

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Impacto de diferentes sustratos orgánicos sobre el contenido de licopeno del tomate bajo condiciones de invernadero.

**POR:
IVÁN ESCANDÓN HERNÁNDEZ**

**TESIS
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

DICIEMBRE, 2015.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Impacto de diferentes sustratos orgánicos sobre el contenido de licopeno
del tomate bajo condiciones de invernadero.

POR:
IVÁN ESCANDÓN HERNÁNDEZ

TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR

PRESIDENTE:


Dr. ALEJANDRO MORENO RESÉNDEZ

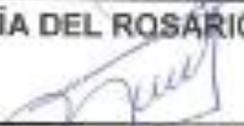
VOCAL:

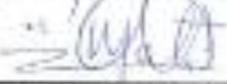

Dra. NORMA RODRÍGUEZ DIMAS

VOCAL:


Dra. MARÍA DEL ROSARIO MONCAYO LUJÁN

VOCAL SUPLENTE:


Ing. JUAN MANUEL NAVA SANTOS


M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

DICIEMBRE, 2015.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Impacto de diferentes sustratos orgánicos sobre el contenido de licopeno
del tomate bajo condiciones de invernadero

POR
IVÁN ESCANDÓN HERNÁNDEZ

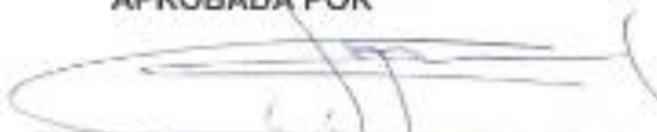
TESIS

QUE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ ASESOR COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR

ASESOR PRINCIPAL:



Dr. ALEJANDRO MORENO RESÉNDEZ

ASESOR:



Dra. NORMA RODRÍGUEZ DIMAS

ASESOR:

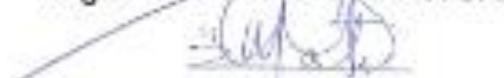


Dra. MARÍA DEL ROSARIO MONCAYO LUJÁN

ASESOR:



Ing. JUAN MANUEL NAVA SANTOS



M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Coordinador de la División de
Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

DICIEMBRE, 2015.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Porque nunca me abandona, y me dio la oportunidad de venir a esta vida con una familia maravillosa.

A MIS PADRES

Por todo su apoyo económico, moral, espiritual y por su entrega como padres maravillosos, por sus desvelos, sus sacrificios y esfuerzos para ofrecerme una mejor vida.

A MIS HERMANOS

Por brindarme su apoyo incondicional y siempre estuvieron cuando más lo necesité.

A MIS AMIGOS

Que estuvieron conmigo en las buenas y en las malas y que nunca me abandonaron.

AL Dr. ALEJANDRO MORENO RESENDEZ

Por su valioso apoyo, por el tiempo y esfuerzo que dedicó en la realización de esta investigación. También por sus buenos consejos.

A LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

por darme la oportunidad de realizar mis estudios en ella, por prepararme como un profesional en sus aulas y darme las bases para enfrentarme al mundo laboral.

DEDICATORIA

A MI PADRE, MADRE, HERMANOS Y SOBRINOS

¡GRACIAS POR SER MI FORTALEZA!

CON AMOR Y GRATITUD

IVÁN.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA	iii
ÍNDICE	iv
ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo	4
1.2 Hipótesis	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1 Importancia del cultivo de tomate	5
2.2 Perfil del mercado del tomate	5
2.3 Taxonomía del tomate	7
2.4 Morfología del tomate	7
2.5 Licopeno	8
2.6 Fuentes de licopeno	9
2.7 Licopeno en la salud humana	10
2.8 Producción de tomate bajo invernadero en México	12
2.9 Agricultura orgánica	13

2.10	Importancia de los abonos orgánicos	14
2.11	Características del vermicompost y del compost	15
2.12	Efecto de abonos orgánicos en el desarrollo y contenido de licopeno en diferentes cultivos.....	17
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
3.1	Descripción del área experimental	20
3.2	Diseño experimental	20
3.3	Manejo agronómico del tomate en invernadero	21
3.4	Variables evaluadas	23
3.5	Análisis estadístico	26
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
4.1	Peso de fruto	27
4.2	Diámetro polar	28
4.3	Diámetro ecuatorial	30
4.5	Número de lóculos	32
4.6	Sólidos solubles	32
4.7	Contenido de licopeno.....	34
V.	CONCLUSIÓN.....	36
VI.	LITERATURA CITADA	37
VII.	APÉNDICE	49

ÍNDICE DE CUADROS

Pág.

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del tomate.	7
Cuadro 2. Principales fuentes de licopeno.....	10
Cuadro 3. Fertilizantes utilizados en la solución nutritiva en el cultivo de tomate, desarrollado en invernadero en el ciclo primavera – verano del 2014.....	21
Cuadro 4. Tratamientos evaluados durante el desarrollo del tomate bajo condiciones controladas.....	21

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Peso de fruto de tomate desarrollado con diferentes abonos orgánicos en invernadero.	28
Figura 2. Diámetro polar de tomate desarrollado con diferentes abonos orgánicos en invernadero.....	29
Figura 3. Diámetro ecuatorial de tomate desarrollado con diferentes abonos orgánicos en invernadero.....	30
Figura 4. Espesor del pericarpio de tomate desarrollado con diferentes abonos orgánicos en invernadero.....	31
Figura 5. Número de lóculos de tomate desarrollado con diferentes abonos orgánicos en invernadero.....	32
Figura 6. Sólidos solubles de tomate desarrollado con diferentes abonos orgánicos en invernadero.....	33
Figura 7. Contenido de licopeno en tomate desarrollado con diferentes abonos orgánicos en invernadero.....	35

RESUMEN

El presente trabajo se realizó durante el ciclo agrícola Primavera-Verano de 2014, en el invernadero del Cuerpo Académico Sistemas Sustentables para la Producción Agropecuaria (CASISUPA), Clave: UAAAN-CA-14, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, el propósito del trabajo fue determinar el contenido de licopeno del tomate (*Solanum lycopersicon L.*) desarrollado en mezclas de diferentes sustratos orgánicos; Vermicompost (VC) Compost simple (CS), Compost con yeso (CY) con perlita bajo condiciones de invernadero. Para el trabajo experimental se utilizó un diseño completamente al azar y cada tratamiento contó con seis repeticiones. El híbrido de tomate saladette utilizado fue HMX 0853 (Harris moran®), la siembra se realizó el 22 de febrero del 2014, en charolas de germinación de poliestireno de 200 cavidades rellenas de Peat moss (Premier®). Las plántulas fueron trasplantadas a bolsas de polietileno negro, tipo vivero, calibre 500, las macetas se acomodaron con arreglo “tres bolillo”, el primer corte de tomate se realizó a los 63 días después del trasplante. Las variables evaluadas fueron: Peso de fruto, diámetro polar, diámetro ecuatorial, espesor del pericarpio, número de lóculos, sólidos solubles y contenido de licopeno.

PALABRAS CLAVE: tomate, sustratos, compost, vermicompost, licopeno

I. INTRODUCCIÓN

El tomate es la hortaliza más popular y aceptada en la cultura gastronómica del mundo y se cultiva en más de cien países para consumo en fresco o para su industrialización. Los diez principales países productores que concentran más de 80 % del total mundial son: China, Estados Unidos, India, Egipto, Turquía, Italia, Irán, España, Brasil y México (Hernández-Leal *et al.*, 2013). La producción de tomate en México en 2014 fue de alrededor de 2.8 millones de toneladas, y por su parte las exportaciones ascendieron a 20 mil millones de pesos. El tomate se exporta al mercado de los Estados Unidos debido a los altos estándares de calidad e inocuidad de los productores mexicanos, así como en el reconocido estatus sanitario del país (SIAP, 2015).

