

USOS DE ABONOS ORGÁNICOS EN LA PRODUCCIÓN DE TOMATE EN INVERNADERO

NORMA RODRÍGUEZ DIMAS

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
GRADO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS AGRARIAS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

Unidad Laguna

Subdirección de Postgrado

Asesor Principal: Dr. Esteban Favela Chávez

Torreón, Coahuila. México

Junio de 2007

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"**

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

**USOS DE ABONOS ORGÁNICOS EN LA PRODUCCIÓN DE TOMATE EN
INVERNADERO**

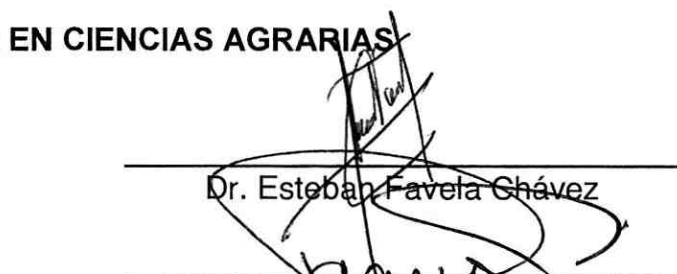
TESIS

NORMA RODRÍGUEZ DIMAS

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada
como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS AGRARIAS

Asesor principal



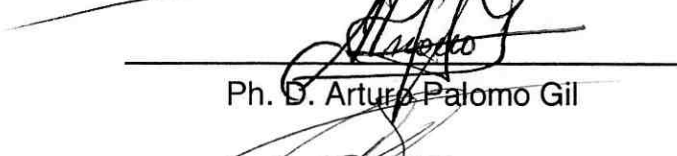
Dr. Esteban Favela Chávez

Asesor



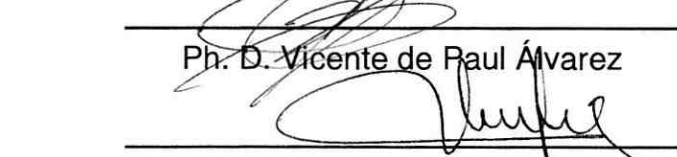
Ph. D. Pedro Cano Ríos

Asesor



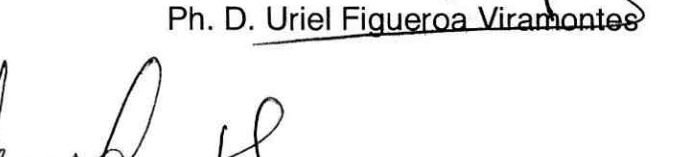
Ph. D. Arturo Palomo Gil

Asesor

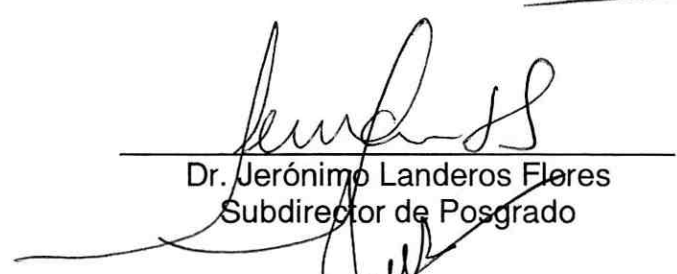


Ph. D. Vicente de Paul Álvarez

Asesor



Ph. D. Uriel Figueroa Viramontes



Dr. Jerónimo Landeros Flores
Subdirector de Posgrado



M. C. Gerardo Arellano Rodríguez
Jefe del Departamento de Posgrado

Torreón, Coah. México. Junio de 2007

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en especial a la Unidad Laguna, porque hice toda mi carrera en ella ¡GRACIAS!

Al Dr Esteban Favela Chávez por su amistad y por darme la oportunidad de ser mi asesor principal hasta el final y por haberme compartido sus conocimientos.

En especial Al Ph. D. Pedro Cano Ríos, porque no tengo palabras para agradecerle todo lo que ha hecho por mí. Por transmitirme sus experiencias y por ser mi Pigmaleón, gracias por permitirme ser una de sus discípulas. Gracias Platón ... Aristóteles.

A las autoridades del CELALA-INIFAP, por colaborar en la investigación y porque son gente de calidez humana, ¡Gracias!

A la Fundación Produce Coahuila y Durango, por el apoyo económico del proyecto.

Al CONACYT por el otorgamiento de la beca para realizar mis estudios

Al Ph. D. Uriel Figueroa Viramontes por sus valiosas aportaciones al presente documento además de brindarme su valioso tiempo. ¡Muchas gracias!

Al Ph. D. Arturo palomo Gil por ser parte de mi cuerpo de asesores y permitirme algo de su tiempo, por transmitirme su experiencia en la redacción de los artículos, le estoy muy agradecida, que Dios lo llene de Bendiciones.

Al Ph. D. Vicente de Paul Alvarez por su valiosa colaboración en la redacción de los artículos, gracias por su tiempo para formar parte de mi comité de asesores, le estoy muy agradecida.

A Maria Esther Peña Revueltas, por sus múltiples favores y grandes consejos, muy valiosos para mi ¡GRACIAS amiga por haberme tratado como una hermana, TE QUIERO MUCHO, Dios te Bendiga !

A todos los estudiantes de Posgrado, en especial a mis compañeras Carmen Esquivel Rojas, Yolanda Agüero Esqueda , Rosa linda Cervantes, Lilia Salas.

A las autoridades del Posgrado en la Universidad: Dr Jerónimo Landeros, M.C. Gerardo Arellano, Dr. Alberto Delgadillo, Dr. Gerardo Duarte moreno, así como a las secretarias Dolores López Magaña y Brenda.

A todos los profesores del Posgrado, en especial al Dr Emiliano Gutiérrez Del Río Y al Dr. Jesús Vásquez Arrollo por el apoyo brindado y por confiar en mí, Gracias. A la QFB Norma Lidia Rangel Carrillo y a la IIQ Elba Margarita Aguilar Medrano.

DEDICATORIAS

Dedicó el presente trabajo a la memoria de Mi madre Herlinda Dimas Carrillo. Es un logro más de una de tus hijas.

A mi esposo Antonio Mata Maravilla por toda su comprensión apoyo, y paciencia.

A mis hijos, Carlos Ivan, Samantha, Saraí Mata Rodríguez a quienes quiero y adoro, gracias hijos por su paciencia y el descuido por no haberles dedicado tanto tiempo durante la carrera; A mi familia, porque sin ustedes talvez no hubiera escrito esto.

Va por ustedes.

A los mejores hermanas del mundo, Lilia, Maria del Socorro y Maria Idalia. Gracias.

A los ingenieros Eduardo Lara, Rey ideal Partida Morales, Luis Alberto Ramírez Estrada, Esmeralda Ochoa, Ásael, Lisandro, Aditaim y Enrique Gramajo Roblero por su colaboración en el desarrollo de los experimentos,

En especial a todos los trabajadores de la Narro y del INIFAP, porque sin el caluroso saludo, sus buenos consejos y ánimos brindados, no hubiera llegado a la Meta, a todos ustedes mil gracias.

COMPENDIO

USO DE ABONOS ORGÁNICOS EN LA PRODUCCIÓN DE TOMATE EN INVERNADERO

Por

Norma Rodríguez Dimas

Asesor Principal: Dr. Esteban Favela Chávez

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO” Unidad Laguna

Torreón, Coahuila de Zaragoza, México. Junio de 2007.

La producción de hortalizas en condiciones protegidas (invernadero o cubiertas protectoras) combinadas con fertirrigación ha aumentado en México y en el mundo, porque permite aumentar el rendimiento y calidad del fruto. La demanda creciente de alimentos y el deterioro del medio ambiente obliga a utilizar técnicas de producción que permitan hacer uso más eficiente y sostenible de los recursos. Entre las variantes de manejo está el uso de mezclas de arena con vermicompostas o compostas como sustratos, y la regulación de los agroquímicos para evitar contaminación de suelo, agua y de los propios productos vegetales a consumir, en respuesta a la creciente demanda de alimentos derivados de la denominada producción orgánica, en contraste con los sistemas convencionales intensivos en los que se aplican altas dosis de fertilizantes y pesticidas. Sin embargo, es necesario un sustrato, que además de sostén, aporte cantidades considerables de elementos nutritivos

que satisfagan las demandas del cultivo. Una alternativa, es la composta o vermicomposta, que al mezclarla con medios inertes, mejora sus características físicas y químicas evitando lixiviados de nutrientes y agua. La hipótesis de trabajo es que, por las características especiales que tienen la vermicomposta, composta y té de composta pueden remplazar parcialmente o totalmente otras formas de fertilizantes en la producción de tomates orgánicos. Por consiguiente, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la respuesta del tomate a diferentes sistemas de producción en invernadero utilizando mezclas de arena y vermicomposta, composta y té de composta de estiércol de bovino comparando el rendimiento y calidad de fruto con el sistema convencional.

Se realizaron tres experimentos en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (UAAAN-UL), de Torreón, Coahuila., el primer experimento se realizó en el ciclo 2004-2005 y se evaluaron tres sustratos a base de arena y vermicomposta de estiércol de bovino: S1= mezcla de arena + vermicomposta (50 %:50 % v:v) + micronutrientes quelatizados; S2 = arena + vermicomposta sin micronutrientes; y S3 =arena (100 %) + fertilizantes inorgánico (testigo) en combinación con dos híbridos (Big Beef y Miramar). El genotipo Big Beef con solución nutritiva sustrato (S3) presentó el rendimiento total más alto con 282.5 t ha⁻¹ superando en 27% al sustrato orgánico S1 con el mismo genotipo. Por lo tanto, es factible producir tomate orgánico con el tratamiento S1 y aprovechar el sobreprecio (20-40%) de este producto.

En el segundo experimento se evaluaron cuatro formas de fertilización y dos genotipos de tomate, Big Beef y Red chief. Los tratamientos de fertilizante

fueron: **T1** (arena + vermicompost (50:50% v:v) + micronutrientes quelatizados), **T2** (misma mezcla arena + vermicompost sin micronutrientes), el testigo **T3** (arena + fertilizantes inorgánicos) y **T4** (arena + extracto de vermicompost). El mayor rendimiento se encontró en el tratamiento testigo T3 con el híbrido Big Beef con 366 t ha⁻¹, mientras que el mayor rendimiento orgánico fue con Red Chief con 249 t ha⁻¹, este rendimiento es excelente considerando el sobreprecio y siempre demandante producto orgánico.

Con el propósito de determinar si el té de composta, como fertilizante alternativo, puede sustituir a los fertilizantes sintéticos se llevo a cabo el tercer experimento durante el ciclo agrícola 2005-2006, y se evaluaron tres tratamientos de fertilización con los genotipos Granitio y Romina. Los tratamientos de fertilización fueron: T1= arena + solución nutritiva (testigo), T2 = arena + té de composta, T3 = mezcla de arena + composta (relación 1:1; v:v) + té de composta diluido (relación 1:3; v:v, agua potable: té de composta) Los resultados no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos de fertilización para calidad y rendimiento, solo presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.01$) en genotipos. Se obtuvieron rendimientos medios de 230 y 190.8 t ha⁻¹ con los genotipo Granitio y Romina, respectivamente. Las ventajas de los tratamientos orgánicos con respecto al T1 testigo, son que éstos lograron incrementar el contenido de sólidos solubles y altura de planta. Por lo anterior, el té de composta puede ser considerado como un fertilizante alternativo para la producción orgánica en condiciones de invernaderos.

Palabras clave: *Lycopersicon esculentum*, humus de lombriz, cultivo protegido, Suministro de elementos nutritivos, extractos orgánicos, agricultura orgánica.

ABSTRACT

USE OF ORGANIC FERTILIZER (OF MANURE) IN TOMATO PRODUCTION IN GREENHOUSE

By

Norma Rodríguez Dimas

Asesor Principal: Dr. Esteban Favela Chávez

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO” Unidad Laguna

Torreón, Coahuila de Zaragoza, México. Junio de 2007.

Vegetables production under protected environmental conditions (greenhouse or Protected covered areas) combined with fertirrigation has increased in Mexico and the world production, because increases the yield y quality of the fruit. The increasing demand of food products and degradation of the environment results in focusing toward developing new export extrategies for food production that are more efficient and sustaible on the natural resources. Among the different variant of management treatments, there is the use of sand and vermicompost mixtures, or compost used as substrate and the agrochemical regulation, to avoid soil, water and the vegetables produced for human consumption, as a response to the increasing demand of the organic vegetables production, in contrast with the conventional intensive systems in which they are supported on the application of high doses of fertilizers and pesticides. Nontheless it is necessary to have a substrate that provide, plant

support and nutrition that satisfy the crop requirement. An alternative is the compost or vermicompost which is mixed with inert materials that help to improve physical and chemical characteristics, avoiding effluents of nutrients and water.

The hypothesis of this trial is that: Vermicompost, compost and compost tea may replace partially or totally the requirement of fertilizers in the tomatoes organic production. The objective of this trial was to evaluate the tomato response to different substrates utilizing mixtures of sand and vermicompost, compost and compost tea obtained out of the manure cow (cattle), evaluating tomato yield and fruit quality.

There were performed three trials at the Agrarian University Antonio Narro (UAAAN-UL) campus Laguna in Torreón Coah. First trial was conducted during 2004-2005 and the treatments evaluated were: three substrates S1: Sand 50 % + vermicompost 50 % + quelated micronutrients, S2: Sand 50 % + vermicompost 50 %, S3: Sand 100 % + inorganic fertilizer, combined with 2 genotypes : Big Beef and Miramar. Yield results showed that Big Beef reached the highest fruit crop of 282.5 t ha⁻¹ being 27 % higher than S1 of same genotypes. We conclude that utilizing this treatment it is possible to produce organic tomatoes with the S1 treatment to get the opportunity of the (20 a 40 %) higher price for organic products.

A second trial considered the evaluation of four ways of fertilizing combined with two genotypes: Big Beef and Red Chief. Treatments were: T1:

Sand 50 % + vermicompost 50 % + quelated micronutrients, T2: Sand 50 % + vermicompost 50 %, T3: Sand 100 % + inorganic fertilizer and T4 : Sand 100 % + compost extract. The results showed that T3 with the Big Beef genotype yielded 366 t ha^{-1} , while the best organic yield was 249 t ha^{-1} with the Red Chief genotype; this yield is excellent for an organic product.

To evaluate the effectiveness of the compost tea as an alternative fertilizer to replace the synthetic fertilizers, the third trial was performed during considering three fertilizer treatments combined with two genotypes Granitio and Romina, fertilizer treatments trialed: T1: sandy + nutrient solution (control); T2 = sand +compost tea y T3 = mixture sand + compost (1:1 v:v) + compost tea diluted relation 3:1,water potable: compost tea. There were not significant differences among fertilization treatments for fruit quality and yield; but there showed a significant difference among tomatoes genotypes showing 230 and 190.8 t ha^{-1} for Granitio and Romina respectively. The organic treatments had a higher soluble solids and plant height than treatment check T1. Compost tea may be considered as an alternative fertilizer for the tomato organic production in greenhouses; based on the results obtained in this trial.

Key words: *Lycopersicon esculentum*, worm humus, substrate, protected crop production, nutrient supply, Organic extracts, organic agriculture

ÍNDICE

| | | |
|----------|---|----------|
| 1 | INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1 | Hipótesis | 6 |
| 1.2 | Objetivo..... | 7 |
| 2 | REVISIÓN DE LITERATURA..... | 8 |
| 2.1 | Agricultura Orgánica | 8 |
| 2.2 | Concepto de agricultura Orgánica..... | 8 |
| 2.3 | La agricultura orgánica en el mundo..... | 9 |
| 2.4 | Situación actual de la agricultura orgánica en México | 10 |
| 2.5 | Abonos Orgánicos..... | 11 |
| 2.5.1 | Generalidades | 11 |
| 2.5.2 | Importancia..... | 12 |
| 2.5.3 | Dosis de aplicación de abonos orgánicos..... | 13 |
| 2.6 | Composta..... | 13 |
| 2.6.1 | Condiciones ideales del compostaje..... | 15 |
| 2.6.2 | Usos | 16 |
| 2.6.3 | Características..... | 17 |
| 2.6.4 | Métodos para estimar la mineralización de N en estiércol y composta..... | 18 |
| 2.7 | Vermicomposta | 19 |
| 2.8 | Té de composta..... | 20 |
| 2.8.1 | Usos de té de composta | 22 |

| | | |
|---|--|------------|
| 2.8.2 | Ventajas y desventajas del té de composta | 23 |
| 2.8.3 | Criterios para preparar té de composta. | 24 |
| 2.8.4 | La temperatura. | 25 |
| 2.8.5 | Alimento para los microorganismos..... | 25 |
| 2.8.6 | Oxígeno..... | 26 |
| 2.8.7 | Reducción de riesgos de la seguridad de los frutos por patógenos insalubres al consumo..... | 26 |
| 2.9 | Producción de tomate orgánico..... | 27 |
| 2.9.1 | Producción en campo | 27 |
| 2.9.2 | Producción en invernadero..... | 28 |
| 2.9.3 | Fertilización Orgánica | 29 |
| ARTÍCULO 1 PRODUCCIÓN DE TOMATE EN INVERNADERO EN TRES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN USANDO HUMUS DE LOMBRIZ COMO SUSTRATO..... | | 32 |
| ARTÍCULO 2 USO DE VERMICOMPOSTA COMO FERTILIZANTE ORGÁNICO EN LA PRODUCCIÓN DE TOMATE EN INVERNADERO | | 55 |
| ARTÍCULO 3 TÉ DE COMPOSTA COMO FERTILIZANTE PARA LA PRODUCCIÓN DE TOMATE EN INVERNADERO..... | | 79 |
| 3 | DISCUSIÓN GENERAL | 102 |
| 4 | CONCLUSIONES..... | 115 |
| 5 | LITERATURA CITADA GENERAL..... | 118 |
| 6 | APÉNDICE..... | 142 |

Anexo 1 Carta de recepción Revista Fitotecnia Mexicana – Artículo 1 143

Anexo 2 Carta de recepción Revistas Institucionales – Artículo 2 144

Anexo 3 Universidad y Ciencia – Artículo 3 145

1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los sistemas de producción agrícola buscan técnicas que incrementan el rendimiento de los cultivos, con bajo impacto en el medio ambiente donde éstos se desarrollan.

Entre los métodos de producción actuales que garantizan incrementos en el rendimiento de los cultivos, sin importar las condiciones ambientales en las que se desarrollen, se encuentran los invernaderos. En el 2006, en México se registró una superficie de 4,900 ha bajo condiciones protegidas, con un crecimiento estimado del 25% anual en nuestro país. Las hortalizas son los principales cultivos desarrollados en invernadero, destacando el tomate, debido a la superficie que éste cultivo ocupa de 3,450 ha.

Aún bajo condiciones ambientales controladas, es relevante elegir la variedad y el sistema de producción que garanticen la obtención de alto rendimiento y mejor calidad de fruto, al evaluar la respuesta de las variedades de interés en los diferentes sistemas de manejo. Sin embargo, debido a los problemas ambientales y la presencia de compuestos residuales en suelos agrícolas y en los frutos de los cultivos, originados por la continúa aplicación de plaguicidas, se ha incrementado la preocupación por parte de los consumidores de los niveles de contaminantes que los productos agrícolas pudieran presentar (Eskenazi *et al.*, 2004; Hernández *et al.*, 2004).

Para reducir el impacto de los agroquímicos sobre el ambiente y la calidad de los productos agrícolas, se ha señalado como alternativa el uso de

sistemas de producción orgánica, basados en la utilización de desechos orgánicos como abono, favoreciendo el equilibrio de los agroecosistemas, al reducir o suprimir el uso de diversos compuestos sintéticos como fertilizantes, insecticidas, herbicidas, hormonas y reguladores de crecimiento y obtener con ello productos inocuos (Ruiz, 1998; Ruiz, 1999; Milles y Peet , 2002; Al-dahmani *et al.*, 2003; Urrestarazu *et al.*, 2001; FAO, 2001b).

Resultado de la aceptación de los productos de origen orgánico, la superficie destinada a la agricultura orgánica ha registrado tasas de crecimiento superiores al 25% anual a nivel mundial (Willer y Yussefi, 2000; Haring *et al.*, 2001). Estos productos han logrado sobreprecio entre el 20% y 40% con respecto a los obtenidos de manera tradicional (FAO, 2001a; Sloan, 2002).

Los abonos orgánicos, por su alto contenido de materia orgánica, contienen una serie de microorganismos benéficos para la planta, además de una cantidad elevada de nutrimentos, como N, P, K, Ca, etc. Los substratos orgánicos están libres de patógenos, son inodoros y de diferente material orgánico, obteniéndolos por procesos aerobios y anaerobios (Ndegwa y Thompson, 2001).

De los residuos generados por diferentes actividades humanas, se estima que aproximadamente el 40% de éstos pueden ser reciclados a través de procesos aeróbicos y anaeróbicos debido a su origen orgánico, convirtiéndolos en productos con valor agregado que suministran elementos nutritivos durante el desarrollo de las plantas, sin alterar negativamente las

características del suelo o del sustrato donde se desarrollan. El reciclaje de residuos orgánicos está considerado como una alternativa económica y ambientalmente atractiva. Una alternativa viable para impulsar inmediatamente la adopción de los sistemas orgánicos de producción, sería la creación de un sustrato y obtención de líquidos orgánicos, como fertilizantes, a partir de materias primas aprobadas por la normatividad orgánica (NOM – 037 – FITO, 1995; Bansal y Kapoor, 2000; Santamaría-Romero *et al.*, 2001; FAO, 2001; IFOAM, 2003; USDA, 2004).

Dentro de los abonos orgánicos empleados en diversos sistemas de producción destaca la vermicomposta o lombricomposta, producto que resulta de la transformación bioquímica y microbiológica que sufre la materia orgánica al pasar por el intestino de las lombrices de tierra, empleado como abono orgánico (Atiyeh *et al.*, 2001; Atiyeh *et al.*, 2002). La vermicomposta se utiliza como mejorador de suelo en cultivos hortícolas y como sustrato de crecimiento no contaminante (Urrestarazu *et al.*, 2001). La vermicomposta contiene sustancias activas que actúan como reguladores de crecimiento, posee alta capacidad de intercambio catiónico (CIC), alto contenido de ácidos húmicos, además de gran capacidad de retención de humedad y porosidad elevada que facilita la aireación (Orozco *et al.*, 1996; Ndegwa y Thompson, 2000; Castillo *et al.*, 2000). El efecto del humus de lombriz como abono orgánico en plantas ha sido estudiado bajo condiciones de invernadero sustituyendo, parcial o totalmente, los medios de crecimiento comercial que de manera tradicional se

utilizan como sustratos y solo en cierto grado bajo condiciones de campo (Atiyeh *et al.*, 2000a, 2000b, 2000c, 2002; Sharma *et al.*, 2005).

El extracto de vermicomposta es el caldo (lixiviado) obtenido durante la producción de lombricomposta, normalmente posee alto contenido de nutrientes disponibles para las plantas (Melendez y Soto, 2003). Por las características especiales que tiene el extracto de composta o vermicomposta, se usa para inocular la vida microbiana en la tierra y agregar nutrientes solubles al follaje o al suelo (Brinton, *et al.*, 1996).

La composta es el material resultante de la descomposición de los residuos orgánicos en condiciones de buena aireación, liberando compuestos orgánicos estabilizados. Ésta es una mezcla de estiércol animal, residuos de cosecha, follaje verde, tierra, agua, ceniza o cal, dando como resultado un abono orgánico balanceado que puede sustituir fertilizantes sintéticos y corregir deficiencias nutricionales de los suelos (Soto y Muños, 2002).

El té de composta es un extracto líquido de composta que contiene microorganismos benéficos, nutrientes solubles y compuestos orgánicos favorables para las especies vegetales (Granatstein 1999; Dixon & Walsh 1998; Salter 2006); el extracto es preparado con una fuente de comida microbial como la melaza, alga marina, ácidos húmicos – fúlvicos (Diver 2002). Scheuerell & Mahaffee (2004) han establecido que en este extracto crecen poblaciones benéficas de microorganismos.

En invernadero, las evaluaciones de abonos orgánicos se han realizado preferentemente para determinar su efecto sobre el desarrollo de las especies vegetales hasta el nivel de plántula, comparándolos con soluciones nutritivas a base de fertilizantes sintéticos (Kraus *et al.*, 2000; Kraus and Warren, 2000; Nielsen and Trorup-Krintensen, 2004). Sin embargo, no se ha estudiado su efecto en la producción de los cultivos. Los resultados obtenidos muestran que los medios de crecimiento comerciales, que de manera tradicional se utilizan en los invernaderos para el desarrollo de especies vegetales, pueden ser sustituidos por mezclas que incluyan diferentes proporciones de humus de lombriz o composta y arena (Athiye 2000a; Castillo *et al.*, 2000; Singh *et al.*, 2004; Moreno *et al.*, 2005; Márquez *et al.* 2006).

Las soluciones nutritivas preparadas con fertilizantes sintéticos de los sistemas de producción hidropónica pueden ser reemplazadas por abonos orgánicos como el humus de lombriz, extracto de vermicomposta, composta o té de composta (Ingram and Alms , 1999; Márquez *et al.*, 2005; Atiyeh *et al.*, 2002a). Estas evidencias fortalecen el enfoque de la producción orgánica, pues promueve el reciclado de los residuos orgánicos, con una posible reducción en el empleo de recursos no renovables para la elaboración de fertilizantes sintéticos (Tuzel *et al.*, 2003; Rippey *et al.*, 2004; Cano *et al.*, 2005). Respecto a los elementos nutritivos contenidos en la composta, existen evidencias que éstos pueden cubrir las demandas del cultivo del tomate parcial o totalmente; en último caso, es necesario suministrar los elementos nutritivos faltantes para obtener el rendimiento esperado. Dicho suministro deberá realizarse mediante

insumos certificados o bien con materias primas aprobadas dentro del marco normativo de certificación orgánica.

Sin embargo, a pesar de la relevancia que ha tomado recientemente el té de composta y el extracto de vermicomposta, existe poca o nula información que documente que este extracto orgánico pueda ser utilizado como medio de fertilización en la producción de tomate en sistema de sustratos.

En base a lo antes expuesto, es factible suponer que para el desarrollo de las especies vegetales bajo condiciones de invernadero es posible sustituir el uso de fertilizantes sintéticos por sustratos de origen orgánico, e.g., el humus de lombriz, composta o té de composta. Por ello, con el propósito de contribuir a los planteamientos señalados y aportar elementos que ayuden a responder si los abonos orgánicos pueden satisfacer la demanda nutritiva del cultivo de tomate, se utilizó la vermicomposta o humus de lombriz, composta y té de composta como fuentes de elementos nutritivos de origen orgánico.

1.1 Hipótesis

Es posible sustituir los fertilizantes sintéticos, totalmente, por abonos orgánicos, considerando el contenido de N en las compostas y la tasa de mineralización de los materiales.

1.2 Objetivo

El objetivo general del presente trabajo fue determinar si la demanda nutritiva del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) se satisface con compostas, te de composta, humus de lombriz.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Agricultura Orgánica

2.2 Concepto de agricultura Orgánica

La agricultura orgánica es un sistema de producción de alimentos, tanto frescos como procesados, derivados de plantas y animales, que evita el uso de productos de síntesis química, como fertilizantes, insecticidas, herbicidas, hormonas, reguladores de crecimiento en plantas y animales, así como edulcorantes y conservadores sintéticos en los productos transformados, que puedan causar contaminación de alimentos o del ecosistema (Ruíz, 1998; Ruíz, 1999).

La producción orgánica de alimentos es una alternativa para los consumidores que prefieren alimentos libres de plaguicidas y fertilizantes sintéticos, inocuos y con un alto valor nutricional (Alvajana *et al.*,2004; Gewin, 2004).

Gómez *et al.* (1999) mencionan que básicamente los principales problemas que enfrenta la agricultura orgánica, tanto en México como en algunos lugares del mundo, son la comercialización, las limitantes ambientales, los costos de producción y la insuficiencia de capacitación e investigación. Asociado a lo antes descrito, se encuentran las normas de certificación para productos orgánicos, las cuales establecen un periodo de tres a cinco años para certificar a un predio como orgánico, en dicha etapa de transición, los productores no están dispuestos a arriesgar su capital, debido a que los

rendimientos son pequeños y la cosecha aún no es catalogada como orgánica y por consiguiente no se obtiene el precio *premium*, él cual oscila entre 30% y 40% por encima de lo establecido para productos obtenidos por prácticas agrícolas convencionales (Gómez *et al.*, 1999). Una alternativa para reducir dicho período de transición es aplicar una rotación de cultivos empleando trébol rojo y rye grass, logrando la conversión en dos años; otra alternativa es sembrar en un suelo virgen, es decir, nunca cultivado (Huxham *et al.*, 2005).

2.3 La agricultura orgánica en el mundo

Actualmente se estima una superficie de 23 millones de hectáreas destinadas a la producción de alimento orgánico en el mundo, de las cuales aproximadamente 18 millones de hectáreas se encuentran distribuidas en siete países: Australia con 10.5 millones., Argentina 3.2 millones, Italia con 1.2 millones, Estados Unidos 950 mil, el Reino Unido con 679 mil, Uruguay con 678 mil y Alemania con 632 mil (Gómez *et al.*, 2003). A nivel mundial, México ocupa el treceavo lugar por superficie orgánica y el primero en producción de café orgánico (Wiler y Yussefi, 2005)

En los últimos años se ha registrado un gran dinamismo en las ventas mundiales de productos orgánicos, cuya tasa media anual de crecimiento se ubican en el rango de 20% a 25%. Se estima que las ventas en el 2002 fueron entre 23,000 a 25,000 millones de dólares (MDD) y se espera que éstas superen los 31,000 MDD para el 2005 (Gómez *et al.*, 2003).

2.4 Situación actual de la agricultura orgánica en México

Al interior del país, el sector orgánico es el subsector agrícola más dinámico, con 216 mil hectáreas en el año 2002 y con más de 3,000 mil ha en el 2004, distribuidas en 800 zonas de producción y practicada por más de 8 mil productores, actividad que generó más de 260 MDD en divisas (Gómez *et al.*, 2003; Gómez *et al.*, 2005)

La agricultura orgánica ha llamado la atención no sólo de los pequeños productores, sino también de los medianos y los grandes, quienes permanentemente están buscando opciones que les permitan obtener mejores ingresos. En el año 2000, los productores orgánicos estaban principalmente representados por los pequeños productores (98% del total) de tipo campesino e indígenas organizados (con una superficie promedio de 2 ha por productor), quienes cultivaban 84% de la superficie y generaban 69% de las divisas del sector orgánico. En el caso de los productores medianos y grandes (menos del 2% del total), estos cultivaban el 16% de la superficie orgánica y generaban el 31% del total de divisas de este sector (Gómez *et al.*, 2001).

Además, la agricultura orgánica permite la utilización de desechos orgánicos como materia prima para la elaboración de compostas, tal es el caso del estiércol, que para el año 2001, se ha estimado que se generaron casi 1,000 t día⁻¹ de estiércol seco, equivalentes a 365,000 t año⁻¹ (SAGARPA, 2001), las cuales si son tratadas con lombrices podrían dar origen a 164,250 t año⁻¹ de vermicomposta. En México, para el 2002, se generó 3.834 millones toneladas

de estiércol por año de materia seca (SAGARPA, 2002; Figueroa, 2003), material que podría ser utilizado para la elaboración de composta, vermicomposta o humus de lombriz. El contenido de N en el estiércol generado en la Región Lagunera contiene, en promedio, 1.4% de N total (Castellanos, 1981), considerando que por cada tonelada de estiércol se obtienen 450 kg de vermicomposta (Sharma *et al.*, 2005). Igualmente si se establece una recomendación de 20 t ha⁻¹ de vermicomposta, las 164,250 t de vermicomposta servirían para fertilizar 8,215.5 ha de la superficie cultivable de la región.

2.5 Abonos Orgánicos

2.5.1 Generalidades

Se considera abono orgánico a todo aquello que se aplica al suelo y estimula el crecimiento de las plantas de manera indirecta, a través de mejorar las propiedades físicas del suelo. Por otro lado, un material se considera como fertilizante cuando estimula el crecimiento de manera directa a través la aportación de nutrimentos esenciales para las plantas.

Los abonos orgánicos, también conocidos como enmiendas orgánicas, fertilizantes orgánicos o fertilizantes naturales, tienen como materia prima a los residuos de cosecha, abonos verdes, estiércoles, bioabonos, humos de lombriz y las compostas, los cuales varía en su composición química de acuerdo al proceso de preparación e insumos que se empleen (Chaney *et al.*, 1992).

Aún cuando en años recientes ha aumentado el interés por el uso de abonos orgánicos, es necesario un manejo adecuado éstos para evitar

riesgos de contaminación o de sobre fertilización (Martínez *et al.* 2001; Castellanos y Peña, 1990; EPA, 1993).

2.5.2 Importancia

A nivel mundial, todas las regiones enfrentan graves problemas por la gran cantidad de residuos que generan, de los cuales más del 40% son de origen orgánico. A la fecha se ha establecido que la mayor parte de los residuos orgánicos pueden ser reciclados, empleándolos como fertilizantes o mejoradores de suelo, lo que permite reducir la degradación de los mismos.

