 % de vermicompost con 5 y 4.8 lóculos por fruto por lo que tuvo efectos satisfactorios.

Los resultados obtenidos en esta variable concuerda a lo mencionado por Sánchez (2003), quien evaluando tomate en vermicomposta reporta la variedad Max con 4 lóculos.

V. CONCLUSIONES

En altura de planta fueron estadísticamente iguales los tratamientos 34 y 25 % de vermicompost al tratamiento testigo, el genotipo Miramar destaca con 233 cm de altura. En floración los tratamientos mas precoces fueron 50 y 34 % de vermicompost. Para el contenido de nudos la mejor combinación fue el tesigo con el genotipo Miramar. Con 37 nudos.

En rendimiento ambos híbridos con el tratamiento testigo, seguido de la combinación Miramar con el 25 % de vermicompost presentaron los más altos rendimientos. El genotipo Miramar con $143.3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ superó con 25.5% en rendimiento a Romina. Mientras que el Testigo con fertilización inorgánica con $172.37 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ superó en 43% al mejor tratamiento orgánico al 25% de vermicompost.

Los tratamientos de la mezcla vermicompost-arena (25:75%) más lixiviados de vermicompost pueden ser ampliamente recomendados para la producción orgánica de tomate bajo condiciones de invernadero puesto que el cultivo de tomate resultó mas precoz que el tratamiento testigo con 12 días de diferencia, con esto se puede comprobar que el vermicompost se puede considerar un medio de crecimiento para producción orgánica en invernadero, además de reducir costos de producción en cuanto a manejo de fertilizantes aplicados al cultivo.

VI. RESUMEN

La producción de tomate en invernadero con riego por goteo y sustrato de arena con vermicompost permite que las plantas se desarrollen con mayor vigor incrementando su rendimiento y calidad.

Durante el Otoño-Invierno del 2006- 2007 se estableció un experimento de tomate en invernadero con riego por goteo y como sustrato de crecimiento

mezclas de arena con vermicompost mas la aplicación de lixiviado de vermicompost (LVC), con el objetivo de determinar el comportamiento de dos genotipos de tomate indeterminado. La siembra se efectuó el día 6 de octubre para el genotipo Miramar y para el genotipo Romina se sembró el día 20 de octubre del 2006, ambos en charolas germinadoras de 200 cavidades, con sustrato de Peat Most, el transplante se realizó a los 25 dds en macetas de 20 kg. Se usó como sustrato la mezcla de vermicompost:arena (previamente esterilizada). La mezcla de vermicompost con arena se realizó con diferentes niveles de ambos materiales, se instalaron en doble hilera con arreglo a tresbolillo espaciadas a 30 cm entre plantas. El diseño experimental fue completamente al azar con cinco repeticiones con un arreglo factorial 4x2 y la unidad experimental de 40 plantas. Donde los factores de estudiado fueron dos factor: A sustratos: T1= Arena: vermicomposta+LVC (50%:50%), T2= Arena: vermicompost+LVC (66%:34%), T3= Arena: vermicompost+LVC (75%:25%) y T4= Arena+solución nutritiva (testigo) y como factor B genotipos: Miramar y Romina.

Se obtuvieron rendimientos de 183.67 t ha⁻¹ (Miramar testigo) y 146.79 t ha⁻¹ (Miramar 25% de vermicompost) con un peso promedio del fruto que varia de 175.7 a 128.5 g el tamaño del fruto que esta dado por medias longitudinales y ecuatoriales en cm., fue el genotipo Miramar quien presento el mayor tamaño. En la variable solidó soluble no presentaron efecto los tratamientos ni genotipos.

VII. LITERATURA CITADA

Abarca, S. J. 2007. Producción de hortalizas a cielo y bajo protección. Pesa, México. Pp.16

Acosta, B. B. 2003. Producción orgánica de hortalizas con vermicomposta bajo condiciones de invernadero en la comarca lagunera. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila. México.

Acuña, V. J. Esquivel, F. D. Y Valverde, S. F. 2002. Proyecto de inversión de la agricultura orgánica. Universidad Nacional de Costa Rica.