El consumo de tomate es muy importante porque constituye una parte esencial de la dieta del ser humano, por ello, a los consumidores les preocupa el uso excesivo de productos químicos en la agricultura debido al nivel de contaminantes que los frutos pudieran contener (Rodríguez-Dimas *et al.*, 2008; Velazco-Hernández *et al.*, 2004). Por lo tanto, de la Cruz-Lázaro *et al.*, (2009) mencionan que la producción orgánica de alimentos es una alternativa para los consumidores que prefieren alimentos libres de pesticidas, fertilizantes sintéticos y con alto valor nutricional.

En relación con este último, la importancia del tomate producido orgánicamente radica en las concentraciones altas de vitamina C, licopeno y bajas concentraciones de nitratos (Rodríguez-Dimas *et al.*, 2009). Cabe mencionar que el licopeno, es el carotenoide predominante en el tomate, este producto natural ha atraído la atención de investigadores y consumidores debido a sus propiedades biológicas y fisicoquímicas en la prevención de enfermedades crónicas como cáncer, enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas, e hipertensión, entre otras, en las cuales el estrés oxidativo es un importante factor etiológico (Waliszewski y Blasco, 2010).

Barański *et al.*, (2014), detectaron una actividad antioxidante significativamente mayor en los cultivos orgánicos. Álvarez-Solís *et al.* (2010) señalan que la agricultura orgánica además de influir en el contenido de antioxidantes en las frutas, también aporta materia orgánica, nutrientes y microorganismos al suelo lo cual favorece la fertilidad y nutrición de las plantas. Por su parte, los sustratos orgánicos representan una alternativa ecológica para satisfacer la demanda nutrimental de los cultivos y sustituir el uso de fertilizantes inorgánicos (Ochoa-Martínez *et al.*, 2009).

El uso de sustratos orgánicos en la agricultura ha cobrado gran importancia desde el punto de vista económico, ya que los productos obtenidos por este medio alcanzan un costo más elevado, que los productos obtenidos por el sistema convencional, su uso se ha fomentado por la agricultura orgánica, ya que es una respuesta a la mejora de las buenas prácticas agrícolas (Nieto-Garibay *et al.*,

2002). Dentro de los sustratos orgánicos sobresalen el compost y vermicompost, estos son productos orgánicos parcialmente degradados y estabilizados, ampliamente utilizados como sustratos en la producción de hortalizas, debido a que se ha reportado que el compost mejora la capacidad de almacenamiento de agua, la mineralización del N, P y K, regula favorablemente el pH y fomenta la actividad microbiana (de la Cruz- Lázaro *et al.*, 2010).

Diversos estudios han demostrado que los sustratos orgánicos incrementan la disponibilidad de elementos nutritivos para los cultivos. Asimismo, mejora la presencia de nitratos lo que indicaría que el N está disponible para las especies vegetales. Por lo tanto, el uso del vermicompost y del compost como parte de los sustratos de crecimiento presenta la capacidad de soportar el desarrollo de los cultivos hortícolas, debido a sus características físicas, químicas y biológicas. Además, se ha demostrado que la adición de vermicompost y compost al suelo modifica la comunidad microbiana, mantiene más humedad, mejora la infiltración de agua, estabiliza la estructura y la conductividad eléctrica (Moreno-Reséndez *et al.*, 2014; Adriano-Anaya *et al.*, 2013; Fortis-Hernández *et al.*, 2012).

1.1 Objetivo

Evaluar el comportamiento y el contenido de licopeno en tomate, desarrollados en mezclas de diferentes sustratos orgánicos (compost simple, compost con yeso y vermicompost) con perlita bajo condiciones de invernadero.

1.2 Hipótesis

La calidad y el contenido de licopeno del tomate se verán afectados por la aplicación de abonos orgánicos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Importancia del cultivo de tomate

El tomate se está ubicado entre las hortalizas de mayor demanda, ya que se considera parte importante de hábitos alimenticios de gran parte de la población mundial, ya sea por su consumo en fresco o procesado (Plana *et al.*, 2006).

Por lo antes mencionado, en México se siembran alrededor de 55,000 ha. de tomate cada año. Es una de las hortalizas de mayor producción con rendimientos promedio de 41 t•ha⁻¹. Los estados con mayor producción de tomate son; Sinaloa, Michoacán y Baja California. A pesar de ello, la superficie destinada a la producción descendió un 27 % en la última década debido a diversos factores como plagas y enfermedades, esto impulsó la agricultura protegida y precios en el mercado. Esta solanácea es una de las más importantes debido a su producción y comercialización, a través de la generación de empleos, dado que requiere gran número de mano de obra (Leyva-Mir *et al.*, 2013).

2.2 Perfil del mercado del tomate

La producción de tomate a nivel mundial se distribuye de la siguiente manera: China es el principal productor de jitomate, con una participación de 36

%; le sigue Estados Unidos con 14 %; Turquía, 12 %; India, 11 %; mientras que México ocupa el décimo segundo lugar, con 3% de participación en la producción. Los países que ocupan los primeros tres lugares en el ranking de mayores exportadores, comercializan poco más de 55 % de total mundial, Holanda ocupa el primer sitio, con 22 % del volumen de exportaciones mundiales de jitomate; México tiene el segundo lugar con 18 % de las mismas; en tercer lugar, España con 17% del total mundial. En México se producen 2.26 millones de toneladas por año de jitomate, siendo el principal productor el estado de Sinaloa, cuya producción presentó el 35 % del total nacional, monto 3.8 veces mayor al producido por el segundo lugar, Baja California, con 9 %, siguen en la lista los estados de Michoacán, San Luis Potosí y Jalisco con 8, 6 y 5 %, respectivamente (SAGARPA, 2010).

La importancia del tomate en México radica principalmente en la cercanía con el mercado estadounidense y que los frutos son competitivos en cuanto a precio, calidad, buen sabor y larga vida de anaquel (Hernández-Martínez *et al.*, 2004). En México el cultivo de tomate cobra relevancia económica debido a las divisas por exportaciones y fuentes de empleo, por ello los sistemas de producción de tomate se ha sometido a grandes mejoras como: cubiertas plásticas, riego por goteo e hidroponía, con el fin incrementar el rendimiento, la superficie cultivada, mayor rentabilidad, productividad del cultivo y maximizar la calidad del producto (Ortega-Martínez *et al.*, 2010).

2.3 Taxonomía del tomate

El tomate recibió el nombre científico de *Solanum lycopersicum* en el año 2001. Anteriormente se denominaba *Lycopersicon esculentum* Mill y posteriormente *Lycopersicon lycopersicum*. Pero en año 1993 se comprobó que *Lycopersicon* era parte de *Solanum* L. y a partir de análisis filogenético molecular el género *Lycopersicon* se convirtió en la sección *Lycopersicum* del género *Solanum* y el tomate, hoy en día técnicamente se denomina *Solanum lycopersicum* (Uroz- Soraya, 2012).

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del tomate

Reino	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida (Dicotiledónea)
Subclase:	Asteridae
Orden:	Solanales
Familia:	Solanáceas
Género:	<i>Solanum</i>
Especie:	<i>Solanum lycopersicum</i>

Fuente: ITIS (2015)

2.4 Morfología del tomate

El tomate es una planta perenne de porte arbustivo que se cultiva como anual, puede desarrollarse de forma rastrera, semierecta o erecta, su crecimiento es limitado en las variedades determinadas e ilimitado en variedades indeterminadas, su nombre común es tomate, la planta es de tallos trepadores y

largos. Las hojas tienen bordes dentados; las flores amarillas tienen cinco piezas reunidas en ramilletes laterales. (SIAP, 2014).