La importancia de las prácticas orgánicas reside en la utilización de recursos baratos, localmente disponibles y ambientalmente mas limpios (Peña-Cabriales *et. al.*, 2001). Otra parte importante de la composición de los abonos orgánicos es precisamente el contenido de materia orgánica que poseen, cuyos beneficios, según Chaney *et al.* (1992) y Bohn *et al.* (1993), son: incremento en la actividad biológica; aporte de nutrientes, energía y hábitat para los microorganismos del suelo; actúa como reserva de nutrimentos. Además, durante la descomposición de la materia orgánica, se liberan macro y micro-nutrimentos; con la retención de nutrimentos en forma disponible, aporta cargas negativas a la CIC del suelo, conservando nutrimentos y metales pesados que de otra manera se lixiviarían; favorece a la estructura del suelo, al actuar como agente cementante de las partículas del suelo, formando agregados estables durante periodos de humedecimiento y secado; incremento en la porosidad del

suelo, al aumentar la retención en suelos arenosos y la permeabilidad en suelos arcillosos (Peña-Cabriales *et al.*, 2001).

2.5.3 Dosis de aplicación de abonos orgánicos

Cuando se utilizan abonos orgánicos como compostas y residuos de cosecha, generalmente se utilizan dosis bajas, menores a las 10 t ha⁻¹. Sin embargo, es común que en el manejo de estiércol se apliquen dosis altas, que pueden llegar a más de 100 t ha⁻¹.

Según Figueroa (2002) para estimar la dosis de aplicación de abonos orgánicos en función de los requerimiento de nitrógeno del cultivo es necesario conocer:

- la concentración de nitrógeno orgánico en los abonos,
- la tasa de mineralización de nitrógeno,
- el nitrógeno residual en el suelo donde se van a incorporar los abonos, y
- el requerimiento de nitrógeno del cultivo.

2.6 Composta

Para favorecer un buen proceso de compostaje es necesario crear las condiciones ideales para la actividad microbiana, como: la cantidad de agua oxígeno y una alimentación balanceada. La intensa actividad microbiana durante este proceso provoca un aumento en la temperatura. En el lombricompostaje para evitar este calentamiento que le puede hacer daño a las lombrices, se trabaja con camas de poca altura (Soto y Muñoz, 2002).

El proceso de compostaje es un proceso predominantemente aeróbico, en el cual los sustratos más hábiles (azúcares, aminoácidos, lípidos y celulosa) son descompuestos en menor tiempo por bacterias, hongos y actinomicetos mesófilos tolerantes a temperaturas medias. La proporción de estos microorganismos varía según el sustrato. Posteriormente, se da la descomposición de los materiales más recalcitrantes (hemicelulosa y lignina) por organismos termófilos (resistentes a altas temperaturas) como las levaduras y algunos actinomicetes, para pasar luego a la formación de sustancias húmicas (Mustin, 1987; Paul y Clark 1996).

La forma más sencilla para determinar si durante el proceso de compostaje se ha logrado la formación de ácidos húmicos es por la disminución de temperatura, siendo todas las condiciones de alimentación, humedad y oxígeno óptimas para la actividad microbiana. De esta forma si la temperatura disminuye es porque el sustrato está balanceado y ha sido transformado (Soto y Muñoz, 2002). Si la composta es utilizada como abono, es importante considerar que la disponibilidad de nutrimentos variara dependiendo de la materia prima utilizada para su elaboración, el método de compostaje y el grado de madurez del producto final. Hatrz *et al.* (2000) muestra el efecto de la variabilidad en los contenidos de nutrimentos de la composta sobre el N (Cuadro 1).

Cuadro 1. Porcentaje de N, P, K y C recuperados de diversos tipos de composta.

| Materiales composteados | N Total | N Orgánico | P | K | C | C:N | N Total (%) |
|--------------------------------|----------------|-------------------|----------|----------|----------|------------|--------------------|
| Gallinaza 1996 | 38 | 36 | 23 | 29 | 217 | 5.7 | 7.0 |
| Forraje 1996 | 22 | 22 | 8 | 31 | 251 | 11.4 | 3.7 |
| Residuos vegetales | 12 | 12 | 2 | 14 | 11 | 9.3 | 3.7 |
| Desechos municipales 1996 | 16 | 16 | 3 | 9 | 236 | 14.4 | 3.7 |
| Gallinaza 1997 | 26 | 24 | 14 | 21 | 181 | 7.0 | 6.0 |
| Forraje 1997 | 22 | 21 | 8 | 32 | 199 | 9.3 | 5.1 |
| Estiércol bovino | 15 | 14 | 11 | 18 | 155 | 10.5 | 8.0 |
| Desechos municipales 1997 | 14 | 14 | 3 | 8 | 217 | 15.5 | 1.0 |

Fuente Hartz *et al.*, (2000).

2.6.1 Condiciones ideales del compostaje

Según Soto y Muñoz (2002) han establecido que el compostaje es un proceso de descomposición predominantemente aeróbico, las practicas de manejo deben crear las condiciones óptimas para el establecimiento y desarrollo de estos organismos. Hay otros factores que también pueden afectar su desarrollo tales como: pH, fuentes energéticas de fácil solubilización como azúcares simples (melaza) y mayor superficie de contacto y tamaño de la partícula como se puede observar en el (Cuadro 2).

Cuadro 2 Condiciones ideales de compostaje (Rynk, 1992 citado por Soto y Muñoz, 2002).

| Condición | Ámbito Aceptable | Condición óptima |
|------------------------|------------------|------------------|
| Relación C:N | 20:1-40:1 | 25:1-30:1 |
| Humedad | 40-65% | 50-60% |
| Oxígeno | +5% | 8% |
| PH | 5.5-9.0 | 6.5-8.0 |
| Temperatura °C | 55-75 | 65-70°C |
| Tamaño de la Partícula | 0.5-1.0 | Variable |

Cuadro 3 Composición nutrimental de estiércol y composta de bovino lechero.

| Nutrimento | Estiercol ¹ | Composta ¹ (% en base seca) | Rango en Composta ² |
|------------|------------------------|---|--------------------------------|
| N | 1.25 | 1.15 | 1.0-2.0 |
| P | 0.64 | 0.49 | 0.3-1.5 |
| K | 2.75 | 1.24 | 2.0-3.0 |
| Ca | 5.30 | 4.15 | 2.0-6.0 |
| Mg | 1.07 | 0.84 | 0.5-1.5 |
| Fe | 0.83 | 0.86 | |
| Mn | 0.030 | 0.034 | |
| Zn | 0.017 | 0.019 | |
| Cu | 0.006 | 0.005 | |

Fuente: ¹Figuerola *et al.*, 2002; ²Van Honr, 1995.

2.6.2 Usos

La composta tiene efectos positivos en el suelo, tales como: incremento en la fauna del suelo, reducción de organismos patógenos (Bulluck *et al.* 2002).

Además del Incremento en la densidad aparente, estabilización del pH, incremento de la capacidad de intercambio catiónico, disminución del lavado de nitratos (Stamatiadis *et al.*, 1999; Pickering *et al.*, 1998), eliminación de patógenos y semillas de malezas por las altas temperaturas generadas por la actividad microbiana (Eastman *et al.*, 2001, Dixon y Walsh, 1998; Ingham, 1998) y degradación de residuos de plaguicidas (Block, 1998). No obstante, Shibahara *et al.* (1998) señala que la aplicación de un material que libera nutrientes lentamente tiene la ventaja de que reduce las pérdidas por lixiviación y volatilización y constituye una fuente de nutrientes a largo plazo.

2.6.3 Características

Las características generales de una composta comercialmente aceptable se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 4 Características generales de una composta comercialmente aceptable

| Característica | Rango Óptimo | Característica | Rango Óptimo |
|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
| Nitrógeno (%) | >2 | Fósforo (%) | 0.15-1.5 |
| C:N | <20 | Color | Pardo-Negro |
| Cenizas (%) | 10-20 | Olor | Tierra |
| Humedad | 10-20<40 | CIC (Meq/100G) | 75-100 |

2.6.4 Métodos para estimar la mineralización de N en estiércol y composta

En el ciclo del N, la mineralización e inmovilización de N son procesos muy importantes por comprender. La mineralización del N es la conversión del N orgánico a N en forma de amonio (NH_4^+) y la inmovilización de N es la conversión de N inorgánico en N orgánico (Castellanos *et al.*, 2000). Ambos procesos ocurren simultáneamente en el suelo como consecuencia de los microorganismos existentes y la relación C: N (Torres *et al.*, 2002; Tiquia, 2000). Entre los factores que afectan la mineralización de N neta del suelo destacan la composición de los residuos orgánicos (Whitmore, 1996), temperatura del suelo y contenido de humedad (Katterer *et al.*, 1998; Schjonning *et al.*, 1999; Gordillo y Cabrera, 1997).

Eghball (2000) en un estudio de mineralización de N aplicado estiércol de bovino y composta por el método *in situ* utilizando resinas iónicas, en el cultivo de maíz forrajero, encontró que en la composta se mineralizó el 11% y el estiércol el 21 %. Aram y Rangarajan (2005) estimaron para la mineralización de N total en compostas orgánicas hechas de desperdicios urbanos y municipales fue de 25 % de mineralización.

Castellanos y Pratt (1981) en un estudio de incubación en laboratorio reportaron tasas de mineralización de N de 17 % durante 40 semanas de compostaje de estiércoles, mientras que Hadas y Portoy (1994) informaron una tasa de mineralización de 10 % durante 32 semanas con el mismo tipo de

composta. Hartz *et al.* (2000) determinaron una tasa de 7 % para este tipo de composta de 12 semanas y de 1 % para el compost producido de residuos vegetales durante el mismo tiempo. Así mismo Robertson y Morgan (1995) determinaron que a mayor edad del composta menor tasa de mineralización.

La velocidad con que la composta libera los nutrimentos es una medida indirecta de la disponibilidad de ellos, ya que éstos pueden ser liberados ya sea por volatilización y/o lixiviación. Sin embargo, la determinación de la cantidad de nutrimentos retenidos en la composta permite estimar su efecto residual. La cantidad de biomasa que pierde la composta en el campo es un indicador de la velocidad de descomposición (Soto y Muñoz, 2002).

2.7 Vermicomposta

La acción de las lombrices en el proceso de compostaje es de tipo físico-mecánico y bioquímico. Los procesos físicos o mecánicos incluyen: aireación, mezclado, y la molienda del sustrato. El proceso bioquímico es realizado por la descomposición microbiana del sustrato en el intestino de las lombrices. Las lombrices de tierra fragmentan los sustratos de residuos orgánicos, estimulando fuertemente la actividad microbiana e incrementando los índices de mineralización, convirtiendo los residuos en una sustancia como el humus, con estructura más fina que las compostas, pero que posee una actividad microbiana más grande y más diversa, comúnmente denominada vermicomposta (VC) (Atiyeh *et al.* 2002). El vermicomposteo provoca la

bioconversión de los desechos en dos productos de utilidad: la biomasa de la lombriz y la vermicomposta (Ndegwa *et al.*, 2000).

De acuerdo con Ndegwa & Thompson (2000) las Vermicompostas, comparadas con las materias primas que las generan, tienen reducidas cantidades de sales solubles, mayor capacidad de intercambio catiónico, y un elevado contenido de ácidos húmicos totales. Debido a estas características, los residuos orgánicos procesados con lombrices tienen un potencial comercial muy grande en la industria hortícola como medio de crecimiento para almácigos y plantas. La vermicomposta, por sus características físicas, químicas y biológicas, se ha utilizado como fertilizante orgánico con efectos favorables sobre el desarrollo de diversas especies hortícolas y ornamentales en invernaderos (Brown *et al.*, 2000).

2.8 Té de composta

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

reproducción de microorganismos aerobios benéficos (Grubinger, 2005; Salter, 2006).

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

El té se hace a partir del estiércol filtrado, agregando agua y oxígeno, llegando a contener millones de microorganismos benéficos que matan criaturas microscópicas dañinas (Scheuerell y Mahaffee, 2004). El té de composta de estiércol es una forma barata de conseguir la combinación de microorganismos, nutrientes solubles y metabolitos microbianos (subproductos) en un solo paquete.

Los plaguicidas químicos como insecticidas, fumigantes, herbicidas y el exceso de fertilizantes sintéticos matan a diversos microorganismos benéficos que ayudan al crecimiento de las plantas, mientras que el té de composta mejora la vida de los suelos y la superficie foliar de la planta. El té de composta de alta calidad inocula la superficie de las hojas y favorece la presencia de

microorganismos benéficos, en lugar de destruirlos (Al-Dahmani *et al.* 1999; Cascadia 2001).

2.8.1 Usos de té de composta

El té de composta se ha convertido en una herramienta de gran ayuda para la agricultura, ya que al ser aplicado al follaje de la planta, proporciona microorganismos benéficos supresores de enfermedades y al ser suministrado al suelo, los nutrientes y los microorganismos que posee se moverán hacia la zona radicular, afectando positivamente la rizosfera de la planta, auxiliándola en la disposición de nutrientes como alimento (Bess, 2000; Reinten y Salter, 2002; Ryan, 2004 y Touart, 2005). Los microbios en el té pueden tener mucha competencia con otros microorganismos del suelo, pero tienen la oportunidad de convertirse en una parte de la ecología microbiana del suelo y de la rizosfera (Bess, 2000).

El uso del té de composta en los sistemas de producción hortícolas tiene una amplia gama de ventajas. Mientras que los costos del fertilizante químicos y del fungicida aumentan, el té de composta ofrece un método alternativo eficaz y económico para la producción y calidad de planta (Zweifel, 2006)

Hay muchos componentes microbianos que favorecen el crecimiento vegetal y ayudan a la supresión de la enfermedad, incluyendo: bacterias (bacilo), levaduras (*Sporobolomyces* y *Cryptococcus*), y hongos (*Trichoderma*), así como antagonistas químicos tales como fenoles y aminoácidos. Los microorganismos benéficos en el té de composta compiten con los

microorganismos destructivos por los alimentos. Esta práctica biológica del control es común en la supresión el patógeno de la planta. Sin embargo, hay datos científicos muy pequeños útiles para los cultivadores, y pocos hechos publicados sobre té aireado de composta (Wickly *et al.*, 2001).

2.8.2 Ventajas y desventajas del té de composta

El té de composta realza la eliminación de enfermedades, reduce las necesidades de fungicidas y de fertilizantes, mejora crecimiento vegetal, mejora la absorción de nutrimentos de planta, aumenta la calidad de la planta suculentas además de bajo costos de producción (Touart, 2000; Sinkey, 2005). Además, incrementa la tolerancia de las plantas a condiciones ambientales extremas, especialmente el calor; favorece la disponibilidad de nutrientes del suelo, y permite mejor asimilación de otros materiales por parte de la planta, como K y P (Bess, 2000; Sinkey, 2005).

Sin embargo, las condiciones de la calidad de la composta, incluyendo madurez y contenido del microorganismo, llegan a ser factores muy importantes para hacer té de composta eficaz. Una buena composta tiene potencial para hacer un te de composta eficaz, mientras que una composta pobre genera un té de composta de baja calidad; la composta puede tener altas concentraciones de sal y altos niveles de microorganismos anaerobios. Además, la presencia de patógeno se puede aumentar en el té (Touart, 2000)

2.8.3 Criterios para preparar té de composta.

Para mantener los microorganismos en el té de composta deben prepararse condiciones óptimas para producir el producto final deseado (Salter, 2006). Al hacer té de composta, la tendencia es tener tanta diversidad microbiana como sea posible. Para combatir los patógenos de la planta. Al hacer un té para suplir los nutrientes para la planta, se fortifica el té con suplementos o aditivos durante la producción, la ventaja primaria del extracto es su fuente de nutrientes solubles, que pueden ser utilizados como fertilizante líquido. Sin importar la metodología, la calidad del té de composta es tan buena como los materiales usados para hacer el té. En ambos casos, la calidad del agua, la composta y la materia de base toda contribuyen al éxito, o carecen de eso, en el proceso de la elaboración del té.

Abonar con las adiciones de calidad, incluyendo la madurez y el contenido del microorganismo, llega a ser muy importante para hacer un té de composta eficaz. La transformación de la composta en té de composta no puede mejorar en la calidad original de la composta. Un buen té de composta tiene el potencial de hacer un buen té de composta si está hecho correctamente; un estiércol vegetal pobre hará siempre un té de composta pobre. Muchas imperfecciones en el estiércol vegetal que comienza tal como altas concentraciones de la sal, altos niveles de microorganismos anaerobios y la presencia de patógeno se pueden amplificar realmente en el té de la composta final. Es crítico, por lo tanto, utilizar solamente la composta de más alta calidad disponible (Bess, 2000).

La madurez, la composición y el ambiente de la composta son factores importantes para determinar el sino de la comunidad microbiana en el té. La temperatura, la longitud del tanque de la elaboración, el método, la sincronización y la frecuencia del uso, y las condiciones atmosféricas todas hacen una grande parte en los resultados finales del té. Es importante mantener estos factores tan constantes como sea posible. Aunque nadie tiene control sobre la luz sol, el tipo de composta usada, de elaboración de la cerveza y de métodos del uso puede ser supervisado (Wickly *et al.*, 2001).

2.8.4 La temperatura.

Debe relacionarse en donde se va aplicar ya sea al suelo o al follaje de la planta. En el otoño cuando las temperaturas están frescas es conveniente aplicar ya tarde cuando los organismos están en reposo.

2.8.5 Alimento para los microorganismos

Los alimentos (aditivos) seleccionados deberán ser agregados de acuerdo a la especie microbiana que desea aplicar, por ejemplo si se desea un té bacteriano, agregar azúcares, proteínas simples, los hidratos de carbono simples. Si desea un té preparado para el control de enfermedades, agregue alimentos más complejos como residuos de plantas (extracto de yuca), harina de avena, alimento de soya, y harina. Ácidos húmicos-fúlvicos, los cuales soltarán los alimentos bacterianos después de que los hongos empiezan el proceso de descomposición.

2.8.6 Oxígeno.

La mayoría de los organismos benéficos a la planta que se originan, en el proceso necesita oxígeno para desarrollarse sin estrés o tensión.

2.8.7 Reducción de riesgos de la seguridad de los frutos por patógenos insalubres al consumo

Los productores que deben seguir las recomendaciones del potencial del té de composta del destacamento del entablado de los estándares orgánico nacional (USDA, 2004) en los cuales incluyen:

- Uso de agua potable solamente para hacer té de composta o para diluirlo.
- Esterilizar todo el equipo usado para preparar té de composta.
- Realizar el té de composta solamente cuando la composta ha mantenido toda la pila una temperatura o se ha calentado arriba 131 de los grados F y se ha mezclado así por 3 días.
- Evitar los complementos (Azúcares) en la fermentación del té de composta, puesto que éstos puede originar el crecimiento de organismos dañinos. Particularmente, deben ser evitadas las fuentes simples del azúcar, como la melaza.
- Los completos pueden ser utilizados, si las muestras producidas del de té de composta se examinan antes de ser usada para cerciorarse

de que las bacterias del coniformes fecales de las muestras recreacionales satisfacen la calidad del agua (EPA).

- Si el té de composta se hace con los añadidos (azúcar, o la melaza) pero no se hace advierte, o si no se realiza una rectificación de muestras de calidad del agua es decir se deberá hacer un análisis de agua y té de composta antes de ser añadidos al cultivo, y si no se realiza entonces los cultivos no pueden ser cosechados hasta los 90 a 120 días después de que se ha aplicado el té composta (como con el uso estiércol crudo en las granjas orgánicas).

2.9 Producción de tomate orgánico

2.9.1 Producción en campo

El rendimiento en la producción nacional de tomate orgánico es de 10 t ha⁻¹ (SAGARPA, 2005), sin embargo, si bien la cosecha es certificada, el rendimiento pueden aumentar, incrementando la relación costo-beneficio. De acuerdo con los registros de la SAGARPA, el rendimiento a nivel nacional de tomate orgánico en campo es de 10 t ha⁻¹ (SAGARPA 2005). Por otro lado Diver *et al.* (1999) menciona que la producción orgánica de tomate en campo es de 32.12 t ha⁻¹.

La producción de tomate orgánico en México se lleva a cabo en Baja California Sur (Navejas, 2002), pero si bien la cosecha es orgánica, el rendimiento bajo, por lo que es conveniente, producir en invernadero, garantizando rendimiento más elevado, avalando la aplicación de insumos

orgánicos para probar la obtención de un producto orgánico y prácticamente inocuo, por lo que la obtención de un sustrato orgánico, evitaría los tres años mencionados para la certificación, lo anterior coincide con lo citado por Castellanos *et al.* (2000).

La producción orgánica de tomate en Baja California, ocupa diez veces menos superficie, pero genera divisas diez veces más divisas (Navejas 2002). La diferencia entre la producción en invernadero de tomate convencional contra la orgánica, varía en el tipo de sustrato, prácticas de fertilización y el método de control de problemas fitosanitarios (Dodson *et al.*, 2002). Lo esencial la lucha contra los insectos y enfermedades en los sistemas orgánicos, es la prevención que en la actualidad existen productos permitidos por las normas internacionales de productos orgánicos, los cuales son todos a base de extractos vegetales (Navejas, 2002).

2.9.2 Producción en invernadero

Márquez & Cano (2004) quienes reportan un rendimiento de 131 t ha⁻¹ con fertilización orgánica y 146 t ha⁻¹ con solución nutritiva inorgánica. Márquez y Cano (2004) encontraron un rendimiento de tomate orgánico en invernadero de 89.64 t ha⁻¹, en composta mas arena sin fertilizar, donde superaron los rendimientos de tomate orgánico en campo en 8.96 veces

Reis *et al.* (2003) quienes evaluando sustratos en invernadero en tomate, no encontraron diferencias significativas en la producción de frutos y reportaron un rendimiento para sustratos orgánicos de 166 y 162 t ha⁻¹ para el tratamiento

inorgánico. Tuzel y Yagmar (2003) evaluando tomate con tratamientos orgánicos reportan rendimientos de tomate orgánico en invernadero de 59 a 90 t ha⁻¹ en otoño, mientras que en primavera se obtienen desde 126 a 162 t ha⁻¹.

El principal problema de la producción en invernadero, una vez que se tienen las condiciones ambientales controladas, es la presencia de plagas y enfermedades así como la fertilización. El no efectuarse un control efectivo de plagas y patógenos, éstos puede llevar al exterminio total del cultivo, lo anterior origina que la mayoría de los productos agroquímicos se apliquen de manera preventiva y continúa, sin tomar en cuenta los umbrales de acción, provocando que los frutos lleven altas cantidades de residuos de agroquímicos (Dodson *et al.*, 2002), los cuales son monitoreados minuciosamente al pretender ser exportados con la consecuencia del rechazo del producto; aunado a lo anterior, además de contaminar de agroquímicos el fruto, el costo de los insumos por este rubro, incrementa considerablemente los costos de producción, mencionando Castellanos (2003) una erogación de \$118,000 pesos por concepto de fertilizantes para un ciclo de 10 meses.

2.9.3 Fertilización Orgánica

Las normas de certificación, permiten la auto elaboración de insumos agrícolas, incluyendo fertilizantes, no obstante, es preferible utilizar insumos certificados para prever la cancelación del certificado orgánico. En el caso de la fertilización, los productos de naturaleza orgánica, deben emplearse con cautela, ya que su origen no garantiza su utilización en la producción orgánica

certificada. Tal es el caso del estiércol, bocashi, gallinaza, preparados biodinámicos, entre otros.

Las opciones de fertilización certificada son, entre otras, compostas no enriquecidas inorgánicamente, estiércol compostado, frutas fermentadas en forma de vinagre o té, vermicomposta, abonos verdes, leguminosas, subproductos de la pesca, extractos de algas marinas, harinas de sangre ó pescado, polvo de pezuña o cuerno, microelementos, bacterias fijadoras de nitrógeno, micorrizas o bien, insumos de empresas certificadas (Giaonetto, 2005; Labrador *et al.*, 2004; Linderman y Davies, 2004). Los quelatos son sustancias que no cancelan la clasificación del sustrato como orgánico ya que los micronutrientes (oligoelementos; boro, cobre, hierro, magnesio, molibdeno, zinc) son sustancias que pueden emplearse como fertilizantes y acondicionadores del suelo en producción orgánica (FIRA, 2003; FAO, 2001b)

El tomate tiene una alta demanda de nitrógeno para cumplir las funciones vitales y obtener buenos rendimientos, de lo contrario el área foliar se verá seriamente afectada y por consiguiente los rendimientos (Scholberg, 2000 a, b). La extracción total de N por unidad de producción de producto fresco generalmente es expresado en kg ha^{-1} para los elementos primarios, para tomate la extracción es de 3.0 a 3.5 kg por tonelada (Uvalle-bueno, 2000; Castilla, 2003)

Los nutrientes contenidos en la composta satisfacen los requerimientos del tomate en los dos primeros meses después del trasplante (Raviv *et al.*, 2004); así mismo, Raviv *et al.* (2005) mencionan que la composta cubre los requerimientos durante cuatro meses después del trasplante en tomate.

No obstante, existen estudios (Subler *et al.*, 1998; Riggle, 1998) que mencionan que el mejor desarrollo del cultivo se da con pequeñas proporciones de vermicomposta, entre 10 y 20%. Peet *et al.* (2004) presentan resultados alentadores al fertilizar orgánicamente mediante insumos solubles para obtener tomate orgánico bajo invernadero.

**PRODUCCIÓN DE TOMATE EN INVERNADERO EN TRES SISTEMAS DE
PRODUCCIÓN USANDO HUMUS DE LOMBRIZ COMO SUSTRATO**

**TOMATO PRODUCTION IN GREENHOUSE IN THREE PRODUCTION SYSTEMS
USING VERMICOMPOST AS SUBSTRATE**

Norma Rodríguez Dimas¹, Pedro Cano Rios^{2*}, Uriel Figueroa Viramontes², Arturo Palomo Gil¹,
Esteban Favela Chávez¹, Vicente de Paul Álvarez Reyna¹, Cándido Márquez Hernández³ y Alejandro
Moreno Resendez⁴

¹Posgrado en Ciencias Agrarias, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – UL. Periférico y Carretera a Santa Fe s/n. Torreón, Coahuila. ²Campo Experimental La Laguna, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Matamoros, Coahuila. MÉXICO. Correo-electrónico: cano.pedro@inifap.gob.mx

³Escuela superior de Biología, Universidad Juárez del Estado de Durango. Gómez Palacio, Durango. MÉXICO. ⁴Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna. Periférico y Carretera Sta. Fé, s/n. Torreón, Coahuila. MÉXICO.

*Autor de correspondencia

norma_rodriguez@hotmail.com

RESUMEN

En este estudio se evaluó el efecto de la vermicomposta mezclada con arena y adicionada o no con fertilizantes inorgánicos, como sustrato orgánico para la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero, se utilizaron los híbridos Big Beef y Miramar, en el invernadero de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, Torreón, Coahuila, durante el ciclo de invierno 2004 – 2005. Los sustratos evaluados fueron: S1, vermicomposta + arena, en proporción 1:1 (v:v) + micronutrientes quelatizados, S2, vermicomposta + arena, sin micronutrientes; y el testigo S3, arena + solución nutritiva. Los seis tratamientos fueron distribuidos en un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3 x 2 con cuatro repeticiones. Se detectaron diferencias altamente significativas entre sustratos en rendimiento y calidad ($P \leq 0.01$). El genotipo Big Beef con solución nutritiva sustrato (S3) presentó el rendimiento total más alto con 282.5 t ha^{-1} superando en 27% al sustrato orgánico S1 con el mismo genotipo. En rendimiento de fruto comercial ambos híbridos el sustrato testigo (S3) superó ($P \leq 0.01$) en 27 % mayor a lo obtenido en a la mezcla orgánica S1. Sin embargo, el rendimiento en el sustrato S1 con quelatos fue superior a 200 t ha^{-1} en ambos genotipos. Además se aumentan el contenido de sólidos solubles y el espesor del pericarpio en el fruto. El uso de vermicomposta + arena + quelatos puede ser una opción viable para producir tomate orgánico en invernadero.

Palabras clave: Agricultura orgánica, *Lycopersicon esculentum*, humus de lombriz, cultivo protegido.

SUMMARY

The effect of vermicompost + sand, added or not with micrutrient quelates, was evaluated in greenhouse as organic substrate for tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) production. Cultivars Big

Beef and Miramar were evaluated in a greenhouse at Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, in Torreón, Coahuila. During 2004-2005 season. Evaluated substrates were: S1, vermicomposta + sand (1:1 in volume) + micronutrient quelates; S2, same substrate as S1 without quelates; S3, control with nutrient solution. The six treatments were distributed in a completely randomized design with two factors: three substrates and two cultivars. Highly significant differences ($P < 0.001$) were detected among substrates in fruit quality and yield. Big Beef cultivar with the control substrate S3 showed the highest total yield with 282 ton ha^{-1} , which was 27% higher than the organic substrate S1. In commercial yield, both cultivars in the control substrate S3 yielded 27% more compared to the organic substrate S1. However, yield in the organic substrate plus quelates S1 was superior to than 200 ton ha^{-1} with both cultivars; also, fruit soluble solids and pulp thickness increased in both organic substrates. Use of vermicompost + sand can be an option to produce organic tomato in greenhouse.

Index words: Organic agriculture, *Lycopersicon esculentum*, worm humus. Crop protected vermicompost.

INTRODUCCIÓN

La producción de tomate en condiciones protegidas incrementa el rendimiento y calidad del fruto. La superficie empleada para cultivos en invernadero en México asciende a 4 900 ha y presenta una tasa de crecimiento anual del 25%; de esta superficie, 3 450 ha se destinan a la producción de tomate (Fonseca, 2006). Los sistemas de producción de tomate en invernadero varían en variedades, sustratos para el crecimiento de la planta, dosis de aplicación de nutrimentos, técnicas de control de plagas y enfermedades, entre otros.

Sin embargo, el excesivo uso de productos químicos en la agricultura a generado la preocupación en los consumidores por el nivel de contaminantes presentes en frutos pudiera contener, debido a problemas ambientales y a la presencia de compuestos residuales en los suelos agrícolas y los frutos (Eskenazi et al., 2004; Hernández et al., 2004). Una alternativa para reducir el impacto de los agroquímicos sobre el ambiente y calidad de los productos vegetales y obtener productos inocuos, es el uso de sistemas de producción orgánica, los cuales reducen o suprimen el uso de compuestos sintéticos como: fertilizantes, insecticidas, herbicidas, hormonas y reguladores de crecimiento (Ruiz, 1998; Milles y Peet, 2002; FAO, 2001b). Debido a la aceptación de los productos orgánicos, la superficie destinada a la agricultura orgánica ha registrado tasas de crecimiento superiores al 25 % anual a nivel mundial (Willer y Yussefi, 2000; Haring *et al.*, 2001). Adicionalmente se han obtenido sobreprecios entre el 20 y el 40 % por encima de los precios de los productos tradicionales (FAO, 2001; Sloan, 2002).

La agricultura orgánica se puede realizar con el uso de abonos orgánicos, ya sea de origen animal o vegetal (Tuzel *et al.*, 2003; Rippey *et al.*, 2004; Kamiar y Anusuya, 2005). Por ello, la vermicomposta (VC), como sustrato de crecimiento, permite satisfacer la demanda nutritiva de los cultivos en invernadero, reduciendo significativamente el uso de fertilizantes sintéticos (Manjarrez *et al.*, 1999). El tomate cherry se produce orgánicamente en invernadero, y supera los rendimientos de campo en 16 veces, cuando se emplean sustratos a base de composta mezcladas con medios inertes con un promedio de 48.5 t ha⁻¹ (Márquez *et al.* (2006).

Los beneficios de los abonos orgánicos han sido evidentes. La vermicomposta se utiliza como mejorador de suelo en cultivos hortícolas y como sustrato para cultivos en invernadero al no contaminar el ambiente (Urrestarazu *et al.*, 2001). La vermicomposta contiene sustancias activas que actúan como reguladores de crecimiento, aporta gran capacidad de intercambio catiónico (CIC), alto

contenido de ácidos húmicos, además de que aumenta la capacidad de retención de humedad y la porosidad que facilita la aireación, drenaje del suelo y los medios de crecimiento (Ndegwa *et al.*, 2000; Hashemimajd *et al.*, 2004). Raviv *et al.* (2004) y Raviv *et al.* (2005) indican que las compostas se usan como sustrato debido a su bajo costo, sustituyen al musgo y suprimen varias enfermedades presentes en el suelo. Moreno-Resendez *et al.* (2005) determinaron que la producción de tomate en invernadero puede realizarse en mezclas de vermicomposta y arena como sustrato, ellos encontraron que 12.5 % de vermicomposta en mezclas con 87.5 % de arena dieron estadísticamente el mismo rendimiento que el testigo (arena con solución nutritiva) con 170 y 173.7 t ha⁻¹ respectivamente.