- Aguilar, C. P. 2002. Rendimiento y calidad de dos híbridos de tomate bola (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila. México. Pp 46.
- Antón, A., Montero J. I. Y Muñoz P. A. (s/f). Necesidades de agua del cultivo de tomate en invernadero. Comparación con el cultivo al aire libre, pp. 369 - 374. disponible en: <http://www.aeclim.org/3congr/anton.pdf>. Fecha de acceso: 14/09/07
- Asociación Biológica Agraria de Canarias (ABAC). 2004. Revista de la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación del Gobierno de Canarias. 72:8-10. Disponible en: <http://www.gobcan.es/agricultura/otros/publicaciones/revista/agricultura72.pdf>. Fecha de recuperación: 15/10/07
- 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. 47 p.
- Blanco-Sandoval, J. O. (s/f). Acondicionadores y mejoradores de suelo: Instituto Colombiano Agropecuario, pp. 16-20 Disponible en: http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/2006718153746_Acondicionadores%20y%20mejoradores%20de%20suelo.pdf. Recuperado el: 30/10/07
- Brechelt, A. (s/f). Manual práctico para la lombricultura. Fundación Agricultura y Medio Ambiente. 13 p. Disponible en: http://www.rap-al.org/articulos_files/Manual_lombricultura.pdf. Acceso: 15/10/07
- Bugarin-Montoya R, A., Galavis, S, Sánchez, G. S. and García, P. D. 2002. Demanda de potasio del tomate tipo saladette. Terra 20: 391-399.
- Burés, S. 1997. Sustratos. España, Ediciones Agrotecnia S. L. pp. 7-18.
- Calderón, O. A. (s/f). Sustratos agrícolas. Facultad de Ciencias Agronómicas Universidad de Chile. pp. 4 Disponible en: <http://www.biosustratos.cl/pdf/Sustratos%20agricolas1.pdf>. Fecha de recuperación 29/10/07
- Camilo, V. J., Y Mandoza, V. M. 2007. Elaboración de abono orgánico. Instituto Educativo German Vargas. Pp. 4-10. Disponible en: http://www.cordoba.gov.co/ondas/Ciencias_Basicas/proyectos_cb/ficha_cb15.pdf. Acceso: 30/10/07
- Cano-Ríos, P., Rodríguez, D., N.,chew, M. Y. I., Jimenes. D. F., And Nava. C.U. 2002. Identificación de las plagas y enfermedades del tomate bajo condiciones de invernadero. In: Memoria de la XIV semana internacional de agronomía FAZ- UJED.

- Cano-Ríos, P, Moreno, R. A., Márquez C. H., Rodríguez D. N., And Martínez, C. V. 2004. Producción orgánica de tomate bajo invernadero en la comarca lagunera. In: Memoria del IV simposio internacional de horticultura. Invernaderos diseño, manejo y producción. Octubre 13,14y 15. Torreón Coahuila.
- Carmen, F. And Morales, B. 2003. Los abonos orgánicos Vs los abonos inorgánicos. SEPIA X. Pp. 2. Disponible en: http://www.sepia.org.pe/apc-aa/img_upload/775af77daab7e80bec63351aed95f78a/carmenfm.pdf. Acceso: 30/10/07
- Casco, C. A., e Iglesias, M. C. 2005. Producción de biofertilizantes líquidos a base de lombricompuesto. Universidad Nacional del Nordeste, Argentina. Disponible en: <http://www.unne.edu.ar/Web/cyt/com2005/5-Agrarias/A-063.pdf>. Acceso: 15/10/07
- Castillo, A. E., Quarín, S. H. Y Iglesias, C. M. 2000. Caracterización química y física de compost de lombrices elaboradas a partir de residuos.
- Castro, B. R., y Pérez, G. M. 1999. Guía para la Producción Intensiva de Jitomate en Invernadero. Boletín de Divulgación No. 3. Programa Universitario de Investigación y Servicio en Olericultura. UACH, México. Pp 27.
- Centro Nacional de Investigaciones, Relación Agua- Suelo- Planta- Atmósfera, (CENID-RASPA). 2003. Datos climáticos históricos de 1975 al 2000. Gómez Palacio Dgo. Méx.
- Comisión Nacional del Agua (CNA). 2002. Gerencia regional. Cuencas Centrales del Norte, Subgerencia Regional Técnica y Administrativa del Agua. Torreón, Coahuila.
- Cruz - Rodríguez, R. A. (s/f). Aprovechamiento de residuos orgánicos a través de composta y lombricomposteo. UAAAN. Pp. 1-14. Disponible en: http://www.uaaan.mx/academic/Horticultura/Memhort05/aprov_residuos.pdf. Fecha de acceso: 26/10/07
- Escalón, E., Y Luna, R. 2003. Agricultura orgánica, alternativa para mejorar los productos y coadyuvar el equilibrio ecológico. Universidad Veracruzana, pp. 70-72. Disponible en: <http://www.uv.mx/gaceta/Gaceta70/70/ser/seraca03.htm>. Fecha de acceso: 26/10/07
- Esquivel, R. M. C. 2006. Relación de N:P:K, en el rendimiento y calidad de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) hidropónico en invernadero. Tesis nivel de maestría. UAAAN UL. Torreón Coahuila, México.
- Fernández, Z. M. 2003. Evaluación agronómica de sustancias húmicas derivadas del humus de lombriz. Santiago, Chile. Pp.5. Disponible en:

http://www.uc.cl/agronomia/d_investigacion/Proyectos/ProyectosTitulos/pdf/MarcelaFernandez.pdf. Acceso: 01/11/07

- García, V. G. 2006. Evaluación de genotipos de tomate con fertilización bajo condiciones de invernadero. Tesis de licenciatura. Universidad autónoma agraria Antonio narro unidad laguna. Torreón Coah. Méx.
- Gómez, T. L., y Gómez, C. M. A. 2003. Agricultura orgánica en México. Universidad Autónoma Chapingo. México. 19 p. Disponible en: http://dlc.dlib.indiana.edu/archive/00001546/00/GomezTovar_Agricultura_040508_Paper407f.pdf. Fecha de acceso: 10/10/07
- Hazera. 1999. Quality seed tomate. Ficha técnica, Israel. pp 2.
- Hernández, D. M. I., Chailloux, L. M. y Ojeda, V. A. 2006. Cultivo protegido de las hortalizas, ciencia y tecnología. Vol. 10. pp. 25. Disponible en: <http://www.utm.mx/~temas/temas-docs/ensayo4t30.pdf>. Fecha de acceso: 29/10/07
- Hernández, M. C., Cano, R. P., Chef, M. Y. I., Moreno, R. A., And Norma, R. D. 2006. Sustratos en la producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. Revista chapingo serie horticultura, 12 (2). Pp. 183-189.
- Iskander, C. R. 2002. Manejo de sustratos para la producción de plantas ornamentales en maceta. Dallas, Texas, pp 2 Disponible en: <http://www.uaaan.mx/academic/Horticultura/Memhort02/Ponencia06.pdf> f. Recuperado: 29/10/07
- Jara – Peña, E., Villegas, A., Sánchez P., Trinidad, A., Muratalla A. Y Martínez, A. 2003. Crecimiento vegetativo de frambuesa (*Rubus idaeus* L.) 'Autumn bliss' con la aplicación de vermicomposta asociada con lupino (*Lupinus mutabilis* Sweet.), Revista Peruana de Biología, 10(1), Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1727-99332003000100005&script=sci_arttext . Fecha de acceso: 26/10/07
- Jaramillo, J. (s/f). Tomate bajo invernadero. Corporación colombiana de investigación agropecuaria. Pp. 1-22.
- Lara, C. E. 2005, evaluación de genotipos de tomate orgánico bajo invernadero en la comarca lagunera, Tesis de Licenciatura UAAAN-UL, Torreón Coahuila, México pp. 33 y 54.
- Larenas, B. F., Y Barrios, C. O. 2004. Construcción de un invernadero, santiago, chile. Pp. 4. Disponible en: http://www.fucoa.gob.cl/pdf_zip/capacitacion/manual_invernadero.pdf. Fecha de acceso: 29/10/07
- Leblanc H. A., Cerrato M. E., Miranda A Y Valle G., (2007). Determinación de la calidad de abonos orgánicos a través de bioensayos. Tierra Tropical. 3 (1):97- 107. Disponible en: <http://usi.earth.ac.cr/tierratropical/archivos->

de-usuario/Edicion/46_v3.1-10_Leblanc.pdf . Fecha de recuperación:
18 de octubre de 2007

