UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

T E S I S

PRODUCCIÓN DE TOMATE CON USO DE MEZCLAS DE SUSTRATOS ORGÁNICOS Y TRES SOLUCIONES NUTRITIVAS EN INVERNADERO

OLIVIA VANESSA ENCINES CHAIDEZ

REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO

DE:

MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

CULIACÁN, ROSALES, SINALOA, FEBRERO DE 2015

ESTA TESIS FUE REALIZADA POR VANESSA ENCINES CHAIDEZ BAJO LA DIRECCIÓN Y ASESORÍA DEL CONSEJO PARTICULAR INDICADO, APROBADA POR EL MISMO Y ACEPTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

CONSEJO PARTICULAR

DIRECTOR DE TESIS: _____

DR. TOMÁS DÍAZ VALDÉS

CO-DIRECTOR DE TESIS: _____

M.C. MARINO VALENZUELA LÓPEZ

ASESOR: _____

DR. LEOPOLDO PARTIDA RUVALCABA

ASESOR: _____

DRA. TERESA DE JESÚS VELÁZQUEZ ALCARAZ

ASESOR: _____

M.C. FELIPE AYALA TAFOYA

Culiacán, Rosales, Sinaloa, febrero de 2015

AGRADECIMIENTOS

A Dios: Por permitirme terminar mis estudios de maestría, por darme voluntad para cumplir una meta más en mi vida.

A la Universidad Autónoma de Sinaloa: Por darme la oportunidad de seguirme preparando y culminar mis estudios de maestría.

A la Facultad de Agronomía: Por haberme permitido realizar mis estudios en sus instalaciones.

A mis Directores de Tesis, Dr. Tomás Díaz Valdes y MC Marino Valenzuela López: con los que eh trabajado directamente, por su paciencia, por sus consejos, por su compromiso y por su amistad a lo largo de mi carrera de estudiante.

A mis asesores: Dr. Leopoldo Partida Ruvalcaba, Dra. Teresa De Jesús Velázquez Alcaraz y MC Felipe Ayala Tafoya, quienes fueron mis maestros en aula, por compartir su conocimiento, por apoyarme en este proyecto y por su amistad.

A mis compañeros de Maestría: Quienes hicieron más amena mi estancia en el aula y con quien compartí más que un salón de clases.

DEDICATORIA

A Dios: Por llenarme de bendiciones, por darme fuerza y voluntad para salir adelante, por mi salud y por la familia y amigos que me ha dado, por ponerme siempre donde tengo que estar, por guiar mi camino.

A mi hija Nisea Vanessa Barreras Encines: Te has convertido en el motor más grande de mi vida, me has enseñado muchas cosas, sobre todo a no darme por vencida, gracias mi amor por estar conmigo y por compartir muchos de los mejores momentos de mi vida. Te amo.

A mi mamá Olivia Chaidez Alvarado: Si hoy concluyo a bien con esta parte de mis estudios, es por ti; no tengo palabras para agradecerte todo el apoyo, todos los consejos, todo tu amor hacia mí, porque todo lo que soy ahora y donde estoy te lo debo a ti, gracias mami por estar siempre conmigo.

A Paul Heredia Orpinela: Gracias mi amor por todo tu apoyo y tu confianza, por tus consejos, por demostrarme siempre tu amor, por ser mi mejor amigo, por animarme siempre a salir adelante, por compartir hoy conmigo tu vida.

A mi familia Chaidez Alvarado: especialmente a mi abuelita, porque es un ejemplo de vida de una gran mujer, por su apoyo y su cariño incondicional, a mi hermano, a mis tíos, tías y mis primas, porque han sido siempre hombres y mujeres de bien, trabajadores, cariñosos y fiesteros; los quiero mucho.

A la familia Heredia Orpinela: Por su confianza, su apoyo y su cariño.

A mis amigos y amigas: que siempre están cuando los necesito, y que han crecido y compartido conmigo momentos difíciles y momentos alegres.

A mis compañeros de maestría: Lorena, Francisco, Ramón, Martín, Ramón; porque no solamente fuimos compañeros, los considero mis amigos, por su apoyo, por su cariño, por hacer mis clases de Bioestadística y Diseño Experimental más amena. Gracias por compartir tantas cosas conmigo.

CONTENIDO

		Página
I.	**INTRODUCCIÓN…….**	3
II.	**PROBLEMA CIENTÍFICO…….**	5
III.	**HIPÓTESIS……..**	6
IV.	**OBJETIVOS…….**	6
	4.1. Objetivos generales…….	6
	4.2. Objetivos específicos……..	6
V.	**REVISIÓN DE LITERATURA……**	7
	5.1. Importancia del cultivo de tomate…….	7
	5.2. Producción Mundial de tomate……...	7
	5.3. Producción Nacional de tomate……..	8
	5.4. Producción de tomate en Sinaloa…….	10
	5.5. Producción en invernaderos……..	11
	5.6. Producción del cultivo de tomate en invernadero……..	13
	5.7. Nutrición en sistemas protegidos……...	15
	5.8. Agricultura orgánica…….	16
	5.8.1. Producción orgánica de tomate…….	18
	5.9. Sustratos……...	18
	5.10. Propiedades de los sustratos……..	20
	5.10.1.Propiedades físicas…….	20
	5.10.1.1. Porosidad…….	20
	5.10.1.2. Densidad……...	21
	5.10.1.3. Estructura…….	21
	5.10.1.4. Granulometría……..	22
	5.10.2. Propiedades químicas……...	22
	5.10.3. Propiedades biológicas…….	23
	5.10.4. Características del sustrato ideal…….	24
	5.10.5. Tipos de sustratos……..	25
	5.10.5.1. Según sus propiedades ……	25
	5.10.5.2. Según su origen …….	26
	5.10.5.2.1. Materiales orgánicos……...	26

5.10.5.2.2. Materiales inorgánicos o minerales…….. 26
5.11. Vermicomposta……... 27
VI. MATERIALES Y MÉTODOS …… 30
6.1. Sitio experimental…… 30
6.2. Clima…….. 30
6.3. Establecimiento del cultivo…….. 31
6.3.1. Características del invernadero……. 31
6.3.2. Sustrato……... 31
6.4. Sistema de fertirrigación……. 32
6.5. Material genético……. 32
6.5.1. Trasplante……... 32
6.6. Labores culturales…… 32
6.6.1. Tutorado…….. 32
6.6.2. Desbrote…….. 33
6.6.3. Deshoje……... 33
6.6.4. Agua de riego usada en el estudio ……... 33
6.6.5. Composición de la solución nutritiva (SN)…… 33
6.7. Fuentes de fertilizantes usadas……. 34
6.8. Diseño experimental y tratamientos…… 34
6.9. Variables de respuesta……... 35
6.9.1. Altura de planta……. 35
6.9.2. Diámetro de tallo……... 35
6.9.3. Contenido de clorofila o verdor……... 36
6.9.4. Rendimiento al corte ……... 36
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN…… 37
7.1. Altura de planta…… 37
7.2. Diámetro de tallo …….. 37
7.3. Contenido de clorofila …… 38
7.4. Rendimiento…….. 39
VIII. CONCLUSIONES…….. 43
IX. LITERATURA CITADA ……. 44

RESUMEN

Los sistemas de producción de hortalizas han modificados la tecnología de nutrición a los cultivos, combinando fertilizantes minerales con orgánicos, desde el punto vista económico es atractivo el uso de sustratos orgánicos, ya que es un medio de sostén de las plantas y de a portante de nutrientes de lenta liberación. Por ello el objetivo del presente estudio fue conocer el efecto en la producción de tomate con el uso de mezclas de sustratos orgánicos y tres soluciones nutritivas en invernadero. La presente investigación se realizó en el campo experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa en condiciones de invernadero, se uso un diseño de bloques completos al azar en un arreglo factorial de 4x3, donde el primer factor (A) es la concentración del fertilizante aplicando la solución del Steiner (100, 50 y 25%), y el factor B correspondió al porcentaje de la mezcla de dos sustratos orgánicos a base de humus de lombriz y fibra de coco, en proporciones v:v de 25:75, 50:50 y 75:25. Las variables de estudio fueron altura de planta, diámetro de tallo, índice de verdor (determinada con SPAD 502) y rendimiento según la clasificación de la norma oficial NMX-FF-031-1997. La solución 100 y 50% de Steiner y la mezcla 75:25 de de lombricomposta y fibra de coco mostró un mayor crecimiento en la altura de planta, diámetro de tallo y en el rendimiento total de tomate, así como en los tamaños grande, mediano y chico y observando un mayor verdor (unidades SPAD) con las soluciones nutritivas con el 100 y 50%.

ABSTRAC

Production systems of vegetables have modified technology nutrition to crops by combining mineral fertilizers with organic, from the economic point of view is attractive to use organic substrates as it is a means of supporting plants and bearing at slow release nutrients. Therefore the objective of this study was determine the effect on tomato production using mixtures of organic substrates and three nutrient solutions in greenhouse. This research was conducted in the experimental field of the Faculty of Agriculture of the Autonomous University of Sinaloa in the greenhouse, use a design is randomized complete blocks in a 4x3 factorial arrangement, where the first factor (A) is the applying fertilizer concentration Steiner solution (100, 50 and 25%), and factor B corresponded to the percentage of the mixture of two organic substrates based vermicompost and coir in proportions (v:v) 25: 75, 50:50 and 75:25. The variables studied were plant height, stem diameter, greenness index (determined with SPAD 502) and performance as rated by the official standard NMX-FF-031-1997. The 100 and 50% solution of Steiner and 75:25 mixture of vermicompost and coir showed higher growth in plant height, stem diameter and total tomato yield and in the large, medium, and small and see increased greenness (SPAD units) with nutrient solutions with 100 and 50%.

I. INTRODUCCIÓN

El tomate (***Lycopersicum esculentum*** Mill.) a nivel mundial es la segunda hortaliza de mayor importancia. En México, el cultivo cobra relevancia económica y social generando divisas y empleos, los sistemas de producción de esta hortaliza se han ido diversificando con el fin de incrementar el rendimiento, incorporando tecnologías novedosas como cubiertas plásticas, riego por goteo e hidroponía. En México durante el año 2010, se estableció una superficie de 57, 248 ha^{-1} donde se produjo 2,263,202 t, con un rendimiento promedio de 40.5 t ha^{-1} (SIAP, 2010). Siendo el estado de Sinaloa el principal productor (SAGARPA, 2010). El ritmo de crecimiento de la agricultura protegida en México es de 1200 ha $año^{-1}$, predominando casas-sombra e invernaderos de baja tecnología. Cuatro estados concentran la mayor superficie de cultivo en invernadero: Sinaloa 30%, baja california 16%, estado de México 12% y Jalisco 7%. Estas entidades aportan más del 50% de la producción total de cultivos protegidos. El 60 % de la producción en invernadero se exporta y el 70 % de dicho volumen de exportación corresponde a tomate. México cuenta con 11, 759 ha de agricultura protegida, según SAGARPA, desde el 2001 esta cifra se ha incrementado en más de 10, 000 ha, alcanzando en el 2010 un volumen de producción anual cercano a 3.5 millones de toneladas (Ponce, 2011). La fuerte competencia por los mercados de exportación y las exigencias en la cantidad y calidad de los productos hortícolas, son cada vez mayores, y en este sentido el uso de estructuras protectoras. En nuestro estado, con el fin de incrementar la producción y calidad de los cultivos hortícolas, se está aplicando irracionalmente la dosis de los fertilizantes, situación que además de incrementar los costos de producción, provocan problemas de salinidad en el suelo, ocasionando, por tanto, la contaminación del medio ambiente. Uno de los principales factores que determinan el éxito del cultivo es el sustrato, pues constituyen el medio en que se desarrollaran las raíces las cuales tienen gran influencia en el crecimiento y desarrollo (Vázquez, 2010).