La producción anual de estiércol bovino en la Comarca Lagunera, en México, es de aproximadamente 900 mil toneladas, debido a la explotación de ganado lechero (Figueroa, 2003). Material puede ser utilizado para la elaboración de vermicomposta o humus de lombriz. En este estudio se postula que la vermicomposta derivada de estiércol de bovino puede usarse como fertilizante en la producción de tomate orgánico en invernadero. Por tal motivo, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de mezclas de vermicomposta en el rendimiento y calidad de fruto de dos híbridos comerciales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó de octubre del 2004 a junio del 2005, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro - Unidad Laguna (UAAAN-UL), en Torreón, Coahuila, México. Se evaluaron tres sustratos en macetas de plástico de 18 L de capacidad: S1= mezcla de arena + vermicomposta de estiércol bovino (1:1 v:v) + micronutrientes quelatos Maxiquel multi® (4% Fe, 2% Zn, 1% Mn); S2 = arena + vermicomposta sin micronutrientes; y S3 = arena + fertilizantes inorgánico (testigo). Las macetas de los sustratos S2 y S3 se llenaron totalmente al momento del transplante, mientras que las

macetas de S1 se llenaron con esta mezcla en forma gradual, 50 % al momento del transplante, 25 % a los 79 días después de la siembra (dds), y 25 % a los 134 dds. Antes de preparar las mezclas, la arena se lavó y esterilizó con una solución de cloro (Hipoclorito de sodio) al 5 %. Los micronutrientes se suministraron a partir de los 74 dds hasta el final de la cosecha en dosis de 1.15, 0.49, 0.16 y 0.16. mg·L⁻¹ de hierro, manganeso, zinc y boro, respectivamente. Se utilizaron dos genotipos de tomate, los híbridos Big Beef (BB) y Miramar (M), ambos de la compañía Seminis Vegetable Seeds®. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3 x 2, donde el factor A fueron los sustratos y el Factor B los genotipos con cuatro repeticiones. La unidad experimental consistió de una planta.

La semilla se sembró el 2 de octubre de 2004, en charolas germinadoras de 200 cavidades llenas con “peat moss” como medio de crecimiento. El transplante se realizó el 20 de noviembre, y las macetas se acomodaron en doble hilera con una separación de 160 cm entre hileras y arreglo en “tresbolillo”, con un espaciamiento de 30 cm de centro a centro de maceta, para una densidad de 4.2 plantas/m². La solución nutritiva empleada para el testigo fue adaptada de Zaidan (1997) (Cuadro 1), con algunas modificaciones, adicionalmente se aplicó micronutrientes quelatizados por ser la arena un sustrato inerte y se aplicó diariamente en el sistema de riego por goteo. Según la etapa fenológica, en el agua de riego, se aplicaron de 0.35 a 1.9 L por maceta a través el ciclo del cultivo. Las temperaturas máximas y mínimas medias dentro del invernadero fueron 12.4 y 32.9 °C, respectivamente durante el ciclo del cultivo que duró 215 días.

Las plantas fueron guiadas a un solo tallo, eliminando los brotes axilares y tutoradas con hilo de rafia. Las flores se polinizaron mecánicamente con un vibrador eléctrico diariamente entre las 11 y 14 h. La cosecha de frutos se realizó del primero al octavo racimo dando un total de 20 cortes, iniciando a los 139 dds.

La composición química de la vermicomposta se presenta en el Cuadro 2. El agua de riego utilizada fue de una conductividad eléctrica (CE) de 1.05 ds m^{-1} , con una Relación de absorción de sodio (RAS) de 2.18 se clasificó como C1S1 (bajo en riesgo de salinización y alcalinización (Cuadro 3) (Ayers y Westcot, 1994; Anónimo, 2004).

Se evaluaron un total de 18 plantas por tratamiento de cada genotipo por sustrato, en las cuales se midieron las variables: rendimiento total, número de frutos por planta, rendimiento comercial (la suma de rendimiento grande, mediano y chico), rendimiento por tamaño según la clasificación de la norma oficial NMX-FF-031-1997-SCFI (Cuadro 4). Se realizaron un total de 20 cortes desde el 18 de febrero al 5 de junio de 2005. Para determinar la calidad de fruto se realizó un muestreo de dos frutos de cada racimo en seis plantas, en los ocho racimos, los frutos fueron seleccionados de la parte media de cada racimo cuyo peso individual fuera mayor de 100 g. En cada fruto se evaluó el peso individual (g); diámetro polar y ecuatorial (cm), contenido de sólidos solubles ($^{\circ}\text{Brix}$), espesor de pulpa (cm), pH del jugo y número de lóculos por fruto. Los frutos se pesaron en una báscula digital (marca PS-5 Torrey). Los diámetros polar y ecuatorial se midieron con vernier (marca Scala®). Los sólidos solubles se determinaron en una gota de jugo del fruto, con un refractómetro (marca ATARGO ATG-1E®). El espesor de la pulpa se midió en la parte carnosa del pericarpio del fruto con una regla milimétrica (cm). Los frutos con peso $< 50 \text{ g}$ o frutos dañados se clasificaron como rendimiento “rezaga”. Las variables evaluadas se les aplicó análisis de varianza con el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS) versión 6.12 (SAS, 1998) y se utilizó la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para la comparación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 5 se observa que la interacción sustrato x genotipo fue altamente significativa ($P \leq 0.01$) para los cuatro tipos de rendimiento, peso de fruto y, diámetro polar por fruto, para el resto de las variables la interacción SxG no fue significativa, Se detectó diferencias entre sustrato y entre genotipos en los tres tamaños de fruto, número de frutos por planta, diámetro polar y sólidos solubles. En tanto que para rendimiento de rezaga, diámetro ecuatorial y espesor de pericarpio solo se detectó diferencias entre genotipos.

Rendimiento total de fruto

En el rendimiento total no se presentaron diferencias significativas en genotipos, pero si entre sustratos. En promedio de los dos híbridos, el tratamiento S3 (testigo) superó en 27 % en rendimiento total al sustrato orgánico S1 y en 78 % al S2. Big Beef, en el sustrato S3, presentó el mayor rendimiento con 282.5 t ha^{-1} (Cuadro 6). En la interacción SxG, la comparación de media obtenida del sustrato S1 con ambos híbridos, fueron estadísticamente iguales para rendimiento total (RT). El caso del sustrato testigo S3, Big Beef superó a Miramar. Los rendimientos más bajos se obtuvieron con el sustrato S2 para los dos híbridos, con valores entre 139 y 159 t ha^{-1} . La interacción sustrato x variedad indicó que el híbrido Big Beef redujo más su rendimiento que el Miramar al cambiar del sustrato de arena con solución nutritiva S3 a S1 y a S2 (Cuadro 6).

El testigo S3 superó a los dos sustratos, por lo cual la vermicomposta en el sistema de producción S2 no cubrió las necesidades nutricionales del cultivo, coincidiendo con Betiol *et al.* (2004), Márquez y Cano (2004) y Heeb *et al.* (2005), quienes encontraron mayor rendimiento en los sistemas con fertilización inorgánica que en el sistema orgánico. Por su parte, Atiyeh *et al.* (2000) señalan que al usar más del 20 % de vermicomposta en el sustrato la producción de la planta disminuye, debido a un incremento en la conductividad eléctrica.

El mayor rendimiento total de fruto de S1 comparado con S2 pudo deberse a la aplicación gradual de vermicomposta a los 79 y 134 dds, aportes que coincidieron con la etapa de floración y desarrollo del fruto, periodos en los cuales la planta requiere mayor cantidad de nutrimentos. En la etapa de floración, en los sustratos S1 y S2 se presentaron síntomas visuales de deficiencia de N, aunque con los aportes fraccionados de vermicomposta en S1 se controló esta deficiencia. Al agregar la mezcla orgánica en el sustrato S2 en una sola aplicación durante el transplante, está quedó deficiente de N por la lixiviación, ocasionando una reducción en la producción. De acuerdo con datos de el Servicio de Conservación de Recursos Naturales de Estados Unidos (NRCS, 1999) y de Castilla (2003), una cosecha de tomate extrae 3 kg de nitrógeno por tonelada de fruto en fresco; asumiendo en el presente estudio una extracción similar, la variedad Big Beef extrajo el equivalente a 20.1 g por planta, para un rendimiento de 6.71 kg de tomate por planta. En la solución nutritiva utilizada se aportó un total de 21.5 g de N por maceta en el ciclo, con un volumen de riego promedio de 1.46 L día⁻¹ por maceta. Sin embargo, Castellanos (2004) comenta que hasta el 42 % de N se lixivian en condiciones de sustratos en invernadero.

En el caso del sustrato orgánico S1 y en base al análisis de la vermicomposta, la aportación de N total fue de 65.5 g por maceta, mientras que el requerimiento de N promedio de los dos genotipos fue de 14.7 g por maceta, para un rendimiento de 4.9 kg de tomate por planta. La mayor parte del N en las compostas es orgánico y durante el proceso de mineralización se libera el N inorgánico disponible al cultivo. Eghball (2000) encontró una tasa de mineralización de N en composta de bovino de 11%; asumiendo una tasa similar en la vermicomposta, la liberación de N en el presente estudio sería de 7.2 g por maceta. Sin embargo, la mineralización de N se incrementa con la temperatura (Griffin y Honeycutt, 2000), por lo que es de esperarse una mayor tasa de mineralización de N en las condiciones del invernadero del presente estudio. Aun así, se observaron síntomas de deficiencia de N a partir de la

etapa de floración. Lo anterior concuerda con Raviv *et al.* (2004), quienes concluyen que después de dos meses del trasplante con vermicomposta se requiere fertilización, ya que los nutrientes se lixivian o se absorben por la planta.

Es importante señalar que la disminución en la producción de S1 podría ser compensado con el valor del producto. Según Gómez *et al.* (2003) y Sloan (2002) el valor del producto se incrementa de 20 a 40% con respecto al valor obtenido en el sistema tradicional. Así mismo, el sustrato S1 podría recomendarse alternando aplicaciones de fertilizantes orgánicos o té de composta; lo que es sugerido por Cano *et al.* (2005) como resultado de sus experiencias en la producción de tomate orgánico.

Considerando que una producción comercial exitosa de tomate en invernadero, es de 200 t ha⁻¹ por año como mínimo (Cotter y Gómez, 1981), es claro entonces que solamente el sustrato S1 es viable, ya que presentó un rendimiento de 206 t ha⁻¹ en un periodo de nueve meses. Aunado al sobreprecio obtenido por la comercialización de un producto orgánico. Entre los dos sustratos orgánicos evaluados se encontró que el S1 rindió más que el S2, lo que se atribuye tanto a la aplicación dividida de la vermicomposta como a la aplicación de los micronutrientes añadidos a S1 pero no a S2; estas sustancias no cancelan la clasificación del sustrato como orgánico ya que los micronutrientes (oligoelementos; boro, cobre, hierro, magnesio, molibdeno, zinc) son sustancias que pueden emplearse como fertilizantes y acondicionadores del suelo en producción orgánica (FIRA, 2003; FAO, 2001b)

Rendimiento en tamaños

En el tamaño grande, la comparación de medias en la interacción SxG obtuvo los rendimientos más altos presentándose en el sustrato S3, donde se observa que el genotipo Big Beef produjo 252.9 t ha⁻¹, mientras que el sustrato S1 con el genotipo Big Beef, presentó un rendimiento de 163.9 t ha⁻¹, segundo en valor (Cuadro 6). Big Beef, en los tres sustratos, superó a Miramar en producción de tamaño

grande. Sin embargo el rendimiento promedio de fruto grande para ambos híbridos en el sustrato S1 (107.8 t ha^{-1}) superó al registrado por Muro *et al* (2003) (40 t ha^{-1}) y Ortega *et al.* (2003) (101 t ha^{-1}).

En la categoría de tamaño mediano, al comparar las medias de la interacción SxG, el genotipo Miramar presentó en los sustratos S3 y S1 los mayores rendimientos, con 106 y 89.6 t ha^{-1} respectivamente. En este tamaño, el genotipo Miramar fue mejor que Big Beef en los tres sustratos (Cuadro 6), debido a que este último genotipo produce frutos de tamaño grande. El sustrato S1 con un rendimiento de 62.3 t ha^{-1} superó a los obtenidos por Muro *et al.* (2003) y Ortega *et al.* (2003), que fueron de 26 y 23 t ha^{-1} .

Para tamaño de fruto chico, la comparación de las medias en la interacción SxG, los sustratos S1 y S2 con el genotipo Miramar, presentaron el mayor rendimiento, con 62.4 y 55.4 t ha^{-1} respectivamente (Cuadro 6).

En la categoría rezaga no se detectó efecto de sustratos ni de la interacción sustrato x genotipo (Cuadro 6). La producción de Miramar fue de 3.3 t ha^{-1} superando a Big Beef, que rindió 0.9 t ha^{-1} , haciendo a éste último un buen candidato para la producción de fruto comercial.

Los resultados obtenidos con las mezclas de vermicomposta + arena concuerdan con los obtenidos por Atiyeh *et al.* (2000), quienes encontraron que las diferencias detectadas entre sustratos se debe a diferencias en sus contenidos de elementos nutritivos y la naturaleza de sus comunidades microbianas. En número de frutos por planta, los sustratos S3 y S1 presentaron mayor cantidad de frutos y siendo estadísticamente iguales con 40 y 37 frutos respectivamente, mientras que S2 presentó el menor valor con 29 frutos.

Los coeficientes de correlación (Cuadro 7) muestra que algunas de las características evaluadas mantuvieron una relación alta y positiva con el rendimiento total (RT) con un valor de $p \leq 0.01$. Las variables que mas aportan al RT fueron el rendimiento de fruto grande (RG), con un coeficiente de

correlación de Pearson de $r=0.728$; el número de frutos por planta (NF), con un valor de $r=0.695$. y el rendimiento de fruto mediano (RM) $r=0.408$. Las altas correlaciones indican el grado de asociación entre variables. El rendimiento rezaga (RR), chico (RCH) y peso de fruto (PF) no correlacionan con el rendimiento total.

Calidad de fruto

El genotipo Big Beef presentó el mayor peso de fruto en S3 y S1, con 214 y 209 g por fruto respectivamente, comparado con Miramar que registró 147 g (Cuadro 8). Resultados semejantes encontró Logendra *et al.* (2001). El mayor diámetro polar lo presentó Big Beef en los sustratos S3 y S1, con 6.0 cm, mientras que el genotipo de menor diámetro fue Miramar con 5.4 cm (Cuadro 10). Estos resultados concuerdan con los publicados por Ortega *et al.* (2003), quienes obtuvieron frutos con 5.8 cm de diámetro. El genotipo que presentó el mayor diámetro ecuatorial fue Big Beef con 7.8 cm, lo que concuerda con lo obtenido por Márquez y Cano (2004) en este mismo genotipo.

En sólidos solubles, los sustratos S1, S2 y S3 presentaron en promedio 5.3°, 5.1° y 4.8° Brix respectivamente. En el sustrato S1 se registro 8% mas contenido de sólidos solubles que el testigo S3 (Cuadro 9). El genotipo Big Beef, con 5.1° Brix, superó a Miramar quien presentó 4.9° Brix en promedio en los tres sustratos (Cuadro 10). En este experimento los genotipos presentaron buena calidad, ya que el tomate para procesado y consumo en fresco deben tener un contenido de sólidos solubles de 4.5° a 5.5° Brix (Díez, 1999). Frutos en este rango de sólidos solubles también lo obtuvieron Márquez y Cano (2004), Ortega *et al.* (2003), Moreno-Reséndez *et al.* (2005).

El genotipo Miramar mostró el mayor espesor de pericarpio en todos los sustratos, con una media de 0.84 cm, en contraste con Big Beef, que tuvo 0.71 cm (Cuadro 10). Estos resultados no coinciden con los obtenidos por Márquez y Cano (2004), quienes reportan un promedio de 0.73 cm de espesor de

pulpa en el genotipo Big Beef. El pH promedio de fruto fue 4.2 (Cuadro 8), que es inferior al reportado por Bugarin *et al.* (2002) e Hidalgo *et al* (1998).

Los resultados obtenidos revelan que los híbridos Big Beef y Miramar, son igualmente rendidores, difiriendo en características de calidad de fruto. El genotipo Big Beef produce menos frutos por planta, pero más grandes, y de menor espesor de pericarpio. Por su parte, el híbrido Miramar produce más frutos por planta, con mayor frecuencia de frutos medianos y pequeños, con mayor espesor de pericarpio (Cuadro 9).

CONCLUSIONES

1. Se confirmó que el sustrato con fertilizantes químicos (S3) superó a los sustratos con vermicomposta S1 y a S2 en rendimiento total y calidad de fruto.
2. La interacción entre el sustrato testigo S3 y el genotipo Big Beef presentó el más alto rendimiento total con 282.5 t ha⁻¹. Sin embargo, para ambos híbridos, el sustrato testigo S3 superó en 27 % al sustrato orgánico S1, en rendimiento de fruto comercial.
3. Las mezclas orgánicas S1 y S2 no satisficieron las necesidades nutricionales de estos dos híbridos de tomate bajo las condiciones en que se realizó la evaluación. Si embargo el sustrato S1 se puede utilizar en la producción de tomate orgánico en invernadero con cualquiera de los híbridos evaluados, ya que la disminución en producción se compensa con el valor comercial del producto y con el menor costo de fertilización.

AGRADECIMIENTOS

A la Fundación Produce Coahuila y Durango, por el apoyo económico. Al Departamento de Horticultura de la Universidad autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna, por las facilidades de

infraestructura otorgadas al proyecto. Al Dr. Jesús Vázquez Arroyo, a la QFB Norma Lidia Rangel Carrillo y a la IIQ Elba Margarita Aguilar Medrano. También a los ingenieros Eduardo Lara, Rey Idael Partida Morales y Luis Alberto Ramírez Estrada por su colaboración en el desarrollo del experimento.

BIBLIOGRAFÍA

Anónimo (2004) Diagnóstico de aguas de riego. Disponible en:

http://www.infoagro.com/riegos/diagnostico_aguas.htm. Fecha de consulta 15 de agosto 2006.

Atiyeh R M, N Arancon, C A Edwards, J D Metzger (2000) Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Bioresource Technology* 75:175-180.

Ayers RS, DW Westcot (1994) Water quality for agriculture. FAO Irrigation and drainage paper 29 Rev. 1. FAO. Rome.

Bettiol W, R Ghini, J A G Haddad, R S Cássio (2004) Organic and conventional tomato cropping systems *Science Agriculture* 61(3):253-259.

Bugarin M R, A Galavis-Spinola, P Sánchez-García, D García-Paredes (2002) Demanda de potasio del tomate tipo saladette. *Terra* 20:391-399.

Castellanos J Z (2004) Manejo de la fertirrigación en suelo. En: *Manual de Producción Horticola en Invernadero*. Castellanos J Z, R JJ Muñoz (eds) 2ª ed. Editorial Intagri. INCAPA pp: 103-123.

Castilla N (2003) Estructuras y equipamientos de invernaderos. *En: Memoria del Curso internacional de producción de hortalizas en invernadero*. Z J Castellanos, R J J Muñoz, (eds) INIFAP. México. pp. 1-11.

Cano R P, C Márquez H, U Figueroa V, N Rodríguez D, V Martínez C, A Moreno R (2005). Producción orgánica de tomate bajo invernadero en la Comarca Lagunera. En: *Memoria de la XVII Semana Internacional de Agronomía, FAZ-UJED*. Martínez R J J, S Berúmen P, J Martínez T, A Martínez R, M Vázquez N (eds). Gómez Palacio Dgo. 5-9 Sep. pp:30-54.

Cotter D J, R E Gómez (1981) Cooperative extension service. 400 H11. U. New Mexico, U.S.A. 4p.

Diez J M (2001) Tipos varietales. En: *El Cultivo Del Tomate*. Nuez F. (ed) Editorial Mundi-Prensa México. pp: 95-129.

- Eghball B (2000)** Nitrogen mineralization from field-applied beef cattle feedlot manure or compost. Soil Science Society of America Journal 64:2024-2030.
- Eskenazi B, K Harley, A Bradman, E Weltzien, N P Jewell; D B Barr, C E Furlong, N T Holland (2004)** Association of in utero organophosphate pesticide exposure and fetal growth and length of gestation in an agricultural population. Environmental health perspectives (United States) Jul, 112 (10):1116-1124.
- FAO (2001a)** Centro de Comercio Internacional. Los mercados mundiales de frutas y verduras orgánicas: oportunidades para los países en desarrollo en cuanto a la producción y exportación de productos hortícolas orgánicos. Roma, Italia. Disponible En: www.fao.org/docrep/004/y1669e/y1669e00.htm. Fecha de consulta 15 de noviembre del 2005
- FAO (2001b)** La comisión del Codex Alimentarius y el programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias. SIN 1020-2579. 00100 Roma Italy ANEXO 2: Substancias permitidas para la producción de alimentos orgánicos. pp: 54-60. Disponible en: <http://www.fao.org/DOCREP/005/Y2772S/y2772s0c.htm> Fecha de consulta 15 de noviembre del 2005.
- FIRA Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (2003)** Agricultura Orgánica. Normas internacionales ANEXOS. pp105-106. Apéndice 1, Productos Permitidos. A. Fertilizantes del Suelo y Vegetales. Boletín Informativo. Núm. 322 Volumen XXXV 10a. Epoca Año XXXI Diciembre 2003.
- Figuroa V U (2003)** Uso sustentable del suelo pp 1-22 En: Abonos Orgánicos y Plasticultura. Gómez Palacio, Durango México. FAZ UJED. SMCS y COCYTED pp 1-22.
- Fonseca A E (2006)** Producción de tomate en invernadero. En: Cuarto simposio internacional de producción de cultivos en invernadero. Olivares SE (ed). UANL. Facultad de Agronomía. Monterrey, N.L. México. pp: 1-8.
- Griffin T S, C W Honeycutt (2000)** Using Growing Degree Days to Predict Nitrogen Availability from Livestock Manures. Soil Science Society of America Journal 64:1876-1882.
- Gómez C MA, L T Gómez, R Schwentesius (2003)** Agricultura orgánica de México. En: Producción, Comercialización y Certificación de la Agricultura Orgánica en América Latina. CUESTAAM-AUNA, Edo. de México. pp: 91-108.

- Haring A, S Dabbert, F Offerman, H Nieberg (2001)** Benefits of organic farming to society. In: Danish Ministry of Food and Fisheries. Organic food and farming: towards partnership and action in Europe. Proceedings, 10 – 11 de Mayo. 80 p.
- Hashemimajd K, M Kalbasi, A Golchin, H Shariatmandari (2004)** Comparison of vermicompost and compost as potting media for growth of tomatoes. *Journal of Plant Nutrition* 27:1107-1123.
- Heeb A, B Lundegardh, T Ericsson, G P Savage (2005)** Nitrogen form affects yield taste of tomatoes. *Journal Science Food Agriculture* 85:1405-1414.
- Hernández A, A Gomez M, G Pena, F Gil, L Rodrigo, E Villanueva, A Pla (2004)** Effect of long-term exposure to pesticides on plasma esterases from plastic greenhouse workers. *J. Toxicol. Environ. Health. Part A (England)* 67:1095-108.
- Hidalgo G J C, G G Alcazar, C G A Baca, P J Sánchez, E J A Escalante (1998)** Efecto de la condición nutrimental de las plantas y de la composición, concentración y pH del fertilizante foliar, sobre el rendimiento y calidad del tomate. *Terra* 16(2):143-148.
- Kamiar A, R Anusuya (2005)** Compost for nitrogen fertility management of bell pepper in a drip-irrigated plasticulture system. *HortScience* 4(3): 577-581.
- Logendra L S, T J Gianfanga, D R Specca, H W Janes (2001)** Greenhouse tomato limited cluster production systems: crop management practices affect yield. *HortScience* 36(5): 893-896.
- Manjares M M J, R Ferrera-Cerrato, M C González-Chávez (1999)** Efecto de la vermicomposta y la micorriza arbuscular en el desarrollo y tasa fotosintética de chile serrano. *Terra* 17:9-15.
- Márquez H C, P Cano R (2004)** Producción de tomate orgánico bajo invernadero. En: 2do. Simposium Internacional de Producción de Cultivos en Invernadero. Leal Ch C, J A G Garza (eds). 20 y 21 de mayo. Monterrey, NL, fundación UANL y facultad de agronomía de UANL. pp:1-11.
- Márquez H C, P Cano R, Y I Chew M, A Moreno R, N Rodríguez D (2006)** Sustratos en la producción de tomate cherry bajo invernadero. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 12(2):183-189.
- Milles J A, M M Peet (2002)** Maintaining nutrient balances in systems utilizing soluble organic fertilizers. pp 1-23. Horticultural Science Department. North Carolina State University. Organic Farming Research Foundation Project Report. Fecha de consulta 15 de noviembre del 2005. Disponible En: <http://www.ofrf.org/publications/Grant%20reports/00.23.08.Peet.Spr00.IB12.pdf>

- Moreno-Resendez A, T Zarate, P M T Valdés L (2005)** Desarrollo de tomate en sustrato de vermicomposta/arena bajo condiciones de invernadero. *Agricultura Técnica (Chile)* 65(2) :27-34.
- Muro J, E Irigoyen I, M C Salas, M Ureterestazu (2003)** Evaluación de un nuevo sustrato de cultivo procedente de residuos madereros en el cultivo hidropónico de tomate en la Cornisa Cantábrica. En: *Sustratos-Fertilización Actas de Horticulturae N° 39. X Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas. Pontevedra. Disponible en:*
http://www.sech.info/pdfs/actas/acta39/39_215.PDF. Fecha de consulta 15 de diciembre del 2005.
- Ndegwa P M, S A Thompson, K C Dass (2000)** Effects of stocking density and feeding rate on vermicomposting of biosolids. *Bioresure Technology* 71:5-12.
- NMX-FF-031-1997-SCFI (1997)** Productos alimenticios no industrializados para consumo humano - hortalizas frescas - tomate - (*Lycopersicon esculentum* Mill.)- Especificaciones. SAGARPA. Disponible En:
http://www.sagarpa.gob.mx/subagri/normas/agricolas/catalogos/agricolas/hortalizas/jitomate/nmx_jitomate.pdf . Fecha de consulta 5 de febrero del 2006.
- NRCS. 1999.** Agricultural waste management field handbook. Natural Resource Conservation Service. USDA.
- Ortega F S, L Ben-Hur, H Valdez, H Paillan (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.
- Raviv M O, J Katan, Y Hadar, A YogeveS Medina, A Krasnovsky, H Ziadna (2005)** High-Nitrogen compost as a médium for organic container grow crops. *Bioresource Tecnology* 96: 419-427.
- Raviv M O, S Medina, A Krasnovsky, H Ziadna (2004)** Organic matter and nitrogen conservation in manure compost of organic agriculture. *Compost Science & Utilization* 12(1):6-10.
- Rippy F M J, M M Peet, F J Louws, P V Nelson, D B Orr, K A Sorensen (2004)** Plant development and harvest yield of greenhouse tomatoes in six organic growing systems. *HortScience* 39(2): 223-229.
- Ruiz F J F (1998)** La agricultura convencional fuente de contaminación del suelo y agua. En: *Memorias del III Foro Nacional sobre Agricultura Orgánica. Guadalajara, Jal.Méx. 5 al 7 de*

noviembre. Consejo Estatal de Promoción Económica del Gobierno del Estado de Jalisco, Universidad de Guadalajara y Consejo Nacional Regulador de Agricultura Orgánica. pp: 29-30.

SAS (1998) Statistical Analysis System (SAS) versión 6.12. Edition Cary N.C. United States of America.

Sloan A E (2002) The natural and organic foods marketplace. *Food Technology* 56:27-37.

Tuzel Y, B Yagmur, M Gumus (2003) Organic tomato production under greenhouse conditions. *Acta Horticulturae* 614:775 –780.

Urrestarazu M, M C Salas, M I Padilla, J Moreno, M A Elorrieta, G A Carrasco (2001) Evaluation of different composts from horticultural crop residues and their uses in greenhouse soilless cropping. *Acta Horticulturae (ISHS)* 549:147-152.

Willer H, M Yussefi (2000) Organic agriculture worldwide. IFOAM. Disponible En: http://www.soel.de/inhalte/publikationen/s_74_02.pdf Fecha de consulta 15 de febrero del 2006.

Zaidan O (1997) El cultivo de tomate de mesa en terreno abierto. En: Curso Internacional de Producción de Hortalizas en Diferentes Condiciones Ambientales. Recopilación de artículos sobre: producción de tomate. Zidan O, R Natan MASHAV (eds). Ministerio de Relaciones Exteriores Centro de Cooperación Internacional. CINDACO. Shefayim, Israel. 18 p.

Cuadro 1. Concentración de la solución nutritiva en ppm, según la etapa fenológica (mg g-1) (Zaidan, 1997). UAAAN UL, Torreón Coah. 2005.

| Etapa fenológica | Elemento nutrimental | | | | |
|--------------------------------|----------------------|---------|-----------|-----------|---------|
| | N | P | K | Ca | Mg |
| Plantación y establecimiento | 100 – 120 | 40 – 50 | 150 – 160 | 100 – 120 | 40 – 50 |
| Floración y cuajado | 150 – 180 | 40 – 50 | 200 – 220 | 100 – 120 | 40 – 50 |
| Inicio de maduración y cosecha | 180 – 200 | 40 – 50 | 230 – 250 | 100 – 120 | 40 – 50 |

Cuadro 2. Análisis químico de la vermicomposta y arena de los sustratos evaluados, UAAAN UL, Torreón Coah. 2005.

| | N | P | K | Ca | Mg | Na | Fe | Zn | Mn | pH | CE |
|----|-------|--------|------|-------|--------|-------|------------------------|------|------|-----|------------------------|
| | (%) | | | | | | (mg kg ⁻¹) | | | | (dS cm ⁻¹) |
| VC | 0.97 | 0.199 | 1.03 | 4.86 | 0.76 | 0.14 | 3.9 | 1.45 | 3.71 | 8.2 | 2.4 |
| A | 0.011 | 0.0005 | 0.01 | 0.004 | 0.0016 | 0.007 | 2.1 | 0.90 | 1.65 | 7.5 | 0.65 |

VC= vermicomposta. A= arena.

Cuadro 3. Análisis químico del agua de riego utilizada en el experimento UAAAN-UL. Torreón, Coah. 2005

| | CE | pH | K | Ca | Mg | Na | HCO ₃ | Cl | SO ₄ ⁻ |
|-----------|------------------------|------|------------------------|-----|------|------|------------------|-----|------------------------------|
| | (dS cm ⁻¹) | | (meq L ⁻¹) | | | | | | |
| Contenido | 1.05 | 8.75 | 1.4 | 4.7 | 0.80 | 3.63 | 0.55 | 2.3 | 4.1 |

Cuadro 4. Clasificación del fruto por tamaño en tomate tipo bola (norma NMX-FF-031-1997-SCFI).

| Tamaño | Diámetro | |
|-------------|----------------|-----------------|
| | Mínimo † mm | Máximo †† mm |
| Chico | 54 | 58 |
| Mediano | 57 | 64 |
| Grande | 63 | 71 |
| Extragrande | 70 | En adelante |

† En posición vertical, el fruto no puede pasar por una abertura circular del diámetro designado.

†† En cualquier posición, el fruto puede pasar por una abertura circular del diámetro designado.

Cuadro 5. Cuadrados medios de los Análisis de varianza para variables de rendimiento total, tamaño y calidad de frutos de dos híbridos de tomate bajo invernadero en tres sustratos. 2004-2005.

UAAAN-UL. Torreón Coah. 2005

| Característica | Sustrato (S) | Genotipos (G) | S x G | Error | CV (%) |
|---------------------|--------------|---------------|----------|--------|--------|
| R total | 267222 ** | 1501 ns | 20192 * | 6032 | 27.1 |
| R grande | 258405 ** | 686412 ** | 53285 ** | 3713 | 53.6 |
| R medio | 5764 * | 194676 ** | 15960 ** | 1443 | 59.4 |
| R chico | 6376 ** | 109519 ** | 3186 ** | 316 | 57.7 |
| R rezaga | 137.3 ns | 196.5 ** | 50.4 ns | 4596 | 67.4 |
| R comercial | 266572.7** | 1497.3 ns | 20142.9* | 6017.3 | 27.0 |
| Número de fruto | 2363.0 ** | 17103.6 ** | 121.4 ns | 131.1 | 32 |
| Peso de fruto | 7003 * | 152567 ** | 12012 ** | 15467 | 21.8 |
| Diámetro ecuatorial | 0.48 ns | 37.38 ** | 1.04 ns | 0.52 | 8.2 |
| Diámetro Polar | 1.48 ** | 22.82 ** | 1.03 ** | 0.127 | 14.7 |
| NL | 1.38 ns | 311.46 ** | 3.94 ** | 0.76 | 20.6 |
| Sólidos solubles | 5.72 ** | 1.18* | 0.66 ns | 0.24 | 9.2 |
| Espesor pericarpio | 0.019 ns | 0.979 ** | 0.01 ns | 0.007 | 11.1 |
| pH | 0.021 ns | 0.001 ns | 0.014 ns | 0.024 | 3.7 |

ns, * y ** = No significativo, significativo con $P < 0.05$ y $P < 0.01$, respectivamente. R= rendimiento,

NL= número de loculos/fruto

Cuadro 6. Rendimiento de frutos como suma de 20 cortes, en los tratamientos Sustratos x Genotipos, sobre la base de diámetros de fruto de tomate en 2004-2005 en la Comarca Lagunera.

| Tratamientos | Rendimiento T | Grande | Mediano | Chico | Rezaga | Comercial |
|--------------|-----------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| | (t ha ⁻¹) | | | | | |
| S1 Big Beef | 206.4 c | 163.9 b | 35.0 d | 10.8 c | 1.15 | 205.3 c |
| S2 Big Beef | 139.6 d | 89.5 c | 35.1 d | 10.3 c | 0.64 | 139.0 d |
| S3 Big Beef | 282.5a | 252.9 a | 23.1 d | 6.2 c | 0.78 | 282.1a |
| | 208.5 | 168.8 a | 31.1 b | 9.1 b | 0.85 b | 208.8 |
| S1 Miramar | 211.3 c | 51.6 d | 89.6 b | 62.4 a | 3.55 | 207.3 c |
| S2 Miramar | 159.7 d | 39.9 d | 62.6 c | 55.4 a | 3.84 | 157.9 d |
| S3 Miramar | 242.9 b | 99.9 c | 106.0 a | 34.7 b | 2.51 | 240.4 b |
| | 204.6 | 63.8 b | 86.1 a | 50.8 a | 3.3 a | 201.9 |
| Tukey 0.05 | 19.5 | 15.5 | 9.4 | 4.5 | 0.76 | 19.4 |
| Media | 205.8 | 116.3 | 59.5 | 31.3 | 2.2 | 205.3 |

Genotipos con letras iguales en una columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). ns, * y ** = No significativo, significativo a $P \leq 0.05$, y significativo a $P < 0.01$. T= total.