El sistema radicular del tomate es superficial y está constituido por la raíz principal (corta y débil), raíces secundarias (numerosas y potentes) y raíces adventicias. El tallo principal tiene 2 a 4 cm de diámetro en la base y está cubierto por pelos glandulares y no glandulares que salen de la epidermis; sobre el tallo se van desarrollando hojas, tallos secundarios e inflorescencias. Las hojas son compuestas imparipinadas, con siete a nueve folíolos, los cuales generalmente son peciolados, lobulados, con borde dentado, y recubiertos de pelos glandulares. La flor del tomate es hermafrodita, lo que quiere decir que la flor tiene los dos sexos y es capaz de auto polinizarse, consta de cinco o más sépalos y de seis o más pétalos; tiene un pistilo con cinco estambres, unidos en sus anteras y formando un tubo que encierra el pistilo. El fruto es una baya que presenta diferente tamaño, forma, consistencia y composición, según la variedad. Está constituido por la epidermis o piel, la pulpa, el tejido placentario y las semillas (Jaramillo *et al.*, 2007; Jasso-Cheverría *et al.*, 2012).

2.5 Licopeno

El licopeno es un carotenoide de estructura acíclica, isómero del beta caroteno, que carece de provitamina A, cuya fórmula es $C_{40}H_{56}$. Se encuentra en la naturaleza como un pigmento natural liposoluble, es responsable del color rojo y color naranja de algunas frutas y verduras, además el licopeno se caracteriza por presentar una estructura química de cadena abierta alifática formada por cuarenta

átomos de carbono con trece enlaces dobles de los cuales once son conjugados, y debido a ello es altamente reactivo frente al oxígeno y a los radicales libres (Cruz-Bojorquez *et al.*, 2013).

Recientemente, el licopeno ha cobrado gran importancia debido a que se desempeña como antioxidantes que neutraliza los radicales libres que dañan a las células. Además, el licopeno ofrece protección contra el cáncer de pulmón, de las glándulas mamarias, del útero y de la próstata. Los carotenos tienen un efecto favorable para el sistema inmunológico y protegen la piel contra la radiación ultravioleta (Candelas-Cadillo *et al.*, 2005).

2.6 Fuentes de licopeno

El licopeno se obtiene principalmente de fuentes naturales, siendo el tomate y sus derivados la principal fuente de este, producto proporcionando del 80 al 85% del licopeno consumido por el ser humano, el resto se obtiene de alimentos que lo contienen pero en cantidades bajas como son: sandía, pomelo rosado, zanahoria y calabaza, entre otros (Torresani, 2009).

Perdomo *et al.*, (2012) mencionan que el contenido de licopeno varía dependiendo de la variedad del fruto y este es modificado por los procesos de transformación a los que es sometido en la manufacturación y el cocinado.

Cuadro 2. Principales fuentes de licopeno

Fuente	Contenido de licopeno (mg•100g base Húmeda)
Tomate, fresco	0.72 -20
Tomate, jugo	5.00 -11.60
Tomate, salsa	6.20
Tomate, pasta	3.65
Tomate, sopa	7.99
Salsa cátsup	9.90 – 13.44
Salsa para pizza	12.71
Sandía	2.3 – 7.2
Guayaba rosa	5.23 – 5.50
Toronja	0.35 – 3.36
Papaya	0.11 – 5.3
Zanahoria	0.65 – 0.78
Calabaza	0.38 - 0.46

Fuente: Rao *et al.* (2006)

2.7 Licopeno en la salud humana

Johns y Mandu, (2006) destacan que los vínculos entre los alimentos y la salud son cada vez más comprendidos en cuanto a beneficios funcionales provistos por las sustancias fitoquímicas, incluyendo numerosos carotenoides y fenoles, aparte de su valor como elementos nutritivos esenciales, estas sustancias se ven involucradas en la prevención de enfermedades crónicas, como son; cáncer, diabetes, enfermedades cardiovasculares y respiratorias.

Actualmente se habla de alimentos funcionales, es decir, aquellos que debido a sus propiedades físicas y químicas tienen la capacidad de inactivar algunas especies de moléculas en estado de oxidación provocando un efecto

positivo en la salud humana especialmente en la prevención o reducción de enfermedad cancerígena (Carranco – Jáuregui *et al.*, 2011).

López y Echeverri, (2007) mencionan que el licopeno es un antioxidante que tiene la capacidad de neutralizar los radicales libres del organismo; y que estas sustancias se presentan como una alternativa para reducir las deficiencias asociadas al estrés oxidativo, tales como las enfermedades cardiovasculares y reumáticas además retardar el proceso de envejecimiento. Cabe mencionar que los alimentos que contienen antioxidantes tales como el licopeno son los productos más solicitados por las personas que desean tener una vida saludable y libre de riesgos.

Con referencia a lo anterior cabe mencionar que las enfermedades no transmisibles (ENT), como las cardiovasculares, constituyen la mayoría de las defunciones en el mundo, con 17,5 millones cada año, seguidas del cáncer 8,2 millones, las enfermedades respiratorias 4 millones y la diabetes 1,5 millones (OMS, 2015), Es importante señalar que se ha observado menor incidencia de cáncer en personas que presentan niveles muy altos de licopeno y luteína en la sangre (del Villar-Martínez *et al.*, 2007), además de actuar como un agente de prevención enfermedades cancerígenas, el licopeno también puede reducir el riesgo de aterogénesis, al interferir el daño oxidativo del ADN y de las lipoproteínas, como consecuencia de su actividad antioxidante (Periago *et al.*, 2001).

Cuando se somete el tomate al proceso de cocción, aumenta la disponibilidad de licopeno cumpliendo sus propiedades como antioxidante y reduciendo en un 45 % la posibilidad de desarrollar cáncer, además reduce los niveles de colesterol si se consume al menos diez raciones semanales de tomate o sus derivados (Fernández *et al.*, 2007).

2.8 Producción de tomate bajo invernadero en México

Un invernadero es una construcción agrícola con una cubierta traslúcida, cuya altura es mayor de dos metros en la parte útil, con anchos mayores de seis metros y largos variables. Uniendo varias naves o módulos se obtienen grandes dimensiones de superficies cubiertas, conocidas como invernaderos en batería. Asimismo la producción de tomate dentro de un invernadero se realiza con la finalidad de modificar el ambiente natural de las hortalizas, con el fin de generar un ambiente óptimo para el desarrollo de la planta. Los factores y elementos adversos a su desarrollo son; altas y bajas temperaturas, granizadas, vientos, lluvias torrenciales, cantidad y calidad de energía luminosa (Juárez-López *et al.*, 2011).

El tomate es el principal cultivo desarrollado dentro de invernadero México y el mundo, se sabe que con este sistema de producción se obtienen muchas ventajas a comparación de la producción a campo abierto; por ejemplo mayor eficiencia en el uso de agua, tierra, fertilizantes y control de factores ambientales (Flores *et al.*, 2007). China ocupa el primer lugar en cuanto a mayor concentración de cultivos protegidos en el mundo, seguidos por España (Cama-Pinto *et al.*,

2014). Para inicios del 2010, en México se tenían registrados alrededor de 8682 invernaderos (Salazar-Moreno *et al.*, 2012).

Cabe agregar que el 50 % de la superficie con agricultura protegida se concentra en cuatro estados: Sinaloa (22 %), Baja California (14 %), Baja California Sur (12 %) y Jalisco (10 %). Los principales cultivos que se producen bajo agricultura protegida son el tomate (70 %), pimiento (16 %), pepino (10 %). En los últimos años se ha intensificado la diversificación de cultivos como la papaya, fresa, chile habanero, flores y plantas aromáticas. Además con la agricultura protegida es posible obtener una mayor producción con respecto a la producción a campo abierto, (70 t•ha a campo abierto y 350 t•ha con agricultura protegida), además con este sistema de producción se puede producir todo el año (SAGARPA, 2012).