Los sistemas de producción han sido modificados al combinar fertilización orgánica con mineral (Rinaldi *et al*., 2007). Sin embargo, para reducir y eliminar los

efectos adversos de los fertilizantes sintéticos sobre el medio ambiente, nuevas prácticas agrícolas se han desarrollado en la llamada agricultura orgánica, ecológica y agricultura sustentable (Chowdhury, 2004).

Desde el punto de vista económico, es atractivo el uso de sustratos orgánicos, ya que permite reducir los costos derivados de la fertilización química, hasta 10% (Trápaga y Torres, 1994).

II. PROBLEMA CIENTÍFICO:

Por lo anterior nos planteamos el siguientes problema científico, ¿Cómo interactúan las soluciones nutritivas y mezclas de sustratos orgánicos en la reducción del uso de fertilizantes químicos, sin afectar en el crecimiento, desarrollo y producción de tomate en invernadero?

III. HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis

El uso de sustratos orgánicos como medio de crecimiento permite reducir la concentración de las soluciones nutritivas, favoreciendo el crecimiento, desarrollo y producción de las plantas de tomate

IV. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

Conocer el efecto en la producción de tomate con el uso de mezclas de sustratos orgánicos y tres soluciones nutritivas en invernadero

4.2. Objetivos Específicos

a) Determinar el efecto en crecimiento y desarrollo de tomate mediante el uso de tres soluciones nutritivas y el uso de mezcla de humo de lombriz y fibra de coco

b) Determinar el efecto de tres soluciones nutritivas y la mezcla de humo de lombriz y fibra de coco en la producción de tomate en invernadero

V. REVISIÓN DE LITERATURA

5.1. Importancia del cultivo de tomate

Con casi tres millones de hectáreas cultivadas y un volumen de producción que ha superado ampliamente los ochenta millones de toneladas en los últimos años, podemos considerar al tomate, como uno de los productos hortícolas de mayor importancia económica. La extensión de su cultivo responde a una demanda creciente, derivada fundamentalmente de partir de sus beneficios para la salud, de su sabor y de sus cualidades como producto alimenticio (León, 2001).

5.2. Producción Mundial de tomate

Según datos de la FAO, en 2012 los cinco principales países productores de tomate fueron: China, EUA, India, Egipto y Turquía. En tanto, México ocupó el décimo lugar, con una producción de 3 millones de toneladas, como se observa en la Figura 1 (FAO, 2012).

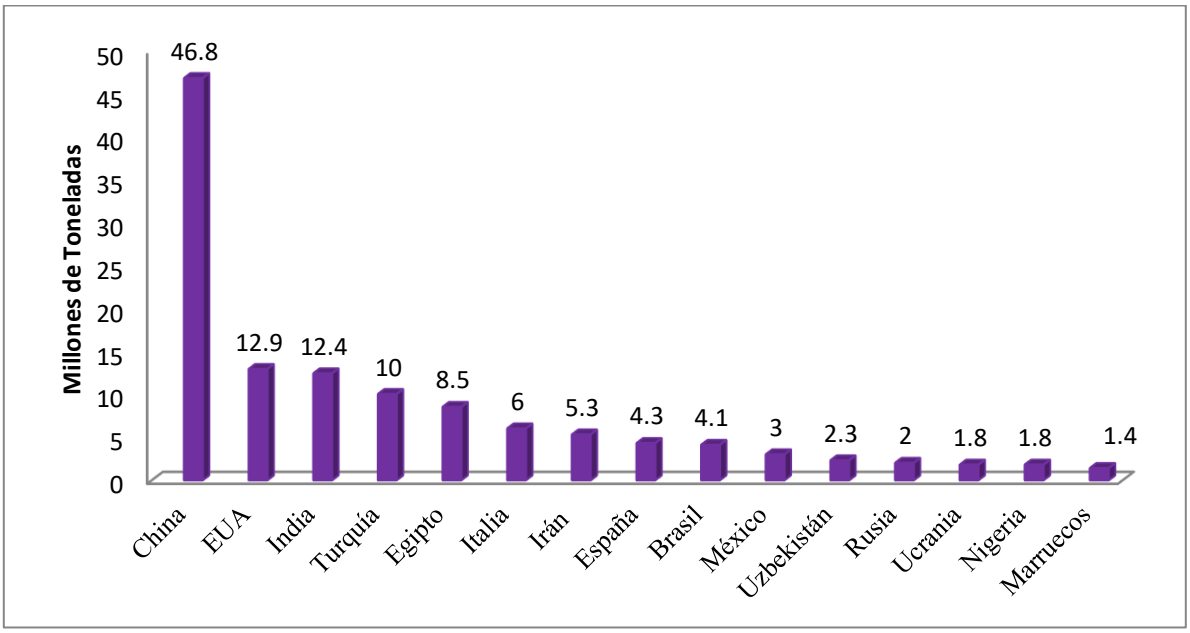

Figura 1. Principales países productores de tomate en 2012

Respecto al rendimiento de tomate por unidad de superficie, obtenido en los países productores, la FAO reporta que van desde 1.333 kg ha^{-1} en Somalia hasta 480 t ha^{-1} en Holanda (Figura 2). La razón de tal diferencia en los rendimientos obtenidos es multifactorial. No obstante, en este país y en los demás que aparecen en la figura 2, influyen factores tales como: genotipos altamente

productivos (híbridos) clima templado a frío que permite establecer mejores relaciones entre luz (transparencia de las cubiertas plásticas), temperatura (radiación entrante y calefacción) y CO2 (enriquecimiento carbónico), los cuales dan lugar a sistemas de producción altamente eficientes con manejo agronómico intensivo dentro de estructuras con alto nivel de tecnificación, como es el caso de los invernaderos (Castilla, 2005). En Holanda, por ejemplo, el 100% de la producción de tomate se realiza dentro de los invernaderos. Lo anterior contrasta con las medias de rendimiento reportadas para países latinoamericanos como Chile, Brasil, Argentina o México; de 65.1, 63.5, 37.8 y 28.9 t ha^{-1}, respectivamente (FAOSTAT, 2012); cuya producción se ubica en mayor medida en condiciones de campo abierto, y donde se aplican sistemas de producción con niveles de tecnificación muy variable.

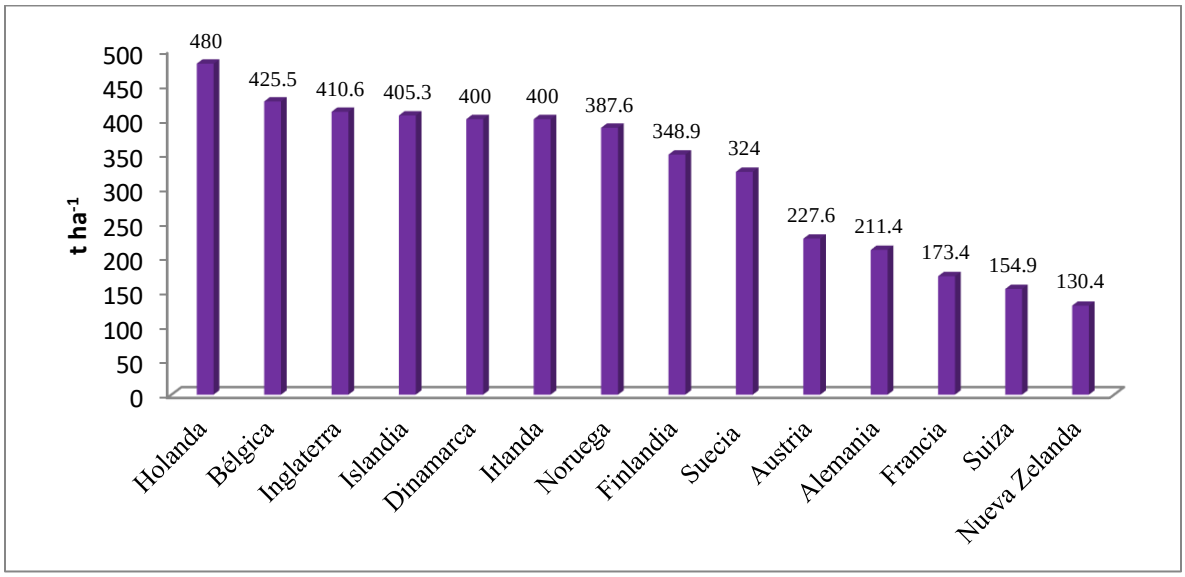

Figura 2. Países con los rendimientos de tomate más altos durante 2012

5.3. Producción Nacional de Tomate

Según cifras del Servicio de Información de Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), la producción total mexicana de tomate, durante el año 2012, fue de 2.9 millones de toneladas, concentrándose 36.6% de

la producción en Sinaloa, 6.7% en Baja California, 6.0% en Michoacán, 5.5% en Jalisco y 4.9% en Zacatecas (Figura 3).

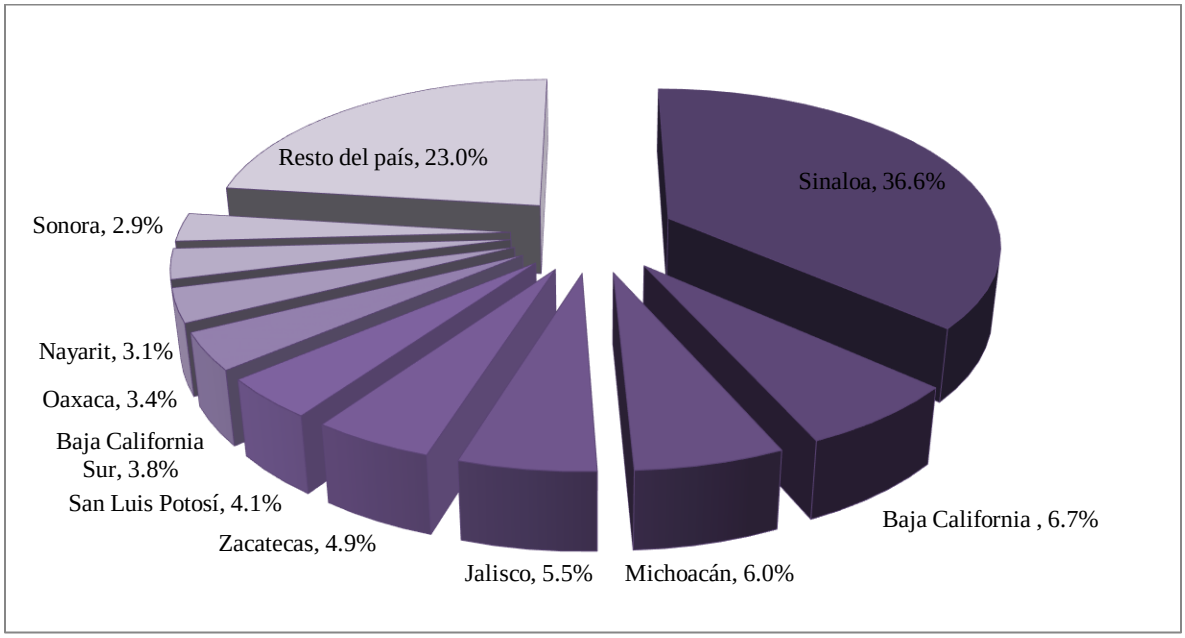

Figura 3. Principales estados productores de tomate en México en 2012

En el Cuadro 1, se presentan los datos que confirman lo anterior, además de los correspondientes a la superficie cosechada y el rendimiento alcanzado por hectárea que permitió lograr dicha producción en los estados ya citados, así como en las entidades federativas del país con al menos 900 ha-1 cosechadas al año.