Cuadro 7. Análisis de correlación entre las variables de rendimiento evaluadas en genotipos de tomate en sustratos bajo condiciones de invernadero en otoño-invierno. UAAAN-UL 2004-2005 en la Comarca Lagunera.

| | R Total | R Grande | R Mediano | R Chico | R Rezaga | NF | PF |
|-----------|---------|----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|
| R Total | 1.0 | 0.728 ** | 0.408 ** | 0.036 ns | -0.114 ns | 0.695 ** | 0.013 ns |
| R Grande | | 1.0 | -0.270 ** | -0.516 ** | -0.280 ** | 0.059 ns | 0.224 ** |
| R Mediano | | | 1.0 | 0.457 ** | 0.064 ns | 0.775 ** | -0.259 ** |
| R Chico | | | | 1.0 | 0.332 ** | 0.621 ** | -0.253 ** |
| R Rezaga | | | | | 1.0 | 0.217 ** | -0.074 ns |
| NF | | | | | | 1.0 | -0.152 * |
| PF | | | | | | | 1.0 |

ns, * y ** = No significativo, significativo con $P \leq 0.05$ y $P \leq 0.01$, respectivamente. R= rendimiento, NF=número de fruto por planta y PF= peso de fruto

Cuadro 8. Calidad de fruto del cultivo de tomate bajo diferentes sustratos en invernadero en otoño-invierno. UAAAN-UL 2004-2005 en la Comarca Lagunera.

| Sustrato | Genotipo | Peso (g) | | Diámetro polar (cm) | Diámetro ecuatorial (cm) | Espesor pericarpio (cm) | pH del fruto | Número frutos | |
|----------|----------|--------------|----------|---------------------|--------------------------|-------------------------|---------------|---------------|-------------|
| S3 | Big Beef | 214.0 | a | 6.3 | a | 8.0 | 0.68 | 4.2 | 32 |
| S1 | Big Beef | 209.2 | a | 6.1 | a | 7.8 | 0.73 | 4.3 | 27 |
| S2 | Big Beef | 172.7 | b | 5.8 | ab | 7.5 | 0.72 | 4.2 | 22 |
| | | 198.6 | a | 6.1 | a | 7.8 a | 0.70 b | 4.2 | 27 b |
| S2 | Miramar | 150.1 | bc | 5.5 | b | 6.9 | 0.84 | 4.2 | 37 |
| S3 | Miramar | 145.4 | c | 5.5 | b | 6.9 | 0.83 | 4.2 | 48 |
| S1 | Miramar | 144.0 | c | 5.4 | b | 7.0 | 0.85 | 4.2 | 47 |
| | | 146.5 | b | 5.4 | b | 6.9 b | 0.84 a | 4.2 | 44 a |
| CV % | | 21.8 | | 14.7 | | 8.2 | 11.1 | 3.7 | 32 |
| Tukey | | 10.3 | | 0.093 | | 0.19 | 0.022 | 0.57 | 2.9 |
| Media | | 171.5 | | 5.8 | | 7.3 | 0.78 | 4.2 | 36 |

Medias con misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

Cuadro 9. Contenido de sólidos solubles de dos híbridos de tomate cultivados en tres sustratos en invernadero. UAAAN-UL 2004-2005 en la Comarca Lagunera.

| Sustrato | Big beef | Miramar | Media | |
|----------|----------|---------|-------|---|
| S1 | 5.3 | 5.3 | 5.3 | a |
| S2 | 5.25 | 5.09 | 5.1 | a |
| S3 | 4.8 | 4.99 | 4.9 | b |
| Media | 5.1a | 4.9b | 5.1 | |

Medias entre columna con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

Cuadro 10. Características de dos genotipos de tomate en sustratos bajo condiciones de invernadero en otoño-invierno. UAAAN-UL 2004-2005 en la Comarca Lagunera.

| Característica | Big Beef | | Miramar | |
|-----------------------|----------|---|---------|---|
| R Frutos grandes | 168 | a | 64 | b |
| R Frutos medianos | 29.7 | b | 86 | a |
| R Frutos pequeños | 9.1 | b | 50.8 | a |
| R Frutos rezaga | 0.9 | b | 3.3 | a |
| Número Frutos/planta | 27 | b | 44 | a |
| Peso de fruto | 199 | a | 147 | b |
| Número lóculos/fruto | 6 | a | 3 | b |
| Sólidos Solubles | 5.1 | a | 4.9 | b |
| Espesor de Pericarpio | 0.7 | b | 0.8 | a |
| pH | 5.7 | | 3.3 | |

Medias entre hileras con diferente letra son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

R= rendimiento

USO DE VERMICOMPOSTA COMO FERTILIZANTE ORGÁNICO EN LA PRODUCCIÓN DE TOMATE EN INVERNADERO

N. Rodríguez-Dimas^{1*}; P. Cano-Rios²; E. Favela-Chávez¹; U. Figueroa -Viramontes²; V. de Paul-Álvarez¹; A. Palomo-Gil¹; C. Márquez-Hernández³ y A. Moreno-Reséndez⁴

¹Posgrado en Ciencias Agrarias, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – UL. Periférico y Carretera a Santa Fe s/n. Torreón, Coahuila.

²Campo Experimental La Laguna, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Matamoros, Coahuila. MÉXICO.

³Escuela superior de Biología, Universidad Juárez del Estado de Durango. Gómez Palacio, Durango. MÉXICO.

⁴Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna. Periférico y Carretera Sta. Fé, s/n. Torreón, Coahuila. MÉXICO.

cano.pedro@inifap.gob.mx (Autor responsable)

norma_rodriguez@hotmail.com

RESUMEN

La utilización de vermicomposta de residuos orgánicos se ha incrementado en el mundo como abono de alta calidad. La producción en condiciones protegidas en México actualmente, asciende a 4 900 ha, y presenta, una tasa de crecimiento anual de 25%. De esta superficie 3 450 ha se destinan a la producción de tomate. El objetivo fue analizar el efecto de la vermicomposta en el rendimiento y calidad en genotipos de tomate y determinar la posibilidad de reducir la aplicación de fertilizantes sintéticos para la producción de tomate. Para tal fin, en invernadero, en otoño-invierno 2004-2005, se evaluaron cuatro formas de fertilización orgánica e inorgánica y dos genotipos de tomate, Big Beef y Red chief. Los tratamientos de fertilización fueron: **T1** (arena + vermicompost (50:50% v:v) + micronutrientes quelatizados), **T2** (misma mezcla arena

+ vermicompost sin micronutrientes), el testigo **T3** (arena + fertilizantes inorgánicos) y **T4** (arena + extracto de vermicomposta). Los tratamientos fueron distribuidos en un diseño completamente al azar con arreglo factorial 4x2 con ocho repeticiones, la unidad experimental fue una planta. Los resultados indican que se redujo el peso fresco de brotes vegetativos, biomasa total y altura de planta en los tratamientos orgánicos con respecto al testigo. En ambos híbridos el rendimiento del tratamiento testigo T3 superó ($P \leq 0.01$) en 25 % al T1. Las ventajas del tratamiento T1 orgánicos, con respecto al testigo, son que aquel incrementa el contenido de sólidos solubles, número de frutos, concertación de K e inicia la floración 10 días antes que el testigo.

Palabras clave: *Lycopersicon esculentum*, humus de lombriz, cultivo protegido, Suministro de elementos nutritivos, agricultura orgánica.

USE OF VERMICOMPOST AS ORGANIC FERTILIZER IN GREENHOUSE TOMATO PRODUCTION

ABSTRACT

The use of the organic waste vermicompost has been increased in the world as source of organic matter. Currently, agricultural production under greenhouse conditions in Mexico is about 4 900 ha and it has an annual increase of 25 %. From this area, 3 450 ha correspond to tomato production. The objective was to analyze the effect of the vermicompost on yield and quality of tomato cultivars and to determine the possibility to reduce the amount of synthetic fertilizer used to grow tomato. An experiment was carried out in a greenhouse, during autumn-winter seasons of 2004-2005, to evaluate four organic and inorganic fertilization treatments and two tomato cultivars, Big Beef and

Red Chief. Fertilization treatments were: T1 = sand + vermicompost (50:50%, v:v) + chelated micronutrients; T2 = sand + vermicompost without micronutrients; T3 = sand + inorganic fertilizers (control); and T4 = sand + vermicompost extract. A 4 X 2 factorial treatments arrangement, distributed in a completely random design with eight replications was used, the experimental unit was a plant. Results showed that the organic treatment reduced plant fresh weight, total biomass and plant height. Both cultivars in the inorganic treatment T3 showed the highest yield ($P \leq 0.01$), with 25 % more than the organic treatment T1. The organic treatment T1 showed higher soluble solids, number of fruits per plant, foliar K concentration than plants in the control treatment (T3)., beginning of flowering was 12 days earlier in these organic substrates than the inorganic control.

Key words: *Lycopersicon esculentum*, worm humus, substrate, protected crop production, nutrient supply, organic agriculture

INTRODUCCIÓN

El uso de vermicomposta generada de residuos orgánicos, se ha incrementado en diferentes regiones del mundo como abono orgánico (Santamaría *et al.*, 2001; Lopes *et al.*, 2005) y mejorador de suelo por los altos contenidos de ácidos húmicos y fúlvicos que mejoran las características químicas del suelo. Además aporta y contribuye al mantenimiento y al desarrollo de la microflora y microfauna del suelo, regula el incremento y la actividad de los nitritos del suelo (Atiyeh *et al.*, 2002; Ndegwa y Thompson, 2000).

La demanda creciente de alimentos y el deterioro del medio ambiente, obliga a utilizar técnicas de producción que permitan hacer uso más eficiente y sostenible de los recursos (Cruz *et al.*, 2003). Además, un fenómeno mundial es el crecimiento en el consumo de productos orgánicos (Alrøe y Kristensen, 2004). Por otro lado, la producción en invernadero, a través de la aplicación oportuna de fertilizantes, combinada con otros factores, incrementa el rendimiento y calidad de la cosecha (Vida *et al.*, 2004).

El incremento del precio de los fertilizantes sintéticos y el efecto que se atribuye a su utilización excesiva sobre la contaminación ambiental, hace necesario aplicar los elementos nutritivos en forma racional, ya se han hecho evidentes los riesgos que implica el uso excesivo de fertilizantes y plaguicidas sobre la salud humana (Nieto *et al.*, 2002). La agricultura orgánica es una alternativa para la producción sostenida de alimentos limpios y sanos, ya que es un sistema de producción que no utiliza insumos contaminantes y el medio ambiente (Alrøe y Kristensen, 2004; Alvajana *et al.*, 2004; IFOAM, 2003; USDA, 2004). Los abonos de residuos orgánicos son una alternativa para satisfacer la demanda nutritiva de los cultivos en invernadero y reducir el uso de fertilizantes sintéticos (Manjarrez *et al.*, 1999; Bettioli *et al.*, 2004; Hashemimajd *et al.*, 2004; Rippey *et al.*, 2004).

La vermicomposta, también conocida como lombricomposta, es el producto de transformaciones bioquímicas y microbiológicas que sufre la materia orgánica al pasar por el intestino de las lombrices de tierra, el cual se emplea como abono orgánico (Atiyeh *et al.*, 2001; Atiyeh *et al.*, 2002). La vermicomposta o humus de lombriz se utiliza como mejorador de suelo en cultivos hortícolas y como sustrato no contaminante (Urrestarazu *et al.*, 2001). La vermicomposta contiene sustancias activas que actúan

como reguladores de crecimiento, posee alta capacidad de intercambio catiónico (CIC), alto contenido de ácidos húmicos, además de gran capacidad de retención de humedad y porosidad elevada que facilita la aireación (Orozco *et al.*, 1996; Ndegwa y Thompson, 2000; Castillo *et al.*, 2000). Los elementos nutritivos contenidos en la vermicomposta fueron suficientes para obtener producciones aceptables en tomate cherry de 48.5 t ha⁻¹ (Márquez *et al.*, 2006). En otro estudio, Moreno-Resendez *et al.* (2005) determinaron que la producción de tomate en invernadero puede realizarse en mezclas de vermicomposta y arena como sustrato, ellos encontraron que 12.5 % de vermicomposta en mezclas con 87.5 % de arena dieron estadísticamente el mismo rendimiento que el testigo (arena con solución nutritiva) con 170 y 173.7 t ha⁻¹ respectivamente.

El extracto de vermicomposta son los caldos (lixiviados) que se obtienen durante la producción de la lombricomposta, normalmente son altos en nutrientes disponibles para las plantas (Melendez y Soto, 2003). Por las características especiales que tiene el extracto de composta o vermicomposta, se usa por dos razones: para inocular la vida microbiana en la tierra, y para agregar nutrientes solubles al follaje o a la tierra (Brinton, *et al.*, 1996).

El empleo de abonos orgánicos durante el desarrollo del cultivo de tomate se ha evaluado en diferentes aspectos; sin embargo, es escasa la información disponible que oriente al productor sobre la cantidad de vermicomposta que requiere este cultivo para satisfacer sus necesidades nutricionales. Por lo anterior, el objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la vermicomposta en el rendimiento y calidad de dos híbridos de tomate, y determinar la posibilidad de reducir la aplicación de fertilizantes sintéticos para el desarrollo de las especies vegetales.

MATERIALES Y METODOS

El trabajo experimental se realizó en invernadero en el ciclo 2004-2005, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna (UAAAN-UL), situada entre 103° 22' 30.91" longitud oeste y 25° 33' 26.71 " de latitud Norte, a una altura de 1122 msnm, en Torreón, Coahuila. Los híbridos Big Beef y Red Chief fueron evaluados en cuatro tratamientos de fertilización: T1 = mezcla de arena + vermicomposta de estiércol bovino (1:1 v:v) + quelatos de micronutrientes; T2 = arena + vermicomposta (1:1; v:v) sin fertilizantes; T3 = arena + fertilizantes inorgánicos o solución nutritiva (testigo) y T4 = arena + extracto de vermicomposta.

Las macetas de los sustratos T2, T3 y T4 se llenaron al momento del transplante, mientras que las macetas de T1 se llenaron en forma gradual, 50 % al momento del transplante, 25 % a los 79 días después de la siembra (DDS), y 25 % a los 134 DDS. Los micronutrientes en quelatos se suministraron a partir de los 74 DDS hasta el final de la cosecha en dosis de 1.15, 0.49, 0.16 y 0.16. mg·litro⁻¹, de hierro, manganeso, zinc y boro respectivamente. Esta aplicación se realizó de acuerdo a lo reportado por Raviv *et al.* (2004) quienes mencionan que después de dos meses del transplante, las plantas desarrolladas en la vermicomposta requieren ser fertilizadas. Además Eghball (2000), Hartz *et al.* (2000) y Aram y Rangarajan, (2005), afirman que de 70 a 80 % del P y de 80 a 90% del K en la composta están disponibles para la planta durante el primer año, mientras que, el N por ser orgánico, debe mineralizarse para poder ser absorbido por la planta, sólo se mineraliza de 11 a 25 % en el primer año.

Para la aplicación del tratamiento T4, el extracto de vermicomposta fue diluido a una proporción de (3:1) utilizando 3 L de extracto de vermicomposta por cada 1 L de agua. Éste se aplicó diariamente a razón de 0.3 L a cada maceta.

Antes de preparar las mezclas de arena-vermicomposta, la arena se lavó y esterilizó con una solución de cloro (Hipoclorito de sodio) al 5 %. Los tratamientos fueron distribuidos en un diseño completamente al azar con arreglo factorial 4 x 2 (cuatro tratamientos de fertilización y dos genotipos de tomate) y ocho repeticiones, La unidad experimental fue una planta, a una densidad de 4.2 plantas/m².

La siembra se realizó el 2 de octubre del 2004 en charolas germinadoras rellenas con musgo. El transplante se realizó el 20 de noviembre del 2004, colocando una planta por contenedor; éstos consistieron en bolsas de plástico negro con capacidad de 18 l. La solución nutritiva empleada para el testigo fue la de Márquez *et al.* (2006) que se presenta en el Cuadro 1, a la que se le agregaron micronutrientes quelatizados, por ser la arena un sustrato inerte.

CUADRO 1. Concentración de la solución nutritiva (mg kg⁻¹), según la etapa fenológica del cultivo de tomate. UAAAN UL, Torreón Coah. 2005.

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

El riego fue por goteo y se aplicó diariamente; de acuerdo a la etapa fenológica, la cantidad de agua aplicada osciló entre 0.35 y 1.9 litro planta⁻¹ durante el ciclo del cultivo. El agua de riego utilizada fue clasificada como C1S1 (baja en riesgo de salinización y alcalinización) y con una Relación de absorción de sodio (RAS) de 2.18 (Ayers y Westcot, 1994) (Cuadro 2). La composición química de la vermicomposta, extracto de vermicomposta y arena, utilizados en los sustratos, se presenta en el

Cuadro 3. Las plantas fueron guiadas a un solo tallo, tutorándolas con rafia. Se establecieron trampas amarillas para el monitoreo de plagas. Para el control de plagas y enfermedades se utilizaron productos orgánicos aprobados por IFOAM (2003). Las flores se polinizaron diariamente con un vibrador eléctrico entre las 11 y 14 h. La cosecha de frutos se realizó del primero al octavo racimo, efectuando se un total de 20 cortes. Las temperaturas máximas y mínimas medias dentro del invernadero fueron 12.4 y 32.9 °C, respectivamente durante el ciclo del cultivo que duró 215 días.

Se evaluó rendimiento total, número de frutos por planta y calidad de fruto. Para determinar las variables de calidad de fruto se realizó un muestreo de dos frutos de cada racimo en ocho plantas, en los ocho racimos, los frutos fueron seleccionados de la parte media de cada racimo cuyo peso individual fuera mayor de 100 g. En cada fruto se evaluó el peso individual (g); diámetro polar y ecuatorial (cm) y contenido de sólidos solubles (°Brix). También se evaluó precocidad (días a floración), altura de planta y concentraciones de N P y K en hojas. Para la acumulación de materia seca y peso fresco, se evaluaron tres plantas por tratamiento.

En la determinación de las concentraciones de N, P y K en el follaje, se empleó una muestra, de hojas opuestas al 6° racimo, utilizando dos plantas por tratamiento, a los 130 días después de la siembra (DDS), estas muestras se lavaron con agua de la llave y luego se secaron en estufa a 70 °C por 72 h. El material se molió en un molino Willey® y se pasó a través de un tamiz de 20 mallas. El N total de la hoja fue determinado usando un procedimiento modificado de la digestión del micro-Kjeldahl (Jones, 1991). El contenido de P se determinó usando el método (Olsen y Dean, 1965 modificado). El contenido de K se analizó mediante digestión de las muestras con una

mezcla de HNO₃-HClO₄ y se determinó por absorción atómica, en un equipo Perkín-Elmer 2380 (Christian y Feldman, 1979). Los datos fueron sometidos al análisis de varianza mediante el paquete estadístico SAS (SAS, 1998). Las medias fueron comparadas por prueba de Tukey (0.05).

CUADRO 2. Análisis químico del agua para riego utilizada en el experimento UAAAN-UL. Torreón, Coah. 2006.

| | CE (dS m ⁻¹) | pH | K | Ca | Mg | Na | HCO ₃ | Cl | SO ₄ ⁻ |
|-----------|-----------------------------|------|-----|-----|------|------|------------------|-----|------------------------------|
| | (meq L ⁻¹) | | | | | | | | |
| Contenido | 1.05 | 8.75 | 1.4 | 4.7 | 0.80 | 3.63 | 0.55 | 2.3 | 4.1 |

CUADRO 3. Análisis químico de vermicomposta, arena y extracto de vermicomposta UAAAN UL, Torreón Coah. 2005

| | N | P | K | Ca | Mg | Na | Fe | Zn | Mn | pH | CE (dS m ⁻¹) |
|----|-------|--------|------|-------|-------|-------|------------------------|------|------|-----|-----------------------------|
| | (%) | | | | | | (mg kg ⁻¹) | | | | |
| VA | 0.97 | 0.19 | 1.03 | 4.86 | 0.76 | 0.14 | 7.2 | 1.45 | 3.71 | 8.2 | 2.4 |
| A | 0.011 | 0.0005 | 0.01 | 0.004 | 0.002 | 0.007 | 2.1 | 0.90 | 1.65 | 7.5 | 0.65 |
| EV | 0.15 | 0.0013 | 0.43 | 0.030 | 0.009 | 0.26 | 2.4 | 0.52 | 1.58 | 8.4 | 4.2 |

VA = vermicomposta. A = arena. EV = Extracto de vermicomposta..

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 4 se presentan los cuadrados medios y su significancia para las variables evaluadas. En tratamientos de fertilización se encontraron diferencias estadísticas en la mayoría de las variables analizadas, excepto para, nitrógeno y diámetro ecuatorial y polar, en tanto que para genotipos siete variables fueron significativas y en el resto no se detectaron diferencias, mientras que en la interacción T X G se presentaron efectos significativos ($P \leq 0.05$) para rendimiento total, número de frutos, inicio de floración y

niveles de K en tejido de hojas, para el resto de las variables la interacción no fue significativa.

Cuadro 4. Cuadrados medios de los análisis de varianza para rendimiento total, calidad de fruto y variables fenológicas de dos híbridos de tomate bajo invernadero en tres sustratos. 2004-2005. UAAAN-UL. Torreón Coah. 2005.

| Característica | tratamiento(T) | Genotipos (G) | T x G | Error | CV (%) |
|-------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|--------|--------|
| Rendimiento total | 663.6 ** | 161.0 ^{NS} | 73.0 * | 48.0 | 28.8 |
| Número Frutos | 191.1** | 356.3** | 126.3* | 36.6 | 15.9 |
| Peso de fruto | 6022.0 ** | 20125.0 ** | 2195.4 ^{NS} | 1200.6 | 16.1 |
| D ecuatorial | 0.300 ^{NS} | 8.482 ** | 0.0109 ^{NS} | 0.579 | 9.7 |
| D Polar | 0.476 ^{NS} | 0.1806 ^{NS} | 0.349 ^{NS} | 0.185 | 6.8 |
| Sólidos Solubles | 0.675 * | 0.026 ^{NS} | 0.136 ^{NS} | 0.165 | 8.0 |
| N | 0.1970 ^{NS} | 0.0169 ^{NS} | 0.2466 ^{NS} | 0.281 | 21.2 |
| P | 0.023** | 0.006 ^{NS} | 0.0049 ^{NS} | 0.0025 | 16 |
| K | 0.191 ** | 0.319 ** | 0.066* | 0.015 | 4.2 |
| Inicio floración | 481.2 ** | 484.0 ** | 255.8 ** | 55.99 | 10.4 |
| Altura de planta | 4621.2 ** | 540.6 ^{NS} | 1669.2 ^{NS} | 741.5 | 13.1 |
| Peso seco | 7755.9** | 101.3 ^{NS} | 422.1 ^{NS} | 993.1 | 16.2 |
| Peso Fresco | 627297.3** | 463370.5 * | 26288.7 ^{NS} | 8968.7 | 21.3 |
| Número hojas | 107.3 ** | 78.8 * | 12.3 ^{NS} | 18.2 | 11.2 |

^{NS}, * y ** = No significativo, significativo con $P \leq 0.05$ y $P \leq 0.01$, respectivamente.

Rendimiento

El mayor rendimiento se obtuvo en el tratamiento testigo (T3) con un rendimiento promedio de ambos genotipos de 32.4 kg m⁻², seguido por el tratamiento de arena + extracto de vermicomposta con 23.9 kg m⁻² y el menor lo presentó tratamiento de arena+ vermicomposta (T2) con 16.8 kg m⁻². Aunque no hubo significancia en la interacción, la mejor combinación del tratamiento testigo T3 y el híbrido Big Beef, que produjo 36.6 kg m⁻² y las de menor producción fueron las interacciones del tratamiento de vermicomposta-arena sin fertilizante (T2) en los dos híbridos con rendimientos de 19.1 para Big Beef y 14.5 kg m⁻² para Red Chief (cuadro 5).

El T1 rindió más que el T2, lo que se atribuye a la aplicación gradual de la vermicomposta, lo cual redujo la lixiviación de N así como a los micronutrientes añadidos al T1.

De acuerdo con datos de el Servicio de Conservación de Recursos Naturales de Estados Unidos (NRCS, 1999) y Rincón (2002), una cosecha de tomate extrae 3 kg de nitrógeno por tonelada de fruto en fresco; asumiendo en el presente estudio una extracción similar, la variedad Big Beef extrajo el equivalente a 27 g por planta, para un rendimiento de 8.3 kg de tomate por planta. En la solución nutritiva utilizada se aportó un total de 21.5 g de N por maceta en el ciclo, con un volumen de riego promedio de 1.46 L día⁻¹ por maceta.

En el caso del sustrato orgánico T1 y en base al análisis de la vermicomposta, la aportación de N total fue de 65.5 g por maceta, mientras que el requerimiento de N promedio de los dos genotipos fue de 16.2 g por maceta, para un rendimiento de 5.4 kg de tomate por planta. La mayor parte del N en la composta es orgánico y durante el proceso de mineralización se libera el N inorgánico disponible al cultivo. Eghball (2000) encontró una tasa de mineralización de N en composta de bovino de 11%; asumiendo una tasa similar en la vermicomposta, la liberación de N en el presente estudio sería de 7.2 g por maceta. Aram y Rangarajan (2005) reportan una tasa de mineralización de 25 % y con este porcentaje la liberación de N serían 16.4 g. Sin embargo, la mineralización de N se incrementa con la temperatura (Griffin y Honeycutt, 2000), por lo que es de esperarse una mayor tasa de mineralización de N en las condiciones de invernadero del presente estudio. Aun así, se observaron síntomas de deficiencia de N a partir de la etapa de floración. Lo anterior concuerda con Raviv *et al.* (2004), quienes concluyeron que después de dos meses del transplante con vermicomposta se requiere fertilización,

ya que los nutrientes se lixivian o se absorben por la planta. Sin embargo, Castellanos (2004) comenta que hasta el 42 % de N se lixivia en condiciones de sustratos en invernadero.

Los rendimientos del presente experimento superan a los obtenidos por Márquez *et al.* (2005) quienes obtuvieron en tomate un rendimiento para el testigo con solución nutritiva de 14.6 kg m⁻² y para el sustrato arena-vermicomposta (50:50% v:v) de 13.1 kg m⁻². También los rendimientos obtenidos en este experimento son mayores a los reportados por Tuzel *et al.* (2004), quienes mencionan que los abonos orgánicos son una alternativa para sustituir la fertilización inorgánica. Por otro lado, si se considera que una producción comercial exitosa de tomate en invernadero debe ser 200 t ha⁻¹ es decir 20 kg m⁻² por año (Cotter y Gómez, 1981), es claro entonces que los tratamientos T1, T3 y T4 son factibles, dado que superan el valor indicado por estos autores (Cuadro 5).

CUADRO 5. Rendimiento total y variables medidas en las plantas de tomate cultivados en cuatro tratamientos en invernadero. Comarca Lagunera, 2004-2005.

| Tratamiento | Genotipo | RT (kg m ⁻²) | Peso de Fruto (g) | NF |
|--------------|----------|-----------------------------|----------------------|-------------|
| T1 | RC | 22.0 bc* | 185.4 bc* | 47 a* |
| T2 | RC | 14.5 d | 190.5 bc | 34 b |
| T3 | RC | 28.4 ab | 199.5 bc | 39 ab |
| T4 | RC | 24.9 bc | 216.8 abc | 42 ab |
| | | 22.5 | 198.0 b | 40 a |
| T1 | BB | 23.9 bc ^z | 242.8 ab | 38 bc |
| T2 | BB | 19.1 dc | 193.1 bc | 39 c |
| T3 | BB | 36.6 a | 236.5 ab | 43 bc |
| T4 | BB | 23.0 dc | 261.3 a | 34 bc |
| | | 25.6 | 233.5 a | 36 b |
| Tukey (0.05) | | 10.8 | 54.5 | 9.5 |
| Media | | 24.0 | 215.7 | 38 |

.^z Valores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con una P ≤ 0.05. RT= rendimiento total, NF= número de frutos por planta, IF= inicio de floración. RC= red Chief. BB= Big beef.

Calidad de fruto

Sólidos solubles

Los sólidos solubles son importantes para definir la calidad de los frutos maduros del tomate. En sólidos solubles solo presentó diferencia altamente significativa ($P \leq 0.01$), el mayor contenido se obtuvo en T1 con 5.3 °Brix, con 8 % mayor que el testigo (T3) (Cuadro 4 y 7). Sin embargo, en este estudio todos los tratamientos presentan fruto de buena calidad, puesto que el tomate para procesado y consumo en fresco deben tener un contenido de sólidos solubles de 4.5 ° Brix (Diez, 2001). Fruto con ese rango de sólidos solubles también fueron obtenidos por Márquez *et al.*, (2005) y Moreno *et al.*, (2005).

CUADRO 6. Efecto de tratamientos orgánicos e inorgánicos sobre calidad de fruto y contenido nutrimental de tomate UAAAN-UL 2005 Torreón Coah.

| T | Genotipo | Diámetro Polar (cm) | Diámetro Ecuatorial (cm) | Sólidos Solubles (°Brix) | N (%) | P (%) | K (%) |
|-------|----------|---------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|--------------------|--------------|
| T1 | RC | 6.2 ^{NS} | 7.4 ^{NS} | 5.2 ^{NS} | 2.43 ^{NS} | 0.39 ^{NS} | 3.03 a* |
| T2 | RC | 6.2 | 7.4 | 5.3 | 2.31 | 0.32 | 2.74b |
| T3 | RC | 6.0 | 7.4 | 4.9 | 2.68 | 0.31 | 2.41c |
| T4 | RC | 6.6 | 7.6 | 4.8 | 2.44 | 0.17 | 3.03a |
| | | 6.3 b | 7.4 b | 5.1 | 2.46 | 0.29 | 2.80b |
| T1 | BB | 6.4 | 8.2 | 5.4 | 2.88 | 0.35 | 3.23 |
| T2 | BB | 6.1 | 8.4 | 5.1 | 2.81 | 0.33 | 2.80ab |
| T3 | BB | 6.5 | 8.0 | 4.9 | 2.53 | 0.42 | 3.06a |
| T4 | BB | 6.5 | 8.4 | 4.8 | 1.90 | 0.24 | 3.23a |
| | | 6.4 a | 8.2 a | 5.0 | 2.57 | 0.33 | 3.08a |
| CV % | | 6.8 | 9.9 | 8.0 | 21.2 | 16 | 4.2 |
| Tukey | | 0.67 | 1.19 | 0.63 | 2.09 | 0.20 | 0.48 |
| Media | | 6.3 | 7.6 | 5.1 | 2.5 | 0.32 | 2.94 |

T= tratamiento, RC= red Chief. BB= Big beef. ²Valores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con una $P \leq 0.05$.

NS, *, **; No significativo y significativo a una $P < 0.05$ y 0.01 , respectivamente.

Aunque no presentaron diferencias significativas en la interacción, el tratamiento de arena con extracto de vermicomposta (T4) con Big Beef dio el mayor peso de fruto con

236.5 g de peso, y el mayor tamaño de fruto con 8.4 cm de diámetro ecuatorial, En promedio el menor peso y diámetro polar lo mostró T2 (mezcla de arena y vermicomposta) (Cuadro 6). La diferencia en los resultados obtenidos en este estudio se puede atribuir a la constante aplicación del extracto de vermicomposta en el desarrollo del cultivo en T4, ya que según Atiyeh *et al.* (2002) y Ndegwa y Thompson (2000) la vermicomposta aporta del sustrato a la planta nutrientes y otros compuestos orgánicos como hormonas, vitaminas, proteínas y otras fracciones húmicas.

Fenología de la planta

En la interacción tratamiento de vermicomposta con micronutrientes (T1) y el genotipo Red Chief (RC) tuvo un inicio de floración al primer racimo a los 63 DDS fue más precoz que T3 con el genotipo Big Beef (BB) con 85 DDS (24.4 % más tardío). En los tratamientos T1 con respecto al T3 fue (16 %) más precoz en promedio con 64 DDS. Para altura de plantas presentaron diferencias significativas al ($P \leq 0.01$) entre tratamientos de fertilización. La mayor altura de planta correspondió al tratamiento testigo (T3) con 226.7 cm seguido por T1 (Cuadro 7), una mayor altura conlleva al aumento en número de hojas y por tanto, al mayor contenido de clorofila (Rodríguez *et al.*, 1998), lo que redundó en aumento del peso de fruto y consecuentemente del rendimiento.