2.9 Agricultura orgánica

La agricultura orgánica consiste en una forma de producción que manifiesta el desarrollo sustentable en el campo, el principal objetivo de la producción orgánica es la protección de los recursos naturales, conservación y el mejoramiento de la fertilidad del suelo. México se ha ubicado en el ámbito internacional como productor-exportador de productos orgánicos, más que como consumidor. Por lo que el 85 % de los cultivos orgánicos que se producen en México se destina a la exportación, el resto se vende principalmente al mercado local, pero, como producto desarrollado con el sistema convencional, debido a que en México todavía no existe una demanda de estos productos. Los productos

orgánicos mexicanos se exportan principalmente a Estados Unidos, Alemania, Holanda, Japón, Inglaterra y Suiza (Pérez- Calderón, 2006).

Así mismo la agricultura orgánica se presenta como proveedora de soluciones prácticas que combinan la producción de alimentos, la protección del ambiente y de la salud humana, así como obtención de excelentes precios en el mercado internacional, y la fácil conversión de sistemas agrícolas de bajos insumos (López y Contreras, 2007). Resulta oportuno mencionar que la mayoría de los agricultores que practican la agricultura orgánica muestran un alto nivel de compromiso personal con la agroecología (Cid – Aguayo, 2011).

Es evidente entonces que la agricultura orgánica ha experimentado un progreso asombroso en México en los últimos años, ya que de las 20,000 hectáreas orgánicas cultivadas en el país a mediados de los noventa, ha aumentado aproximadamente a 400,000 en el año 2008, por lo que el número de agricultores orgánicos se ha multiplicado casi por diez en el mismo periodo, situándose dicha cifra actualmente cerca de los 130,000 productores (Boza-Martínez, 2010).

2.10 Importancia de los abonos orgánicos

Los abonos orgánicos son todos aquellos residuos de origen animal y vegetal de los que después de su degradación las plantas pueden obtener importantes cantidades de elementos nutritivos, los más utilizados con fines agrícolas son los

estiércoles de diferentes especies animales, el compost, vermicompost y los residuos de cosecha (SAGARPA. 2008).

Los abonos orgánicos ejercen un efecto positivo en el desarrollo de un cultivo, por lo tanto, en la fertilización son de gran importancia, la cantidad y tipo de abono orgánico que se aplica, todo esto es en referencia a las características del suelo, tipo de cultivo, periodicidad de la aplicación y cantidad aplicada del abono. Los abonos orgánicos, corrigen deficiencias de elementos nutritivos debido a su lenta liberación y mejoran las condiciones físico-químicas y biológicas del suelo, así ayudan al desarrollo y crecimiento de las plantas (López-Arcos *et al.*, 2012). Para reforzar lo anterior Arreola-Enríquez *et al.* (2004) mencionan que la cantidad de elementos nutritivos primarios (N, P, K) se incrementa conforme a la dosis de aplicación de materia orgánica.

La incorporación de residuos orgánicos a un suelo puede mejorar sus propiedades físicas, químicas, biológicas o disminuir la degradación y contribuir a suplir nutrimentos en suelos donde se ha utilizado el monocultivo, desafortunadamente una de las limitaciones en la aplicación de los abonos orgánicos en el campo radica en la disponibilidad del insumo por parte de los productores (Arriche y Mora, 2005).

2.11 Características del vermicompost y del compost

La intensificación y desarrollo de las actividades agropecuarias han llevado

Consigo problemas de contaminación ambiental debido a la gran cantidad de materiales de desechos que producen. Una opción para combatir la contaminación ambiental es el vermicompost este representa una alternativa como abono para el cuidado de las plantas y el ambiente. Existe un mercado, que implica la crianza de lombrices para la producción de humus de lombriz con la finalidad de utilizar este material como abono en plantas (Ancona-Méndez *et al.*, 2006).

El vermicompost, es un proceso de bio-oxidación y estabilización de la materia orgánica, mediado por la acción metabólica combinada de lombrices y microorganismos, obteniendo un producto denominado vermicompost. Además, el vermicompost es conocido con muchos nombres comerciales, como: casting, humus de lombriz, lombricompost, lombrihumus, lombricompuesto. Esta práctica de biotransformación aprovecha varias ventajas derivadas de la actividad de ciertas especies epigeas de lombrices, que aceleran la descomposición de la materia (Paco-Gabriel *et al.*, 2011).

El vermicompost tiene aplicación para secuestrar herbicidas que se encuentran en el suelo y para biorremediación de suelos contaminados con metales pesados provenientes de desechos de la industria del cromado. También se ha reportado que el vermicompost disminuye el efecto de las sales sobre la germinación y el crecimiento de las plantas (Oliva *et al.*, 2008).

Por otra parte, Millaleo *et al.* (2006) mencionan que el compost puede ser elaborado con desechos ganaderos y vegetales, así como también de cualquier

otra fuente orgánica que al desintegrarse libere sustancias químicas y físicas. Por lo tanto el uso de compost tiene gran potencialidad en el manejo de suelos ácidos al mejorar sus condiciones químicas (Zapata *et al.*, 2005). De igual forma, Basil *et al.*, (2009) comentan que la utilización de compost de residuos urbanos como sustrato en contenedores es una alternativa interesante a nivel económico y ambiental, además los compost de residuos urbanos se están utilizando a nivel mundial como enmiendas o fertilizantes orgánicos para la producción en almácigos de plantas ornamentales, hortícolas y forestales.

Como complemento a lo anterior, se ha reconocido que la incorporación de compost y vermicompost tienen efecto positivo en el suelo, ya que modifica algunas de sus características físicas y químicas, como el aumento de la porosidad, disminución de la lámina de agua, disminución del pH y aumento de la conductividad eléctrica, disminuye los efectos del estrés por déficit de humedad, lo que puede evaluarse por los efectos positivos en el rendimiento y repercute en el aprovechamiento mayor de la humedad limitante en el sustrato por la planta (Aguilar-Benítez *et al.*, 2012; Olivares-Campos *et al.*, 2012).

2.12 Efecto de abonos orgánicos en el desarrollo y contenido de licopeno en diferentes cultivos

Galindo-Pardo *et al.* (2014), realizaron un experimento que consistió en la caracterización físico-química de sustratos orgánicos para la producción de pepino (*Cucumis sativus* L.), utilizando como sustratos estiércol solarizado, vermicompost, estiércol solarizado mas vermicompost, ellos reportaron mayor altura y

rendimiento en sistema de producción convencional, de tal manera que superó por 26 cm al vermicompost con un valor de 185 cm, siendo el mejor de los sustratos orgánicos.

Atiyeh *et al.*, (2001) evaluaron el estiércol de cerdo como fuente del vermicompost, como componente de un medio de crecimiento de plantas hortícolas y sus efectos sobre las propiedades físico-químicas y crecimiento, en el cual mencionan que el empleo de vermicompost como sustrato favorece el desarrollo de las plantas debido a su aporte de reguladores de crecimiento además de que mejora la porosidad, aireación, retención de agua en el medio y el alto contenido de nitrato, el cual favorece el buen desarrollo del cultivo.

Moreno-Reséndez *et al.*, (2005) mencionan que el vermicompost en combinación con el estiércol de caballo, estiércol de cabra, paja de alfalfa y residuo de jardín, satisfacen las necesidades del cultivo del tomate, por lo que el uso de sustratos puede sustituir satisfactoriamente a la fertilización química.