Cuadro 1. Principales estados productores de tomate durante el año agrícola 2012 (Otoño-Invierno + Primavera-Verano; Riego + Temporal), en México

Ubicación	**Superficie cosechada (ha)**	**Producción (t)**	**Rendimiento (t ha^{-1})**
Sinaloa	18,449.92	1,039,367.64	56.34
Baja California	2,932.80	189,635.96	64.66
Michoacán	5,006.00	171,038.52	34.17
Jalisco	2,055.18	156,660.03	76.23
Zacatecas	2,962.91	139,131.08	46.96
San Luis Potosí	1,616.68	116,136.93	71.84

Baja California Sur	2,203.74	106,858.54	48.49
Oaxaca	967.97	96,744.42	99.95
Nayarit	2,447.50	87,304.30	35.67
Sonora	1,388.20	82,323.87	59.3
Nacional	**55,237.38**	**2,838,369.87**	**51.38**

5.4. Producción de tomate en Sinaloa

El cultivo de tomate se estableció al norte del estado en 1907, y en 1941 en el valle de Culiacán. El tomate se ha consolidado en Culiacán, Los Mochis y Guasave, llegando a concentrar más del 78.5% de la producción del estado (Cuadro 2).

En el estado, la producción de hortalizas tanto de estacado como de piso se desarrolla en dos zonas principales:

Zona Norte: conformada por Ahome, El Fuerte, Choix, Guasave, Sinaloa de Leyva, Angostura, Salvador Alvarado y Mocorito; en la cual la época de siembra está comprendida entre los meses de agosto a enero, mientras que su producción abarca el periodo de febrero a junio.

Cuadro 2. Producción de tomate durante el año agrícola 2012 (Otoño-Invierno + Primavera-Verano; Riego + Temporal), en Sinaloa

Distrito	**Superficie cosechada (ha)**	**Producción (t)**	**Rendimiento (t ha^{-1})**
Culiacán	8,761.00	672,086.75	76.71
La Cruz	2,196.53	163,321.10	74.35
Guasave	2,671.00	71,961.96	26.94
Los Mochis	2,643.38	63,091.22	23.87
Mazatlán	1,443.01	45,185.61	31.31
Guamúchil	735.00	23,721.00	32.27
Nacional	**18,449.92**	**1,039,367.64**	**56.33**

5.5. Producción en invernaderos

La producción en invernaderos ofrece un gran atractivo, sobre todo de cultivos hortícolas y ornamentales destinados preferentemente a los mercados de exportación, que exige calidad y pagan precios más elevados. La agricultura protegida es un sistema de producción realizado bajo diversas estructuras, para proteger cultivos, al minimizar las restricciones y efectos que imponen los fenómenos climáticos. Entre otras ventajas, permite el desarrollo de cultivos agrícolas fuera de su ciclo natural y en menor tiempo, se enfrenta con éxito plagas y enfermedades, con mejores rendimientos en menor espacio, sanos y con un mejor precio en los mercados. Generando, evidentemente, en un mejor ingreso para los productores (FAO-SAGARPA, 2007).

La superficie cubierta con invernaderos en el mundo no ha dejado de crecer en los últimos años. Así en 1980 se calcula que había en el mundo 100,000 ha de invernaderos y actualmente se superan las 450, 000 ha; es decir, 20% de crecimiento anual, aproximadamente (Antón, 2004).

España sobresale en los países europeos con 48,74 ha, situándose en tercer lugar mundial después de China y Japón con 200,000 y 700,00 ha respectivamente. En México, los productores de cultivos hortícolas y ornamentales que ven cómo los sistemas intensivos están generando cambios sustanciales en la oferta y calidad de los productos, poco a poco están adoptando la tecnología de producción protegida, no tendiendo como única opción producir solo en campo abierto.

La superficie ocupada por invernaderos en México no es muy elevada, si se compara con países europeos o asiáticos, pero si ha habido un crecimiento notable en los últimos años. Durante la última década se ha registrado una mejoría en la situación de los productores de frutas y hortalizas que han logrado un mejor acceso al mercado de tecnificación y sistemas de producción protegida. Entre 1999 y 2004, el crecimiento de la superficie sembrada bajo invernadero ha sido de

218% y con estimaciones de un gran potencial de crecimiento entre 10 y 15% anual, para los próximos cinco años.

En nuestro país, según datos de SAGARPA indica una superficie de 9,948 hectáreas, como se observa en la Figura 4.

El sistema de producción de tomate bajo condiciones protegidas en México es relativamente nuevo, generando un impacto importante en los últimos años, por su incremento, superficie cultivada, productividad, rentabilidad y calidad del producto. El rendimiento promedio obtenido con este sistema es entre 5 y 8 kg/planta, superando tres veces el que se obtiene a libre exposición, que está entre 1.5 y 2 Kg/planta (Jaramillo *et al.,* 2006).

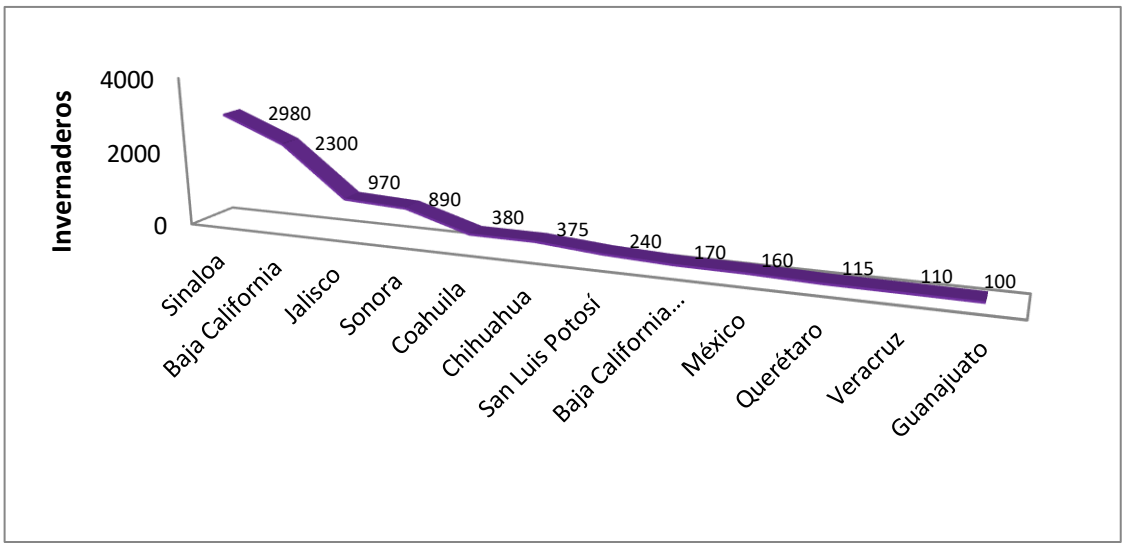

Figura 4. Situación de los invernaderos en México en 2012

El sistema de producción de tomate bajo condiciones protegidas en México es relativamente nuevo, generando un impacto importante en los últimos años, por su incremento, superficie cultivada, productividad, rentabilidad y calidad del producto. El rendimiento promedio obtenido con este sistema es entre 5 y 8 kg/planta, superando tres veces el que se obtiene a libre exposición, que está entre 1.5 y 2 Kg/planta (Jaramillo *et al.,* 2006).

5.6. Producción del cultivo de tomate en invernadero

De acuerdo con el Departamento de Agricultura de Los Estados Unidos (USDA), las cifras del tomate en invernadero en el mercado de EUA registraron un volumen

de 350,000 t, de las cuales el 52% correspondieron a la producción interna y el 48% a las importaciones de seis países (Bringas, 2000). Además de lo anterior, en el cuadro 4, se puede apreciar las estadísticas de producción de tomate en invernadero de los principales países exportadores de tomate a los Estados Unidos de América, y cuyas cifras muestran que en este país como en México, los tomates de invernadero representan un bajo porcentaje de la superficie total dedicada a ese cultivo.

Cuadro 3. Producción de Tomate en Invernadero. Comparación en porcentaje contra campo abierto

País	**Superficie (ha)**	**Volumen (t)**	**Porcentaje**
Canadá	310	125,000	23.3%
EUA	450	180,000	1.8%
México	440	75,000	3.3%
Chile	2,100	212,000	17.7%
Argentina	2,200	253,000	28.9%
España	7,200	1,275,000	35.7%
Italia	6,900	770,000	14.3%
Holanda	1,200	510,000	100.0%
Israel	300	100,000	21.5%

Sin embargo, aunque la producción en invernaderos podría abarcar a todos los cultivos, la mayores oportunidades se encuentran en las regiones donde predomina la agricultura de riego localizado y sistematizado y los principales cultivos son hortalizas, frutales y ornamentales. La mayor parte de las regiones donde predominan estos cultivos , se concentran en la región noroeste del país, principalmente en los estados de Sinaloa, Sonora, Baja California, Baja California Sur, y Jalisco; en segundo lugar le sigue la zona centro y recientemente se ha iniciado y desarrollándose rápidamente el cultivo de hortalizas en invernadero en Chihuahua y Yucatán.

La superficie sembrada en el cultivo de hortalizas y frutales representa cerca del 9%; pero el valor de la producción fue del 35% del valor total de la producción agrícola. Por otra parte los cultivos de cereales y forraje ocuparon un 67% de la superficie cosechada, siendo únicamente 38% del valor total de la producción agrícola. En el Cuadro 4 se observa que las principales hortalizas que se cultivan bajo invernaderos son tomate, pimiento y pepino (Guantes, 2006).

Cuadro 4. Evolución de la superficie cosechada de las principales hortalizas cultivadas en invernaderos en México

Cultivo	**2006-2008**		**2010-2012**	
Tomate bola	27%	72%	49%	73%
Tomate cherry	30%		18%	
Tomate en racimo	9%		5%	
Otros tomates	6%		1%	
Pepino	11%		12%	
Pimientos de colores	11%		11%	
Melón	1%		0%	
Otros cultivos varios	5%		4%	
Total	100%		100%	

5.7. Nutrición en sistemas protegidos

La producción de cultivos hortícolas en condiciones protegidas y el uso de sistemas hidropónicos han permitido incrementos en rendimientos y calidad de frutos, al propiciar un ambiente poco restrictivo facilitando el crecimiento y desarrollo de especies hortícolas. En estos sistemas de producción intensiva la fertilización se realiza por medio de una solución nutritiva que se elabora con fertilizantes de alta solubilidad, generalmente importados, lo que incrementa significativamente los costos de producción (Muñoz, 2004).

Según datos de SAGARPA (2012) en México para el ciclo anual Primavera-Verano y Otoño-Invierno, durante el año 2012 se emplearon soluciones nutritivas a 14,308, 655 ha, más del 65% de la superficie sembrada.

En general, el tomate recibe altas dosis de fertilizantes, especialmente nitrogenados (Armenta *et al*., 2001), los cuales han afectado negativamente al medio ambiente (Gallardo *et al*., 2009). Estos problemas han impulsado la búsqueda de alternativas de fertilización sustentables que, además de suplir los requerimientos nutrimentales de los cultivos, no afecten significativamente el rendimiento y la calidad de los frutos (Nieto *et al*., 2002).

5.8. Agricultura orgánica

La tendencia en los consumidores es preferir alimentos libres de agroquímicos, inocuos y con alto valor nutricional, en especial aquellos que son consumidos en fresco. La producción orgánica ha representado una opción para la generación de este tipo de alimentos, ya que es un método agrícola que no utiliza fertilizantes ni plaguicidas sintéticos (Alvajana *et al*., 2004; Márquez & Cano 2005; Márquez-Hernández *et al*., 2006).