Rendimiento de Peso fresco y seco de planta

En el registro del **Peso fresco** (PF) se incluyó la raíz y se excluyeron los frutos, el análisis detectó diferencias significativas ($P \leq 0.01$) entre tratamientos de fertilización, y significativas en genotipo, en la interacción TxG no hubo diferencias significativas, los

tratamientos resultaron estadísticamente iguales (Cuadro 4). El T3 con 1849.0 g planta⁻¹, produjo la mayor valor de peso de brotes, (Cuadro 7). En **peso seco** (Biomasa) solo presentó diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) para tratamientos de fertilización, los tratamientos T1 y T3 son estadísticamente iguales con 203.8 y 240.6 g planta⁻¹ respectivamente. Los reportes sobre los efectos de la composta en la biomasa del cultivo son variables, ya que mientras investigadores como Ozores *et al.* (1994) reportan aumento en biomasa, otros señalan que no hay efecto (Hartz *et al.*, 1996). Los resultados del presente estudio coinciden con los reportados por (Clark *et al.*, 2000) quienes encontraron reducción en la producción de la biomasa. De los reportes anteriores se deduce que los efectos dependen del material que se composta, la madurez y la calidad del estiércol.

CUADRO 7. Desarrollo vegetativo de plantas de tomate crecidas en tratamientos orgánicos e inorgánicos, valores promedio de dos genotipos de tomate en invernadero. UAAAN-UL 2005 Torreón Coah.

| Tratamiento | AP (cm) | Nº de hojas | PF (g planta ⁻¹) | PS (g planta ⁻¹) | N (%) | P (%) | K (%) | SS (°Brix) |
|-------------|-----------------------|----------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------|----------|----------|---------------|
| T1 | 217.7 ab** | 36 b** | 1377.7 b* | 203.8 ab* | 2.65 ^{NS} | 0.36 a** | 3.13 a** | 5.3 a* |
| T2 | 201.0 bc ^z | 37 b | 1076.3 b | 164.7 b | 2.56 | 0.33 a | 2.77b | 5.2ab |
| T3 | 226.7 a | 42 a | 1849.0 a | 240.6 a | 2.61 | 0.37 a | 2.73b | 4.9b |
| T4 | 188.6 c | 38 b | 1316.8 b | 166.7 b | 2.17 | 0.20 b | 3.13a | 4.8b |
| CV % | 13.0 | 12.7 | 21.3 | 16.2 | 21.2 | 16 | 4.2 | 8.0 |
| Tukey(0.05) | 25.5 | 4.95 | 495.2 | 52.1 | 0.50 | 0.11 | 0.27 | 0.38 |
| Media | 208.5 | 37 | 1404.9 | 193.9 | 2.47 | 0.31 | 2.94 | 5.1 |

^z Valores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con una $P \leq 0.05$. ns, *, **; No significativo y significativo a una $P \leq 0.05$ y 0.01, respectivamente. PF= peso fresco, PST=peso seco total, AP=altura de planta. NF= número de fruto/planta.

Concentración nutrimental

Nitrógeno. Al considerar el N, no se encontró diferencias entre tratamientos, genotipos, ni en la interacción TxG (Cuadro 4). Mostrando una media general de 2.5 % para este elemento y se encuentran en los niveles óptimos ya que según Maynard y

hochmuth (1997) el rango de suficiencia en N es de 1.8 - 2.5. Es necesario resaltar que, aunque no hubo diferencias significativas entre tratamientos, las plantas de los tratamientos testigo (T3) y el orgánico T1 presentaron una concentración elevada de N y produjeron alta cantidad de biomasa, y por lo tanto rendimientos más altos. Estos dos tratamientos estuvieron por encima del límite superior del rango (Cuadro 7).

Fósforo. El contenido de P en el follaje se encontró en los niveles óptimos desde 0.17 a 0.42 % el rango de suficiencia es de 0.18 – 0.6 % (Maynard y Hochmuth, 1997) solo la interacción de arena con extracto de vermicomposta (T4) en Red Chief estuvo en el límite inferior del rango (Cuadro 7). Si el pH está en el óptimo (en una solución nutritiva es 5.6-6.2) el P es más disponible para la planta (Maynard y Hochmuth, 1997, Hochmuth *et al.*, 2003), en este ensayo el extracto de vermicomposta presentó un valor promedio de pH de 7.9 lo cual probablemente favoreció el decremento en el contenido P señalado. Zaidan y Avidan (1997) afirman que con pH elevado provoca la precipitación del P y menor disponibilidad de micronutrientes.

Potasio. Los rangos de suficiencia en K son de 3.5 - 6.0 % (Maynard y Hochmuth, 1997). Todos los tratamientos y genotipos mostraron concentraciones de K por debajo de este rango, con valores de 2.41 a 3.23 %. Sin embargo los niveles de K en los tratamientos T1 y T4 fueron ligeramente más altos, 14.6 % mayor nivel de K en el follaje que las plantas del tratamiento T3 (testigo) (Cuadro 6). El K tiene influencia en el tamaño y firmeza del fruto, además aumenta el contenido de sólidos solubles, y vitamina C, así como el sabor del fruto (Marcschner *et al.*, 1996), siendo probablemente ésta una de las razones de que el tratamiento T1 haya mostrado mayor contenido de sólidos solubles. En la interacción genotipo por tratamiento lo que presentó la mayor

concentración de K fue Big Beef en T1 y T4 con 3.23 % (Cuadro 8). Premuzic et al.(1998) reportan que los frutos de tomate crecidos en sustrato orgánico, tuvieron más Ca y Vitamina C y menos Fe que los inorgánicos y no encontraron cambios en concentraciones de P y K. Sin embargo en el presente experimento si presentaron diferencias en P y K entre los tratamientos de fertilización. Por lo anterior se puede destacar que los efectos de los tratamientos en el estado nutricional no tuvieron relación directa con la producción.

Cuadro 8. Desarrollo vegetativo de plantas de tomate crecidas en tratamientos orgánicos e inorgánicos en promedio de dos genotipos en invernadero. UAAAN-UL 2005 Torreón Coah.

| T | Genotipo | Altura de planta (cm) | NH | PS (g) | PF (g) | IF (DDS) |
|---------------|----------|-----------------------|------------------|---------------------|----------------------|-------------|
| T1 | RC | 227.1 | 35 ^{NS} | 206.5 ^{NS} | 1563.3 ^{NS} | 63 c* |
| T2 | RC | 208.3 | 34 | 266.7 | 1130.7 | 66 c |
| T3 | RC | 194.3 | 41 | 252.6 | 1969.6 | 69 bc |
| T4 | RC | 207.8 | 38 | 158.2 | 1514.0 | 78 ab |
| | | 208.6 | 37 b | 195.9 | 1543.9 | 69 b |
| T1 | BB | 212.1 | 38 | 201.1 | 1192.0 | 68 bc |
| T2 | BB | 241.3 | 39 | 162.6 | 1022.0 | 72 bc |
| T3 | BB | 188.9 | 43 | 258.6 | 1730.3 | 85 a |
| T4 | BB | 188.4 | 38 | 175.2 | 1119.7 | 74 abc |
| | | 211.4 | 39 a | 191.9 | 1266.0 | 75 a |
| CV (%) | | 13.1 | 12.7 | 16.7 | 16.2 | 10.4 |
| Tukey | | 42.9 | 6.5 | 89.1 | 847.4q | 11.8 |
| Media | | 205.6 | 37 | 193.9 | 1405.0 | 72 |

z Valores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey con una $P \leq 0.05$. ns, *, **; No significativo y significativo a una $P \leq 0.05$ y 0.01, respectivamente.

T= tratamiento NH= número de hojas, PS= peso seco/planta, PF= peso fresco/planta. IF= inicio de floración.

CONCLUSIONES

El extracto de vermicomposta y la mezcla de vermicomposta + arena con microelementos (T1) tuvieron un rendimiento aceptable para condiciones de invernadero superior a 200 t ha⁻¹. Aunque éstos fueron un 26 % y 29 %, respectivamente

menor rendimiento que el tratamiento testigo (T3) con el uso de solución nutritiva. Esta disminución en rendimiento puede compensarse con el ahorro en costos de fertilización y con el sobreprecio en la venta de tomate orgánico, La disminución en la producción se podría compensarse con el valor del producto el cual se incrementa hasta un 40% con respecto al valor obtenido en el sistema tradicional.

El tratamiento orgánico T1 aumentó el contenido de sólidos solubles en fruto, sin afectar el tamaño del mismo. En altura de planta, peso seco, contenidos foliares de N y P el sustrato orgánico T1 fueron similares a plantas con solución nutritiva (T3), se asume el aporte de nutrimentos en T1 y T4 fue adecuado para el nivel de rendimiento obtenido.

Los híbridos son iguales estadísticamente en rendimiento total de fruto, altura de planta contenido de P, peso seco, diámetro polar y sólidos solubles en ambos tratamientos. Los tratamientos preparados con vermicomposta derivado de estiércol bovino, y los inorgánicos con solución nutritiva no cubrieron las necesidades nutricionales de K en ambos híbridos de tomate.

AGRADECIMIENTOS

A la Fundación Produce Coahuila y Durango, por el apoyo económico. Al Depto. de Horticultura de la Universidad autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna, por las facilidades de infraestructura otorgadas al proyecto. Al Dr. Jesús Vásquez Arroyo, a la QFB Norma Rangel Lidia Rangel Carrillo y a la IIQ. Elba Margarita Aguilar Medrano por las facilidades en el apoyo de análisis químicos otorgadas al proyecto.

LITERATURA CITADA

- ALRØE, H.F.; KRISTENSEN, E.S. 2004. Basic principles for organic agriculture: Why? And what kind of principles?. *Ecology & Farming* 26: 27-30.
- ALVAJANA, M.C.R.; HOPPIN, J.A.; KAMEL, F. 2004. Health effects of chronic pesticide exposure: cancer and neurotoxicity. *Annu. Rev. Public Health* 25:155-197.
- ARAM, K.; RANGARAJAN, A. 2005. Compost for nitrogen fertility management of bell pepper in a drip-irrigated plasticultura system. *HortScience* 40(3): 577-581
- ATIYEH, R.M.; EDWARDS, C.A.; SUBLER, S.; METZGER, J.D. 2001. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth. *Biores. Technol.* 78: 11-20.
- ATIYEH, R.M.; ARANCON, N.Q.; EDWARDS, C.A.; METZGER, J.D. 2002. The influence of earthworm-processed pig manure on the growth and productivity of marigolds. *Biores. Technol.* 81: 103-108.
- AYERS R.S.; WESTCOT D.W. 1994, Water quality for agriculture. FAO, Irrigation and drainage. paper (FAO) 29, Rev. 1, Rome, Italy. 184 P.
- BETTIOL, W.; GHINI, R.; HADDA, G.J.A.; CASSIO, S.R. 2004. Organic and conventional tomato cropping systems. *Sci. Agric.* 61:253-259.
- BRINTON, W.F.; TRANKNER, A.; DROFFNER, M. 1996. Investigations into liquid compost extracts. *Biocycle* 37(11):68-70.
- CASTELLANOS Z., J. (2004) Manejo de la fertirrigación en suelo. *In: Manual de Producción Hortícola en Invernadero.* CASTELLANOS, Z.J. (ed). Ed. Intagri. 2a ed. Celaya Gto., México. pp:103-123.
- CASTILLO E., A.; QUARÍN H., S.; IGLESIAS C.,M. 2000. Caracterización química y física de compost de lombrices elaboradas a partir de residuos orgánicos puros y combinados. *Agricultura Técnica (Chile)* 60: 74-79.

- CHRISTIAN, G.D.; FELDMAN, F.J. 1979. Atomic absorption spectroscopy: applications in agriculture, biology, and medicine. Wilty Interscience. New York., USA. 512 p.
- CLARK, G.A.; STANLEY, C. D.; MAYNARD D. N. 2000. Municipal solid waste compost (MSWC) as a soil amendment in irrigated vegetable production. Trans. Amer. Soc. Agr. Eng. 43:847-853.
- COTTER, D.J.; GÓMEZ, R.E. 1982. Greenhouse tomato production pointers. New Mexico State Univ.Fact Sheet 400H-11, USA. 5 p.
- CRUZ, R.V.; de ALMEIDA T., V.C.; de ANDRADE, I.F.; NETO, A.I.; do NASCIMENTO, R.,V.; VILLA, A., F. 2003. Produção de minhocas e composição mineral do vermicomposto e das fezes procedentes de bubalinos e bovinos. Ciênc. Agrotec., Lavras. 27: 1409-1418.
- DIEZ J.,M. (2001) Tipos Varietales, *In*: El Cultivo del Tomate. NUEZ, F. (ed). Ed. Mundi-Prensa. México D.F., pp. 95-129
- EGHBALL, B. 2000. Nitrogen mineralization from field-applied beef cattle feedlot manure or compost. Soil Sci. Soc. Am. J. 64:2024-2030.
- GRIFFIN T S, C W HONEYCUTT (2000) Using Growing Degree Days to Predict Nitrogen Availability from Livestock Manures. Soil Science Society of America Journal 64:1876–1882.
- HARTZ, T.K.;Micerl J.P. Giannini C.2000. Nitrogen and carbon mineralization dynamic of manure and compost. Hortscience 35:209-212.
- HASHEMIMAJD, K.; KALBASI, M.; GOLCHIN, A.; SHARIATMADARI, H. 2004. Comparison of vermicompost and composts as potting media for growth of tomatoes. Journal of Plant Nutrition 27: 1107-1123.

- HEEB, A.; LUNDEGARDH, B.; ERICSSON, T.; SAVAGE, P.G. 2005. Nitrogen form affects yield taste of tomatoes. *J. Food Sci. Agric.* 85:1405-1414.
- HOCHMUTH, G.; MAYNARD, D.; VAVRINA, C.; HANLON, E.; SIMONNE, E. 2003. *Plant Tissue Analysis and Interpretation for Vegetable Crops in Florida*. Florida Coop. Ext. Serv. University of Florida IFAS. Florida, USA. 55p.
- IFOAM (INTERNATIONAL FEDERATION OF ORGANIC AGRICULTURE MOVEMENTS). 2003. *Normas para producción y procesamiento Orgánico*. Victoria, Canadá. 158 p.
- JONES, J.B. JR. 1991. Kjeldahl method for nitrogen determination. *Micro-Macro Publ.*, Athens, GA. 79 p.
- LOPES P., E.W.; BORGES A., C. M. da S.; LIBERALINO F., J.; de SOUSA N., G. H.; ERIVAN T., J.; SIMÕES, B.R. 2005. Produção de vermicomposto em diferentes proporções de esterco bovino e palha de carnaúba. *CAATINGA, Mossoró- RN*, 18: 112-116.
- MANJARREZ M.,M.J.; FERRERA C.,R.; GONZÁLEZ CH.,M.C. 1999. Efecto de la vermicomposta y la micorriza arbuscular en el desarrollo y tasa fotosintética de chile serrano. *Terra* 17:9-15.
- MARSCHNER, H.; KIRKBY, E.A.; CAKMAK, I. 1996. Effect of mineral nutritional status on shoot-root partitioning of photo-assimilates and cycling of mineral nutrients. *J. Exp. Botany* 47: 1255-1263.
- MÁRQUEZ H. C., CANO R., P. CHEW M., Y. I. MORENO R., A RODRÍGUEZ D., N. (2006) Sustratos en la producción de tomate cherry bajo invernadero. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 12(2):183-189.

- MÁRQUEZ H., C.; CANO R., P.; MARTINEZ C., V. 2005. Fertilización orgánica para la producción de tomate bajo invernadero. III Simposio. Internacional de Producción de Cultivos en Invernadero. Monterrey, N. L. México. pp. 1-11.
- MAYNARD, D.N.; HOCHMUTH, G.J. 1997. Knotts' Handbook for Vegetable Growers, Wiley Interscience, J. Wiley and Sons, 4th ed. N.Y., USA.582 p.
- MELLENDEZ G.; SOTO G. 2003. Conociendo los abonos orgánicos. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo., CIA (Centro de Investigación Agronómicas) ministerio de la agricultura y Ganadería SUNNI. Imprenta nacional pp. 1-6.
- MORENO, R.A.; ZÁRATE, L.T.; VALDÉS, P.M. T. 2005. Desarrollo de tomate en sustrato de vermicomposta/arena bajo condiciones de invernadero. Agric. Téc. (Chile) 65:27-34.
- NRCS. 1999. Role of plants in Waste management. Agricultural waste management field handbook. Natural Resource Conservation Service. USDA. 651 p.
- NDEGWA, P.M.; THOMPSON, S.A. 2000. Effects of C-to-N ratio on vermicomposting of biosolids. Biores. Technol. 75: 7-12.
- NIETO G., A.; MURILLO A., B.; TROYO D., E.; LARRINAGA M., J. A.; GARCÍA H., J.L., 2002. El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible de Chile (*Capsicum annuum* L.) en zonas áridas. Interciencia 27(8): 417-421.
- OLSEN S., R.; DEAN, L.A. 1965. Phosphorus. In: BLACK, C.A. (ed.). Methods of soil analysis. Part 2. Agronomy 9. American Society of Agronomy. pp. 1035-1049.
- OROZCO F., H.; CEGARRA, J.; TRUJILLO, L. ROIG A., M. 1996. Vermicomposting of coffee pulp using the earthworm *Eisenia foetida*: effects on C and N contents and the availability of nutrients. Biology and Fertility of Soils 22:162-166.

- OZORES H.,M.; SCHAFFER, B.; BRYAN, H.H. 1994. Nutrients concentrations, growth, and yield of tomato and squash in municipal solid-waste-amended soil. *Hortscience* 29(7):785-788.
- PREMUZIC, Z.; BARGRIELA, M.; GARCÍA, A.; RENDINA, A.; IORIO, A. 1998. Calcium, iron, potassium, Phosphorus and vitmin C content of organic and hydroponic tomatoes. *HotScience* 33 (2): 255-257.
- RAVIV, M.; MEDINA, S.; KRASNOVSKY, A.; ZIADNA, H. 2004. Organic matter and nitrogen conservation in manure compost for organic agriculture. *Compost Science & Utilization* 12: 6-10.
- RIPPY, F.M.J.; PEET, M.M.; LOUWS, F.J.; NELSON, P.V.; ORR, D.B.; SORENSEN, K.A. 2004. Plant development and harvest yield of greenhouse tomatoes in six organic growing systems. *HortScience* 39(2):223-229.
- Rincón S., L. 2002. Bases de la fertirrigación para solanáceas y cucurbitáceas cultivadas en invernadero bajo planteamiento de producción integrada. In: 12º Symposium Internacional. Ecología y producción integrada en cultivos hortícolas en invernadero. *PYTOMA (España)* 135: 34-46.
- RODRÍGUEZ M., M. N.; ALCÁNTAR G., G.; AGUILAR S., A; ETCHEVERS B., J. D.; SANTIZÓ R., J. A. 1998. Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila. *Terra* 16 (2): 8135-141.
- SANTAMARÍA R., S.; FERRERA C., R.; ALMARAZ S.,J.J.; GALVIS S.,A.; BAROIS B.,I. 2001. Dinámica y relaciones de microorganismos, C-orgánico y N-total durante el composteo y vermicomposteo. *Agrociencia*. 35: 377-384.
- SAS (1998) Institute Statistical Analysis System. version 6.12. Cary N. C. USA.

- TÜZEL, Y., ÖZTEKİN, G.B., ONGUN, A.R., GÜMÜŞ, M., TÜZEL, İ. H., ELTEZ, R.Z.,
2004. Organic Tomato Production in the Greenhouse. *Acta Horticulturae*.
659:729-736.
- USDA (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE). 2004. National Organic
Program. Washington D.C, U.S.A. 554 p.
- URRESTARAZU, M.; SALAS, C.M.; PADILLA, I.M.; MORENO, J. ; ELORRIETA, A.M. ;
CARRASCO, G.A. 2001. Evaluation of different composts from horticultural crop
residues and their uses in greenhouse soils cropping. *Acta Hort*. 549:147-152.
- VIDA, J.B.; ZAMBOLIM, L.; TESSMANN, D.J.; BRANDÃO-FILHO, J.U.T.; VERZIGNASSI,
J.R.; CAIXETA, M.P. 2004. Manejo de doenças de plantas em cultivo protegido.
Fitopatologia Bras. 29(4): 355-372.
- ZAIDAN, O.; AVIDAN, A. 1997. Greenhouse tomatoes in soilless culture. Ministry of
Agricultura, Extensión Service, Vegetables and field Service departaments (in
Hebrew) Shefayim, Israel.

TÉ DE COMPOSTA COMO FERTILIZANTE PARA LA PRODUCCIÓN DE TOMATE EN INVERNADERO.

Compost tea as fertilizer in greenhouse tomato production

N Rodríguez-Dimas, P Cano-Ríos, U Figueroa-Viramontes, A Palomo-Gil, E Favela-Chávez, V de P Álvarez-Reyna y A. Moreno-Resendez, E Ochoa-Martínez

(NRD) Alumno de doctorado en Ciencias Agrarias, (EFCh) (APG) (VPAR) (AMR) Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-U.L. Periférico y Carretera a Santa Fe s/n. Torreón, Coahuila (PCR) (UFV) CELALA-CIRNOC-INIFAP. Km. 17.5 Carr. Torreón-Matamoros, Coah. (EOM) Alumna de Maestría, Instituto Tecnológico de Torreón (ITA 10)
Autor responsable: cano.pedro@inifap.gob.mx

Fecha de recepción:

Fecha de aceptación:

Resumen El propósito del estudio fue evaluar el té de composta como fertilizante orgánico para la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en invernadero. Para tal fin en invernadero en otoño-invierno 2005-2006, se evaluaron tres formas de fertilización orgánica e inorgánica aplicada a los genotipos Granitio y Romina. Los tratamientos fueron: T1= arena + solución nutritiva (testigo), T2 = arena + té de composta, T3 = mezcla de arena + composta (relación 1:1; v:v) + té de composta diluido (relación 1:3; v:v, té de composta:agua de la llave) para determinar si el té de composta, como fertilizante alternativo, puede sustituir a los fertilizantes sintéticos. Los seis tratamientos fueron distribuidos en un diseño completamente al azar, con arreglo factorial 3 x 2. El factor A formas de fertilización y como factor B, genotipos con cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron: rendimiento total, calidad de fruto, altura de planta e inicio de floración. Los resultados no mostraron diferencias significativas entre tratamientos de fertilización para calidad y rendimiento, solo presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.01$) en genotipos. Se obtuvieron rendimientos medios de 230 y 190.8 t ha⁻¹ con los genotipo Granitio y Romina, respectivamente. Las ventajas de los

tratamientos orgánicos con respecto al T1 testigo, son que éstos lograron incrementar el contenido de sólidos solubles y altura de planta. Por lo anterior, el té de composta puede ser considerado como un fertilizante alternativo para la producción orgánica en condiciones de invernaderos.

Palabras claves: *Lycopersicon esculentum*, Suministro de nutrientes, fertilizante orgánico, extractos orgánicos, humus de composta

ABSTRACT The purpose of this study was to evaluate the compost tea as organic fertilizer to tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) production in greenhouse. During the 2005 – 2006 season three forms of organic and inorganic fertilization and two cultivars (Granitio y Romina) were evaluated in greenhouse. The treatments were: T1 = sand + nutrient solution (control); T2 = sand +compost tea and T3 = sand+compost (1:1 v:v) + compost tea diluted (3:1) in water to determine if compost tea may replace synthetic fertilizer. The six treatments were distributed in a completely randomized design, with factorial arrangement 3 x 2, the factor A fertilization forms and as factor B genotypes with four replicates each. Variables evaluated were: total yield, fruit quality, plant height and beginning of flowering. The results showed no significant differences between fertilization treatments in yield and quality; statistical differences between cultivars ($P \leq 0.01$). Average yields of 230 and 190.8 t ha⁻¹ were obtained with genotypes Granitio and Romina, respectively. The advantages of the organic treatments with regard to T1 control are that this may increase the content of soluble solids and plant height. For the above, the compost tea can be considered as an alternative fertilizer for the organic production in greenhouse conditions.

Indexwords: *Lycopersicon esculentum*, nutrients added. Organic extracts, humus
Substances, organics fertilizers, compost humus.

INTRODUCCIÓN

La superficie agrícola protegida en México actualmente, asciende a 4,900 ha, y presenta, una tasa de crecimiento anual del 25%. De esta superficie, 3 450 ha se destinan a la producción de tomate (Fonseca 2006). Por otra parte, en años recientes, la demanda de productos desarrollados orgánicamente se ha incrementado, debido a que los abonos orgánicos permiten como medios de crecimiento mejorar las características cualitativas de los vegetales consumidos por el hombre (Touart 2000). Por lo antes citado, es de gran importancia incrementar el conocimiento acerca de los componentes que conforman los denominados sistemas de producción orgánicos bajo condiciones protegidas, como son: cambios en el sistema de producción, uso y dosificación de diferentes abonos orgánicos, normatividad, cultivos, etc. (Salazar *et al.* 2003).

Entre los sistemas de producción orgánica bajo condiciones controladas, la producción de hortalizas con aplicación de enmiendas orgánicas, es una práctica que se ha extendido a escala mundial, por la ausencia de contaminación del ambiente que conlleva y los resultados satisfactorios que se han encontrado; lo anterior ha revitalizado la idea del reciclaje eficiente de los desechos orgánicos de la actividad agropecuaria, así como el uso de los abonos orgánicos, de tal manera que se reduzca al mínimo imprescindible el uso de los fertilizantes sintéticos como vía de nutrición de las plantas. Recientemente, uno de los abonos orgánicos que ha estado siendo fuertemente impulsado es la aplicación del té de composta ya que representa una alternativa en el control de enfermedades de plantas hortícolas a escala comercial (NOSB 2004). Se ha demostrado que el té de composta aplicado al follaje ayuda a suprimir cierto tipo de enfermedades (Diver 2002; Al-Dahmani *et al.* 2003; Hoitink & Changa 2004; USDA 2006). Sin embargo, existe poca información en el manejo del té de composta en la nutrición de cultivos.

El té de composta, es un extracto líquido de la composta que contiene microorganismos benéficos, nutrientes solubles y compuestos favorables para las especies vegetales (Granatstein 1999; Dixon & Walsh 1998; Salter 2006). El té de composta es un extracto de la composta preparada con una fuente de comida microbial como la melaza, alga marina, ácidos húmicos–fúlvicos (Diver 2002). Scheuerell & Mahaffee (2004) han establecido que en este extracto crecen poblaciones benéficas de microorganismos. El té de composta puede ser usado en la irrigación por goteo en producción orgánica certificada. Los efectos benéficos del té de composta han sido demostrados, pero la mayoría de las respuestas han sido a prueba y error (Ingham 2005).

El té de composta posee características especiales y se utiliza para: inocular la vida microbiana de los suelos o se utiliza como fertilizante foliar, ya que aporta elementos nutritivos solubles directamente al follaje de las plantas o a través del suelo (De Lara 2007). Los plaguicidas químicos como insecticidas, fumigantes, herbicidas y el exceso de fertilizantes sintéticos matan a diversos microorganismos benéficos que ayudan al crecimiento de las plantas, mientras que el té de composta mejora la vida en los suelos y la superficie foliar de la planta. El té de composta de alta calidad inocula la superficie de las hojas y favorece la presencia de microorganismos benéficos, en lugar de destruirlos (Al-Dahmani *et al.* 1999; Cascadia 2001).

Sin embargo, a pesar de la relevancia que ha tomado recientemente existe poca o ninguna información que documente el té de composta utilizado como medio de fertilización en la producción de tomate para sistema de sustrato. Ha sido reportado rendimientos de tomate orgánico en invernadero de 93 t ha⁻¹ cuando se fertiliza con abonos orgánicos como gallinaza (Tuzel *et al.* 2003) y 106 t ha⁻¹ cuando se aplica fertilizantes orgánicos (Tuzel *et al.* 2004).

Los productos orgánicos tienden a contener altos niveles de vitamina C, licopeno, y bajo niveles de nitratos (Worthington 2001). Además, otros resultados señalan que los productos orgánicos contienen niveles más bajos de plaguicidas que los convencionales (Chen 2005). Por otro lado, se señala que las aplicaciones de sustancias húmicas de compostas incrementan el rendimiento, reducen la proporción de $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ en el tejido de las hojas y en los frutos se reduce el contenido de nitratos en la producción de tomate (Siminis *et al.* 1998). Las compostas contienen considerables cantidades de nutrientes que pueden suplementar la nutrición de plantas (Raviv 1998; Raviv *et al.* 2004; Raviv *et al.* 2005). El objetivo de este estudio fue, determinar si el té de composta aplicado como fertilizante puede sustituir parcial o totalmente otras formas de fertilizantes en la producción de tomate en invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue conducido en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) Unidad Laguna, en Torreón, Coahuila, México durante el ciclo 2005-2006, los tratamientos fueron distribuidos en un diseño completamente al azar, con dos factores de estudio: 3 tratamientos de fertilización x 2 cultivares: Romina y Granitio con cuatro repeticiones. Los tratamientos de fertilización evaluados fueron: T1= arena + fertilizantes inorgánicos, T2= arena + té de composta y T3= mezcla de arena+composta (50: 50 % v:v)+ té de composta diluido (1:3) es decir un litro de té de composta por tres litros de agua. La siembra se realizó el 28 de julio del 2005, en charolas germinadoras con musgo (Peat Most®) como medio de crecimiento, y el trasplante se llevó a cabo el 3 de septiembre del 2005. La densidad de población fue de 4 plantas/ m^2 , colocando una planta por maceta. Éstas consistieron en bolsas de plástico negro con capacidad de 18 L, llenadas en base al volumen. La arena utilizada en los sustratos fue previamente desinfectada con una solución de agua y cloro al 5 %. La composta se preparó a partir de estiércol bovino, la cual se obtuvo en un periodo

de tres meses. Las características químicas y composición nutrimental de la mezcla Composta + arena, de la arena y del té de composta se presentan en la Tabla 1. La composición de la solución nutritiva empleada en el T1 fue la recomendada por Zaidan (1997) a la cual se le agregaron microelementos quelatizados (Maxiquel multi® FeZnMnB 570 EDDHA), hierro, manganeso, zinc y boro suministrados a una dosis de 1.15, 0.49, 0.16 y 0.16. mg · L⁻¹, respectivamente (Tabla 2).

En la preparación del té de composta se aplicó el método recomendado por Ingham (2005) con algunas adecuaciones para reducir las sales solubles contenidas en la composta. La bolsa con composta se introdujo en un recipiente con agua durante cinco minutos, antes de someterse a oxigenación.

Se agregaron a un tanque de plástico de 200L de capacidad la mezcla de 6 kg composta con 60 L de agua, previamente el agua se oxigenó con una bomba, desde 2 h antes de introducir la bolsa con la composta hasta el fin del proceso (24 h), a la cual se aplicó como sustancias estimulantes de la actividad microbiana 40 g de melaza (piloncillo); y como ácidos húmicos o fúlvicos; 15 ml de Biomix N® calculados para cumplir con los requerimientos de nitrógeno de la tabla de Zaidan (1997). Además se agregaron 10 ml de Biomix P®, para completar la dosis de fósforo similar a la composición de la solución nutritiva que se utilizó para el T1 de fertilizante inorgánico.

Terminado el proceso para la elaboración del té de composta aereado durante 24 h se aplicó diariamente; para el tratamiento T2, utilizando 0.5 L de té a cada maceta sin diluir, mientras que para el tratamiento T3, el té se diluyó a una proporción de (1:3) utilizando 1 L de té de composta por cada 3 L de agua. El sustrato T3 se preparó con mezclas arena + composta, y esta última con cierto nivel de elementos nutritivos (Tabla 1). En el suministro de agua de riego se utilizó un sistema de riego por goteo y la cantidad de agua aplicada, según la etapa fenológica del cultivo, osciló de 0.35 a 1.9 L por planta. El agua de riego utilizada se clasifica como C1S1 (bajo en riesgo de salinización y

alcalinización) y con una Relación de absorción de sodio (RAS) de 2.18 (Ayers y Westcot 1994, Anónimo, 2004) (Tabla 3). Las temperaturas máximas y mínimas medias dentro del invernadero fueron 12.4 y 32.9 °C, respectivamente durante el ciclo del cultivo que duró 243 días.

Las plantas fueron guiadas a un solo tallo y tutoradas con hilo de rafia, eliminando los brotes axilares al momento de su aparición. Las flores se polinizaron mecánicamente con un vibrador eléctrico diariamente entre las 11 y 14 h las flores fueron polinizadas en forma mecánica con un vibrador eléctrico. La cosecha de frutos se realizó del primero al octavo racimo.

Se evaluaron un total de 18 plantas por tratamiento en las cuales se midió: altura de planta (cm), inicio de floración (días después de la siembra; DDS), rendimiento total ($t\ ha^{-1}$) y calidad de fruto, la calidad de fruto se determinó en cuatro plantas por tratamiento, en dos frutos por racimo, considerando las siguientes variables: peso individual (g), diámetro polar y ecuatorial (cm); contenido de sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix), espesor de pulpa (cm), y número de lóculos por fruto.

Análisis estadístico.

Para analizar el comportamiento de la variable altura de planta, a través del tiempo, se utilizaron técnicas de regresión. Mientras que en las variables de rendimiento y calidad se aplicaron análisis de varianza; cuando se encontraron diferencias significativas se realizó una comparación entre medias utilizando la prueba DMS al 5 %. Los análisis de varianza se llevaron a cabo mediante el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS) versión 6.12 para Windows (SAS 1998).