Pinho *et al.*, (2011) realizaron un experimento que consistió en desarrollar el cultivo de tomate con el sistema orgánico y convencional, el determino el impacto de estos en la calidad del tomate, encontraron niveles más altos de Licopeno en los tomates producidos orgánicamente.

Márquez-Hernández *et al.*, (2008) evaluaron la producción de tomate tipo bola desarrollado con abonos orgánicos, vermicompost y biocompost en diferentes

concentraciones, en el cual concluyeron que el empleo de sustratos orgánicos cubre las necesidades de elementos nutritivos requeridos por la planta y por lo tanto la calidad del fruto de tomate no se ve afectada.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área experimental

El experimento se realizó en el invernadero del Cuerpo Académico Sistemas Sustentables para la Producción Agropecuaria (CASISUPA) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro UL, durante el ciclo primavera – verano del 2014. Además, el contenido de licopeno fue determinado en el laboratorio de genética y análisis bioquímicos de la Universidad Politécnica de Gómez Palacios.

3.2 Diseño experimental

Los tratamientos fueron distribuidos en el invernadero usando un diseño completamente al azar y cada tratamiento conto con seis repeticiones. Al tratamiento T0 se le aplicó una solución nutritiva para satisfacer la demanda de elementos esenciales del tomate, para preparar esta solución se utilizaron los productos y cantidades que se describen en el Cuadro 3, considerando las etapas fenológicas del cultivo y experiencias preliminares respecto a la preparación de soluciones nutritivas a nivel local. Mientras que para los tratamientos (T1 – T12) solamente se aplicaron, como fuente nutritiva natural, los Abonos Orgánicos indicados en el Cuadro 4, estos productos pueden ser empleados como abonos de calidad.

Cuadro 3. Fertilizantes utilizados en la solución nutritiva en el cultivo de tomate, desarrollado en invernadero en el ciclo primavera – verano del 2014.

DDT	0 -35	36-50	51-144
H ₃ PO ₄ (mL)	123	123	123
Ca(NO ₃) ₂ (g)	330	330	330
KNO ₃ (g)	212	414	88
MgSO ₄ (g)	148	27	394
NH ₄ NO ₃ (g)	48	48	566

Los fertilizantes se diluyeron en 1000 litros de agua de la llave.

Cuadro 4. Tratamientos evaluados durante el desarrollo del tomate bajo condiciones controladas.

Tratamiento	Material	Abonos orgánicos (AO)	Perlita (P)
		Relación en volumen	
T0		0	100
T1	Vermicompost (VC)	1	1
T2	Vermicompost (VC)	1	2
T3	Vermicompost (VC)	1	3
T4	Vermicompost (VC)	1	4
T5	Compost Simple (CS)	1	1
T6	Compost Simple (CS)	1	2
T7	Compost Simple (CS)	1	3
T8	Compost Simple (CS)	1	4
T9	Compost con Yeso (CY)	1	1
T10	Compost con Yeso (CY)	1	2
T11	Compost con Yeso (CY)	1	3
T12	Compost con Yeso (CY)	1	4

3.3 Manejo agronómico del tomate en invernadero

Material vegetal

Se utilizó el híbrido de tomate saladette HMX 0853 (Harris Moran®). Este

genotipo aun no sale a la venta comercial por lo que solo es para fines de investigación.

Siembra

Esta actividad se llevó a cabo el 22 de febrero del 2014, se realizó en charolas de germinación de poliestireno de 200 cavidades previamente rellenas de Peat moss (Premier®) y humedecido con agua de la llave. Por cavidad se sembró una semilla, el riego se realizó con agua de la llave hasta el día del trasplante.

Trasplante

Se realizó el 12 de abril del 2014, cuando las plántulas alcanzaron en promedio de 12 a 15 cm de altura. Las plantas fueron trasplantadas a bolsas de polietileno negro, tipo vivero, calibre 500, rellenas de vermicompost (VC), compost simple (CS), compost con yeso (CY) y perlita, (de acuerdo a los tratamientos del cuadro 4), éstas fueron colocadas a doble hilera, con arreglo a tresbolillo, con una distancia entre plantas de 30 cm, dentro del invernadero.

Tutorado

El híbrido utilizado fue de crecimiento determinado. Cuando las plantas alcanzaron una altura de 25-30 cm se procedió a tutorarlas, se contó con una armazón metálica con cables donde se colocaron las rafias que sostenían las plantas, para lograr con ello un adecuado soporte. Con un extremo de la rafia se sujetaron las bolsas del sustrato y posteriormente la planta, el otro extremo de la

rafia se sujetó al armazón del invernadero, hasta que la planta quedara erecta y pudiera seguir creciendo sin problemas de acame hasta el final del experimento.

Podas

Semanalmente se eliminaron las yemas axilares, conocidas como chupones, con la finalidad de conducir la planta a un solo tallo y direccionar los fotosintatos hacia los racimos florales y frutales.

Control de plagas

Se llevó a cabo un control cultural para evitar la presencia de plagas y enfermedades. Para la presencia de araña roja (*Tetranychus urticae* C. L Koch) se realizaron riegos en los pasillos que existía entre plantas y de esa manera crear un ambiente desfavorable para la plaga. Además hubo atención especial en el acceso y evacuación del personal al invernadero para evitar problemas de mosquita blanca (*Bemisia tabaci*) el cual funcionó satisfactoriamente a pesar de eso se detectó presencia de mosquita blanca, aunque no ocasionó ningún daño debido a su baja población.

3.4 Variables evaluadas

Para las variables de calidad se utilizaron dos frutos por racimo, con excepción de la variable de contenido de licopeno debido que para ello solo se evaluaron dos frutos por repetición. Las variables evaluadas fueron: peso de fruto, diámetro polar, diámetro ecuatorial, espesor del pericarpio, número de lóculos, sólidos solubles (°Brix) y contenido de licopeno.

Peso de fruto

Para medir el peso se utilizó una báscula digital (Santorius®) dicha variable se registró en cada cosecha, los frutos utilizados fueron los dos centrales de cada racimo.

Diámetro polar

Para medir esta variable se colocó el fruto de forma vertical, posteriormente se utilizó un vernier (Foy tools®) de polo a polo registrando la longitud en centímetros.

Diámetro ecuatorial

Para determinar esta variable se colocó el fruto de forma transversal, posteriormente se utilizó el vernier (Foy tools®) registrando la longitud en centímetros.

Espesor del pericarpio

El espesor del pericarpio se determinó con la ayuda de un vernier tipo estándar (Foy tools®), para lo cual fue necesario cortar el tomate de forma ecuatorial, de inmediato se seleccionó una mitad para realizar la medición correspondiente.

Número de lóculos

Para determinar esta variable fue necesario partir de forma transversal los frutos, una vez partidos se procedió a contar el número de lóculos (cavidad del

fruto en la que están dispuestos los primordios seminales o las semillas).

Sólidos solubles

Para la variable sólidos solubles (°Brix) se utilizaron seis frutos por repetición, para esto se colocaron dos gotas de jugo de cada fruto sobre el cristal de lectura del refractómetro manual modelo MR32ATC (Milwaukee®).

Contenido de licopeno

Para determinar el contenido de licopeno los frutos se cosecharon en un mismo punto de maduración, posteriormente se colocaron en bolsas de plástico y se registraron debidamente según el tratamiento y repetición, los frutos fueron transportados en una hielera para mantenerlos en buen estado, después fueron transportados de inmediato al laboratorio de Investigación de la Universidad Politécnica de Gómez Palacios.

Preparación de las muestras

Las muestras de tomate fueron molidas en una licuadora Hamilton Beach a alta velocidad y conservadas en bolsas de polietileno transparente.