- Limón, G. L. H., Juárez, G. A. A., García, P. R., Pérez, P. R. y Fogoaga, C. D. 2005. Manual de agricultura orgánica. Regulación y promoción de productos orgánicos, Chicoasén, Chiapas. Pp. 15.
- López, E. J. 2003. Producción de siete híbridos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero en otoño - invierno. Tesis. Licenciatura Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón Coahuila, México. Pp. 82.
- Luévano, G. A. Y Velásquez, G. N. E. 2001. Ejemplo singular en los agronegocios estiércol vacuno: problema ambiental a excelente recurso. Revista Mexicana de Agronegocios, 5 (10), UAAAN. Pp. 1-16. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/141/14100905.pdf>. Acceso: 01/11/07
- Macias, R. H., Romero, F. E. Y Martínez, S. J. 2003. Agricultura protegida, Cap. 6, Invernaderos de plástico. INIFAP CENID-RASPA, Gómez palacios Durango. Pp. 13
- Márquez, H. C. Y Cano-Ríos, P. 2004. Producción de tomate orgánico bajo invernadero, En: 2do. Simposium Internacional de Producción de Cultivos en Invernadero. Del 20 y 21 de mayo 2004 en Monterrey Nuevo León, fundación UANL y facultad de agronomía de UANL. Pp1-11.
- Maulio, A. 2004. Evaluación de fósforo en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* mill.) bajo condiciones de invernadero e hidroponía. Tesis de licenciatura. UAAAN-UL. Torreón Coahuila México, p. 86.
- Meléndez, G. y Soto, G. (s/f). Conociendo los abonos orgánicos. Asociación costarricense de la ciencia del suelo. Pp.1-6. Disponible en: http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/brochure_gloria.pdf. Fecha de acceso: 26/10/07
- Melgar, R., Alvarez, H. M.Y Nogales, R. 2003. Oli-21 Potencialidad del compost y vermicompost de alperujo para reducir la infección de semillas de guisante por *pythium ultimum*, Dpto. Agroecología. Estación Experimental del Zaidin. Granada, España. Pp. 1-5.
- Mora, L. 1999, Sustratos para cultivos sin suelo o hidroponía, In: II simposium congreso Nacional de horticultura. pp. 95-99 Disponible en: <http://www.uaaan.mx/academic/Horticultura/Memhort02/Ponencia06.pdf> f. Fecha de acceso: 16/10/07
- Moreno - Reséndez. A. 2005. Origen, importancia y aplicación de vermicomposta para el desarrollo de especies hortícolas y ornamentales. Departamento de suelos, UAAAN-UL. Disponible en:

<http://www.uaaan.mx/academic/Horticultura/Memhort05/vermicomposta.pdf>. Fecha de acceso: 26/10/07