RESULTADOS.

Rendimiento. Los tratamientos de fertilización y su interacción tratamiento x genotipo no tuvieron efecto significativo en el rendimiento total, mientras que los genotipos presentaron diferencias altamente significativas al ($P \leq 0.01$; Tabla 4). El rendimiento promedio general fue de $209.0\ t\ ha^{-1}$. El genotipo Granitio presentó el mayor rendimiento en los tres tratamientos, con una media de $230\ t$

ha⁻¹ superando con 17 % al genotipo Romina con 190.8 t ha⁻¹ (Tabla 5). Este mismo genotipo en la interacción TXG solo en el tratamiento testigo inorgánico presentó rendimiento aceptable.

Calidad del fruto. En peso individual, diámetro ecuatorial y número de lóculos del fruto no se presentó efecto de tratamientos de fertilización ni de interacción T x G, sin embargo, si existió diferencia significativa ($P \leq 0.01$) entre genotipos (Tabla 4). Las medias generales para estas variables fueron de 183.2 g, 7.1 cm y 4, respectivamente (Tabla 6). El genotipo que presentó los valores promedio más elevados fue Romina con 198.9 g de peso, 7.3 cm de diámetro ecuatorial y 5 lóculos (Tabla 7).

En diámetro polar se detectó diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) entre tratamientos de fertilización y entre genotipos y no significativas en la interacción T x G (Tabla 4) observándose una media general de 5.87 cm. En el tratamiento T1 y T3 fueron estadísticamente iguales con 6.0 y 5.9 cm, mientras que el tratamiento T2 arena con té de composta presentó 5.7 cm de diámetro polar. El genotipo Romina presentó el mayor diámetro polar con 6.1 y 6.0 cm en el tratamiento T1 y T3 respectivamente (Tabla 8).

En espesor del pericarpio del fruto, no se encontró diferencias significativas en tratamientos de fertilización, genotipos e interacción T x G. Mostrando una media general de 0.8 cm de espesor. Esta situación pone de manifiesto, que el espesor de pulpa, en los tratamientos orgánicos, son similares al testigo.

En contenido de Sólidos solubles se detectó diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) entre tratamientos de fertilización y no significativas en genotipos y la interacción T x G (Tabla 4). En los tratamientos orgánicos T3 y T2 el jugo del tomate registró 21 y 17 % más sólidos solubles, respectivamente, que los niveles registrados por el testigo cuyo valor promedio fue de 3.7 °Brix (Tabla 8).

Altura de la planta. De acuerdo a las ecuaciones de regresión obtenidas, el ajuste cuadrático para todos los tratamientos fue bastante aceptable considerando que el R^2 fluctuó entre 97 % y 99 % (Figura 1).

Al observar la altura de planta registrada a los 53 días, se observa una tendencia de menor altura en el tratamiento testigo. Este tratamiento demoró el crecimiento longitudinal de las plantas y presentó una altura 9.4 % menor que los tratamientos orgánicos. Por otra parte, para ambos genotipos la mayor altura se registró en el T2 con una media de 257 cm, mientras que el testigo T1 presentó la menor altura con 233 cm.

Inicio de floración. Se encontró diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre tratamientos de fertilización e interacción tratamiento (T) x genotipo (G) y presentó diferencias altamente significativas en genotipos ($P \leq 0.01$). En promedio, el tratamiento testigo inicio la floración a los 58 DDS, mientras que el T2 fue el más tardío. El genotipo, Granitio resultó ser más precoz con cuatro días de diferencia en comparación Romina, la significancia de la interacción se debió al diferente comportamiento de Romina en los tratamientos de fertilización T2 y T3 (Tabla 9).

DISCUSIÓN

Rendimiento. La media general de producción fue de 209.0 t ha^{-1} , es decir, 20.9 veces más, que a lo obtenido en producción de tomate en campo que es de 10 t ha^{-1} (SAGARPA 2005). Por otro lado Diver *et al.* (1999) menciona que la producción orgánica de tomate en campo es de 32.12 t ha^{-1} . Los rendimientos de este estudio fueron superiores en 34 % a lo obtenido por Márquez & Cano (2004) quienes reportan un rendimiento de 131 t ha^{-1} con fertilización orgánica y 146 t ha^{-1} con solución nutritiva inorgánica. Los resultados de rendimiento también son superiores en 17 % a los obtenidos

por Reis *et al.* (2003) quienes evaluando sustratos en invernadero en tomate, no encontraron diferencias significativas en la producción de frutos y reportando un rendimiento para sustratos orgánicos de 166 y 162 t ha⁻¹ para el tratamiento inorgánico.

Una producción comercial exitosa de tomate en invernadero debe rendir 200 t ha⁻¹ por año (Cotter & Gómez, 1981). Por consiguiente, es claro que los tratamientos utilizados en el presente experimento resultan viables, dado que se alcanzó el rendimiento citado por estos autores. Además el valor del producto por ser orgánico, se incrementa de un 20 a 40% con respecto al valor obtenido en el sistema tradicional (Sloan 2002; Gómez *et al.* 2003). Por otro lado, el rendimiento del tratamiento T2 con Granitio fue de 219.5 t ha⁻¹, lo cual indica que el té de composta podría recomendarse como aplicaciones de fertilizantes orgánicos; con aceptables resultados, esto mismo, fue también sugerido por Cano *et al.* (2005) como resultado de sus experiencias en la producción de tomate orgánico. Lo anterior concuerda con Tuzel *et al.* (2004) quienes mencionan que los abonos orgánicos son una alternativa para sustituir la fertilización inorgánica.

Calidad. La calidad del tomate no se vió afectada al utilizar el té de composta. Los valores promedio obtenidos para diámetro polar no superan a lo obtenido por Márquez & Cano (2004) quienes reportaron un valor promedio de 6.4 y 5.5 cm en tratamientos que incluyen fuentes de fertilizantes orgánicas. Lo anterior, confirma que en las mezclas orgánicas de arena + composta y el té de composta, no varían en peso y diámetro ecuatorial de fruto en relación con el testigo cultivado en hidroponía. En el caso del valor promedio de peso obtenido, éste coincide con lo reportado por Díez (2001) quien señala que dependiendo del genotipo de tomate, el peso fluctúa entre 180 y 220 g fruto-

En consecuencia, se confirma que los tratamientos orgánicos generaron frutos de mejor calidad en cuanto a contenido de sólidos solubles, ya que el valor óptimo, según Díez (2001) para tomate, ya sea para procesado industrial o para consumo en fresco, es de 4.5 °Brix.

Los valores promedio registrados para sólidos solubles resultaron inferiores a los valores reportados por Moreno *et al.* (2005) quienes al evaluar el desarrollo del tomate en mezclas de vermicomposta:arena (50:50; %:%) reportaron valores promedio de 5.3 ° brix. Lo anterior, probablemente se debe, a la baja retención de humedad en la arena, debido a su porosidad, aunada a una baja capacidad de intercambio catiónico, caso contrario sucede en las mezclas con té de composta ya que de acuerdo a Bulluck *et al.* (2002) y Scheuerell & Mahaffee (2002) mencionan que las aplicaciones de enmiendas orgánicas, provocan diversos efectos: incrementan los organismos benéficos, reducen los patógenos del suelo, incrementan la materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico y retención de humedad mejorando la calidad del suelo. Una mayor concentración de sales, trae consigo mayor acumulación de sólidos solubles (Mitchell *et al.* 1991), las concentraciones de sales en los T2 y T3 fueron más altos (Tabla 1) que T1 testigo.

En lo referente a altura de planta, una mayor altura conlleva al aumento en número de hojas y mayor contenido de clorofila (Rodríguez *et al.* 1998). El incremento en número de hojas incrementa fotosíntesis, lo que redundará en aumento del peso de fruto y consecuentemente en rendimiento. Además, el humus estimula el crecimiento de la planta (Chen 1996). Otros autores reportan que la vermicomposta al 50 % de volumen aumenta notablemente el porte de las plantas, (Márquez *et al.* 2006). Los valores de altura obtenidos en este estudio difieren a los obtenidos por Márquez & Cano (2004) en el desarrollo del tomate con fertilización orgánica se alcanzó una altura de 225 cm. Por el contrario, Moreno *et al.* (2005) no encontraron diferencia en altura de planta, al evaluar tomate tanto en sustratos con diferentes fuentes de compostas como en forma inorgánica. La diferencia en los

resultados de este estudio con respecto a estos autores se puede atribuir a la constante aplicación del té de composta en el desarrollo del cultivo, genotipo y su manejo en el medio de cultivo.

Resultados del presente estudio ponen de manifiesto, que los elementos nutritivos de la composta y del té de composta (Tabla 1) fueron suficientes para cubrir las necesidades nutritivas de los genotipos de tomate evaluados y superar la altura de planta con respecto al tratamiento T1, donde se fertilizó con solución nutritiva.

En floración los resultados obtenidos no difieren a los obtenidos por Márquez *et al.* (2005), que encontraron que el primer racimo floral con el tratamiento biocomposta al 25 % + perlita presentó la floración a los 56 dds es decir 4 y 5 días más precoz que los tratamientos con té de composta. Sin embargo si concuerdan con los obtenidos por Milles & Peet (2002) quienes reportan la floración al primer racimo arriba de los 60 dds.

Los resultados obtenidos en este trabajo, permiten concluir que el té de composta de estiércol bovino tiende a provocar efectos positivos en los indicadores de desarrollo evaluados en el cultivo de tomate, Las mezclas orgánicas de arena + composta y el té de composta, no varían en rendimiento, estos tratamientos de fertilización presentaron una media de 200 t ha⁻¹, es decir, 20 veces más con respecto al rendimiento obtenido en campo, sin disminuir la calidad de fruto. El té de composta preparado con composta derivada de estiércol bovino, logró satisfacer las necesidades nutricionales de los dos híbridos de tomate cultivados en invernadero.

La calidad de fruto no se vio afectada al utilizar el té de composta. Los tratamientos orgánicos con respecto al T1 testigo, pueden igualar el rendimiento, calidad y aumentar el contenido de sólidos solubles.

Los híbridos 'Romina' y 'Granito' fueron iguales en altura de planta, espesor de pericarpio y sólidos solubles. Por lo que el té de composta puede ser considerado como un fertilizante alternativo para la

producción orgánica en invernadero por contener nutrientes solubles que pueden suplir la nutrición de plantas. Finalmente, bajo las condiciones de manejo del presente trabajo, permite suponer que la composta y té de composta, debido a sus características físicas, químicas y biológicas, lograron satisfacer la demanda nutritiva de esta especie y por lo tanto se fortalece la idea de que el té de composta solo y combinado con sustrato de composta tienen potencial para soportar el desarrollo y producir tomate orgánico en invernadero, utilizando cualquiera de los tratamientos con té de composta, permitirá evitar el periodo de transición requerido para las producciones orgánicas en campo.

AGRADECIMIENTOS A la Fundación Produce Coahuila y Durango, por el apoyo económico. Al Depto. de Horticultura de la Universidad autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna, por las facilidades de infraestructura otorgadas al proyecto. A al rancho Ampuero, por proporcionar la composta, a la QFB Norma Lidia Rangel Carrillo y a la IIQ Elba Margarita Aguilar Medrano por su apoyo en los análisis químicos de los sustratos y té de composta, y a los ingenieros Lisandro Borrallas Verdugo, Asael González Díaz, Enrique Gramajo Roblero y Aditaim E. Morales Velásquez por su colaboración en el desarrollo del experimento.

VI LITERATURA CITADA

- Al-Dahmani JH, Abbasi PA, Miller SA, Hoitink HAJ (2003) Suppression of bacterial leaf spot of tomato with foliar sprays of compost extracts under greenhouse and field conditions. *Plant Disease* 87:913-919.
- Al-Dahmani JH, Abbasi PA, Miller SA, Hoitink HAJ (1999) Efficacy of compost water extracts for control of bacterial spot of tomato. *Phytopathology* 89 (6 Supplement): S2.

ANÓNIMO (2004). Diagnóstico de aguas de riego. http://www.infoagro.com/riegos/diagnostico_aguas.htm.

ANÓNIMO (2005). Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. Sistema de Información Agropecuaria de Consulta. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). SIACON. V.1.1.

Ayers RS, Westcot DW (1994) Water quality for agriculture. FAO Irrigation and drainage paper 29
Rev. 1. FAO. Rome.

Bulluck LR, Brosius M, Evanylo GK, Ristanio JB (2002) Organics and synthetics fertility amendment influence soil microbial, physical and chemical properties on organic and conventional farm. *Appl. Soil Ecol.* 19:147-160.

Cano RP, Márquez HC, Figueroa VU, Rodríguez DN, Martínez CV, Moreno RA (2005) Producción orgánica de tomate bajo invernadero en la Comarca Lagunera. En: J J Martínez R, S Berúmen P, J Martínez T, A Martínez R, M Vázquez N (ed) Memoria de la XVII Semana Internacional de Agronomía, FAZ-UJED. Gómez Palacio Dgo. 5-9 Sep. pp:30-54.

Cascadia Consulting Group (2001) Compost Tea. Trials Final Report
Submitted to: Office of Environmental Management City of Seattle.
<http://www.cityofseattle.net/environment/Documents/Final%20Compst%20Tea%20report.pdf>
Pp. 17-18.

Chen Y (1996) Organic matter reactions involving micronutrients in soils and their effect on plants. En: Piccolo A (ed) *Humic Substances in Terrestrial Ecosystems*. Elsevier Science B.V., Amsterdam, The Netherlands. pp. 507-530.

- Chen CM (2005) Organic fruit and vegetables: potential health benefits and risks. *Nutrition Noteworthy*; 7 (1) article 2.
<http://repositories.cdlib.org/uclabiolchem/nutritionnoteworthy/vol7/iss1/art2>. pp 1-5.
- Cotter DJ, Gomez RE (1981) Cooperative extension service. 400 H11 u. New México, USA. Pp. 4
- De Lara A (2007) Compost tea. In *Organic Materials Management*. California.
<http://www.ciwmb.ca.gov/organics/compostmulch/composttea/default.htm>
- Diez NM (2001) Tipos varietals. En: Nuez, F. (ed) *El cultivo del tomate*. Editorial Mundiprensa. Madrid, España. pp: 97-98, 103-113.
- Diver S, Kuepper G, Born H (1999) Organic tomato production. National Center for appropriate technology. ATTRA publication #ct073/149. University of Arkansas Fayetteville, Ar.
- Diver S (2002) Notes on Compost Teas: A supplement to the ATTRA publication *Compost Teas for Plant Disease Control*. ATTRA publication, Fayetteville, Arkansas.
<http://attra.ncat.org/attra-pub/compost-tea-notes.html>
- Dixon GR, Walsh UF (1998) Suppression of plant pathogens by organic extracts a Review. *Acta Hort.* (ISHS) 469:383-390.
- Fonseca AE (2006) Producción de tomate en invernadero. En: Olivares SE (ed) *Cuarto simposio internacional de producción de cultivos en invernadero*. UANL. Facultad de Agronomía. Monterrey, N.L.. México. Pp. 1-8.
- Gómez CMA, Gómez LT, Schwentesius R (2003) Agricultura orgánica de México. En: *Producción, Comercialización y Certificación de la Agricultura Orgánica en América Latina*. CIESTAAM-AUNA, Edo. De México. pp: 91-108.
- Granatstein D (1999) Foliar Disease Control Using Compost Tea. *The Compost. Connection for Western Agriculture*, 8:1-4.

- Hoitink HAJ, Changa MC (2004) Production and utilization guidelines for disease suppressive composts. *Acta Hort.(ISHS)* 635:87-92.
- Ingham ER (2005) *The Compost Tea Brewing Manual, Edition 5*. Soil Foodweb Inc, Corvallis, Oregon, USA. 65-79 p.p.
- Márquez-Hernández C, Cano-Ríos P (2004) Producción de tomate orgánico bajo invernadero, En: Ch C Leal, J AG Garza (ed) 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 la UANL. . pp1-11.
- Márquez-Hernández C, Cano-Ríos P, Martínez-Cueto V (2005) fertilización orgánica para la producción de tomate bajo invernadero. En: Olivares SE (ed) Tercer simposio internacional de producción de cultivos en invernadero. UANL. Facultad de Agronomía. Monterrey, N.L. México. pp 1-13.
- Márquez-Hernández C, Cano-Ríos P, Chew-Madinaveitia YI, Moreno-Reséndez A, Rodríguez-Dimas N (2006) Sustratos en la producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 12(2): 183-189.
- Milles JA, Peet MM (2002) Maintaining nutrient balances in systems utilizing soluble organic fertilizers. Horticultural Science Department. North Carolina State University. Organic Farming Research. <http://www.ofrf.org/publications/Grant%20reports/00.23.08.Peet.Spr00.IB12.pdf> . pp 1-23.
- Mitchell JP, Shennan C, Grattan RS, May MD (1991) Tomato fruit yield and quality under water deficit and salinity. *J. Am.Soc. Hortic. Sci. (USA)* 116: 215-221.
- Moreno-Rezendez A, Zarate T, Valdés LPMT (2005) Desarrollo de tomate en sustrato de vermicomposta/arena bajo condiciones de invernadero. *Agricultura Técnica (Chile)*:65(2):27-34.

- National Organic Standards Board (NOSB) (2004) Compost tea task force Report. Abril 6, published Online by the Agricultural Marketing Service/USDA <http://www.ams.usda.gov/nosb/meetings/CompostTeaTaskForceFinalReport.pdf>.
- Raviv M (1998) Horticultural uses of composted material. *Acta Hort. (ISHS)* 469:225-234.
- Raviv M, Medina S, Krasnovsky A, Ziadna H (2004) Organic matter and nitrogen conservation in manure compost of organic agriculture. *Compost Sci. Util.* 12:6-10.
- Raviv M O, Katan J, Hadar Y, Yogev A, Medina S, Krasnovsky A, Ziadna H (2005) High- nitrogen compost as a medium for organic container grow crops. *Biores. Technol.* 96:419-427.
- Reis M, Inacio H, Rosa H, Caco J A, Monteiro A (2003) Grape marc and pine bark compost in soil culture. *Acta Hort. (ISHS)* 608:29-36.
- Rodríguez MMN, Alcántar GG, Aguilar SA, Etchevers BJD, Santizó RJA (1998) Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila. *Terra* 16 (2): 8135-141.
- Salazar SE, Vázquez VC, Trejo EHI, Rivera OO (2003) Aplicación, manejo y descomposición de estiércol de ganado bovino. pp 27-29. En: Salazar SE, Fortis HM, Vázquez AA, Vázquez VC. (ed) *Agricultura Orgánica. Abonos orgánicos y plasticultura*. Gómez Palacio Dgo. México Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C. Facultad de Agronomía y Zootecnia de la UJED. 2003: 251pp.
- Salter C (2006) Compost and Compost Tea- Boost Soil Vitality "The Cutting Edge" Seeds of Change. Newsletter.57 July 2006. http://www.seedsofchange.com/enewsletter/issue_57/compost_tea.asp.
- Statistical Analysis System (1998). SAS Institute inc V.6.12 Edition Cary N:C: U.S. A..

- Scheuerell SJ, Mahaffee WF (2002) Compost tea: principles and prospects for plant disease control. *Comp. Sci util.* 10:313-338.
- Scheuerell SJ, Mahaffee WF (2004) Compost tea as a container medium drench for suppressing seedling damping-off caused by *Pythium ultimum*. *Phytopathology vol94 (11):1156-1163.*
- Siminis C, Loulakis M, Kefakis M, Manios T, Manios V (1998) Humic substances from compost affects nutrient accumulation and fruit yield in tomato. *Acta Hort. (ISHS) 469:353-358.*
- Sloan AE (2002) The natural and organic foods marketplace. *Food Tecnology* 56:27-37.
- Tourat AP (2000) Time for Compost Tea in the Northwest. *BioCycle*, 41(10): 74-77.
- Tuzel Y, Yagmur B, Gumus M (2003) Organic tomato production under greenhouse conditions. *Acta Hort. (ISHS) 614: 775 - 780.*
- Tüzel Y, Öztekin GB, Ongun AR, Gümüş M, Tüzel İH, Eltez RZ (2004) Organic Tomato Production in the Greenhouse. *Acta Hort. (ISHS) 659:729-736.*
- USDA (2006). Biology and control of foliar and fruit diseases of horticultural crops. En: http://www.ars.usda.gov/research/projects/projects.htm?ACCN_NO=406928.
- Worthington V (2001) Nutritional quality of organic versus conventional fruits, vegetables, and grains. *Journal of Alternative and complementary medicine* 7(2):161-173.
- Zaidan O (1997) El cultivo de tomate de mesa en terreno abierto. En: Zidan O, Natan R (ed) *Curso Internacional de Producción de Hortalizas en diferentes Condiciones Ambientales. Recopilación de artículos sobre: producción de tomate.* Ministerio de Relaciones Exteriores Centro de Cooperación Internacional. CINDACO. Shefayim, Israel. 18 P.

Tabla 1. Análisis químico de composta, arena y té de composta (peso seco). UAAAN UL, Torreón Coah. 2005. CA= mezcla composta+arena; A= arena de río. TC= té de composta.

Table 1. Chemical analysis of compost, sand and compost tea test (dry weight). UAAAN UL, Torreón Coah. 2005. CA= mix compost + sand. A= River sand. TC= compost tea.

| | N | P | K | Ca | Mg | Na | Fe | Zn | Mn | pH | CE |
|----|------------------------|------|-------|----|------|------|------|------|------|------|------------------------|
| | (mg kg ⁻¹) | | | | | | | | | | (mS cm ⁻¹) |
| CA | 118.3 | 42.0 | 614.6 | 98 | 85.4 | 3.2 | 7.79 | 5.12 | 4.29 | 8.56 | 6.7 |
| A | 1.16 | 11.2 | 102.5 | 48 | 4.6 | 0.16 | 5.78 | 0.90 | 4.58 | 7.5 | 0.65 |
| TC | 34 | 39.8 | 536.8 | 84 | 43.7 | 9.2 | 5.1 | 4.0 | 3.8 | 7.8 | 4.5 |

Tabla 2. Concentración de nutrientes en el agua de riego empleada para el desarrollo del tomate en invernadero (mg kg⁻¹) (Zaidan 1997).

Table 2. Nutrient concentration in the water solution employed to cultivate tomato in the greenhouse (mg kg⁻¹) (Zaidan 1997).

| Estado de la planta | Elemento nutrimental | | | | |
|--------------------------------|----------------------|---------|-----------|-----------|---------|
| | N | P | K | Ca | Mg |
| Plantación y establecimiento | 100 – 120 | 40 – 50 | 150 – 160 | 100 – 120 | 40 – 50 |
| Floración y cuajado | 150 – 180 | 40 – 50 | 200 – 220 | 100 – 120 | 40 – 50 |
| Inicio de maduración y cosecha | 80 – 200 | 40 – 50 | 230 – 250 | 100 – 120 | 40 – 50 |

Tabla 3. Análisis químico del agua para riego utilizada en el experimento UAAAN-UL. Torreón, Coah. 2006.

Table 3. Chemical analysis of water utilized to irrigation in research to UAAAN-UL. Torreón, Coah. 2006

| Contenido | CE | pH | K | Ca | Mg | Na | HCO ₃ | Cl | SO ₄ |
|-----------|--------|------|-----|-----|------|------|------------------|-----|-----------------|
| | mScm-1 | | | | | | | | |
| | 1.05 | 8.75 | 1.4 | 4.7 | 0.80 | 3.63 | 0.55 | 2.3 | 4.1 |

Tabla 4. Cuadrados medios de los ANDEVAs realizados, para las variables de rendimiento total, altura de planta y calidad de fruto de tres tratamientos de fertilización y dos híbridos de tomate bajo invernadero. Comarca Lagunera 2005-2006. NS, * y ** = No significativo, significativo $P \leq 0.05$ y altamente significativo $P \leq 0.01$, respectivamente.

Table 4. Square means of ANOVAs performed to total yield, plant height and fruit quality variables of three fertilizer treatments and two tomato hybrids under greenhouse. Comarca Lagunera. 2005-2006. NS, * y ** = Not significant, significant $P \leq 0.05$ and highly significant $P \leq 0.01$, respectively.

| Característica | Tratamiento (T) | Genotipos (G) | T x G | Error | C.V.* |
|---------------------|--------------------|------------------|-----------|--------|-------|
| Rendimiento. total | 7154.3 NS | 3124 ** | 22.4 NS | 2929.8 | 25.7 |
| Inicio de floración | 32.1 * | 111.5 ** | 29.7 * | 7.45 | 5.4 |
| Peso de fruto | 3026.6 NS | 13897.8 ** | 1687.2 NS | 1404.6 | 20.4 |
| Diámetro ecuatorial | 0.8 NS | 1.9 ** | 0.14 NS | 0.25 | 6.9 |
| Diámetro Polar | 0.854** | 0.875 ** | 0.0957 NS | 0.1106 | 5.6 |
| No. lóculos/fruto | 0.32 NS | 4.7 ** | 1.2 NS | 0.63 | 17.8 |
| Sólidos solubles | 5.3 ** | 0.05 NS | 0.43 NS | 0.47 | 16.1 |
| Espesor pericarpio | 0.05 NS | 0.01 NS | 0.005 NS | 0.02 | 16.9 |

* Coeficiente de variación

Tabla 5. Rendimiento total en t ha⁻¹ del cultivo de tomate con tres tratamientos de fertilización y dos genotipos en invernadero en el ciclo 2005 –2006 en la Comarca Lagunera, UAAAN UL. *Genotipos con la misma letra son iguales estadísticamente, DMS al 5%. T₁ = arena + fertilizantes inorgánicos. T₂= arena + té de composta. T₃= arena: composta (50: 50 %) + té de composta diluido.

Table 5. Total yield in t ha⁻¹ of tomato crop with three fertilizer treatments and two genotypes cycle (2005 –2006) in the Comarca Lagunera, UAAAN UL. *Genotypes with different letter are statistically different, DMS al 5%. T₁ = sand + inorganic fertilizers. T₂= sand + compost tea. T₃= sand: compost (50: 50 %) + compost tea dilute.

| Tratamiento | Romina | Granitio | Media |
|-------------|----------------|----------------|--------------|
| T1 | 206.9 | 244.9 | 226.0 |
| T2 | 179.8 | 219.5 | 199.6 |
| T3 | 180.3 | 222.2 | 201.2 |
| Media | 189.0 b | 228.9 a | 209.0 |

Tabla 6. Calidad de fruto de tomate en tres tratamientos de fertilización y dos genotipos en invernadero, en el ciclo 2005 –2006 en la Comarca Lagunera, UAAAN UL. EP= espesor de pulpa. NL= número de lóculos. T1 = arena + fertilizantes inorgánicos. T2 = arena + té de composta. T3 = arena:composta (1:1; v:v) + té de composta diluido (1:3; v:v).

Table 6. Tomato fruit quality in three fertilizer treatments and two genotypes in greenhouse in the cycle 2005 –2006 in the Comarca Lagunera UAAAN UL.. EP= pulp thickness. NL= number of locules. T1 = sand + fertilizes inorganic. T2= sand + compost tea. T3= sand: compost (50: 50 %) + compost tea dilute,

| Tratamiento | Genotipo | PESO (g) | Diámetro Polar (cm) | Diámetro Ecuatorial (cm) | EP (cm) | NL |
|-------------|----------|----------|---------------------|--------------------------|---------|----|
| T1 | Romina | 201.6 | 6.2 | 7.4 | 0.84 | 5 |
| T1 | Granitio | 185.9 | 5.8 | 7.2 | 0.83 | 4 |
| T2 | Romina | 183.1 | 5.7 | 7.1 | 0.74 | 5 |
| T2 | Granitio | 160.5 | 5.6 | 6.8 | 0.74 | 4 |
| T3 | Romina | 212.1 | 7.9 | 7.5 | 0.83 | 5 |
| T3 | Granitio | 157.8 | 5.7 | 6.9 | 0.76 | 4 |
| Media | | 183.2 | 6.1 | 7.1 | 0.8 | 4 |

Tabla 7. Valores promedio de los genotipos de tomate evaluados para las variables peso de fruto, diámetro ecuatorial y número de lóculos bajo tres tratamientos de fertilización en invernadero, en el ciclo 2005-2006 en la Comarca Lagunera, UAAAN UL. *Genotipos con diferente letra son estadísticamente diferentes DMS (5%).

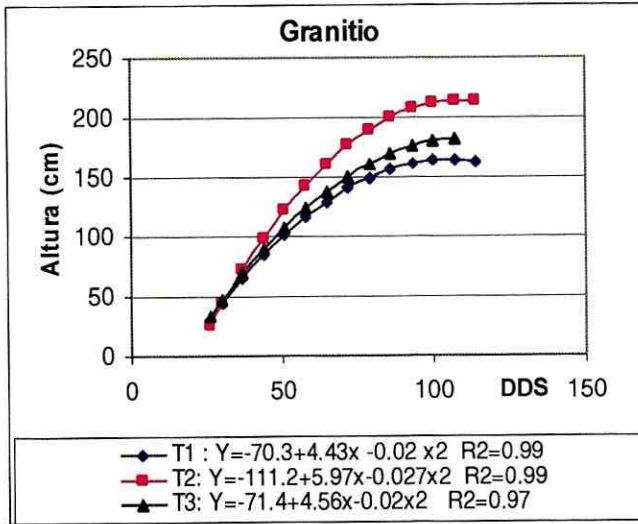
Table 7. Mean values of the evaluated tomato genotypes for the fruit weight, equatorial diameter and locule number under three fertilizer treatments in greenhouse in the cycle 2005 –2006 in the Comarca Lagunera UAAAN UL. *Genotypes with different letter are statistically different.

| Genotipo* | Peso (g) | Diámetro Ecuatorial (cm) | DP (cm) | Número de Lóculos |
|-----------|----------|--------------------------|---------|-------------------|
| Romina | 198.9 a | 7.3 a | 6.0 a | 5 a |
| Granitio | 168.0 b | 6.9 b | 5.7 b | 4 b |
| DMS (.05) | 18.66 | 0.249 | 0.395 | 0.395 |

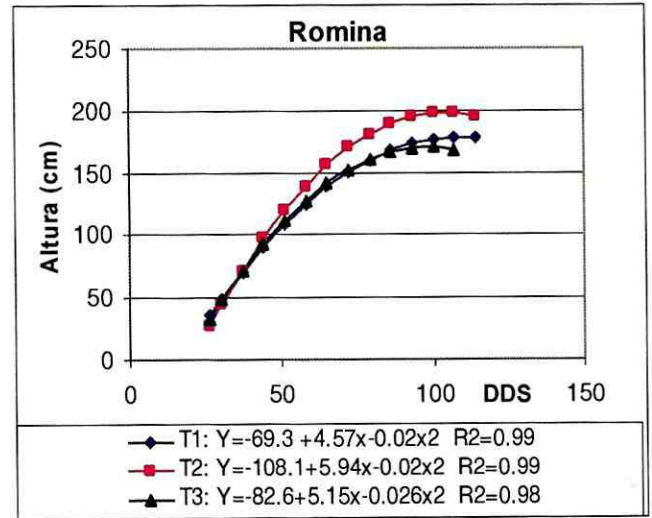
Tabla 8. contenido de sólidos solubles en frutos de tomate cultivados en tres tratamientos de fertilización con dos genotipos en invernadero. Comarca Lagunera. 2005 –2006. *Tratamientos de fertilización con la misma letra son iguales estadísticamente, DMS al 5 %. T1 = arena + fertilizantes inorgánicos. T2 = arena + té de composta. T3 = arena: composta (1:1; v:v) + té de composta diluido en agua (1:3; v:v). SS= sólidos solubles

Table 8. soluble solid content in tomato fruits developed in tree fertilizer treatments with two genotypes in greenhouse. Comarca Lagunera. 2005 –2006. *Fertilizer treatments with similar letter are statistically equal, DMS al 5%. T₁ = sand + fertilizes inorganic. T₂= sand + compost tea. T₃= sand: compost (50: 50 %) + compost tea diluted in water, SS= soluble solids.

| | Tratamientos | Romina | Granitio | Media |
|----------------|--------------|------------|------------|------------|
| SS | T1 | 3.8 | 3.6 | 3.7 b |
| (°Brix) | T2 | 4.5 | 4.4 | 4.5 a |
| | T3 | 4.5 | 4.9 | 4.7 a |
| | Media | 4.3 | 4.3 | 4.3 |



A



B

Figura 1. Altura de planta A) Granitio B) Romina híbridos de tomate cultivados en tres tratamientos de fertilizante en invernadero. Comarca Lagunera, 2005-2006. T1 = arena + solución nutritiva. T2= Arena + Té de composta. T3 = Arena:composta (1:1; v:v) + té de composta diluido (1:3; v:v).
 Figura 1. Plant height A) Granitio B) Romina híbridos of tomato crop in three fertilizer treatments under greenhouse. Comarca Lagunera, 2005-2006. T1 = sand + fertilizes inorganic. T2= sand + compost tea. T3= sand: compost (50: 50 %) + compost tea dilute,

Tabla 9 Inicio de floración en DDS en los tratamientos de fertilización y genotipos estudiados bajo condiciones de invernadero en el ciclo 2005 –2006 en la Comarca Lagunera UAAAN UL. * Tratamientos con diferente letra son significativamente diferentes (DMS, 0.05).
 T1 = arena + fertilizantes inorgánicos. T2 = arena + té de composta. T3 = arena :composta (1:1; v:v) + té de composta diluido (1:3; v:v).
 Table 9. Initiate flowering in DDS tomato plant in fertilizer forms under greenhouse conditions in cycle July - March (2005 –2006) in the Comarca Lagunera UAAAN UL. *Genotypes whit equals letter aren't statistically different (DMS, 0.05). T1 = sand + fertilizers inorganic. T2= sand + compost tea. T3= sand: compost (50: 50 %) + diluted compost tea,

| Tratamientos | Romina | Granitio | Media |
|--------------|--------|----------|-------|
| T1 | 59 bc | 58 bc | 58 b |
| T2 | 64 a | 59 bc | 61 a |
| T3 | 63 ab | 58 bc | 60 ab |
| Media | 62 a | 58 b | 60 |

3 DISCUSIÓN GENERAL

En la demanda creciente de alimentos y deterioro del medio ambiente obliga a utilizar técnicas de producción que permitan hacer uso más eficiente y sostenible de los recursos (Cruz *et al.* 2003). La Producción en invernadero, a través de la aplicación oportuna de fertilizantes, es una parte del proceso, que en combinación óptima con otros factores, incrementa el rendimiento y calidad de la cosecha (Vida *et al.* 2004). Se realizaron los ensayos descritos en los artículos incluidos en el presente documento. En estos ensayos se utilizó vermicomposta, extracto de vermicomposta, composta y té de composta con los siguientes propósitos: a) componente de los sustratos de crecimiento. evaluando sistemas de producción de tomate en invernadero, utilizando como sustrato mezclas de vermicomposta de estiércol de bovino y arena, en función del rendimiento y la calidad de fruto de tomate; b) determinar si el extracto de vermicomposta y el extracto de vermicomposta puede suplir parte o todos los requerimientos de N, P, K en el desarrollo, rendimiento y calidad del cultivo de tomate; c) Comparar la fertilización de té de composta aplicado como fertilizante puede sustituir parcial o totalmente, otras formas de fertilizantes en la producción de tomate.