Extracción de licopeno

Se pesaron 2.0 gramos de cada muestra de tomate para extraer el licopeno y se depositaron en tubos CORNING Centrisar TM con tapa de rosca y capacidad de 14 mL. A la muestra pesada se le adicionaron los siguientes solventes: 2 mL de acetona, 2 mL de metanol y 2 mL de hexano y se agitaron en vortex a 3000 rpm

durante un minuto con la finalidad de mezclar los solventes con la muestra. Posteriormente se agitaron durante 15 min en un agitador de vaivén Test Tube Rocker a 20 rpm (marca UNICO modelo L-TTR-200). Al terminar la agitación se agregó 1 mL de agua destilada con la finalidad de separar las fases. Se extrajo la fase superior con ayuda de una pipeta Pasteur y se depositó en viales, por triplicado y se congeló a -70° C hasta el momento de la lectura.

Cuantificación de licopeno

Se realizó por Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC), utilizando una fase móvil compuesta por: Acetonitrilo 68 %, Metanol 12 % y propanol 20 %. Las muestras fueron inyectadas una a una en HPLC Agilent 1200 Series, en el que se instaló una columna Supelco Discovery® C18 y leídas a 760 nM.

3.5 Análisis estadístico

Los datos registrados en cada una de las variables evaluadas fueron sometidos a un análisis de varianza y cuando se determinaron diferencias significativas, las medias de tratamiento fueron sometidas a la prueba comparación de Tukey al 5 %.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Antes de dar a conocer los resultados es de suma importancia aclarar que el tratamiento cinco T5 (CS: P; 1:2), no prospero ya que todas las plantas fallecieron a los 10 días después del trasplante, esto se debe a que las condiciones del sustrato no fueron adecuadas, provocando que se iniciara el proceso de pudrición radicular debido al exceso de agua y por consecuencia poca oxigenación del sistema radicular, esto se debe a que el sustrato presentó mala infiltración.

4.1 Peso de fruto

Para esta variable, el análisis estadístico mostro diferencia altamente significativa ($p \geq 0.0001$), entre los tratamientos en estudio, con un coeficiente de variación de 23.16 % (Cuadro 1A). Cabe mencionar que el peso de frutos registrado en los tratamientos T1, T2, T3, T4, y T8 superaron al testigo (T0) hasta en un 33 % (Figura 1). Con respecto a los resultados antes mencionados se puede deducir que vermicompost en todas sus combinaciones con perlita Y el compost simple únicamente en la mezcla (CS: P; 1:4), favorecieron un mayor peso de fruto en comparación con la fertilización química. También cabe resaltar que en el T4 (VC: P; 1:4) se presentó el mayor peso de fruto de tomate con 91. 92 g, y superó en al menos un 25.03 % al peso de los frutos de los tratamientos restantes. Este

valor también superó en 27.13 % al valor registrado por Urrieta-Velázquez *et al.*, (2010), quienes reportaron frutos con peso de 66.98 g como valor máximo, con el uso de Peat moss como sustrato, y empleo de solución nutritiva steiner. Sin embargo el peso de fruto registrado en este experimento fue ampliamente superado por los valores reportados por Ortega-Martínez *et al.*, (2010) quienes mencionan haber obtenido frutos con peso de 107 g con el empleo de aserrín mas composta como sustrato.

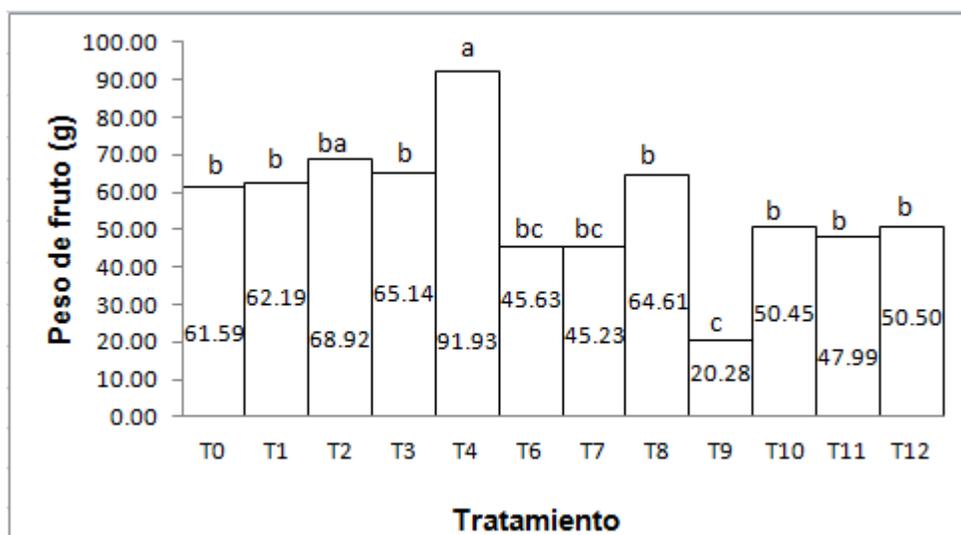


Figura 1. Peso de fruto de tomate desarrollado con diferentes abonos orgánicos en invernadero. * Letras iguales entre columnas son estadísticamente iguales.

4.2 Diámetro polar

Para esta variable, el análisis estadístico detectó diferencias altamente significativas ($p \geq 0.0001$), entre los distintos tratamientos con un coeficiente de variación de 13.11 % (Cuadro 2A). Por tanto todos los tratamientos fueron estadísticamente iguales excepto el T9 (CY: P; 1:1) presentó el menor valor con 3.1 cm, el cual fue superado en al menos un 34.39 %. El tratamiento con el mayor

diámetro polar fue el T4 (VC: P; 1:4) con 5.93 cm, (Figura 2) este valor fue ligeramente mayor al reportado por Vázquez-Vázquez *et al.*, (2015), quienes registraron valores de 5.8 cm con el uso de compost como sustrato, aunque fue menor respecto a los datos reportados por Márquez- Quiroz *et al.*, (2014) con un promedio de 6.4 cm de diámetro polar, con el empleo de mezcla de arena con vermicompost (A: VC; 1:1) mas té de vermicompost. Es importante mencionar que los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T8 superaron al testigo (T0) con hasta 8.1 %. De acuerdo a lo antes planteado se puede deducir que vermicompost en todas sus combinaciones, así como el compost simple en la combinación (CS: P; 1:4), mejoran considerablemente el tamaño del fruto de tomate, se supone esto se debe a que los abonos orgánicos en concentraciones bajas crean un ambiente favorable para el sistema radicular de la planta.

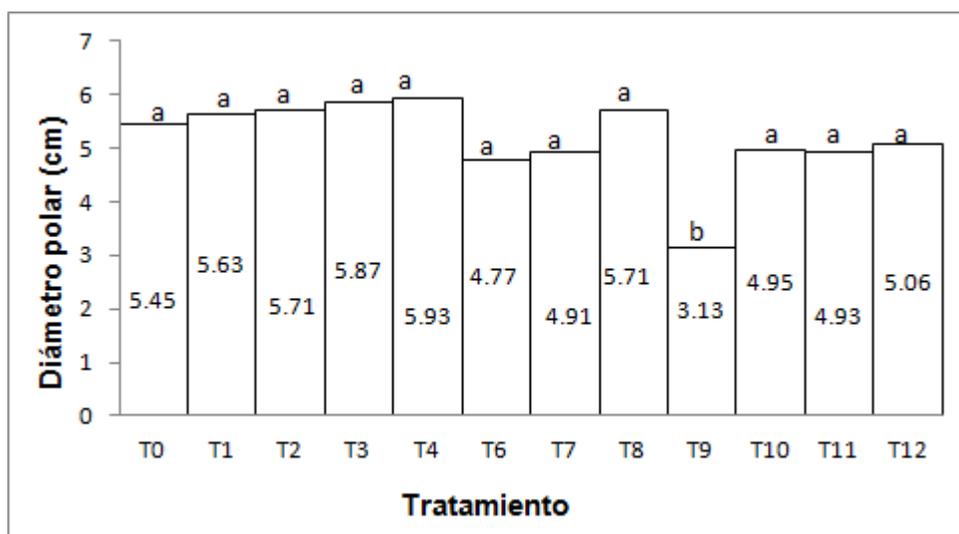


Figura 2. Diámetro polar de tomate desarrollado con diferentes abonos orgánicos en invernadero.* Letras iguales entre columnas son estadísticamente iguales.