- Moreno, R. A, Valdés, P. M. T.Y L T Zarate, L. T. 2005. Desarrollo de tomate en sustrato de vermicomposta/arena bajo condiciones de invernadero. *Agricultura Técnica (Chile):65(2):27-34.*
- Moreno, R. A., And Aguilera, G. S. 2002. Efecto de la vermicomposta en chile chilaca (*capsicum annuum l.*) bajo condiciones de invernadero. UAAAN-UL. Torreón Coahuila. Disponible en: http://www.uaaan.mx/academic/Horticultura/Memhort03/Cartel_01.pdf
- Moreno-Reséndez A., Gómez, F. P. L., Cano, R. P., Martínez, C. V., Carrillo, J. J. and Márquez, C. H. 2004. Comportamiento de genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en mezclas de vermicomposta y arena Bajo condiciones de invernadero. *In: Memoria de la XV Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED en Gómez Palacio Dgo. Septiembre 2004.*
- Navarro, R. A. 2003. Guía para hacer compost en forma aeróbica. CESTA Amigos de la Tierra. 23 p. Disponible en <http://www.cestafoe.org/recursos/pdfs/5modsolid.pdf>. Fecha de recuperación: 15/10/07
- Ortega-Farías S., Ben, H. L., Valdez, H. and Paillan, H. 2003. Efecto de cuatro láminas de agua sobre el rendimiento y calidad de tomate de invernadero producido en primavera verano. *Agricultura Técnica (Chile). 63(4):394-402.*
- Ortigosa – Rivas, C. (s/f). Humus de lombriz. Barcelona. 2 p. Disponible en: <http://www.compostadores.com/admin/articulos/editor/img-articulos/humusdelombriz.pdf>. Fecha de acceso: 19 de octubre de 2007.
- Osuna, G. A. 1983. Resultados de la investigación Tomates para uso industrial en el Edo. de Morelos, 1980- 1982., SarH. INIA, CITAMC CAEZ. México.
- Pacheco-Abrahán, J. A. (s/f). Fundamentos técnicos para la construcción de invernaderos. Fundación Produce Sinaloa. Disponible en: http://www.fps.org.mx/imagenes/que_hacemos/publicaciones/libros/test/produccion%20de%20hortalizas%20bajo%20invernadero.pdf Fecha de acceso: 05/10/07.
- Palacios, G. A.1990. Tesis Efecto del regulador Biozime en Tomate en la Comarca Lagunera. Torreón Coah Pag. 14
- Ramiro-Sandoval, R. 2002. Efecto de la micorriza arbuscular y vermicomposta sobre el desarrollo en vivero y campo de papaya (*Carica papaya* L.).

Universidad de Colima, Maestría en ciencias, área de Biotecnología.Pp.14.

- Requejo, L. R., Escobedo, B. L. y García, O. H. 2004. Producción y calidad del tomate bajo el cultivo sin suelo. (Production and quality of tomato in soil-less culture), pp. 7 Y 9.
- Reyes-Alemán, C. J., Ferrera, C. R., Y Alarcón, A. 2001. Aplicación de vermicomposta y hongos micorrízicos en la producción de planta de aguacate en vivero. Fundación Salvador Sánchez Colín, CICTAMEX S.C. estado de México. Pp. 80.
- 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 59p.
- Rippy, F. M. J., Peet, M. M., Louws, J.F., Nelson, V. P., Orr, B. D. and Sorensen, A. K. 2004. Plant development and harvest yield of greenhouse tomatoes in six organic growing systems. HortScience 39(2):223-229.
- Roca, L., y Serrano, V. 2003. Perspectiva ambiental de compostaje. Fundación Terra. 12 p.
- Rodríguez, D. N. 2002. Producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero en otoño-invierno en la Comarca Lagunera. Tesis nivel de maestría. UAAAN UL. Torreón Coahuila, México. Pp. 15, 18 y 76.
- Rodríguez, D. N., Favela, Ch. E., Cano R. P., Palomo G. A and Moreno, R. A. 2005. Evaluación de sustratos en la producción orgánica de tomate bajo condiciones de invernadero. In: XI congreso nacional Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas. UACH. Chihuahua, Chi. México. del 27 al 29 de septiembre del 2005.
- Rodríguez, P. A., And Ibarra, J. L.1991. Semiforzado de cultivos mediante el uso de plásticos. Editorial, Limusa, S.A. de C.V. pp. 13
- Rosales, F. E., Belalcázar, C. S., And Pocasangre, L. E. 2004. Producción y comercialización de banano orgánico en la región del alto beni. Manual practico para productores. Pp. 23. Disponible en: <http://www.bioversityinternational.org/publications/Pdf/1098.pdf>. Fecha de acceso: 26/10/07
- Saavedra, G. M.2007. Biodegradación de alperujo utilizando hongos del genero pleurutus y anélidos de la especie *Eisenia fétida*. Universidad de Granada-departamento de biotecnología. Pp. 58.
- SAGARPA.2002. Resumen agrícola, región lagunera. Sub-delegación de planeación y desarrollo rural. Torreón Coahuila.