Rendimiento. El sistemas convencional tuvo efecto positivo con aplicación de fertilizantes sintéticos comparado con los orgánicos, la mejor combinación El genotipo Big Beef con solución nutritiva (S3) presentó el rendimiento total más alto con 282.5 t ha⁻¹ superando en 27% al sustrato orgánico S1 con el mismo genotipo. Sin embargo, el rendimiento en el sustrato

S1 con quelatos fue poco mayor de 200 t ha^{-1} en ambos genotipos; además se aumentan el contenido de sólidos solubles y el espesor del pericarpio en el fruto.

Considerando que una producción comercial exitosa de tomate en invernadero, es de 200 t ha^{-1} por año como mínimo (Cotter y Gómez, 1981), es claro entonces que solamente el sustrato mezcla de vericomposta y arena más quelatos es viable, ya que presentó un rendimiento de 206 t ha^{-1} en un periodo de nueve meses. Aunado al sobreprecio obtenido por la comercialización de un producto orgánico. Entre los dos sustratos orgánicos evaluados se encontró que el mezcla de vericomposta y arena más quelatos (S1) rindió más que el mezcla de vericomposta y arena sin quelatos (S2), lo que se atribuye tanto a la aplicación dividida de la vermicomposta como a la aplicación de los micronutrientes añadidos a S1 pero no a S2; estas sustancias no cancelan la clasificación del sustrato como orgánico ya que los micronutrientes (oligoelementos; boro, cobre, hierro, magnesio, molibdeno, zinc) son sustancias que pueden emplearse como fertilizantes y acondicionadores del suelo en producción orgánica (FIRA, 2003; FAO, 2001b).

De acuerdo con datos de el Servicio de Conservación de Recursos Naturales de Estados Unidos (NRCS, 1999) y de Castilla (2003), una cosecha de tomate extrae 3 kg de nitrógeno por tonelada de fruto en fresco; asumiendo en el presente estudio una extracción similar, la variedad Big Beef extrajo el equivalente a 20.1 g por planta, para un rendimiento de 6.71 kg de tomate por planta. En la solución nutritiva utilizada se aportó un total de 21.5 g de N por

maceta en el ciclo, con un volumen de riego promedio de 1.46 L día⁻¹ por maceta. Sin embargo, Castellanos (2004) comenta que hasta el 42 % de N se lixivia en condiciones de sustratos en invernadero.

En el caso del sustrato orgánico S1 y en base al análisis de la vermicomposta, la aportación de N total fue de 65.5 g por maceta, mientras que el requerimiento de N promedio de los dos genotipos fue de 14.7 g por maceta, para un rendimiento de 4.9 kg de tomate por planta. La mayor parte del N en las compostas es orgánico y durante el proceso de mineralización se libera el N inorgánico disponible al cultivo. Eghball (2000) encontró una tasa de mineralización de N en composta de bovino de 11%; asumiendo una tasa similar en la vermicomposta, la liberación de N en el presente estudio sería de 7.2 g por maceta. Sin embargo, la mineralización de N se incrementa con la temperatura (Griffin y Honeycutt, 2000), por lo que es de esperarse una mayor tasa de mineralización de N en las condiciones de invernadero del presente estudio. Aun así, se observaron síntomas de deficiencia de N a partir de la etapa de floración. Lo anterior concuerda con Raviv *et al.* (2004), quienes concluyeron que después de dos meses del transplante con vermicomposta se requiere fertilización, ya que los nutrimentos se lixivian o se absorben por la planta.

Es importante señalar que la disminución en la producción de S1 podría compensar con el valor del producto. Según Gómez *et al.* (2003) y Sloan (2002) el valor del producto se incrementa de 20 a 40% con respecto al valor obtenido en el sistema tradicional. Así mismo, el sustrato S1 podría

recomendarse alternando aplicaciones de fertilizantes orgánicos o té de composta; lo que es sugerido por Cano *et al.* (2005) como resultado de sus experiencias en la producción de tomate orgánico.

En las correlaciones evaluadas en el primer experimento. Estos resultados indicaron claramente que el principal componente del rendimiento total (RT) es el número de frutos (NF), porque éste correlaciona con el rendimiento de cualquier tamaño y con el total. Esto significa que para aumentar más el rendimiento total conviene más elevar el NF, y que el tamaño del fruto y (PF) es menos importante que NF para el RT. No obstante, se evidencia también que el rendimiento Grande (RG) aporta más (0.728) al RT que el rendimiento mediano (RM) (0.408), y que el rendimiento Chico (RC) afecta al RG en forma negativa (-0.516), por lo que se concluye la verdad de que: la mejor forma de producir más fruto de calidad (grande) es evitar que se formen frutos chicos y medianos (ya que hay correlación positiva entre RC y RM, de 0.457). Esto se puede evitar aclareando los racimos para evitar frutos chicos, cuando estos frutos estén muy pequeños. Las demás correlaciones tienen poco impacto biológico en el rendimiento por su bajo valor, aunque sean significativas; por ejemplo, el RRezaga afecta poco al RTotal y al RG. (Cuadro 7 artículo 1)

Nuestros resultados coinciden con lo obtenido por Betiol *et al.* (2004), Márquez y Cano-Ríos (2004) y Heeb *et al.* (2005 a, b), quienes encontraron mayor rendimiento en los sistemas con fertilización inorgánica que en el sistema orgánico. Además coinciden con lo mencionado por Atiyeh *et al.* (2000),

quienes señalan que al usar más del 20 % de vermicomposta en el sustrato hay un decremento en la producción de la planta. Sin embargo, la respuesta favorable de S1 comparada con S2 fue debido a la aplicación gradual de vermicomposta a los 79 y 134 días después de la siembra lo cual coincide con la etapa de floración y desarrollo del fruto, periodos en los que la planta requiere mayor cantidad de nutrimentos.

La aplicación de mezcla arena-vermicomposta del S2 en una sola aplicación al trasplante, quedó deficiente el sustrato al pasar el tiempo, ocasionando un desbalance nutrimental y como consecuencia, el abatimiento de la producción. Schmitt y Rehm (1998) trabajando estiércoles, mencionan que la disponibilidad del N total para la planta es 25 % cuando se incorpora al suelo o sustrato y 55 % cuando se inyecta en forma líquida. Y la pérdida es 35 % cuando se incorpora al suelo y 5 % cuando se inyecta en forma líquida.

En esta información se apoya la respuesta de S2 que se aplica al sustrato en una sola aplicación se estaría perdiendo el 35 % de N total, mientras que en el sustrato fraccionado, el extracto de vermicomposta y té de composta se estaría perdiendo solo el 5% del N total. los resultados obtenidos en el S1 se destaca que las mezclas de vermicomposta con arena en el tratamiento en forma gradual, el extracto de vermicomposta y té de composta favorecieron el desarrollo de los genotipos de tomate, los cuales lograron completar su ciclo vegetativo, cubriendo cada una de las etapas fenológicas (germinación, crecimiento, floración y fructificación), Esta respuesta se puede atribuir al tipo de materia prima que se utilizó para elaborar la vermicomposta, lo

cual posiblemente afecta el contenido de elementos químicos disponibles para las plantas cuando este material se utiliza como medio de crecimiento. La diferencia en la disponibilidad de los elementos se refleja en los resultados del análisis químico reportado en el Cuadro 1.

Los resultados permiten suponer que la vermicomposta y composta poseen el potencial para mejorar el crecimiento de la planta cuando se aplica a los medios de crecimiento con fertilizantes orgánicos adicionales en invernaderos. Esto concuerda con Singh *et al.* (2004) de que la vermicomposta tiene un potencial comercial muy grande en la industria hortícola como sustrato de crecimiento, pues según Castillo *et al.* (2000) provoca mejoras importantes en el aspecto, sanidad y rendimiento de las plantas.

Sin embargo, los resultados parecen tener marcadas diferencias entre vermicompostas específicas en términos de su contenido de elementos nutritivos, la naturaleza de sus comunidades microbianas, y sus efectos sobre el crecimiento del tomate. Además de las diferencias en el pH de la vermicomposta era ligeramente más bajo que las compostas utilizadas.

Adicionalmente, el hecho de que los genotipos de tomate hayan completado su ciclo fenológico, en aquellos tratamientos a los que no se les aplicó solución nutritiva (S2 con el híbrido Miramar con rendimientos de 159.7 t ha⁻¹), superando a los rendimientos obtenidos en campo en 16 veces sin demeritar la calidad. permite suponer que el crecimiento logrado se debe exclusivamente a la aplicación de vermicomposta, por que se convalidan las

características de este abono orgánico, entre las cuales se destaca que contiene: elementos nutritivos en formas que son fácilmente asimilables por la planta e.g., nitratos, P intercambiable, K, Ca y Mg solubles entre otros; sustancias biológicamente activas, que actúan como reguladores de crecimiento vegetal, reducidas cantidades de sales solubles; gran capacidad de retención de humedad, elevada CIC y un creciente contenido de ácidos húmicos (Atiyeh *et al.*, 2000b, 2000c; Canellas *et al.*, 2002; Sharma *et al.*, 2005). En comparación con la producción en campo.

En materia seca. El tratamiento de fertilización que generó la mayor acumulación de materias seca fue la solución nutritiva con 240.6 g estadísticamente igual al tratamiento mezcla de arena-vermicomposta + quelatos (T1) con 203.8 g y ésta fue superior a extracto de vermicomposta con 166.7 g. La superioridad de la solución nutritiva fue clara, ya que la solución nutritiva inorgánica presenta un mejor balance y relación de aniones y cationes respecto a los requerimientos de la planta, sin embargo dentro de los tratamientos orgánicos destacó el (T1) que fue muy superior a los demás, esto indica que el tratamiento arena+ vermicomposta (T2) como tal no puede utilizarse como fuente total nutrimental, solo como complemento de fertilizante orgánico.

Contenido nutrimental en la planta. En el contenido de N no se encontró diferencias significativas, en los resultados de los análisis de tejido se encuentran en los niveles recomendados ya que el rango de suficiencia en N es de 1.8 - 2.5 (FIRA 1997; Maynard and Hochmuth, 1997), aunque no hubo

diferencias el testigo con solución nutritiva y el tratamiento orgánico (T1) mostraron ligeramente mayor concentración de N en el follaje valores que fueron estadísticamente iguales entre genotipos y tratamientos.

Para **el contenido de P** sin diferencias estadísticas en la interacción TXG. Se encontró diferencias entre tratamientos de fertilización, la mayor concentración de P en las plantas se presentaron en el testigo (solución nutritiva) y la mezcla orgánica (T1) con un promedio de 0.37 %. El pH es un factor determinante, a pH menores de 6.0 el P se encuentra como $H_2 PO_4$, forma en que la planta lo absorbe mayormente (Snoeyink y Jenkins, 1990), por esta razón el extracto de vermicomposta (T4) presentó menor concentración (0.20 %) por tener un pH mayor a 8 (Cuadro 3 del artículo 2) también en la interacción el tratamiento con extracto de vermicomposta con el genotipo Red Chief se encontró por debajo del rango de suficiencia.

La concentración de K presentaron diferencias en tratamientos, genotipos y la interacción TxG, las plantas presentaron un nivel bajo del rango óptimo tanto en tratamientos orgánicos como inorgánico, sin embargo los tratamientos de vermicomposta-arena + quelatos (T1) y el extracto de vermicomposta (T4) presentaron mayor valor, con una concentración de 3.13 % con una diferencia de 13% menor valor que el T3 con solución nutritiva. La concentración de K en el T1 y T4 fue propiciado por el mayor contenido de K desde el momento de preparar las mezclas de los sustratos con el contenido de estas fuentes (Cuadro 3) y en el extracto de vermicomposta, las constantes aplicaciones fraccionadas del extracto, por lo que la absorción de K por las

plantas mantuvo una estrecha con el contenido de K con el contenido de K en las fuentes de fertilización. El K tiene influencia en el tamaño y firmeza del fruto, además aumenta el contenido de sólidos solubles, y vitamina C, así como el sabor del fruto (Marcschner, 1996) por esta razón estos tratamientos orgánicos presentaron mayor contenido de sólidos solubles.

Por lo tanto la respuesta a la pregunta ¿es posible satisfacer totalmente la demanda nutritiva de los cultivos a partir de los abonos orgánicos?, deber ser que la vermicomposta, como abono orgánico, satisface parte de la demanda nutritiva de los genotipos de tomate. Esto concuerda con Raviv *et al.* (2004) quienes concluyeron que después de dos meses del transplante la vermicomposta requiere fertilización ya que los nutrimentos se lixivian o se absorben por la planta quedando deficiente el sustrato, por lo que se recomienda la aplicación de fertilizantes orgánicos después de esa fecha. Sin embargo, (Hashemimajd *et al.*, 2004) menciona que aun así, es necesario suplementar los elementos nutritivos, debido al agotamiento de los mismos, para inducir un mayor rendimiento.

Las plantas regadas con solución nutritiva (testigo) mostraron una superioridad estadística sobre aquellos tratamientos con vermicomposta en el rendimiento. El hecho de que los rendimientos de tomate obtenidos no hayan sido similares cuando los genotipos recibieron la solución nutritiva y la vermicomposta como fuentes de elementos nutritivos, permite pensar en la posibilidad de disminuir o eliminar el empleo de los fertilizantes sintéticos, logrando con ello satisfacer uno de los principales requerimientos de la

agricultura orgánica (Carpenter-Boggs *et al.*, 2000; Glover *et al.*, 2000; Hansen *et al.*, 2001; Fjelsted-Alrøe y Streen-Kristensen, 2004). Que el uso de vermicomposta con arena como sustrato no puede sustituir totalmente los fertilizantes pero sí parcialmente, por lo que se sugiere aplicar otras formas de fertilizantes orgánicos o bien con té de composta para producir tomate orgánico, en lo referente a producción ya que el la combinación del sustrato testigo con el genotipo Big Beef fue el que presentó el más alto rendimiento total con 282.5 t ha⁻¹ superando en 27% al sustrato con mezcla de vermicomposta arena + quelatos con el mismo genotipo.

Calidad de fruto. Se ha establecido que los sólidos solubles son importantes para definir la calidad de los frutos de tomate (Hidalgo-González *et al.*, 1998). En consecuencia, derivado de las comparaciones realizadas entre el empleo de vermicomposta, composta y té de composta con la solución nutritiva e fertilizantes convencionales se determinó, en los dos ensayos, que el contenido promedio de sólidos solubles (Brix) se incrementó significativamente con la aplicación de vermicomposta, de extracto de vermicomposta y té de composta, en comparación con los testigos con solución nutritiva correspondientes.

En consecuencia, es posible suponer que los abonos orgánicos empleados (vermicomposta, composta y té de composta) debido a la mayor concentración de sólidos solubles, permitió obtener tomate de mayor calidad y mayor sabor, por lo que es posible corroborar las expresiones señaladas por Ramesh *et al.* (2005) y Worthington (2001) de que los alimentos orgánicos

producidos orgánicamente tienen mejor sabor que los alimentos generados en los sistemas convencionales.

Los dos híbridos, Big Beef (BB) y Miramar (M), presentan alto rendimiento, y baja proporción de frutos pequeños y de rezaga (no aptos para exportación), pero difieren en características de calidad de fruto. Así, BB produce menos frutos por planta pero éstos son más grandes y con más lóculos, por lo que rinde más frutos grandes pero de menor espesor de pericarpio. En cambio, M produce más frutos por planta con alta frecuencia de fruto mediano y con la mitad de lóculos que BB, pero los frutos de M son de mayor espesor de pericarpio, tiene mayores frutos chicos, mediano y de tamaño rezaga.

El híbrido BB abate más rápido su rendimiento (64 t) que M (40 t) al reducir la calidad del sustrato (i.e., al reducir la disponibilidad de nutrimentos en el sustrato). Es decir, el híbrido M es más estable que BB. En BB causó una rápida reducción en la formación de frutos grandes y un pequeño aumento en el número de fruto mediano, sin afectar el rendimiento de frutos chicos. En cambio, en la var. M el cambio ambiental indujo que produjera menos frutos medianos y más frutos pequeños, pero su capacidad de formar frutos grandes resultó poco afectada al pasar de S1 a S2 (que difieren básicamente en que en S1 se aplicaron micronutrimentos y la mezcla de vermicomposta fraccionada y en S2 no).

En el segundo ensayo, en la evaluación de la composta los resultados no mostraron diferencias significativas ($P \leq 0.01$) en genotipos. Se obtuvieron rendimientos medios de 230 y 190.8 t ha⁻¹ con los genotipo Granitio y Romina, respectivamente. Las ventajas de los tratamientos orgánicos con respecto al T1 testigo (convencional), son que éstos incrementaron el contenido de sólidos solubles y altura de planta. Por lo anterior, el té de composta puede ser considerado como un fertilizante alternativo para la producción orgánica en condiciones de invernaderos. el té de composta provee a las plantas una amplia gama de los alimentos que carecen a menudo en fertilizantes sintéticos; Además está también vivo por los microorganismos presentes en el estiércol vegetal, subproductos metabólicos, y otros compuestos orgánicos que son difíciles de cuantificar, con calidades esenciales para los ambientes sanos del suelo y de planta. Además La segunda ventaja del té de composta es su potencial en la prevención y supresión de las enfermedades de planta.

Por lo tanto, los sistemas de producción orgánica se fortalecen como una alternativa para la agricultura del mundo, respuesta a la creciente conciencia acerca de la conservación del ambiente y las preferencias de los consumidores por alimentos seguros y libres de riesgo (Ramesh *et al.*, 2005).

Se puede establecer que se cubrió tanto el objetivo general, como los particulares en cada uno de los ensayos. Sin embargo, considerando lo establecido por Brown *et al.* (2000) señalan que, a pesar de la abundancia del conocimiento acumulado sobre las lombrices desde los días de Darwin, y su reconocimiento formal como animales importantes tanto para el suelo como

para la sociedad, existen todavía muchos descubrimiento nuevos e importantes esperando por los especialistas en lombrices, composta y en té de composta.

En atención a lo anterior, la vermicomposta y las compostas sobre los residuos orgánicos. los experimentos realizados con este material han provocando un incremento significativo en el crecimiento de plántas, se ha establecido que la vermicomposta genera otros efectos biológicos (Atiyeh *et al.*, 2000a), El té de composta contiene microorganismos benéficos, nutrientes solubles y compuestos favorables para las especies vegetales (Granatstein 1999; Dixon & Walsh 2003; Salter 2006) como el contener y aportar reguladores de crecimiento para el desarrollo de las especies vegetales, resulta evidente la necesidad de incrementar los estudios relacionados con estos compuestos y su efecto sobre el desarrollo de las especies vegetales.

4 CONCLUSIONES

Los residuos orgánicos, compostas, vermicomposta, extracto de vermicomposta y té de composta, tienen un amplio potencial para los sistemas de producción agrícola, como un medio de fertilizante para la producción orgánica en invernaderos.

Los medios de crecimiento comerciales, que tradicionalmente se utilizan en los invernaderos para el desarrollo de especies vegetales, pueden ser sustituidos por mezclas que incluyan diversos niveles de vermicompost o composta y arena. Las soluciones nutritivas, preparadas con sales inorgánicas de alta solubilidad, y tradicionalmente utilizados en los sistemas de producción hidropónica, pueden ser reemplazadas por el extracto de vermicomposta y té de composta, cuyo contenido de elementos nutritivos puede satisfacer las necesidades de tomate.

- La vermicomposta, extracto de vericomposta y té de composta utilizados posee características que favorecen el desarrollo de los genotipos de tomate.
- El sustrato VC: A y composta/arena permite obtener incrementos del contenido de sólidos solubles y tamaño frutos.
- El uso de vermicomposta y arena sin quelatos como sustrato no puede sustituir totalmente los fertilizantes pero si parcialmente, por lo que se sugiere aplicar fertilizantes orgánicos o bien con té de composta en la producción de tomate orgánico.

El extracto de vermicomposta y la mezcla de vermicomposta + arena con microelementos tuvieron un rendimiento aceptable para condiciones de invernadero con más de 200 t ha⁻¹. Aunque éstos fueron un 26 % y 29 %, respectivamente, menor rendimiento que el tratamiento testigo con el uso de solución nutritiva. Esta disminución en rendimiento puede compensarse con el ahorro en costos de fertilización y con el sobreprecio en la venta de tomate orgánico, Ya que la disminución en la producción se podría compensarse con el valor del producto el cual se incrementa hasta un 40% con respecto al valor obtenido en el sistema tradicional.

El tratamiento orgánico mezcla de vericomposta y arena más quelatos aumentó el contenido de sólidos solubles en frutos, sin afectar el tamaño del mismo. En altura de planta, peso seco, contenidos foliares de N y P éste mismo sustrato orgánico fueron similares a plantas con solución nutritiva (testigo), se asume el aporte de nutrimentos en mezcla de vericomposta y arena más quelatos y extracto de vermicomposta fue adecuado para el nivel de rendimiento obtenido.

En la interacción entre el sustrato testigo solución nutritiva y el genotipo Big Beef presentó el más alto rendimiento. Sin embargo, para ambos híbridos, el tratamiento testigo superó en 27 % al sustrato orgánico vermicomposta y arena más quelatos, en rendimiento de fruto comercial.

El te de composta, mostró diferencias para calidad y rendimiento, solo presentaron diferencias en genotipos. Finalmente, bajo las condiciones de manejo del presente trabajo, la composta y té de composta, debido a sus

características físicas, químicas y biológicas, lograron satisfacer la demanda nutritiva de esta especie y por lo tanto se fortalece la idea de que el té de composta solo y combinado con sustrato de composta tienen potencial para soportar el desarrollo y producir tomate orgánico en invernadero,

La mezcla orgánica vermicomposta + arena sin fertilizante no satisficieron las necesidades nutricionales en los híbridos evaluados de tomate. Sin embargo la mezcla de vericomposta + arena más quelatos, el extracto de vermicomposta y el té de composta se pueden utilizar en la producción de tomate en invernadero, ya que la disminución en producción se compensa con el valor comercial del producto y con el menor costo de fertilización. Además, utilizando cualquiera de éstos tratamientos orgánicos (mezcla de vericomposta y arena más quelatos, extracto de vermicomposta y té de composta) permite evitar el periodo de transición requerido para la producción orgánica en campo.

5 LITERATURA CITADA GENERAL

- Alroe, H.F., Kristensen E.S. (2004) "Basic principles for organic agriculture: Why? And what kind of principles?" Ecology & Farming: 1-8.
- Alvajana M. C. R.; Hoppin J. A; Kamel F. 2004. Health effects of chronic pesticida exposure: cancer and neurotoxicity. Annu. Rev Public Health 25:155-197
- Aram K.; Rangarajan A. 2005. Compost for nitrogen fertility management of bell pepper in a drip-irrigated plasticultura system. HortScience 40(3): 577-581
- Assadian, N.W., L.C. Esparza, L.B. Fenn, A.S. Ali, S. Miyamoto, U. Figueroa V., and A.W. Warrick. 1998. Spatial variability of heavy metals in irrigated alfalfa fields in the upper Rio Grande River basin. Agricultural Water Management. 36:141-156.
- Atiyeh, R. M. Subler, S., Edwards, C. A., Bachman, G., Metzger, J. D., y Shuster, W. 2000a. Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. Pedobiologia. 44: 579-590.
- Atiyeh, R. M., Domínguez, J., Subler, S. y Edwards, C. A. 2000b. Changes in biochemical properties of cow manure during processing by earthworms (*Eisenia andrei*, Bouché) and the effects on seedling growth. Pedobiologia, 44: 709-724.
- Atiyeh, R.M., Edwards, C.A., Subler, S. and Metzger, J.D. 2001. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium:

effects on physicochemical properties and plant growth. *Biores. Technol.* 78: 11-20.

Atiyeh, R. M., Lee, S., Edwards, C. A., Arancon, N. Q. and Metzger, J. D. 2002a.

The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Biores. Technol.* 84: 7-14.

Atiyeh, R. M., Arancon, N. Q., Edwards, C. A., y Metzger, J. D. 2002b. The

influence of earthworm-processed pig manure on the growth and productivity of marigolds. *Biores. Technol.*, 81: 103-108.

Bess V. 2000, Understanding Compost Tea., publicado en un artículo informativo en *Biocycle* . Disponible en :

<http://www.jgpress.com/BCArticles/2000/100071.html>

Bettiol, W.; Ghini, R.; Hadda, G. J.A. and Cassio, S.R. 2004. Organic and conventional tomato cropping systems. *Sci. Agric.* 61:253-259.

Block, D. 1998. Degrading PCB's through composting. *Biocycle* 39(12):45-48.

Bohn H.; Mcneal B. and O'connor G. 1993. *Química de suelos*. Limusa D.F. México.

Brinton, W.F; Trankner, A.; Droffner, M. 1996. Investigations into liquid compost extracts. *Biocycle* 37(11):68-70.

Brown, G. G., Barois, I., and Lavelle, P., 2000. Regulation of soil organic matter dynamics and microbial activity in the drilosphere and the role of interactions with other edaphic functional domains. *Eur. J. Soil Biol.*, 36: 177-198.

Bulluck, L.R.; Brosius, M.; Evanylo, G.K.; Ristaino, J.B. 2002. Organic and synthetic fertilyti amendments influence soil microbial physical and

- chemical properties on organic and conventional farms. *Applied Soil Ecology* 19: 147-160.
- Canellas, L. P., de Araújo-Santos, G., Rumjanek, V. M., Alpande-Moraes, A., y Guridi, F. 2001. Distribuição da matéria orgânica e características de ácidos húmicos em solos com adição de resíduos de origem urbana. *Pesq. Agropec. Bras.* 36(12): 1529-1538.
- Canellas, L. P., Olivares, F. L., Okorokova-Facanha, A. L., and Facanha, A. R. 2002. Humic Acids Isolated from Earthworm Compost Enhance Root Elongation, Lateral Root Emergence, and Plasma Membrane H⁺-ATPase Activity in Maize Roots. *Plant Physiol.* 130(4): 1951-1957.
- Cano R., P.; López E., J. I .; Rodríguez D., N. y Chew M., Y. I. 2003. Nuevos híbridos de tomate bola para producción en invernadero en la Comarca Lagunera. In: Martínez R., J.J.; Berúmen P., S.; Martínez T., T.; Martínez R., A. (eds.). XV Semana Internacional de Agronomía. Facultad de Agricultura y Zootecnia. Universidad Juárez del Estado de Durango. Gómez Palacio, Dgo.
- Cano R.P., Márquez H.C., Figueroa V.U., Rodríguez D.N., Martínez C.V., Moreno R.A. (2005) Producción orgánica de tomate bajo invernadero en la Comarca Lagunera. En: J J Martínez R, S Berúmen P, J Martínez T, A Martínez R, M Vázquez N (ed) Memoria de la XVII Semana Internacional de Agronomía, FAZ-UJED. Gómez Palacio Dgo. 5-9 Sep. pp:30-54.
- Carpenter-Boggs, L., Kennedy, A.C., and Reganold, J.P. 2000. Organic and Biodynamic Management: Effects on Soil Biology. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 64: 1651-1659.

- Castellanos JZ.,1981. La contaminación del agua por nitratos provenientes de la agricultura. Seminarios técnicos Vol 6 Campo Agrícola Experimental La Laguna, CIAN-INIA-SARH.
- Castellanos JZ., and Pratt PF. 1981. Mineralization of manure nitrogen- correlation with laboratory indexes. Soil Sci. Am. J. 45:354-357.
- Castellanos J.Z., Uvalle B.J.X., Aguilar S.A. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. 2º Edición. Colección INCAPA. México.
- Castellanos J. Z. 2003. Análisis de costos de inversión y producción de tomate en invernadero. p. 321-332. En: J. J. Muñoz-Ramos y J. Z. Castellanos (Eds). Manual de producción hortícola en invernadero. INACAPA. México.
- Castellanos Z., J. 2004. Manejo de la fertirrigación en suelo. *In*: Manual de Producción Hortícola en Invernadero. CASTELLANOS, Z.J. (ed) Ed. Intagri. 2a ed. Celaya Gto., México. pp:103-123.
- Castillo, A.E., Quarín, S. H. and Iglesias, M. C. 2000. Caracterización química y física de compost de lombrices elaborados a partir de residuos orgánicos puros y combinados. Agric. Téc. (Chile). 60(1): 74-79.
- Castilla N. 2003. Estructuras y equipamientos de invernaderos. p. 1-11 En: J.Z. Castellanos y J.J. Muñoz-Ramos (Eds) Memoria del Curso internacional de producción de hortalizas en invernadero. INIFAP. México
- Chaney, D. E., Drinkwater, L. E. and Pettygrove, G. S. 1992. Organic soil amendments and fertilizers. University of California, Division of agriculture and Natural Resources. Publication 21505. 36 p.

- Contreras-Ramos, S. M., Escamilla-Silva, E. M. and Dendooven, L. 2005. Vermicomposting of biosolids with cow manure and oat straw. *Biol. Fertil. Soils*. 41:190-198.
- Coker, C. and Staff Writer. 2003. Compost Tea: Principles and Prospects for Plant Disease Control - a Literature Review¹. consultado el 23 de abril del 2007. Disponible *En* : <http://www.cra-recycle.org/CCC/inthenews/June%202003%20newsletter.pdf>
- Cotter, D.J. and Gomez, R.E. 1981. Cooperative extension service. 400 H11 Pp. 4 u. New México, USA.
- Cruz-Rodrigues, V., de Almeida-Theodoro, V. C., de Andrade, I. F., Neto, A. I., do Nascimento-Rodrigues, V., y Villa-Alves, F. 2003. Produção de minhocas e composição mineral do vermicomposto e das fezes procedentes de bubalinos e bovinos. *Ciênc. Agrotec. Lavras*. 27(6): 1409-1418.
- Diver, S. 2001. Notes on Compost Teas: A supplement to the ATTRA publication Compost Teas for Plant Disease Control. ATTRA publication, Fayetteville, Arkansas. *In*:
<http://attra.ncat.org/attra-pub/compost-tea-notes.html>
- Dixon, G.R. and Walsh, U. F. 1998. Supression of plant of pathogens by organic extracts a review. *Acta Horticulturae* 469: 383-390.
- Dodson M.; Bachmann J. and Williams P. 2002. Organic Greenhouse Tomato Production. ATTRA. USDA
- Eastman, B.R. Kane, P.N. ;Edwards, C.A.;Tryket, L.; Gunadi, B.; Stermer. A.L. and Mobley, J.R. 2001. The effectiveness of vermiculture in human

pathogen reduction for USEPA biosolids stabilization. *Compost-Science-an-Utilization* 9 :1 38-49

Edwards, C. and Steele, J. 1997. Using earthworm systems. *Biocycle*. 63-64.

Disponible en: <http://gnv.fdt.net/~windle/refrence/july97-1.htm>. Fecha de recuperación: 20 de febrero de 2000.

Edwards, C. A., Dominguez, J. and Neuhauser, E. F. 1998. Growth and reproduction of *Perionyx excavatus* (Perr.) (Megascolecidae) as factors in organic waste management. *Biol. Fertil. Soils*. 27: 155-161.

Eghball B. 2000. Nitrogen mineralization from field-applied beef cattle feedlot manure or compost. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64:2024-2030

EPA (Environmental Protection agency). 1993. Development document for effluent limitations guidelines, pretreatment standars, and new source performance standars for the pesticide chemicals manufacturing point source category (final) Washington, D.C.