El uso excesivo de productos químicos en la agricultura preocupa a los consumidores por el nivel de contaminantes que los frutos pudieran contener, los problemas ambientales y la presencia de compuestos residuales en los suelos agrícolas (Ezquenazi *et al*., 2004). Para reducir el impacto de los agroquímicos sobre el ambiente y calidad de los productos vegetales y obtener productos inocuos, que recomiendan sistemas de producción orgánica que reduzcan o supriman el uso de fertilizantes, insecticidas, herbicidas, hormonas y reguladores de crecimiento inorgánicos (Milles y Peet, 2002; FAO, 2001b).

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 mínima 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

Debido a la aceptación de los productos orgánicos, la superficie destinada a la agricultura orgánica ha resgistrado tasas de crecimiento mundiales superiores a 25 % anual (Willer y Yussefi, 2000; Haring *et al*., 2001); además los productos orgánicos tienen sobreprecios de 20 a 40 % con respecto a los productos tradicionales (FAO, 2001a; Sloan, 2002).

Sin embargo, los principales problemas de que enfrenta la agricultura orgánica, en México y en algunos lugares del mundo, son la comercialización, las limitantes ambientales, los costos de producción y la insuficiencia de capacitación e investigación; la comercialización debido a la oferta y demanda, en función del suministro constante de producto; las limitantes ambientales, debido a las aspersiones de agroquímicos en áreas aledañas a las orgánicas, repercutiendo en la contaminación de éstas, así como el agotamiento de los suelos; los costos de producción, debido a que la mayoría de los productos autorizados son extranjeros y por consiguiente de precio elevado, mientras que la insuficiencia de capacitación e investigación, origina que los productores recurran a técnicos y/o instituciones extranjeras. Aunado a lo anterior en los sistemas orgánicos de producción certificada, la normatividad de la Federación Internacional de Movimientos de Agricultura mencionó que debe de transcurrir un período de tres a cinco años, sin aplicación de agroquímicos, que incluye los fertilizantes sintéticos, por lo cual, el productor convencional no ha intentado ingresar al sistema de producción orgánica, ya que además que los rendimientos disminuyen, aún no se obtiene el sobreprecio por concepto orgánico (Gewin, 2004).

5.8.1. Producción orgánica de tomate

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 4900 ha y presenta una tasa de crecimiento anual de 25 %; de esta superficie, 3450 ha se destinan a la producción de tomate (Fonseca, 2006). Los sistemas de producción varían en cuanto a variedades, sustratos de crecimiento,

dosis de nutrimentos, técnicas de control de plagas y enfermedades, entre otros factores.

La producción de tomate orgánico en México en su mayoría se lleva a cabo en Baja California Sur, pero si bien la cosecha es orgánica, los rendimientos son bajos, por lo que es conveniente, producir en invernadero, garantizando rendimientos mucho más elevados, y por lo tanto la aplicación de insumos orgánicos para garantizar la obtención de un producto orgánico y prácticamente inocuo, por lo que la obtención de un sustrato orgánico, evitaría los tres años mencionados, lo anterior coincide con lo citado por Castellanos *et al.,* (2000), hoy en día existen creciente interés por utilizar fuentes orgánicas para abonar los suelos, en un intento de regresar los sistemas naturales a la producción orgánica. Dodson *et al.,* (2002), mencionan que la diferencia entre la producción en invernadero de tomate convencional contra la orgánica, varía en tipo el sustrato, las prácticas de fertilización y el método de control de problemas fitosanitarios; así mismo, Márquez (2005) mencionan que lo esencial contra la lucha de los insectos y enfermedades en los sistemas orgánicos, es la prevención y que en la actualidad hay productos permitidos por las normas internacionales de productos orgánicos, los cuales son todos a base de extractos vegetales.

FAO (2001), menciona que Japón, la Comunidad Europea y Estados Unidos, son los principales consumidores de productos orgánicos, los cuales tiene un sobre precio del 40%, Márquez (2005), menciona que en Baja California Sur, el tomate orgánico ocupa diez veces menos superficie que el convencional, pero alcanza una cotización diez veces mayor que el convencional

5.9. Sustratos

La evolución de la agricultura intensiva ha traído consigo el empleo en la actividad agraria de nuevos insumos como son los sustratos de cultivo. Estos medios de producción han resultado básicos para el desarrollo de actividades como semilleros, viveros, horticultura intensiva protegida, etc. Así mismo, existen otros usos para los que son igualmente importantes: paisajismo o recuperación de suelos degradados. La función de los sustratos de cultivo es sustituir al suelo,

permitiendo el anclaje y adecuado crecimiento del sistema radicular de la planta. El suelo, factor de producción esencial en la agricultura, actúa como soporte físico de los cultivos y les proporciona los nutrientes, el aire y el agua que precisan. De ello, se desprende la importancia de definir las características físicas, químicas y biológicas de los sustratos de cultivo (CYCYT, 2012).

Para atender la creciente demanda de alimentos, se ha establecido como alternativa el manejo de sistemas de producción sustentables, que, además de promover prácticas que preservan los recursos naturales y la biodiversidad (Porter Humpert, 2000), permitan hacer un uso eficiente y adecuado de los residuos que se derivan directa o indirectamente del sector agropecuario, así como de los desechos que se originan de diversas actividades realizadas por el hombre. En el mismo sentido, la gran cantidad de residuos que se generan a nivel mundial, y ante la demanda de un mundo sano, debido a los altos índices de contaminación que se reflejan sobre diversas regiones (Atiyeh *et al*., 2000b; Álvarez *et al*., 2001), existe la necesidad de buscar alternativas que beneficien directamente a los sistemas de producción a partir de los materiales biodegradables.

El sustrato además de sostén deberá aportar cantidades considerables de elementos nutritivos que satisfagan la demanda del cultivo. Una alternativa es mezclar compostas con medios inertes (Castillo *et al*., 2000). Ocampo *et al.* (2005), mencionan que los sustratos son una base para mejorar diversas composiciones de una región en particular, esperando con ello optimizar la producción y reducir costos.

Noguera y Abad (1997), fueron los primeros en realizar proyectos experimentales y de investigación empleando sustrato como medio de crecimiento de las plantas, mencionan que se entiende por sustrato al material sólido natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que colocado en un contenedor, en forma pura o mezclado, permite el anclaje del sistema radical, que desempeña así un papel de soporte para la planta, pudiendo intervenir o no en el proceso de nutrición mineral de la planta; desde el punto de vista hortícola, la finalidad del sustrato es producir «plántulas de calidad», en el más corto periodo de tiempo así como en los costos

más bajos de producción. En el entendido como «plántulas de calidad» es aquella que después del trasplante, permite tener una cosecha abundante y de elevada calidad en el campo, en un momento determinado.

De los elementos nutritivos contenidos en la composta, del 70 al 80% de fósforo y del 80 al 90% de potasio están disponibles el primer año, mientras que todo el nitrógeno (N) es orgánico, o cual lo constituye en un elemento problema, dado que debe mineralizarse para ser absorbido por las plantas, y en el primer año solo se mineraliza el 11%, generándose una deficiencia de este elemento si no es abastecido apropiadamente (Eghball *et al*., 2000; Heeb *et al*., 2005).

Rincón (2002), determinó que se necesitan 3, 1, 5. 2.5 y 1 kg de N, P2O5, K2O, Ca y Mg, respectivamente, por tonelada de tomate producida, así para obtener 100 t ha^{-1} se requieren 300 kg de N.

Raviv *et al*., (2004), señalan que los nutrimentos contenidos en la composta satisfacen los requerimientos del tomate en los dos primeros meses después del trasplante.

Entre los abonos orgánicos de origen animal o vegetal (Tuzel *et al*., 2003; Rippy *et al*., 2004; Kamiar y Anusuya, 2005), la vermicomposta como sustrato permite satisfacer la demanda nutritiva de los cultivos en invernadero y reducir significativamente el uso de fertilizantes sintéticos (Manjarrez *et al*., 1999).

Según Raviv *et al*., (2005) las compostas se usan como sustrato debido a su bajo costo, sustituyen al musgo y suprimen varias enfermedades presentes en el suelo.

Debido a que las reglamentaciones para la aplicación y disposición del estiércol se han vuelto cada vez más rigurosas, en los últimos años ha crecido el interés por utilizar las lombrices de tierra (*Eisenia foetida* Sav.) como un sistema ecológicamente seguro para manejar el estiércol, ya que diversos estudios han demostrado la capacidad de algunas lombrices para utilizar una amplia gama de residuos orgánicos, e.g., estiércol, residuos de cultivos, desechos industriales, aguas negras, etc. (Atiyeh *et al*., 2000a, 2000b, 2001; Bansal y Kapoor, 2000).

5.10. Propiedades de los sustratos

5.10.1. Propiedades Físicas

5.10.1.1. Porosidad

Es el volumen total del medio no ocupado por las partículas sólidas, y por tanto, lo estará por aire o agua en una cierta proporción. Su valor óptimo no debería ser inferior al 80-85 %, aunque sustratos de menor porosidad pueden ser usados ventajosamente en determinadas condiciones. La porosidad debe ser abierta, pues la porosidad ocluida, al no estar en contacto con el espacio abierto, no sufre intercambio de fluidos con él y por tanto no sirve como almacén para la raíz. El menor peso del sustrato será el único efecto positivo. El espacio o volumen útil de un sustrato corresponderá a la porosidad abierta. El grosor de los poros condiciona la aireación y retención de agua del sustrato. Poros gruesos suponen una menor relación superficie/volumen, por lo que el equilibrio tensión superficial/fuerzas gravitacionales se restablece cuando el poro queda solo parcialmente lleno de agua, formando una película de espesor determinado. El equilibrio aire/agua se representa gráficamente mediante las curvas de humectación. Se parte de un volumen unitario saturado de agua y en el eje de ordenadas se representa en porcentaje el volumen del material sólido más el volumen de porosidad útil. Se le somete a presiones de succión, expresadas en centímetros de columnas de agua, que se van anotando en el eje de abscisas. A cada succión corresponderá una extracción de agua cuyo volumen es reemplazado por el equivalente de aire. De modo que a un valor de abscisas corresponde una ordenada de valor igual al volumen del material sólido más el volumen de aire. El volumen restante hasta el 100 % corresponde al agua que aún retiene el sustrato.

5.10.1.2. Densidad

La densidad de un sustrato se puede referir bien a la del material sólido que lo compone y entonces se habla de densidad real, o bien a la densidad calculada considerando el espacio total ocupado por los componentes sólidos más el espacio poroso, y se denomina porosidad aparente. La densidad real tiene un

interés relativo. Su valor varía según la materia de que se trate y suele oscilar entre 2,5-3 para la mayoría de los de origen mineral. La densidad aparente indica indirectamente la porosidad del sustrato y su facilidad de transporte y manejo. Los valores de densidad aparente se prefieren bajos (0,7-01) y que garanticen una cierta consistencia de la estructura.

5.10.1.3. Estructura

Puede ser granular como la de la mayoría de los sustratos minerales o bien fibrilares. La primera no tiene forma estable, acoplándose fácilmente a la forma del contenedor, mientras que la segunda dependerá de las características de las fibras. Si son fijadas por algún tipo de material de cementación, conservan formas rígidas y no se adaptan al recipiente pero tienen cierta facilidad de cambio de volumen y consistencia cuando pasan de secas a mojadas (Urresturazo, 1997)

5.10.1.4. Granulometría

El tamaño de los gránulos o fibras condiciona el comportamiento del sustrato, ya que además de su densidad aparente varía su comportamiento hídrico a causa de su porosidad externa, que aumenta de tamaño de poros conforme sea mayor la granulometría.