- Salas, A. J. (s/f). Procesamiento de estiércol para la producción de abono orgánico. INIA. Barquisimeto, Venezuela. Disponible en: http://www.bioteccaprina.inia.gob.ve/cursos_y_talleres/Procesamiento%20del%20estiercol%20para%20la%20produccion%20de%20abono%20organico.pdf. Recuperado: 01/10/07
- Samperio - Ruiz, G. 2004. Un paso mas en la hidroponía. Editorial Diana S. A de C. V. México. pp. 57-70.
- Sánchez, H. J. J. 2003, Evaluación de Tomate bajo condiciones de Invernadero en dosis de vermicomposta en primavera-verano en la comarca lagunera, tesis de licenciatura, UAAAN-UL, Torreón Coahuila, México, p. 58.
- Santiago-Larco, R. E. 2004. Desarrollo y evaluación de lixiviados de compost y lombricompost para el manejo de sigatoka negra (*mycosphaerella fijiensis* morelet), en plátano. Turrialba, Costa Rica. Pp. 1-89.
- Santos, J. C. 2002. Rendimiento y calidad de tres híbridos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero con fertirrigación. Tesis de licenciatura. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila, México. Pp. 52.
- Saray - Siura C. (s/f), Uso de abonos orgánicos en la producción de hortalizas, curso de agroecología, Disponible en: <http://www.lamolina.edu.pe/FACULTAD/Agronomia/horticultura/Html/agroecologiaapunte/AGROECOL.%20Abonos%20Org%C3%A1nicos.pdf> Fecha de acceso: 10/10/07
- SAS (1998) el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS) versión 6.12. Edition Cary N.C. United States of America.
- Serrano, C. Z. 2002. Construcción de invernaderos. 2da. Edición. Editorial Mundi-Prensa, pp. 41 y 42.
- Shany, M. 2004. Producción de hortalizas en condiciones tecnificadas, Pp 3 y 4, Disponible en: http://www.iica.int.ni/Estudios_PDF/Cultivo_Invernad.pdf: Fecha de acceso 21/09/07.
- Toral, F. R. J., Carreón, A. J., Martínez, R. J. L., Rodríguez, R. R., Y Casas, S. J. F. 2005. Niveles de fertilización orgánica mediante la vermicomposta en el cultivo de jamaica. Avances en la investigación científica en el CUCBA. Pp. 196.
- Trinidad, S. A. 2000. El uso de abonos orgánicos en la producción agrícola, Sistemas de Agronegocios Agrícolas, Instituto de Recursos Naturales, Colegio de Posgraduados, Chapingo, México pp. 1-6.

- Urrestarazu, G. M. 2004. Tratado de cultivo sin suelo, 3ra. Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Pp. 116.
- Valenzuela, O. Y Gallardo, C. 2003. Sustratos hortícolas. Congreso Argentino de Floricultura y Plantas Ornamentales. pp. 26.
- Zarate, L.T. 2002. Respuesta fisiológica del tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) en cuatro sustratos de vermicomposta en diferentes niveles. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Laguna. Torreón, Coahuila, México. 63 p.
- Zulueta R. R, Trejo A. D, Laura C. L, López M. H. Y Moreira A. C. E. 2006. Los abonos naturales. Revista de Divulgación Científica y Tecnología de la Universidad Veracruzana. 19(2). Disponible en: <http://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol19num2/articulos/abonos/index.html>. Fecha de acceso: 18 de octubre de 2007.

VIII. APÉNDICE

Cuadro A1. Cuadrados medios y significancia estadística de los ANOVA realizados, para la variable rendimiento para la producción de tomate en invernadero en el periodo Octubre – Mayo (2006-2007) en la UAAAN-UL.