Eskenazi B., K. Harley, A. Bradman, E. Weltzien, N. P. Jewell; D. B. Barr, C. E. Furlong and N. T. Holland (2004) Association of in utero organophosphate pesticide exposure and fetal growth and length of gestation in an agricultural population. *Environmental health perspectives* (United States) Jul, 112 (10):1116-1124.

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

FAO (2001b) La comisión del Codex Alimentarius y el programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias. SIN 1020-2579. 00100 Roma Italy

ANEXO 2: Substancias permitidas para la producción de alimentos orgánicos. pp: 54-60. Disponible *En*:

<http://www.fao.org/DOCREP/005/Y2772S/y2772s0c.htm> Fecha de consulta 15 de noviembre del 2005.

Fjelsted-Alrøe, H. y Streen-Kristensen, E. 2004. Basic principles for organic agriculture: Why? And what kind of principles? *Ecology & Farming*: 1-8.

Figueroa V. U., R. Faz C., H.M. Quiroga G. y J.A. Cueto W. 2002. Optimización del uso de estiércol bovino en cultivos forrajeros y riesgos de contaminación por nitratos. *En*: Uso sustentable de desechos orgánicos en sistemas de producción agrícola. Estudio de nutrición vegetal de los principales cultivos básicos en México. INIFAP, México, diciembre 2005. p.12.

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

FIRA, 1997. Curso teórico práctico de interpretación de análisis de suelos. Celebrado en: Villadiego Guanajuato. 220 p.

FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura). 2003. Agricultura orgánica. Una oportunidad sustentable de negocios para el sector agroalimentario mexicano. México, D. F.

Fernandes, A. L. T. and Testezlaf, R. 2002. Fertirrigação na cultura do melão em ambiente protegido, utilizando-se fertilizantes organominerais e químicos. *Rev. Bras. de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 6(1): 45-50.

Gewin V. 2004. Organic Faqs. Nature 428:796-798

Giaonetto, F. 2005. Manejo, certificación y comercialización del plátano y banano orgánico. La experiencia mexicana y centroamericana. Cultura orgánica (México) 3: 22-25.

Glover, J. D., Reganold, J. P., and Andrews, P. K. 2000. Systematic method for rating soil quality of conventional, organic, and integrated apple orchards in Washington State. Agric. Ecosyst. Environ. 80: 29-45.

Gómez, C. M. A. y Gómez, T. L. 1999. El mercado mundial de la hortofruticultura orgánica en México. VII Congreso de Horticultura. 25 al 30 abril de 1999, Manzanillo, Col.

Gómez, T. L.; Gómez, C. M. A.; Schwentesius, R. R. 1999. Producción y comercialización de hortalizas orgánicas en México, pp. 121-158. *In*: Gramont de C., H.; Gómez C., M. A.; González, H.; Schwentesius R., R. (eds.). Agricultura de exportación en tiempos de globalización, el caso de las hortalizas, flores y frutos. CIEESTAM/UACH. México, D. F.

Gómez C M A, L T Gómez, R Schwentesius. 2001. Agricultura orgánica de México. Datos básicos. Boletín, SAGARPA-CIESTAAM, México, 46p.

Gómez C M A, L T Gómez, R Schwentesius (2003) Agricultura orgánica de México. En: Producción, Comercialización y Certificación de la Agricultura Orgánica en América Latina. CIESTAAM-AUNA, Edo. De México, pp: 100-102.

Disponible

En:

http://dlc.dlib.indiana.edu/archive/00001546/00/GomezTovar_Agricultura_040508_Paper407f.pdf

- Gordillo , R.M., and M.L. Cabrera.1997.Mineralizable nitrogen in broiler litter:: II Effect of selected soil characteristics. *J. Environ. Qual.* 26:1672-1679.
- Govindasamy R.; Italia J. 1999. Predicting Willingness-to-Pay a Premium for Organically Grown Fresh Produce. *Journal of Food Distribution Research (USA)* 30(2): 44-53.
- Granatstein D (1999).Foliar Disease Control Using Compost Tea. *The Compost Connection for Western Agriculture*, 8:1-4.
- Griffin T S, C W Honeycutt (2000) Using Growing Degree Days to Predict Nitrogen Availability from Livestock Manures. *Soil Science Society of America Journal* 64:1876–1882.
- Grubinger V. 2005. Compost tea to suppress plant disease. Consultado el 23 de abril del 2007. Disponible En:
<http://www.uvm.edu/vtvegandberry/factsheets/composttea.html>
- Grubinger V P (1999) Sustainable vegetable production from start-up to market. NRAES-104. NRAES. Ithaca, N.Y. p. 229.
- Hadas, A. and R. Portnoy . 1994. Nitrogen and carbon mineralización rates of composted manures incu bated in soil. *J. Environ. Qual.* 23:1184-1189.
- Hansen, B., Alrøe, H. F., y Kristensen, E. S. 2001. Approaches to assess the environmental impact of organic farming with particular regard to Denmark. *Agr. Ecosyst. Environ*, 83:11-26.
- Haring A, S Dabbert, F Offerman, H Nieberg (2001) Benefits of organic farming to society. In: Danish Ministry of Food and Fisheries. Organic food and farming: towards partnership and action in Europe. Proceedings, 10 – 11 de Mayo. 80 p.

- Hashemimajd, K.; Kalbasi, M.; Golchin, A. y Shariatmadari, H. 2004. Comparison of vermicomposta and compost as potting media for growth of tomatoes. *Journal of Plant Nutrition* 27: 1107-1123
- Hartz, T.K.; Micerl J.P. Giannini C.2000. Nitrogen and carbon mineralization dynamic of manure and compost. *Hortscience* 35:209-212.
- He, Z.L., A.K. Alva, P. Yan, Y.C.Li, D.V.Calvert, P.J. Stofella and D.J. Banks.2000. Nitrogen mineralization and transformation from compost and biosolids during field incubation in a sandy soil. *Soil Sci.* 165:161-169.
- Heeb A.; Lundegårdh B.; Ericsson T.; Savage G. P. 2005a. Effects of nitrate-, ammonium-, and organic-nitrogen-based fertilizers on growth and yield of tomatoes. *J. Plant Nutr. Soil Sci* 168: 123-129
- Heeb A.; Lundegårdh B.; Ericsson T.; Savage P.G. 2005b. Nitrogen form affects yield and taste of tomatoes. *J Sci Food Agric* 85:1405–1414.
- Hernández A, A Gomez M, G Pena, F Gil, L Rodrigo, E Villanueva, A Pla (2004) Effect of long-term exposure to pesticides on plasma esterases from plastic greenhouse workers. *J. Toxicol. Environ. Health. Part A (England)* 67:1095-108.
- Hidalgo-González, J. L., Alcántar-González, G., Baca-Castillo, G. A., Sánchez-García, P., y Escalante-Estrada, J. A. 2001. Efecto de la condición nutrimental de las plantas y de la composición, concentración y pH del fertilizante foliar, sobre el rendimiento y calidad en tomate. *Terra.* 12(2): 143-148.

- Hoitink, H.A.J. and Changa, C.M., 2004. Production and utilization guidelines for disease suppressive composts. *Acta Horticulture*, 635: 87-92.
- Hochmuth, G.; Maynard, D.; Vavrina, C.; Hanlon, E.; Simonne, E. 2003 Análisis e interpretación del tejido fino de planta para las cosechas vegetales en la Florida Universidad de florida IFAS <http://www.psb.usu.edu/tal/soil.science/usual/aglab.pt/>
- Huxham K. S.; Sparkes L. D.; Wilson P. 2005. The effect of conversion strategy on the yield of the first organic crop. *Agriculture, Ecosystem and Environment (USA)* 106: 345-357
- Ingham, E. R. 2005. *The Compost Tea Brewing Manual*, Edition 5, Soil Foodweb Inc, Corvallis, Oregon, USA. 65-79 p.p.
- IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movements).2003. Normas para producción y procesamiento Orgánico. Victoria, Canadá. 158 p.
- Ingham, E. 1998. Replacing methyl bromide with compost. *Biocycle* 39(12): 80-82.
- Kattere T., M. Reichstein, O. Andren, and A. Lomander. 1998. Temperature dependence of organic matter decomposition: A critical review using literature data analyzed with different models. *Biol. Ferti. Soils* 27:258-262.
- Koepf, Hubert. 1981. *¿Que es la agricultura biodinámica?* Edit. Rudolf Steiner. Londres, Inglaterra.
- Kraus, H. T.; R. L. Mikkelsen, and S. L. Warren. 2000. Container substrate temperatures affect mineralization of compost. *HortScience* 35:19-21.

- Kraus, H.T. and Warren, S.L. 2000. Performance of turkey litter compost as a slow-release fertilizer in containerized plant production. *HorSicence* 35: 19-21.
- Labrador M., J.; Procura, J. L. y Reyes P. J. L. 2004. Fertilizantes, enmiendas, activadores biológicos, sustratos y acondicionadores de suelo. In: Labrador M., J (ed.) *Conocimientos, técnicas y productos para la agricultura y la ganadería ecológica*. Sociedad española de agricultura ecológica. p. 117-180.
- Linderman G. R.; Davies A. E. 2004. Evaluation of commercial inorganic and organic fertilizer effects on arbuscular mycorrhizae formed by *glomus intraradices*. *Hortechology* 14(2):196-202
- Lopes-Pereira, E.W., Borges-Azevedo, C. M. da S., Liberalino-Filho, J., de Sousa-Nunes, G. H., Erivan-Torquato, J., and Simões, B. R. 2005. Produção de vermicomposto em diferentes proporções de esterco bovino e palha de carnaúba. *CAATINGA*, 18(2): 112-116.
- Luege-Tamargo, J. L. 2005. La problemática ambiental de México: avances y desafíos. *Bien Común*. (131): 10-13.
- Luévano Gonzáles, Armando y Velásquez Gálvez, Noél Enrique. Ejemplo singular en los agronegocios estiércol vacuno: de problema ambiental a excelente recurso. Año V. Volumen 9. julio –Diciembre del 2001. Torreón, México. pp. 306-320.
- Luévano G. A.; Velásquez G. N. E. 2001. Ejemplo singular en los Agronegocios estiércol vacuno: de problema ambiental a excelente recurso 9 (2): 306-318.

- Mantovani, J. R., Pessoa da Cruz, M. C., Ferreira, M. E. and Lopes-Alves, W. 2004. Extratores para avaliação da disponibilidade de metais pesados em solos adubados com vermicomposto de lixo urbano. *Pesq. Agropec. Bras.*, 39(4): 371-378.
- Macilwain C. (2004). Organic: is it the future of farming?. *Nature* 428: 792-793
- Márquez H., C. y Cano R., P. 2004. Producción orgánica de tomate bajo invernadero. In: Olivares S., E. (ed.) Segundo Simposio Internacional de Producción de Cultivos en Invernaderos. Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey N. L. México.
- Márquez-Hernández C, Cano-Ríos P (2004) Producción de tomate orgánico bajo invernadero, En: Ch C Leal, J AG Garza (ed) 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 la UANL. pp1-11.
- Márquez, H.C.; Cano, R.P.; Chef, M.Y.I.; Moreno, R.A. y Rodríguez, D.N. 2006. Sustratos en la producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 12(2): 183-189.
- Marschner, H.; Kirkby, E.A.; Cakmak, I. (1996): Effect of mineral nutritional status on shoot-root partitioning of photo-assimilates and cycling of mineral nutrients. *J. Exp. Botany* 47: 1255-1263.
- Maynard, D.N.; Hochmuth, G.J. 1997. *Knotts' Handbook for Vegetable Growers*, 4th ed. Wiley Interscience, J. Wiley and Sons, NY.
- Melendez G.; Soto G. 2003. Conociendo los abonos orgánicos. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo., CIA (Centro de Investigación Agronómicas) ministerio de la agricultura y Ganadería SUNNI. Imprenta nacional pp. 1-6.

- Milles J A, M M Peet (2002) Maintaining nutrient balances in systems utilizing soluble organic fertilizers. pp 1-23. Horticultural Science Department. North Carolina State University. Organic Farming Research Foundation Project Report. Fecha de consulta 15 de noviembre del 2005. Disponible En:
- <http://www.ofrf.org/publications/Grant%20reports/00.23.08.Peet.Spr00.IB12.pdf>
- Musti, M. 1987. Le compost, Gestion de la metiere organique. Paris, Editions Francois DUBUSC 954p.
- Navejas J. J. 2002. Producción orgánica de tomate. INIFAP-CIRNE. Desplegable técnica No. 5. Constitución, B. C. S. México
- Ndegwa, P. M., Thompson, S. A. and Das, K. C. 2000. Effects of stocking density and feeding rate on vermicomposting of biosolids. Biores. Technol. 71: 5-12.
- Ndegwa, P.M. and Thompson, S.A. 2000. Effects of C-to-N ratio on vermicomposting of biosolids. Biores. Technol., 75: 7-12.
- Ndegwa, P. M. and Thompson, S. A. 2001. Integrating composting and vermicomposting in the treatment and bioconversion of biosolids. Biores. Technol. 76: 107-112.
- Nielsen, K. I. And Trorup-Kristensen, K. 2004.growin media for organic plantlet production. Act Hort.(ISHS) 644:183-167.
- Nieto-Garibay, A., Murillo-Amador, B., Troyo-Diéquez, E., Larrinaga-Mayoral, J. A. y García-Hernández, J.L., 2002. El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible de Chile (*Capsicum annum* L.) en zonas áridas. Interciencia, 27(8): 417-421.

- NOM.037 FITO, 1995. Norma Oficial Mexicana, por la que se establecen las especificaciones del proceso de producción y procesamiento de productos agrícolas orgánicos. México, D.F.
- NOP. 2004. National Organic Program. Final Rule 7 CFR Part 205. Department of Agriculture. USA.
- NOSB (National Organic Standards Board) 2004. Compost tea task force Report. Abril 6, published Online by the Agricultural Marketing Service/USDA at <http://www.ams.usda.gov/nosb/meetings/CompostTeaTaskForceFinalReport.pdf>.
- NRCS. 1999. Role of plants in Waste management. Agricultural waste management field handbook. Natural Resource Conservation Service. USDA. 651 p.
- NSW EPA (1999) Environmental Guidelines: Assessment, Classifications and Management of Liquid and Non-Liquid Wastes. Environment Protection Authority, Sydney, p. 118.
- O'keeffe-Swank, Katie. 2004. Coctel de soluciones.Productores de hortalizas.Septiembre de 2004. Año 13, No. 9, pag. 38.
- Orozco FH, Cegarra J, Trujillo L, Roiga M (1996) Vermicomposting of coffee pulp using the earthworm *Eisenia foetida*: effects on C and N contents and the availability of nutrients. *Biology and Fertility of Soils* 22,162-166.
- Paul, E.A. Clark, FE. 1996. Soil microbiology and biochemistry. 2 ed. Academic Press. 340p.
- Peet M. M.; Rippy M. J.; Nelson V. P.; Catignani L. G. 2004. Organic production of greenhouse tomatoes utilizing the bag system and soluble organic

- fertilizers. p.707-719. In: D.J. Cantliffe, P.J. Stoffella & N. Shaw (Eds). Proc. VII IS on Prot. Cult. Mild Winter Climates. Acta Hort. 659, ISHS 2004.
- Peña-Cabriales, J.J., Grageda-Cabrera, O.A. and Vera-Núñez, J.A., 2001. Manejo de los fertilizantes nitrogenados en México: Uso de las técnicas isotópicas (^{15}N). Terra, 20: 51-56.
- Pereira, M. G. and Zezzi-Arruda, M. A. 2003. Vermicompost as a Natural Adsorbent Material: Characterization and Potentialities for Cadmium Adsorption. J. Braz. Chem. Soc., 14(1): 39-47.
- Pickering, J.S;Kendle, A.D.;Hadley, P. 1998.The suitability of composted green wastw as an organic mulch :effects on soil moisture retention and surface temperature. Acta Horticulture 469:319-324.
- Ramesh, P., Singh, M., and Rao, A. S. 2005. Organic farming: Its relevance to the Indian context. Current Sci. 88(4): 561-568.
- Raviv, M.; Medina, S.; Krasnovsky, A.; Ziadna, H. 2004. Organic matter and nitrogen conservation in manure compost for organic agriculture. Compost Science & Utilization 12: 6-10.
- Raviv, M., 2005. Production of high-quality composts for horticultural purposes: A mini-review. HortTechnology. 15(1): 52-57.
- Reinten, J., and C. Salter. 2002. Compost tea for suppression of xanthomonas in carrot production. Growing Solutions Web page. Downloaded March 2005.
- <http://growingsolutions.com/home/gs1/page/117/13>

Reis M, Inacio H, Rosa H, Caco J A, Monteiro A (2003) Grape marc and pine bark compost in soil culture. *Acta Hort. (ISHS)* 608:29-36.

Riggle, D. 1998. Vermicomposting research and education. *ByoCycle*. **39**:54-56.
Disponible en: <http://gnv.fdt.net/~windle/reference/may98.htm>. Fecha de recuperación: 15 de mayo de 2004.

Rippy, J.F.M. Peet, M. M., Louws, F. J., Nelson, P. V., Orr, D. B., y Sorensen, K. A. 2004. Plant Development and Harvest Yields of Greenhouse Tomatoes in Six Organic Growing Systems. *HortSci*. 39(2): 1-6.

Robertson G. P.; Swinton M. S. 2005. Reconciling agricultural productivity and environmental integrity: a grand challenge for agriculture. *Front Ecol Environ* 3(1): 38-46.

Robertson FA; Morgan, WC; 1995. Mineralization of C and N in organic materials as affected by duration of composting. *Australian Journal of Soil Research* 33(3):511-524.

Romero-Lima, M. R., Trinidad-Santos, A., García-Espinosa, R. and Ferrera-Cerrato, R., 2000. Producción de papa y biomasa microbiana en suelo con abonos orgánicos y minerales. *Agrociencia*. 34(3): 261-269.

Rosa B. Brian rosa. 2002. compost tea. Consultado 23 abril- 2007. Disponible en:

<http://p2pays.org/compost/Presentations/CompostTeaPresentationBRosa.pdf>

Rosen J. C.; Bierman M. P. 2005. Using manure and compost as nutrient sources for vegetable crops. University of Minnesota, Extension Service. 12p.

- Ruiz, F. J. F. 1995. la agricultura orgánica. ecología o mitología? Coordinación del programa de investigación de agricultura orgánica. Agosto 1995. Universidad Autónoma Chapingo.
- Ruiz, F. J. F. 1998. Normatividad y certificación. Primer Curso: El ABC de la agricultura orgánica. Universidad Autónoma Chapingo. 28-30 de septiembre de 1998.
- Ruiz, F. J. F. 1999. Tópicos sobre agricultura orgánica. Tomos I y II. Consejo Nacional Regulador de Agricultura Orgánica. Universidad Autónoma Chapingo.
- Ryan, M. 2003. Compost Tea Production, Application, and Benefits The Rodale Institute. Christine Ziegler, Editor USDA
- En : <http://fpath.cas.psu.edu/RESEARCH/CompostTeaFS.pdf>
- Rynk, R., van de Kamp, M., Willson, G.B., Singley, M.E., Richard, T.L., Kolega, J.J., Gouin, F.R., Laliberty Jr., L., Kay, D., Murphy, D.W., and Hoitink, H.A.J. (1992) On-Farm Composting Handbook. Ithaca, New York, USA.: Natural Resource, Agriculture, and Engineering Service.
- SAGRAPA (Secretaría DE Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca Y Alimentación). 2005. Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera (SIAP). Sistema de información agropecuaria de consulta. SIACON. Versión 1.1.
- Salas, E., y Ramírez, C. 2001. Determinación del N y P en abonos orgánicos mediante la técnica del elemento faltante y un bioensayo microbiano. Agronomía Costarricense. 25(2): 25-34.

- Salazar-Sosa, E., Vázquez-Vázquez, C., Leos-Rodríguez, J. A., Fortis-Hernández, M., Montemayor-Trejo, J. A., Figueroa-Viramontes, R., y López-Martínez, J. D. 2004. Mineralización del estiércol bovino y su impacto en la calidad del suelo y la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo riego sub-superficial. *Int. J. Experimental Bot.* 1:259-273.
- Salter, C. 2006. **Compost and Compost Tea Boost Soil Vitality** "The Cutting Edge" Seeds of Change eNewsletter.57 July 2006.: consultado 2 enero de 2007. Disponible En http://www.seedsofchange.com/enewsletter/issue_57/compost_tea.asp
- Santamaría-Romero, S., Ferrera-Cerrato, R., Almaraz-Suárez, J.J., Galvis-Spinola, A. and Barois-Boullard, I. 2001. Dinámica y relaciones de microorganismos, C-orgánico y N-total durante el composteo y vermicomposteo. *Agrociencia* 35(4): 377-384.
- Scheuerell, Steve, and Walter Mahaffee. "Compost Tea: Principals and Prospects for Plant Disease Control", *Compost Science & Utilization*, (2002), vol. 10, No.4,313-338.
- Scheuerell J., S. and W. F. Mahaffee. 2004. Compost tea as a container medium drench for suppressing seedling damping_off caused by *Pythium ultimum*. *Phytopathology* vol94 (11):1156-1163.
- Schjønning, P., I.K. Thomsen, J.P. Moberg, H. de Jonge, K. Kresensen, and B.T. Christensen. 1999. Turnover of organic matter in differently textured soils: I. Physical characteristics of structurally disturbed and intact soils. *Geoderma* 89:177-198.

- Schlermeler Q. 2004. Organic world view. *Nature* 428:794-795.
- Schitt, M. and G. Rehm. 1998. Fertilizing cropland with beef manure. Extension Service. University of Minnesota. USA. 7P.
- Sharma, S., Pradhan, K., Satya, S. and Vasudevan, P. 2005. Potentiality of Earthworms for Waste Management and in Other Uses – A Review. *J. Am. Sci.* 1(1): 1-16.
- Sharma RK., Agrawal M. 2005. Biological effects of heavy metals. *J environ Biol* 26(2):301-13.
- Shibajara, F; Shigekazu, Y.; Inubushi, K. 1998 Dynamics of Microbial Biomass Nitrogen as influenced by Organic Matter Application in Paddy Fields . *Soil Science and plant Nutrition.* 44(2):167-178.
- Sikora L.J. and N.K. Enkiri. 2000. Efficiency of compost-fertilizer blends compared with fertilizer alone. *Soil Sci.* 165:
- Singh, N. B., Khare, A. K., Bhargava, D. S. and Bhattacharya, S. 2004. Optimum moisture requirement during vermicomposting using *Perionyx excavatus*. *Appl. Ecol. Environ Res.* 2(1): 53-62.
- Sinkey R. 2005. CALIFORNIA VINEYARD FINDS LARGE ROLE FOR COMPOST. *BioCycle* June 2005, Vol. 46, No. 6, p. 25
- Scholberg J.; McNeal L. B.; Boote J. K.; Jones W. J.; Locascio J. S.; Olson M. S. 2000a. Nitrogen Stress Effects on Growth and Nitrogen Accumulation by Field-Grown Tomato. *Agron. J.* 92:159–167
- Scholberg J.; McNeal L. B.; Jones W. J.; Boote J K.; Stanley D. C.; Obreza A. T. 2000b. Growth and Canopy Characteristics of Field-Grown Tomato. *Agron. J.* 92:152–159.

- Sloan A E (2002) The natural and organic foods marketplace. *Food Technology* 56:27-37.
- Snoeyink, V. L. y D. Jenkins. 1990. *Química del agua*. Ed LIMUSA. México D.F. 310P.
- Soto, G., y Muñoz, C. 2002. Consideraciones teóricas y prácticas sobre el compost y su empleo en la agricultura orgánica. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)*. (65):123-129.
- Stamatiadis, S; Werner, M; Buchanan, M. 1999. Field assessment of soil quality as affected by compost and fertilizer application in a brócoli field (San Benito County, California) *Applied Soil Ecology* 12:217-225.
- Stacey SP (2004). Is Organic Farming Sustainable? 13 p. Disponible en: <http://www.sustainablefarming.info/organic.pdf>. Fecha de recuperación: 9 de diciembre de 2006.
- Subler, S.; Edwards, C. A.; Metzger, J. 1998. Comparing vermicomposts and composts. *Biocycle* 39: 63-66.
- Sullivan D.M., A.I. Bary, D.R. Thomas, S.C. Fransen and C.G. Cogger. 2002. Food waste compost effects on fertilizer nitrogen efficiency, available nitrogen, and tall fescue yield. *Soil Sci. Soc. Amer J.* 66:154-161.
- Tiquia SM, Tam NFY. 2000. Fate of nitrogen during composting of chicken litter. *Environmental Pollution* 110, 535-541.
- Torres, A., Rivero, C., Ampueda, J. Y cori, C.E.2002. Efecto de la incorporación de residuos orgánicos marcados con ^{15}N sobre la dinámica del nitrógeno de dos suelos venezolanos. *Rev. Fac. Agron. (Maracay)* 28:105-116.

- Touart. P., A. 2000. Time for (compost) Tea in the Northwest: BioCycle, vol 41 No10, octubre, 2000V. 4. *Jornal composting y recycling* 1 no 10, octubre de 2000 . . consultado el 21 abril 2007. . Disponible En: <http://www.environmental-expert.com/magazine/biocyclus/october2000/article2.htm>
- Trewavas, A., 2004. A critical assessment of organic farming-and-food assertions with particular respect to the UK and the potential environmental benefits of no-till agriculture. *Crop Protec.* 23: 757-781.
- Tuzel Y.; Yagmur, B.; Gumus Y. 2003. Organic tomato production under greenhouse conditions. *Acta Hort* 614: 775 - 780
- Urrestarazu M, Salas CM, Padilla IM, Moreno J, Elorrieta AM, Carrasco GA (2001) Evaluation of different composts from horticultural crop residues and their uses in greenhouse soils cropping. *Acta Hort.* 549:147-152.
- United States Department Of Agriculture (USDA). 2004. National Organic Program. U.S.A. 554p.
- Usman, A. R. A., Kuzyakov, Y., and Stahr, K. 2004. Dynamics of organic c mineralization and the mobile fraction of heavy metals in a calcareous soil incubated with organic wastes. *Water, Air, Soil Poll.* 158: 401-418.
- USDA. United States Department of Agriculture. 2004. National Organic Program. Federal register. Disponible En: www.ams.usda.gov/nosb/meetings/CompostTeaTaskForceFinalReport.pdf
- Uvalle- Bueno, J.X. 2000. Nutrición Vegetal y Fertirrigación de Hortalizas en Ambientes Semicontrolado. En: *Ingeniería, Manejo y Operación de Invernaderos para la Producción Intensiva de Hortalizas.* Castellanos J. Z. M.

- Guzman Palomino (eds). Francisco Guerra O'Hart, INCAPA S. C. Guadalajara Jalisco, México. 157 p.
- Van Honr, M. 1995. Compost production and utilization, growers guide. California Department of food and Agriculture, University of California. Publication 21514. 17p.
- Vida JB, Zambolim L, Tessmann DJ, Brandão-Filho JUT, Verzignassi JR, Caixeta MP (2004) Manejo de doenças de plantas em cultivo protegido. *Fitopatologia Bras.*, 29(4): 355-372.
- Vidal, I., Etchevers, J. Y Fischer A. 2002. Dinámica del nitrógeno bajo diferentes rotaciones, sistemas de labranza y manejo de residuos en el cultivo de trigo. *Agric. Téc.* V62 n°1 Chillan enero 2002.
- Worthington V (2001) Nutritional quality of organic versus conventional fruits, vegetables, and grains. *The Journal of Alternative and complementary medicine* 7(2):161-173.
- Wickland, L.; T. Murray & J. Jimerson. 2001. Brewing up Solutions to Pest Problems . Published in the March 2001 *BioCycle*. Disponible en: <http://whatcom.wsu.edu/ag/compost/biocyclus/index.htm>
- Whitmore, A. P. 1996. Modeling the release and loss of nitrogen after vegetable crops . *Neth. J. Agric.Sci.* 44:73-86.
- Willer H, M Youssefi (2005) *Organic agriculture worldwide*. IFOAM. Disponible En: http://www.soel.de/inhalte/publikationen/s_74_02.pdf Fecha de consulta 15 de febrero del 2006.
- Willer Helga and Minou Youssefi. 2004. *The world of organic agriculture. Statistics and emerging trends 2004*. IFOAM, FIBL, SÖL, Germany, 167p.

Zamorano, U., J. 2005. Evolución y perspectivas de la agricultura orgánica en México. Claridades agropecuarias pp 3-4.

Zweifel, P. 2006. compost tea in greenhouse production. Consultado en abril del 2007. Disponible *En* :
http://www.growingsolutions.com/home/gs1/horticulture_main.html

6 APÉNDICE



REVISTA FITOTECNIA MEXICANA

CARTA DE RECEPCIÓN

11 ENERO 2007

M.C. NORMA RODRÍGUEZ DIMAS
DIVISIÓN CARRERAS AGRONÓMICAS
UNIVERSIDAD AUT. A. ANTONIO NARRO
PERIFÉRICO Y CARRETERA A SANTA FE
TORREÓN, COAHUILA

Con la presente se hace constar que se ha recibido el manuscrito propuesto para su publicación en la "REVISTA FITOTECNIA MEXICANA" intitulado:

PRODUCCIÓN DE TOMATE EN INVERNADERO EN TRES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN USANDO VERMICOMPOST COMO SUSTRATO

AUTORES: Norma Rodríguez Dimas, Pedro Cano Ríos, Uriel Figueroa Viramontes, Arturo Palomo Gil, Esteban Favela Chávez, Vicente de Paul Alvares, Alejandro Moreno Resendez y Cándido Márquez Hernández

Para su evaluación, el manuscrito con clave: RFM/07006 será enviado a dos revisores técnicos y a un editor, cuyo dictamen se hará de su conocimiento tan pronto como esté disponible.

Para que este Comité pueda iniciar dicho proceso es requisito indispensable que nos regrese la forma anexa, debidamente contestada.

Para facilitar la comunicación del caso, le agradeceré que en toda correspondencia relacionada con este manuscrito anote la clave asignada. En adición, es necesario que oportunamente nos avise de cualquier cambio de domicilio, que envíe la correspondencia por correo registrado o por servicio de paquetería especializada, y que nos proporcione su número telefónico, de preferencia con fax, y su correo electrónico.

Sin otro particular por el momento, me es grato enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE

VÍCTOR A. GONZÁLEZ HERNÁNDEZ
Director

Anexo

Apartado Postal No. 21-56 230 Chapingo, Estado de México Tel.: 01 (595) 95-21500 Ext. 5795 Fax.: 01 (595) 95-46652, 95-21729
<http://www.chapingo.mx/somefi> correo electrónico: somefi@taurus1.chapingo.mx



REVISTAS INSTITUCIONALES

DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
COORDINACIÓN GENERAL DE POSGRADO
INSTITUTO DE HORTICULTURA

REVISTA CHAPINGO

SERIES:

Horticultura

*Ciencias Forestales y del
Arboreo*

Ingeniería Agronómica

REVISTA TEXTUAL

REVISTA GEOGRAFÍA
AGRÍCOLA

ASUNTO: CONSTANCIA.

M.C. NORMA RODRIGUEZ DIMAS
POSGRADO EN CIENCIAS AGRARIAS
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRÓ-UL
PERIFERICO Y CARRETERA A SANTA FE S/N. TORREON, COAHUILA
P R E S E N T E .

El que suscribe Editor de la Revista Chapingo Serie Horticultura, HACE CONSTAR que el artículo "Vermocomposta como alternativa orgánica en la producción de tomate en invernadero", cuyos autores son: N. Rodríguez Dimas; P. Cano Ríos; E. Favela Chávez; U. Figueroa Viramontes; V. de Paul Álvarez; A. palomo Gil; C. Márquez Hernández; A. Moreno Reséndez, clave 07004. Ha sido recibido y se someterá al proceso de doble arbitraje, para su posible publicación en la Revista Chapingo Serie Horticultura.

Se extiende la presente a los treinta días del mes de enero del año dos mil siete.

ATENTAMENTE

DR. GUSTAVO ALMAGUER VARGAS
EDITOR PRINCIPAL DE LA REVISTA CHAPINGO
SERIE HORTICULTURA

C. c. p. - Archivo de la Revista Chapingo.
CAV@enm.

Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Edo. de México.
Cubículo Revista Chapingo-Serie Horticultura Segundo Nivel, Km 38.5 Car. México-Texcoco, C.P. 56230. Tel. (595) 2-15-00 Extensión 6157.
E-mail: revchapingohort@yolass.com.mx



Dirección de Investigación y Posgrado
Secretaría de Servicios Académicos
ciencia.dip@ujat.mx
Teléfono/fax 01.993.3127210

UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO
"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



Villahermosa, Tabasco. 30 de mayo de 2007.

Autor (es): N Rodríguez-Dimas, P Cano-Ríos, U Figueroa-Viramontes, A Palomo-Gil, E Favela-Chávez, V de P Álvarez-Reyna, A Moreno-Resendez, E Ochoa-Martínez

Tengo el agrado de comunicar que recibimos copia electrónica del manuscrito:

349UC TÉ DE COMPOSTA COMO FERTILIZANTE PARA LA PRODUCCIÓN DE TOMATE EN INVERNADERO

Agradecemos el envío del manuscrito para su posible publicación. Reciba un saludo respetuoso.



DIR. DE INVESTIGACION
POSGRADO

Atentamente

Dr. Juan Barajas Fernández
Editor Asociado