5.10.2. Propiedades químicas

La reactividad química de un sustrato se define como la transferencia de materia entre el sustrato y la solución nutritiva que alimenta las plantas a través de las raíces. Esta transferencia es recíproca entre sustrato y solución de nutrientes y puede ser debida a reacciones de distinta naturaleza:

a) Químicas. Se deben a la disolución e hidrólisis de los propios sustratos y pueden provocar:

- Efectos fitotóxicos por liberación de iones H+ y OH- y ciertos iones metálicos como el Co+2.

- Efectos carenciales debido a la hidrólisis alcalina de algunos sustratos que provoca un aumento del pH y la precipitación del fósforo y algunos microelementos.
- Efectos osmóticos provocados por un exceso de sales solubles y el consiguiente descenso en la absorción de agua por la planta.

b) Físico-químicas. Son reacciones de intercambio de iones. Se dan en sustratos con contenidos en materia orgánica o los de origen arcilloso (arcilla expandida) es decir, aquellos en los que hay cierta capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.). Estas reacciones provocan modificaciones en el pH y en la composición química de la solución nutritiva por lo que el control de la nutrición de la planta se dificulta.
c) Bioquímicas. Son reacciones que producen la biodegradación de los materiales que componen el sustrato. Se producen sobre todo en materiales de origen orgánico, destruyendo la estructura y variando sus propiedades físicas. Esta biodegradación libera CO_2 y otros elementos minerales por destrucción de la materia orgánica.
Normalmente se prefieren son sustratos inertes frente a los químicamente activos. La actividad química aporta a la solución nutritiva elementos adicionales por procesos de hidrólisis o solubilidad. Si éstos son tóxicos, el sustrato no sirve y hay que descartarlo, pero aunque sean elementos nutritivos útiles entorpecen el equilibrio de la solución al superponer su incorporación un aporte extra con el que habrá que contar, y dicho aporte no tiene garantía de continuidad cuantitativa (temperatura, agotamiento, etcétera). Los procesos químicos también perjudican la estructura del sustrato, cambiando sus propiedades físicas de partida (Llurva, 1997).

5.10.3. Propiedades biológicas

Cualquier actividad biológica en los sustratos es claramente perjudicial. Los microorganismos compiten con la raíz por oxígeno y nutrientes. También pueden degradar el sustrato y empeorar sus características físicas de partida.

Generalmente disminuye su capacidad de aireación, pudiéndose producir asfixia radicular.

Así las propiedades biológicas de un sustrato se pueden concretar en:

a) Velocidad de descomposición. La velocidad de descomposición es función de la población microbiana y de las condiciones ambientales en las que se encuentre el sustrato. Esta puede provocar deficiencias de oxígeno y de nitrógeno, liberación de sustancias fitotóxicas y contracción del sustrato. La disponibilidad de compuestos biodegradables (carbohidratos, ácidos grasos y proteínas) determina la velocidad de descomposición.

b) Efectos de los productos de descomposición. Muchos de los efectos biológicos de los sustratos orgánicos se atribuyen a los ácidos húmicos y fúlvicos, que son los productos finales de la degradación biológica de la lignina y la hemicelulosa. Una gran variedad de funciones vegetales se ven afectadas por su acción.

c) Actividad reguladora del crecimiento. Es conocida la existencia de actividad auxínica en los extractos de muchos materiales orgánicos utilizados en los medios de cultivo.

5.10.4. Características del sustrato ideal

El mejor medio de cultivo depende de numerosos factores como son el tipo de material vegetal con el que se trabaja (semillas, plantas, estacas, etc.), especie vegetal, condiciones climáticas, sistemas y programas de riego y fertilización, aspectos económicos, etcétera.

Para obtener buenos resultados durante la germinación, el enraizamiento y el crecimiento de las plantas, se requieren las siguientes características del medio de cultivo:

a) Propiedades físicas:

- Elevada capacidad de retención de agua fácilmente disponible.
- Suficiente suministro de aire.

- Distribución del tamaño de las partículas que mantenga las condiciones anteriores.
- Baja densidad aparente.
- Elevada porosidad.
- Estructura estable, que impida la contracción (o hinchazón del medio).

b) Propiedades químicas

- Baja o considerada capacidad de intercambio catiónico, dependiendo de que la fertirrigación se aplique permanentemente o de modo intermitente, respectivamente.
- Suficiente nivel de nutrientes asimilables.
- Baja en sales.
- Elevada capacidad tampón y capacidad para mantener constante el pH.
- Mínima velocidad de descomposición.

c) Otras propiedades.

- Libre de semillas de malas hierbas, nematodos y otros patógenos y sustancias fitotóxicas.
- Reproductividad y disponibilidad.
- Bajo coste.
- Fácil de mezclar.
- Fácil de desinfectar y estabilidad frente a la desinfección.
- Resistencia a cambios externos físicos, químicos y ambientales (Terrez, 1997).

5.10.5. Tipos de sustratos

5.10.5.1. Según sus propiedades

Existen diferentes criterios de clasificación de los sustratos, basados en el origen de los materiales, su naturaleza, sus propiedades, su capacidad de degradación, etc.

- **Sustratos químicamente inertes.** Arena granítica o silícea, grava, roca volcánica, perlita, arcilla expandida, lana de roca, etc.
- **Sustratos químicamente activos.** Turbas rubias y negras, corteza de pino, vermiculita, materiales lignocelulósicos, etc.

Las diferencias entre ambos vienen determinadas por la capacidad de intercambio catiónico o la capacidad de almacenamiento de nutrientes por parte del sustrato. Los sustratos químicamente inertes actúan como soporte de la planta, no interviniendo en el proceso de adsorción y fijación de los nutrientes, por lo que han de ser suministrados mediante la solución fertilizante. Los sustratos químicamente activos sirven de soporte a la planta pero a su vez actúan como depósito de reserva de los nutrientes aportados mediante la fertilización, almacenándolos o cediéndolos según las exigencias del vegetal.

5.10.5.2. Según su origen

5.10.5.2.1. Materiales orgánicos

- De origen natural. Se caracterizan por estar sujetos a descomposición biológica (turbas).
- De síntesis. Son polímeros orgánicos no biodegradables, que se obtienen mediante síntesis química (espuma de poliuretano, poliestireno expandido, etc.).
- Subproductos y residuos de diferentes actividades agrícolas, industriales y urbanas. La mayoría de los materiales de este grupo deben experimentar un proceso de compostaje, para su adecuación como sustratos (cascarillas de arroz, pajas de cereales, fibra de coco, orujo de uva, cortezas de

árboles, serrín y virutas de la madera, residuos sólidos urbanos, lodos de depuración de aguas residuales, etc.).

5.10.5.2.2. Materiales inorgánicos o minerales

- De origen natural. Se obtienen a partir de rocas o minerales de origen diverso, modificándose muchas veces de modo ligero, mediante tratamientos físicos sencillos. No son biodegradables (arena, grava, tierra volcánica, etc.).

- Transformados o tratados. A partir de rocas o minerales, mediante tratamientos físicos, más o menos complejos, que modifican notablemente las características de los materiales de partida (perlita, lana de roca, vermiculita, arcilla expandida, etc.).

- Residuos y subproductos industriales. Comprende los materiales procedentes de muy distintas actividades industriales (escorias de horno alto, estériles del carbón, etc.) (Cánovas, 1993).

5.11. Vermicomposta

La vermicomposta se utiliza como mejorador de suelo en cultivos hortícolas y como sustrato para cultivos en invernadero que no contamina el ambiente (Urrestarazu *et al*., 2001). La vermicomposta contiene sustancias activas que actúan como reguladores de crecimiento, elevan la capacidad de intercambio cationico (CIC), tiene alto contenido de ácidos húmicos, y aumenta la capacidad de retención de humedad y la porosidad lo que facilita la aireación drenaje del suelo y los medios de crecimiento. (Ndegwa *et al*., 2000).

Durante el proceso de alimentación, las lombrices consumen los residuos, aceleran la descomposición de la materia orgánica, modifican las propiedades físicas y químicas de los residuos consumidos, produciendo el compostaje, a través del cual la materia orgánica inestable es oxidada y estabilizada (Atiyeh *et al*., 2000a, 2000b).

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 substrato. El proceso bioquímico es realizado por la descomposición microbiana del substrato en el intestino de las lombrices. El vermicomposteo provoca la bioconversión de los desechos en dos productos de utilidad: la biomasa de la lombriz y el vermicompost (Ndegwa *et al*., 2000).

Los residuos orgánicos procesados por la lombriz de tierra, frecuentemente denominados vermicompost, son de tamaño fino, como los materiales tipo “peat moss”, con alta porosidad y por ende aireación y drenaje y, a su vez, una alta capacidad de retención de agua. El vermicompost, comparado con la materia prima que lo genera, tiene 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 los almácigos y las plantas (Ndegwa y Thompson, 2000).

El vermicompost, por sus características físicas, químicas y biológicas, se ha utilizado como fertilizante orgánico con efectos favorables sobre el desarrollo de los cultivos hortícolas y las plantas ornamentales en invernaderos (Brown *et al*., 2000).

En apoyo a los sistemas de producción sustentables, resulta de vital importancia aprovechar la capacidad de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* Sav.) para adaptarse y reproducirse fuera de su hábitat natural (Paoletti, 1999), así como para descomponer diversos residuos orgánicos y convertirlos en vermicompost (Bansal y Kapoor, 2000), el cual posee un alto contenido de elementos nutritivos fácilmente asimilables por las plantas, tales como N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, etc., además contiene sustancias biológicamente activas tales como reguladores de

crecimiento vegetal (Buck *et al*., 1999; Ghosh *et al*., 1999; Whalen *et al*., 1999; Atiyeh *et al*., 2000a, 2000b; Bansal y Kapoor, 2000; Gajalakshmi *et al*., 2001).

Los elementos nutritivos que contiene el vermicompost provienen del proceso de fragmentación y descomposición de la materia orgánica por lombrices, bacterias y hongos microscópicos. Estos organismos digieren los complejos orgánicos reduciéndolos a formas simples, de tal manera que pueden ser asimilados por las plantas (Sherman-Huntoon, 1997; Atiyeh *et al*., 2000b; Bansal y Kapoor, 2000). En estudios realizadospor Irisson *et al*. (1998) sobre vermicompost originado a partir de pulpa de café (*Coffea arabica* L.), se determinó un incremento en la concentración de minerales (N, Ca, Mg, Na, K, y P) y una disminución en el contenido de materia orgánica, lo que favorece la transformación de N orgánico a N mineral facilitando así su asimilación por las plantas.

Por otra parte, se ha señalado que el vermicompost afecta favorablemente la germinación de las semillas y el desarrollo de las plantas. Además, aumenta notablemente la altura de las especies vegetales en comparación con otros ejemplares de la misma edad. Así mismo, durante el trasplante previene enfermedades y lesiones por cambios bruscos de temperatura y humedad; este material se puede usar sin inconvenientes en estado puro y se encuentra libre de nemátodos. Su pH neutro lo hace sumamente confiable para ser aplicado a especies sensibles (Atiyeh *et al*., 2000b; Brown *et al*., 2000).

A partir del año 2000, en la Universidad Estatal de Ohio, EE.UU., se implementó un programa de investigación sobre vermicompost, en el cual se han desarrollado experimentos para evaluar el efecto de diferentes tipos de vermicompost sobre la germinación, crecimiento, floración y fructificación de varias especies hortícolas y ornamentales (e.g., pepino (*Cucumis sativus* L.), tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), petunias (*Petunia grandiflora* L.), maravillas (*Calendula officinalis* L.), crisantemos (*Chysanthemum sinense* L.) concluyéndose que las mejores respuestas de estas especies se presentan cuando se sustituye del 10 al 20% del volumen total del medio de crecimiento comercial con los diferentes tipos de

vermicompost (Riggle, 1998; Subler *et al*., 1998). Se ha establecido que el vermicompost a partir de estiércol de cerdo tiene un gran potencial como un componente de los sustratos de crecimiento que se utilizan en los invernaderos (Atiyeh *et al*., 2000a, 2000b; 2001). Este material se utilizó para incrementar la producción de tomate en invernadero cuando se incorpora en concentraciones relativamente pequeñas (20% del volumen) mezcladas con un medio de crecimiento comercial (Metro-Mix 360), sin embargo, con mayores proporciones de vermicompost (>20%) en el medio de crecimiento disminuyó la productividad de la planta (Atiyeh *et al*., 2000a, 2000b).