FV	GI	SC	CM	F	P> F
Tratamiento	3	26630.3	8876.7	23.64	0.0001**
Genotipo	1	8508.3	8508.3	22.66	0.0001**
TXG	3	3709.8	1236.6	3.29	0.0329*
Error	32	12014.6	375.4		
Total	39	50863.2			
CV %	15.06				
Media	128.65				

** Altamente significativo al 1% * significativo al 5 % y NS no significativo

Cuadro A2. Cuadrados medios y significancia estadística de los ANOVA realizados, para la variable numero de fruto por planta para la producción de tomate en invernadero en el periodo Octubre – Mayo (2006-2007) en la UAAAN-UL

FV	GI	SC	CM	F	P> F
Tratamiento	3	97.60	32.53	7.37	0.0007**
Genotipo	1	168.10	168.10	38.10	0.0001**
TXG	3	55.50	18.50	4.19	0.0131*
Error	32	141.20	4.41		
Total	39	462.40			
CV %	9.01				
Media	23.30				

** Altamente significativo al 1% * significativo al 5 % y NS no significativo.

Cuadro. A3. Cuadrados medios y significancia estadística de los ANOVA realizados, para la variable altura en la producción de tomate en invernadero en el periodo Octubre – Mayo (2006-2007) en la UAAAN-UL.

FV	GI	SC	CM	F	P> F
Tratamiento	3	7321.9	2440.6	4.2	0.0126*
Genotipo	1	5267.0	5267.0	9.1	0.0049**
TXG	3	4519.1	1506.3	2.6	0.0684NS
Error	32	18464.3	577.0		
Total	39	35572.5			
CV %	10.81				
Media	222.1				

** Altamente significativo al 1% * significativo al 5 % y NS no significativo

Cuadro A4 Cuadrados medios y significancia estadística de los ANOVA realizados, para la variable inicio de floración para la producción de tomate en invernadero en el periodo Octubre – Mayo (2006-2007) en la UAAAN-UL.

FV	GI	SC	CM	F	P> F
Tratamiento	3	141.28	47.09	6.61	0.0013**
Genotipo	1	416.02	416.02	58.36	0.0001**
TXG	3	41.362	13.78	1.93	0.1439NS
Error	32	228.10	7.12		
Total	39	826.77			
CV %	6.38				
Media	41.80				

** Altamente significativo al 1% * significativo al 5 % y NS no significativo.

Cuadro A5. Cuadrados medios y significancia estadística de los ANOVA realizados, para la variable inicio de cosecha para la producción

de tomate en invernadero en el periodo Octubre–Mayo (2006-2007) en la UAAAN-UL

FV	GI	SC	CM	F	P> F
Tratamiento	3	959.3	319.7	11.3	0.0001**
Genotipo	1	25.6	25.6	0.9	0.3481NS
TXG	3	73.4	24.28.2	0.8	0.4684NS
Error	32	903.2	28.2		
Total	39	1961.5			
CV %	4.2				
Media	125.7				

** Altamente significativo al 1% * significativo al 5 % y NS no significativo

Cuadro A6. Cuadrados medios y significancia estadística de los ANOVA realizados, para la variable número de nudos para la producción de tomate en invernadero en el periodo Octubre – Mayo (2006-2007) en la UAAAN-UL

FV	GI	SC	CM	F	P> F
Tratamiento	3	133.65	44.55	9.67	0.0001**
Genotipo	1	22.50	22.50	4.88	0.0344*
TXG	3	93.71	31.23	6.78	0.0011**
Error	32	147.50	4.60		
Total	39	397.36			
CV %	7.00				
Media	30.63				

** Altamente significativo al 1% * significativo al 5 % y NS no significativo.

Cuadro A7. Cuadrados medios y significancia estadística de los ANOVA realizados, para la variable peso del fruto para la producción de tomate en invernadero en el periodo Octubre – Mayo (2006-2007) en la UAAAN-UL

FV	GI	SC	CM	F	P> F
Tratamiento	3	12534.11	4178.03	3.01	0.0444*
Genotipo	1	2792.24	2792.24	2.01	0.1656NS
TXG	3	6187.36	2062.45	1.49	0.2367NS
Error	32	44388.25	1387.13		
Total	39	65901.97			
CV %	25.16				
Media	147.98				