4.3 Diámetro ecuatorial

Para esta variable, el análisis de variancia detecto diferencias altamente significativas ($p \geq 0.0001$), entre los diferentes tratamientos evaluados con un coeficiente de variación de 10.50 % (Cuadro 3A). Por tanto todos los tratamientos fueron estadísticamente iguales excepto el T9 (CY: P; 1;1) el cual fue superado en al menos un 23.6 %. Los tratamiento con el mayor diámetro ecuatorial fueron el T4 (VC: P; 1:4) y el T2 (VC: P; 1:2) con 4.61 cm (Figura 3), estos datos son inferiores a los datos reportados por Villegas-Cota *et al.*, (2004), utilizando arena de tezontle rojo como sustrato con solución nutritiva obtuvieron diámetro ecuatorial de 6.0 cm. Además es conveniente indicar que el valor del testigo (T0), fue inferior hasta un 6.5 % a los tratamientos T4, T2, T3, T8 Y T1. Por lo tanto se considera que el uso de sustratos orgánicos en bajas concentraciones favorece el crecimiento adecuado de los frutos y potencialmente puede sustituir el uso de fertilizantes sintéticos o inorgánicos, sin que demerite la calidad de ellos.

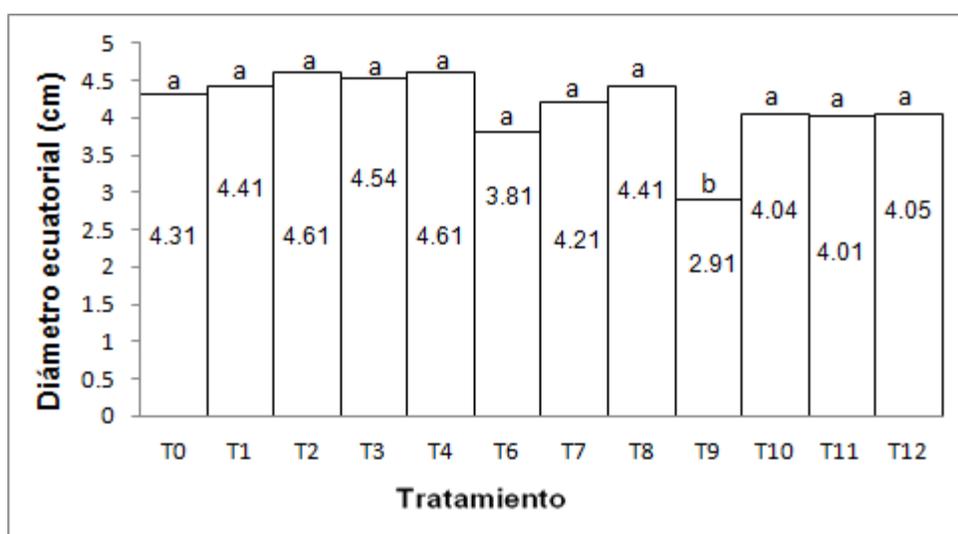


Figura 3. Diámetro ecuatorial de tomate desarrollado con diferentes abonos orgánicos en invernadero.* Letras iguales entre columnas son estadísticamente iguales.

4.4 Espesor del pericarpio

Para esta variable el análisis estadístico registró diferencia altamente significativa ($p \geq 0.0001$), entre los diferentes tratamientos, obteniendo un promedio de 5.5 mm con un coeficiente de variación de 23.53 % (Cuadro 4A). Resulta oportuno mencionar que todos los tratamientos fueron estadísticamente iguales, excepto el T8 (CS: P; 1:4) como se observa en la Figura 4, el cual presentó el mayor grosor de pericarpio con 9.2 mm. Se presume que los tratamientos con baja concentración de abonos orgánicos favorece al grosor de pericarpio y por lo tanto la vida de anaquel del fruto de tomate. Este resultado fue superior a los datos reportados por Rodríguez-Dimas *et al.*, (2009) ya que reportaron 8 mm de espesor de pericarpio, con el empleo de sustratos orgánicos. Así mismo es conveniente indicar que el testigo (T0) fue inferior en al menos, 1.76 % a los tratamientos T8, T4, T2, T3 Y T1. Tomando en cuenta lo anterior resulta factible el uso de sustratos orgánicos debido a que proporciona mejores características a los frutos de tomate.

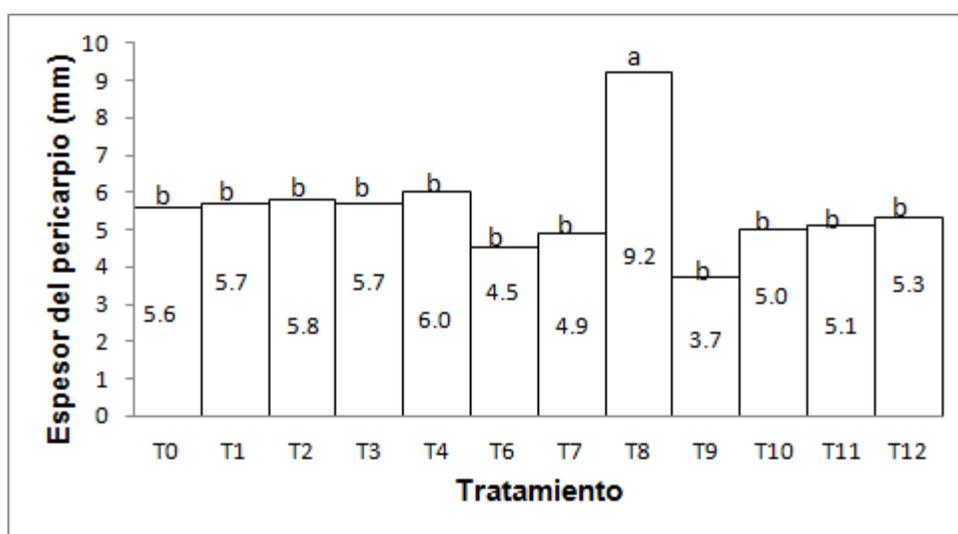


Figura 4. Espesor del pericarpio de tomate desarrollado con diferentes abonos orgánicos en invernadero.* Letras iguales entre columnas son estadísticamente iguales.

4.5 Número de lóculos

Para el número de lóculos, el análisis estadístico encontró diferencia ($p \geq 0.0362$) entre los tratamientos evaluados. Se obtuvo un promedio de 3 lóculos y el coeficiente de variación fue de 10.36 % (Cuadro 5A). Este resultado fue menor al reportado por Márquez-Hernández *et al.*, (2008) quienes reportan un promedio de 4 lóculos con la utilización de Vermicompost y Biocompost. El mayor número de lóculos se presentó en el tratamiento T2 (VC: P; 1:2) con 2.9, el más bajo se encontró en los tratamientos T4 (VC: P; 1:4) y T6 (CS: P; 1:2) con 2.4 lóculos (Figura 5).