Moreno-Resendez *et al*., (2005), determinaron que la producción de tomate en invernadero puede efectuarse en mezclas de vermipomposta y arena como sustrato; ellos encontraron que 12.5 % de vermicomposta en mezclas con 87.5 % de arena produjeron el mismo rendimiento que el testigo (arena con solución nutritiva), con 170 y 173-7 t ha^{-1} respectivamente.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Sitio experimental

6.1.1. Localización del estudio

La presente investigación se realizó en el campo experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa en condiciones de invernadero, ubicado en el km 17.5 de la carretera Culiacán-El Dorado, localizado geográficamente a 24º28'30" de latitud norte y 107º24'30" de longitud oeste y a una altura de 38.54 metros sobre el nivel del mar (msnm) dentro del distrito de riego No. 10.

6.2. Clima

De acuerdo con la clasificación de Köppen, modificado por García (1973), el clima es del tipo BS1 (h') w (e), descrito como clima semiárido con lluvias de verano, extremoso, con presencia de lluvias invernales, con precipitación media anual de 670mm con una temperatura media anual de 24.8ºC, con una temperatura máxima en verano de 41ºC, y una temperatura mínima en invierno de 5ºC. La humedad atmosférica relativa media anual es de 68%, presentándose la máxima de 81% en septiembre y la mínima de 51% en abril. Las condiciones de temperatura máxima y mínima dentro del invernadero se muestran en la Figura 5.

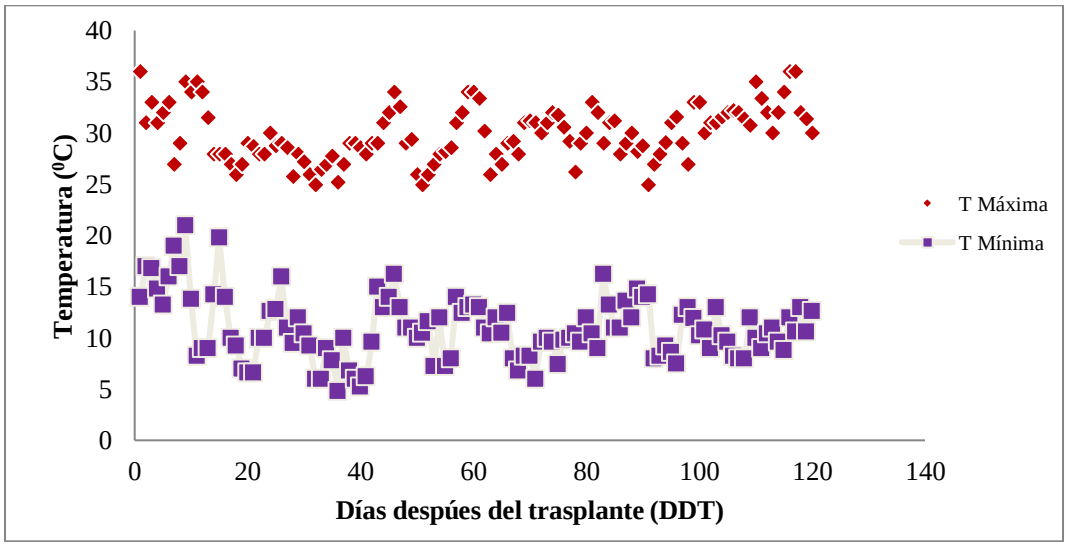

Figura 5. Temperaturas máximas y mínimas dentro del invernadero.

6.3. Establecimiento del cultivo

6.3.1. Características del invernadero

Es un invernadero de nivel de tecnificación medio, con estructura metálica, una altura de 3.5 m a las canaletas y 6.0 m a la cumbrera, con cubierta plástica transparente, con sistema de producción de fertirrigación y tutoreo.

6.3.2. Sustrato

El sustrato utilizado en el experimento estuvo constituido por la mezcla de humus de lombriz (HL) y fibra de coco (FC) usando las siguientes mezclas: 75% HL y 25% FC, 50% HL y 50% HL y 25% HL y 75% FC. En el Cuadro 5 se presenta los resultados de los análisis químicos de los sustratos usados en el experimento. Como contenedor o maceta se utilizó polietileno blanco calibre 400 de tamaño 40x18x43, cada maceta tuvo un volumen de 14 L de sustrato para dos plantas.

Cuadro 5. Análisis químico de humus de lombriz (HL) y fibra de coco (FC), y la proporción en la mezcla de los sustratos.

Medición	Sustratos HL	Simples FC	Mezclas (HL:FC, v:v)		
			75:25	50:50	25:75
pH	5.94	6.40	6.28	6.37	6.40
CE (dS m^{-1})	8.16	1.85	5.25	4.12	3.50
			meq L^{-1}		
NO_3^-	5.39	1.91	6.90	7.12	7.58
HCO_3^-	1.70	1.64	1.50	1.40	1.64
Cl^-	5.00	12.64	14.60	16.80	17.80
Na^+	2.63	5.89	1.73	4.26	4.36
K^+	5.84	4.96	7.62	8.28	8.84
Ca^{2+}	54.64	4.41	31.18	30.70	15.11
Mg^{2+}	17.50	2.45	11.25	7.04	5.95

6.4. Sistema de fertirrigación

Se usaron depósitos con un volumen de 400 L, los cuales contuvieron las soluciones nutritivas (SN), y la aplicación de las mismas se realizó con un programador digital Timer interconectado con cuatro bombas eléctricas con capacidad de $1^{1/4}$ HP, las cuales fueron conectadas a una manguera ciega de 16 mm de calibre, donde se colocaron goteros con un gasto de 3.0 L h^{-1}, insertándosele un distribuidor de cuatro salidas y dos piquetas por maceta. Las SN se aplicaron a los 20 días después del trasplante (ddt), con ocho riegos diarios de 3 a 5 min, cuya frecuencia se incrementó conforme a la demanda del cultivo, de tal forma que a los 72 ddt se aplicaron 16 riegos diarios con duración de cinco minutos (4.0 L por maceta al día).

6.5. Material genético

Se usó la variedad imperial de tomate bola de hábito de crecimiento indeterminado de la compañía Enza Zaden.

6.5.1 Trasplante

El trasplante se realizó el 19 de noviembre del 2011, colocando dos plántulas por maceta, mismas que se acomodaron en hilera sencilla, con 1.6 m de separación entre camas, para obtener una densidad de población de 2.5 plantas m^{-2}.

6.6. Labores culturales

6.6.1. Tutorado

El cultivo se tutoró a un tallo por planta: se colocó un anillo de plástico en la base del tallo para sostener la rafia, la cual se enredó en la parte superior a un gancho de acero que penderá de un alambre a una altura de 2.5 metros: se utilizaron 10 m de rafia por planta, a medida que las plantas fueron creciendo, estas se enredaron en la rafia, hasta que la planta alcanzó el alambre del tutor. Después de que la planta llegó al alambre tutor se orientó horizontalmente.

6.6.2. Desbrote

Al momento de la definición de un tallo se elimino el primer brote axilar que emergió debajo del primer racimo floral, esta actividad cultural se realizó una vez por semana.

6.6.3. Deshoje

Esta actividad cultural se realizo eliminando todas las hojas por debajo del primer racimo floral, posteriormente se suprimieron manteniendo descubierto tres racimos florales. Lo anterior, es con el objetivo de tener mejor aireación (evitar problemas fitosanitarios) y luminosidad en los frutos y poder tener uniformidad de maduración, además que estas hojas basales no cumplen ya ninguna función en la planta.

6.6.4. Agua de riego usada en el estudio

Para aplicar el riego y formular las soluciones nutritivas se empleó agua de la presa Sanalona con las siguientes características químicas. En el Cuadro 6 se presentan los resultados del análisis químico del agua de riego usada en el experimento.

Cuadro 6. Propiedades químicas del agua utilizada para los riegos del tomate en hidroponía.

pH	CE (dS m^{-1})	NO_3^-	CO_3^{2-}	HCO_3^-	SO_4^{2-}	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+
		meq L^{-1}							
7.8	0.39	0.09	0.0	2.16	0.40	0.37	2.10	0.98	0.73

6.6.5. Composición de la solución nutritiva (SN)

Las concentraciones de las SN al 100, 50 y 25 % se elaboraron a partir de la SN de Steiner (1984), y estas soluciones se compararon con la respuesta del tomate donde solo se aplico agua (testigo). La composición de la solución nutritiva concentrada nutrimentalmente al 100% se elaboró con 12, 1, 7, 7 ,9 y 4 meq L^{-1} de

NO_3^-, $H_2PO_4^-$, $SO_4^=$, K^+, Ca^{2+} y Mg^{2+} respectivamente. A las soluciones nutritivas se le adicionaron 50 y 20 mg L^{-1} de micronutrimentos a partir de los respectivos fertilizantes Hidromix proan® y Sinergipron Fe® (EDDHA).

6.7. Fuentes de fertilizantes usadas

Las fuentes y dosis de fertilizantes inorgánicos en la preparación de las soluciones nutritivas evaluadas en el experimento se muestran en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Cantidades y fuentes de fertilizantes usados para elaborar la SN con diferente concentración nutrimental en el cultivo de tomate en invernadero.

Fuente de fertilizante	Soluciones Nutritivas (%)		
	100	50	25
	g L^{-1}		
$CaNO_3$	297.8	148.9	74.5
KNO_3	84.2	42.1	21.05
K_2SO_4	72.5	36.3	18.1
$MgSO_4$	136.7	68.4	34.2
KH_2PO_4	37.8	18.9	9.5

6.8. Diseño Experimental y tratamientos

Se uso un diseño de bloques completos al azar en un arreglo factorial de 4x3 (Cuadro 8), donde el primer factor (A) es la concentración del fertilizante aplicando la solución del Steiner, y el factor B correspondió al porcentaje de la mezcla de dos sustratos (HL:FC).

6.9 Variables de respuesta

6.9.1. Altura de planta

Para medir la altura se seleccionaron tres plantas al azar por repetición, midiéndose con una cinta metálica de 5.0 m de longitud desde la base del tallo hasta el ápice de crecimiento, registrando la longitud del tallo principal en centímetros, durante todo el ciclo de desarrollo del cultivo. Las mediciones se realizaron una vez a la semana hasta alcanzar el máximo desarrollo.

Cuadro 8. Factores de estudio de rendimiento y tratamientos

Factor A (Concentración de la solución nutritiva)	Factor B (Mezcla HL y FC)	Tratamientos
A^1 (100%)	B^1 (75:25)	A^1 B^1
A^1 (100%)	B^2 (50:50)	A^1 B^2
A^1 (100%)	B^3 (25:75)	A^1 B^3
A^2 (50%)	B^1 (75:25)	A^2 B^1
A^2 (50%)	B^2 (50:50)	A^2 B^2
A^2 (50%)	B^3 (25:75)	A^2 B^3
A^3 (25%)	B^1 (75:25)	A^3 B^1
A^3 (25%)	B^2 (50:50)	A^3 B^2
A^3 (25%)	B^3 (25:75)	A^3 B^3
A^4 Testigo	B^1 (75:25)	A^4 B^1
A^4 Testigo	B^2 (50:50)	A^4 B^2
A^4 Testigo	B^3 (25:75)	A^4 B^3

6.9.2. Diámetro de tallo

En cuanto a la medición del diámetro, se seleccionaron tres plantas al azar por repetición, midiéndose la circunferencia de la base del tallo y la circunferencia del diámetro superior. Dichas mediciones se realizaron una vez a la semana.