** Altamente significativo al 1% * significativo al 5 % y NS no significativo

Cuadro A8. Cuadrados medios y significancia estadística de los ANOVA realizados, para la variable diámetro polar para la producción de tomate en invernadero en el periodo Octubre – Mayo (2006-2007) en la UAAAN-UL

FV	GI	SC	CM	F	P> F
Tratamiento	3	0.64	0.21	4.08	0.0146*
Genotipo	1	0.84	0.84	16.06	0.0003**
TXG	3	0.43	0.14	2.76	0.0585NS
Error	32	1.67	0.05		
Total	39	3.59			
CV %	3.99				
Media	5.73				

** Altamente significativo al 1% * significativo al 5 % y NS no significativo

Cuadro A9. Cuadrados medios y significancia estadística de los ANOVA realizados, para la variable forma del fruto para la producción de tomate en invernadero en el periodo Octubre – Mayo (2006-2007) en la UAAAN-UL

FV	GI	SC	CM	F	P> F
Tratamiento	3	1.78	0.59	20.47	0.0001**
Genotipo	1	0.34	0.34	11.80	0.0017**
TXG	3	0.21	0.07	2.45	0.0819NS
Error	32	0.92	0.02		
Total	39	3.26			
CV %	6.58				
Media	2.58				

** Altamente significativo al 1% * significativo al 5 % y NS no significativo

Cuadro A10. Cuadrados medios y significancia estadística de los ANOVA realizados, para la variable diámetro ecuatorial para la producción de tomate en invernadero en el periodo Octubre – Mayo (2006-2007) en la UAAAN-UL

FV	GI	SC	CM	F	P> F
Tratamiento	3	5.43	1.81	26.12	0.0001**
Genotipo	1	0.57	0.57	8.30	0.0070**
TXG	3	0.62	0.20	3.01	0.0446*
Error	32	2.22	0.06		
Total	39	8.85			
CV %	3.82				
Media	6.89				

** Altamente significativo al 1% * significativo al 5 % y NS no significativo

Cuadro A11. Cuadrados medios y significancia estadística de los ANOVA realizados, para la variable sólidos solubles para la producción de tomate en invernadero en el periodo Octubre – Mayo (2006-2007) en la UAAAN-UL

FV	GI	SC	CM	F	P> F
Tratamiento	3	1.26	0.42	1.09	0.3679NS
Genotipo	1	0.34	0.34	0.88	0.3545NS
TXG	3	0.51	0.17	0.44	0.7254NS
Error	32	12.40	0.38		
Total	39	14.52			
CV %	13.47				
Media	4.62				

** Altamente significativo al 1% * significativo al 5 % y NS no significativo

Cuadro A12. Cuadrados medios y significancia estadística de los ANOVA realizados, para la variable espesor de pulpa para la producción de tomate en invernadero en el periodo Octubre – Mayo (2006-2007) en la UAAAN-UL

FV	GI	SC	CM	F	P> F
Tratamiento	3	0.212	0.070	23.64	0.0001**
Genotipo	1	0.090	0.090	30.08	0.0001**
TXG	3	0.028	0.009	3.19	0.0366*
Error	32	0.096	0.003		
Total	39	0.427			
CV %	7.136				
Media	0.767				

** Altamente significativo al 1% * significativo al 5 % y NS no significativo

Cuadro A13. Cuadrados medios y significancia estadística de los ANOVA realizados, para la variable número de lóculos para la producción de tomate en invernadero en el periodo Octubre – Mayo (2006-2007) en la UAAAN-UL

FV	GI	SC	CM	F	P> F
Tratamiento	3	0.66	0.22	2.66	0.0647NS
Genotipo	1	9.60	9.60	115.02	0.0001**
TXG	3	0.46	0.15	1.87	0.1548NS
Error	32	2.67	0.08		
Total	39	13.41			
CV %	8.58				
Media	3.36				

** Altamente significativo al 1% * significativo al 5 % y NS no significativo