6.9.3. Contenido de clorofila o verdor

La medición de la clorofila o verdor de la planta se realizaron en tres fechas (110, 116 y 154 ddt). Las mediciones se realizaron en una hoja de cada planta, considerando para este caso tres plantas por repetición, siendo un total de 12 mediciones por tratamiento. Se utilizó un medidor de clorofila SPAD-502 (Konica Minolta Sensing, Inc).

6.9.4. Rendimiento cuando se hicieron los cortes

Para determinar la respuesta sobre el rendimiento de la aplicación de las soluciones nutritivas y mezcla de sustratos en diferente proporción en sistema hidropónico, los frutos se cosecharon cuando alcanzó la madurez fisiológica, se realizaron diez cortes en total. Los frutos cosechados se clasificaron de acuerdo a la norma oficial NMXFF- 031-1997, en tamaños grandes (4x4 y 4x5), medianos (5x5, y 5x6), y chicos (6x6, 6x7, y 7x7), como se muestra en la Figura 6. El rendimiento se expresó en kg m^{-2}.

Figura 6. Frutos cosechados y clasificados por tamaño, según a la norma oficial NMXFF-031-1997.

Los análisis de varianza se realizaron con el paquete estadístico SAS versión 9.0 y la prueba múltiple de comparación medias de Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. Altura de planta

En cuanto a la variable de altura de planta se obtuvo diferencia estadística significativa (*P*≤0.05) en la interacción de los dos factores de estudio (SN y mezcla). Como se muestra en la Figura 7 no hubo diferencia significativa entre el 100 y 50% de la solución nutritiva así como para las mezclas del 75:25 y 50:50 de lombricomposta y fibra de coco. Siendo el testigo inferior a todos los tratamientos en las tres mezclas, se aprecia como a medida que se reduce el porcentaje de la solución nutritiva, se reduce la altura.

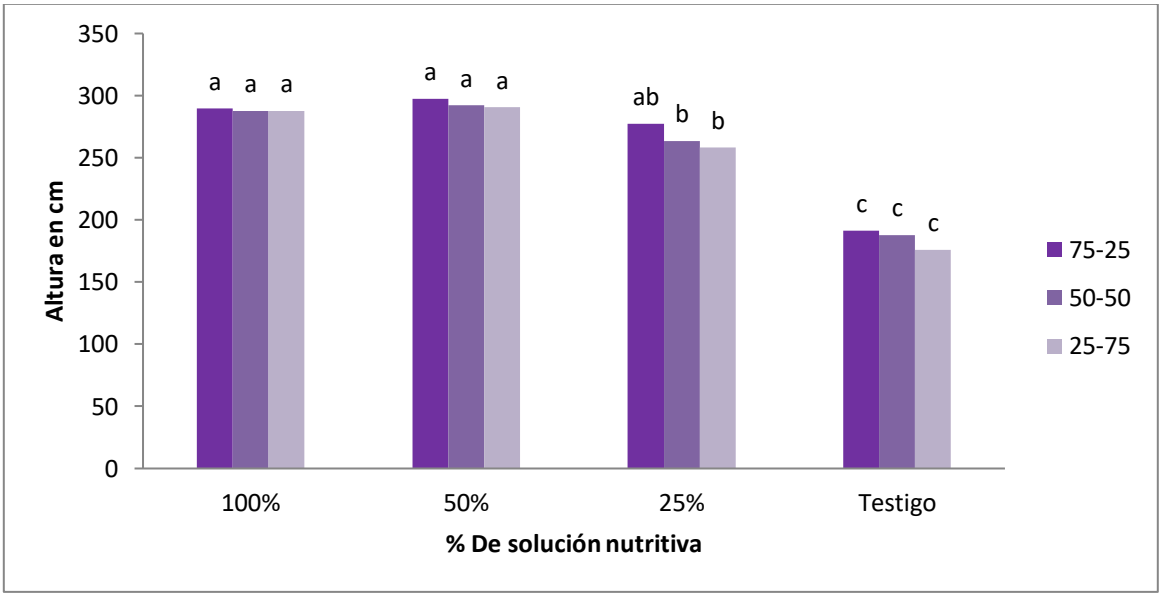

Figura 7. Altura de planta por efecto de la solución nutritivita y sustratos.

7.2. Diámetro de tallo

En cuanto a la variable de diámetro de tallo se obtuvo diferencia estadística significativa (*P*≤0.05) en la interacción de los dos factores de estudio (SN y mezcla). En el Cuadro 9, se muestra que solo el testigo con la mezcla 25:75 de lombricomposta y fibra de coco fue diferente a los demás tratamientos, también se aprecia que estadísticamente no hay diferencia entre los tratamientos del 100 y 50% de la nutrición nutritiva así como en las mezclas.

Cuadro 9. Comparación de medias para diámetro de tallo en planta de tomate

Factor A (SN)	Factor B (mezcla de sustratos)		
	75:25	**50:50**	**25:75**
100%	19.85 ab	17.35 ab	18.02 ab
50%	18.15 ab	17.52 ab	17.27 ab
25%	16.32 b	16.02 b	15.80 b
Testigo	15.42 b	15.07 b	11.02 c

Medias con letras diferentes son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

7.3. Contenido de clorofila

En el Cuadro 10 se presentan los resultados de clorofila en unidades SPAD, obtenidos en tres muestreos 110, 116 y 150 ddt, se determinó que no hubo interacción significativa entre los factores evaluados en el contenido de clorofila, sin embargo el factor de la concentración nutrimental a través de la concentración de la formula de Steiner en cada fecha muestreada sobresalieron significativamente ($p \leq 0.05$), por su mayor contenido de clorofila con las concentraciones de 100 y 50%, el testigo absoluto fue el que presento menor contenido de clorofila. El contenido de clorofila obtenido en los muestreos en promedio de los tres muestreos; 110, 116 y 150 ddt con la mezcla de sustratos 25/75% fue superior numéricamente al 50/50% y 75/25%. La lecturas de SPAD se asocia con niveles adecuados de clorofila, crecimiento vegetativo vigoroso, alta actividad fotosintética y la síntesis de carbohidratos, de lo cual depende el rendimiento (Castro *et al*., 2004), lo cual se observa en las concentraciones nutritivas de 100 y 50%.

Cuadro 10. Valores de lecturas SPAD (clorofila) en plantas de tomate por efecto de la concentración nutrimental de las soluciones nutritivas y tres mezclas de sustratos en tres fechas de medición.

Factor A (SN)	Fecha de medición (ddt)		
	100	116	150
100 %	52.59 a	51.51 a	58.75 a
50 %	51.70 a	49.95 a	56.03 ab
25 %	50.38 a	49.66 a	53.93 b
Testigo	27.06 b	32.38 b	37.70 c
DMS	3.72	3.84	3.47
Factor B (mezclas)			
75/25	46.05	45.27	50.77
50/50	44.55	46.72	51.66
25/75	45.70	45.63	52.38
DMS	2.92	3.01	2.72

Medias con letras diferentes son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

7.4. Rendimiento

En rendimiento total de fruto se obtuvo diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$) en la interacción de los dos factores de estudio Cuadro 11. La mejor combinación respecto al rendimiento total de fruto fue el tratamiento del 100% y el 50% de la solución nutritiva con un porcentaje de 75% de lombricomposta y 25% de fibra de coco no hubo diferencias significativas con una media de 22.03 y 20.14 kg m^2 respectivamente, mientras que los tratamientos testigos con las tres mezclas fueron estadísticamente iguales entre ellas, pero diferente a los demás tratamientos (Cuadro 11). Según Castellanos *et al*., (2004), menciona que el consumo de nutrientes en los cultivos en invernaderos es muy elevado, por lo que es necesario el suministro de nutrientes, sin embargo, los nutrimentos contenidos en las compostas más los del agua son suficientes para obtener buenos rendimientos, lo anterior coincide con Acosta (2003), donde sugiere que el agua de riego trae consigo nutrientes como calcio, azufre, potasio, magnesio y

añade que las aguas con cierto grado de salinidad representan un ahorro en el uso de fertilizantes, pues se reducen la cantidad de fertilizantes a utilizar.

Cuadro 11. Rendimiento total de frutos de tomate por efecto de la solución nutritivita y sustratos

Factor A (SN)	**Factor B (mezcla de sustratos)**		
	75:25	**50:50**	**25:75**
100%	22.03 a	14.13 b	13.98 b
50%	20.13 a	12.23 bc	10.40 c
25%	9.98 cd	7.80 de	7.34 e
Testigo	3.77 f	2.93 f	1.75 f

Medias con letras diferentes son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

En rendimiento se agrupó por tamaños, respecto al tamaño grande se obtuvo diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$) en la interacción de los dos factores de estudio (SN y mezcla). En la Figura 8, se observa que los tratamientos del 100% y el 50% de la solución nutritiva con la mezcla del 75:25 de lombricomposta y fibra de coco no hubo diferencia estadística significativa; sin embargo, para el tratamiento testigo para las tres mezclas fueron estadísticamente iguales pero diferentes a los demás tratamientos. Esto se explica porque en sustratos orgánicos se lixivia 40% del N durante el ciclo del cultivo, ocasionando un desbalance nutricional y un abatimiento de la producción. Además después de dos meses del trasplante, las plantas desarrolladas en sustratos con lombricomposta requieren ser fertilizadas, porque el sustrato resulta deficiente en nutrimentos al ser lixiviado o absorbido por la planta (Raviv *et al*., 2004).

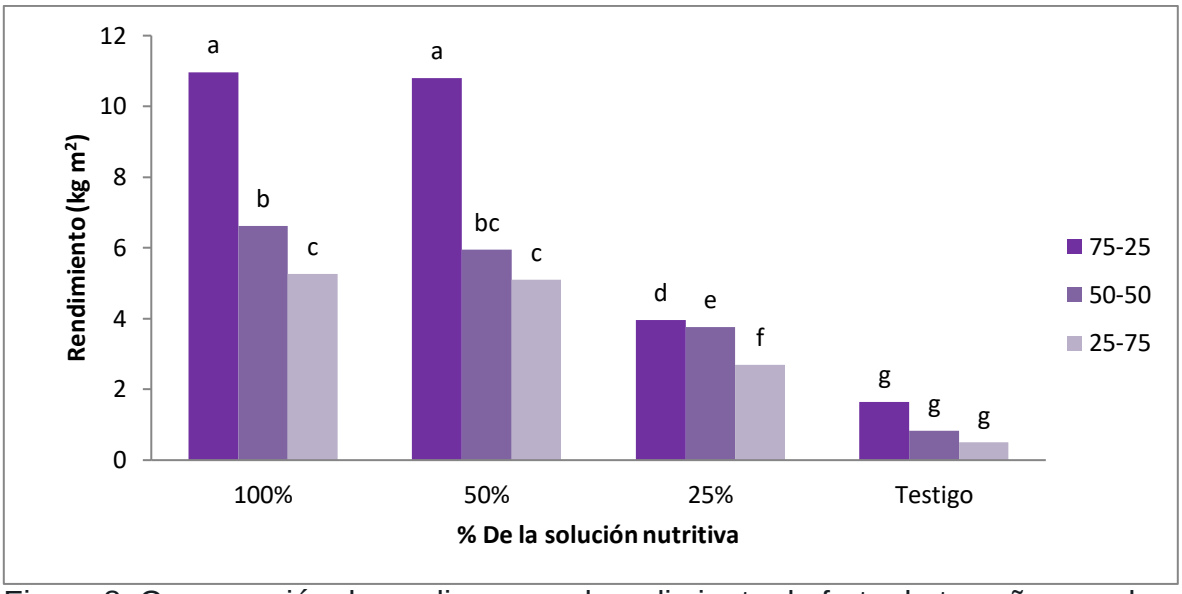

Figura 8. Comparación de medias para el rendimiento de fruto de tamaño grande

En rendimiento de fruto de tamaño mediano se obtuvo diferencia estadística significativa (*P*≤0.05) en la interacción de los dos factores de estudio (SN y mezcla). El mejor tratamiento fue la solución nutritiva del 100% con la mezcla del 75:25% de lombricomposta y fibra de coco, siendo estadísticamente superior a todos los demás tratamientos como se muestra en el Cuadro 12.

Cuadro 12. Rendimiento de fruto tamaño mediano de tomate por efecto de la solución nutritivita y sustratos

Factor A (SN)	**Factor B (mezcla de sustratos)**		
	75:25	**50:50**	**25:75**
100%	7.25 a	4.87 bc	5.97 b
50%	5.59 b	4.08 cd	3.12 de
25%	3.59 d	1.97 ef	1.18 fg
Testigo	0.60 g	0.53 g	0.38 g

Medias con letras diferentes son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

En rendimiento de fruto de tamaño chico se obtuvo diferencia estadística significativa (*P*≤0.05) en la interacción de los dos factores de estudio (SN y mezcla). Como se observa en la Figura 9 los tratamientos del 100 y 50% de la SN

y mezcla del 75:25 de lombricomposta y fibra de coco no tuvieron diferencia estadística significativa, siendo superiores al resto de los demás tratamientos con 3.80 y 3.73 kg m^2 respectivamente.

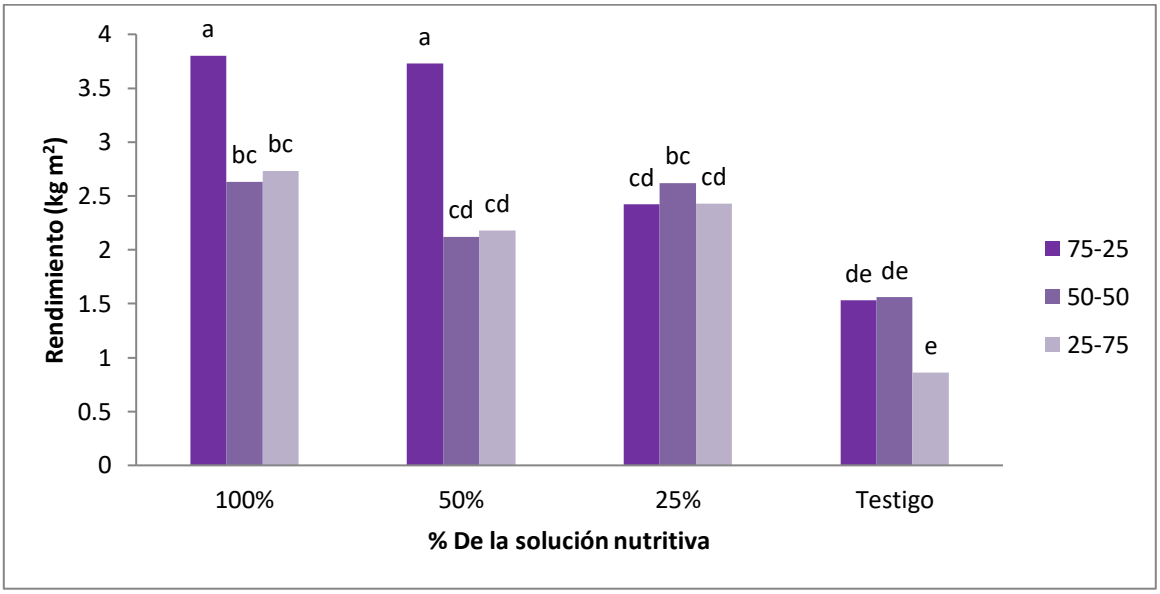

Figura 9. Comparación de medias para el rendimiento de fruto de tamaño chico

VIII. CONCLUSIONES

La solución 50 y 100% de Steiner y la mezcla 75:25 de de lombricomposta y fibra de coco mostró un mayor crecimiento en la altura de planta y diámetro de tallo

Los mayores valores de unidades SPAD obtenidos fueron con la concentración del 100 y 50% de la solución de Steiner para las diferentes fechas, en cambio, para las mezclas de lombricomposta y fibra de coco fue numéricamente mayor los obtenidos con la relación 25:75.

La solución nutritiva de Steiner en concentraciones de 100 y 50% con la mezcla de 75:25 de lombricomposta y fibra de coco provocaron un efecto mayor en los rendimiento total de tomate, así como en los tamaños grande, mediano y chico.

IX . LITERARTURA CITADA

NMX-FF-031-1997. Productos alimenticios no industrializados para consume humano. Hortalizas frescas. Tomate (*Lycoprsicun esculentum* Mill). Especificaciones. Nomas mexicanas. Dirección general de Normas. 15 p. http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas. (consultado noviembre, 2012).

Chwdhury, R. 2004. Effects of chemical fertilizers on the surrounding enviroment and the alternative to the chemical fertilizers. Ies-Envis Newsletter, 7(3):4-5.

Atiyeh, R.M., C.A. Edwards, S. Subler, and J.D. Metzger. 2001. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth. Bioresour. Technol. 78:11-20.

Atiyeh, R.M., S. Subler, C.A. Edwards, G, Bachman, J.D. Metzger, and W. Shuster. 2000b. Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. Pedobiologia 44:579-590.

Bansal, S., and K.K. Kapoor. 2000. Vermicomposting of crop residues and cattle dung with *Eisenia foetida*. Bioresour. Technol. 73:95-98.

Brown, G.G., I. Barois, and P. Lavelle. 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.

Buck, C., M. Langmaack, and Schrader. S. 2012. Nutrient content of earthworm casts influenced by different mulch types. Eur. J. Soil Biol. 35:23-30.

Bansal, S., and K.K. Kapoor. 2000. Vermicomposting of crop residues and cattle dung with *Eisenia foetida*. Bioresour. Technol. 73:95-98.

Cruz C E., Sandoval V. M., Ordaz C. V., Tirado T. V. 2010. Generación de mezclas de sustratos mediante un programa de optimización utilizando variables físicas y químicas. Rev. Fitot. Mexicana (28)3 219-229.

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

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

FAOSTAT. 2010. Producción. Cultivos [En línea]. Disponible en http:// faostat.fao.org (Revisado el 11 de septiembre de 2013).

Gajalakshmi, S., E.V. Ramasamy, and S.A. Abbasi. 2001. Potential of two epigeic and two anecic earthworm species in vermicomposting of water hyacinth. Bioresour. Technol. 76:177-181.

Ghosh, M., G.N. Chattopadhyay, and K. Baral. 1999. Transformation of phosphorus during vermicomposting. Bioresour. Technol. 69:149-154.

Prentice Hall. New Jersey. 880 p.

Hashemimajd K. M., Kalbasi A., Golchin H., Shariatmandari D. 2004 Comparison of vermicompost and Compost as potting media for growth of tomatoes. J. Plant Nutr. 27:1107-1123.

Hoagland, D.R., and D.I. Arnon. 1938. The waterculture method for growing plants without soil. Circ. 347. Univ. California, College of Agric., Berkeley, California, USA.

Márquez H. C., Cano P. R. 2004. Porducción de tomate orgánico bajo invernadero. In: 2do Simposium internacional de producción de cultivos en invernadero. Facultad de Agronomía UANL. pp:1-11.

Ndegwa, P.M., and S.A. Thompson. 2000. Effects of C-to-N ratio on vermicomposting of biosolids. Bioresour. Technol. 75:7-12.

Ndegwa, P. M., S.A. Thompson, and K.E. Das. 2000. Effects of stocking density and feeding rate on vermicomposting of biosolids. Bioresour. Technol. 71:5-12.

Ocampo M.,Caballero M., Tornero C. 2005. Los sustratos en cultivos hortícolas y ornamentales en agricultura, ganadería, ambiente y desarrollo sustentable. Publicación especial de la benemérita universidad autónoma de Puebla 55-74 p.

Ortega M. L. 2010. Efecto de diferentes sustratos en crecimiento y rendimiento de tomate bajo condiciones de invernadero. Universidad Autónoma indígena de México vol. 6 núm. 3, pp. 339-346.

Paoletti, M.G. 1999. The role of earthworms for assessment of sustainability and as bioindicators. Agric. Ecosyst. Environ. 74:137-155.

Ponce, C. P. 2011. Panorama mexicano: revisión de datos de la industria de invernadero en México. www.siap-gob.mx (consulta, julio 2012).

Porter Humpert, C. 2000. New trends in sustainable farming build compost use. BioCycle. 41:30-35.

Sherman-Huntoon, R. 1997. Earthworm castings as plant growth media. p. 1-3. *In* Clive Edwards and Edward Neusher (eds.). Earthworms in waste and environmental management. Available at http:// www.bae.ncsu.edu/people/faculty/sherman/vermiculite/castings.htm. (Consultado: 15 diciembre 2012).

SIAP. 2010. Cierre de la producción agrícola por estado. http://www.siap.gob.mx (consulta, septiembre de 2012).

Subler, S., C.A. Edwards, and J.D. Metzger. 1998. Comparing vermicomposts and composts. BioCycle 39:63-66. Available athttp://gnv.fdt.net/~windle/refrence/july98.htm. (Consultado:15 noviembre 2013).

Whalen, J.K., R.W. Parmelee, D.A. McCartney, and J.L. Vanarsdale. 1999. Movement of N from decomposing earthworm tissue to soil, microbial and plant N pools. Soil Biol. Biochem. 31:487-492.

Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. Proc. 6to. Int. cong. on Soilless Culture. ISOSC, Lunteren, Holanda. Pp. 633-649.

Trápaga, Y. y Torres, F. 1994. El mercado internacional de la agricultura orgánica. UNAM./Juan Pablos, México. 221 pp.

Riggle, D. 1998. Vermicomposting research and education. BioCycle 39:54-56. Available at http:// gnv.fdt.net/~windle/reference/may98.htm. (Consultado:13 noviembre 2012).

Abad, M. Noguera, M. 2000. Los sustratos en cultivos sin suelo, En manual de cultivos sin suelo. Urrestarazu Gavilan, M. (ed). Segunda edición. Ediciones Mundi-Prensa. Almería, España 137-182 p.

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

Castellanos J.Z., Uvalle B.J.X., Aguilar S.A. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. INCAPA. México

Navejas J.J. 2002. Producción orgánica de tomate. INIFAP-CIRNO. Desplegable técnica No. 5

Hartmann, H. y Kester, D. 2002. Plant propagation. Principles and practices.

Hernández A. A. 2004 Effect of long-term exposure to pesticides on plasma. Esterases from plastic greenhouse workers .J. Toxicol. Environ. Health. Part A., 67:10-95-1108.

Eskenazi B. K., Harley A., Bradman E., Weltzien J. 2004. Association of in tero organophosphate pesticide exposure and fetal growth and length of gestation in an agricultural population. Environ. Health Persp., 112:1116-1124

Rinaldi, M.; Convertini, G.; and Elia, A. 2007. Organic and mineral nitrogen fertilization for processing tomato in Southerm Italy. Acta Horticulturae, 758:241-248.

Domínguez J., Lazcano C., Gomez B. M. 2010. Influencia del vermicompost en el crecimiento de las plantas. Aportes para la elaboración de un concepto. Acta Zoológica Mexicana 2:359-371.