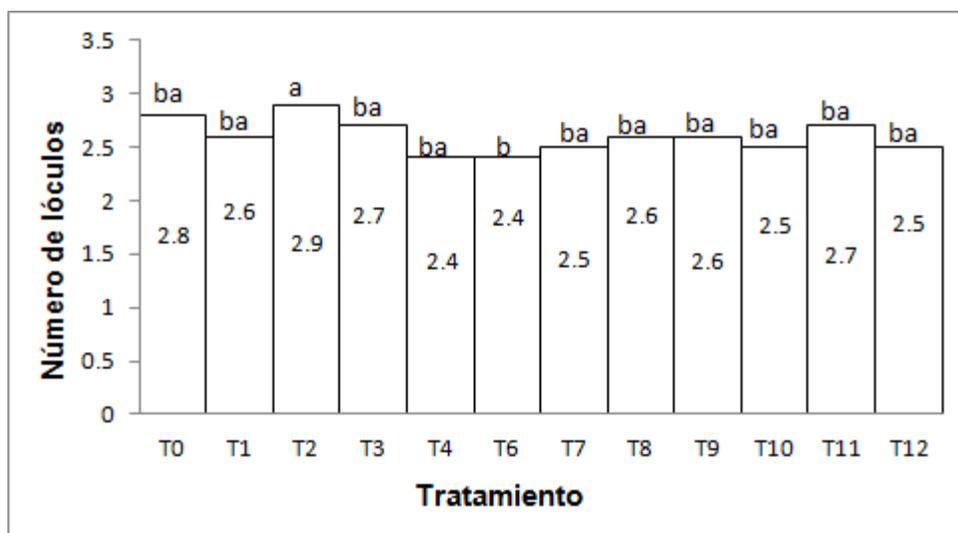


Figura 5. Número de lóculos de tomate desarrollado con diferentes abonos orgánicos en invernadero. * Letras iguales entre columnas son estadísticamente iguales.

4.6 Sólidos solubles

Para esta variable el análisis de varianza registró diferencia estadística altamente significativa ($p \geq 0.0063$) entre los tratamientos evaluados, con un coeficiente de variación de 14.29 % (Cuadro 6A). El valor más elevado lo registro

el tratamiento T9 (Compost con yeso y perlita; 1:1) con 7.04 °Brix, el valor más bajo se registró en el tratamiento T4 (Vermicompost y perlita; 1:4) con 4.8 °Brix. Como se puede observar en el Figura 6, el contenidos de sólidos solubles se ve reducido por la baja concentración de abonos orgánicos, los datos obtenidos rebasan claramente a los valores reportados por Casierra-Posada *et al.*, (2010), quienes reportan valores de entre 2 y 3 °Brix en campo, por su parte Moreno-Reséndez *et al.*, (2008) reportaron el valor más alto 6.2 °Brix con el uso de vermicompost. Por su parte, Arana *et al.*, (2007) indican que un fruto de tomate de calidad debe de presentar un rango de variación de 4 a 6 °Brix para el contenido de sólidos solubles, lo cual permite suponer que el uso de sustratos orgánicos proporcionan un contenido óptimo de sólidos solubles.

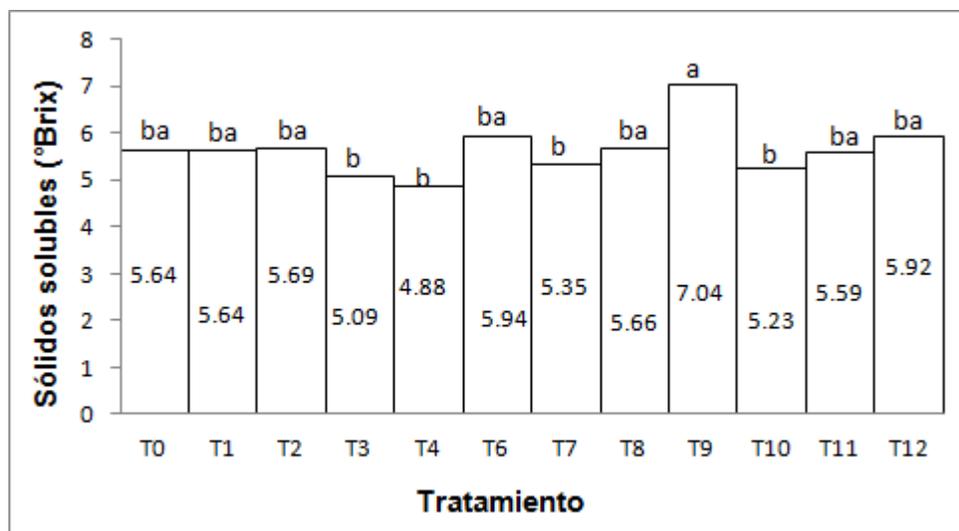


Figura 6. Sólidos solubles de tomate desarrollado con diferentes abonos orgánicos en invernadero. * Letras iguales entre columnas son estadísticamente iguales.

4.7 Contenido de licopeno

El análisis estadístico no detectó diferencias significativas ($p \geq 0.01156$) entre los tratamientos evaluados (Cuadro 7A). Se registró un contenido promedio de licopeno de $4.73 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de muestra fresca de tomate, con un coeficiente de variación de 37.8 %. Aunque no se presentaron diferencias estadísticas para esta variable el tratamiento que presentó el mayor contenido de licopeno fue el T0 (testigo) con $6.45 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de muestra fresca de tomate superando en al menos 11.37% a los tratamientos orgánicos.

En la Figura 7 se puede apreciar que el contenido de licopeno se ve favorecido por la baja concentración de vermicompost y el compost simple, por otro lado, el compost con yeso en altas concentraciones proporciona frutos con mayor contenido de licopeno, se presume esto se debe a que el VC y CS en altas concentraciones presentan altos niveles de sales y generan un ambiente desfavorable para el sistema radicular a diferencia del CY, ya que el yeso reduce el contenido de sales, además mejora la estructura del sustrato, permitiendo una ventilación adecuada.

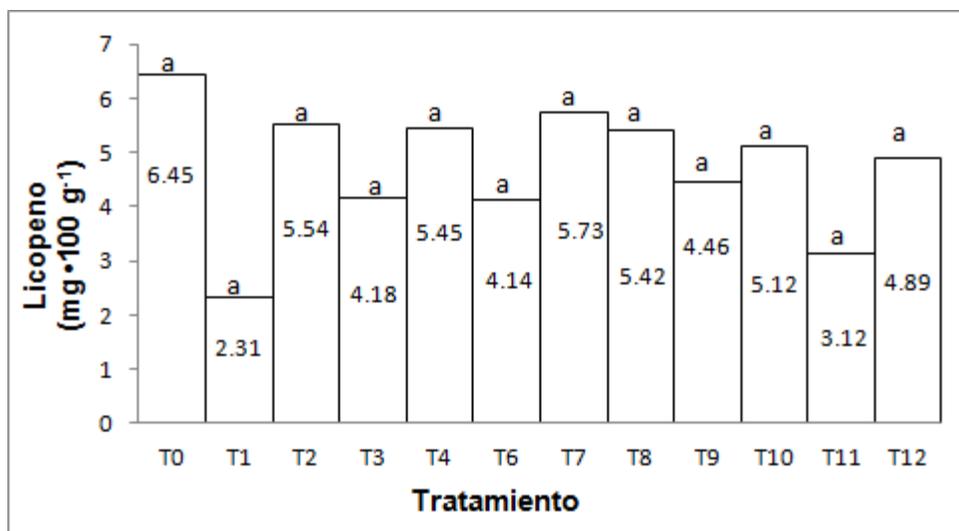


Figura 7. Contenido de licopeno en tomate desarrollado con diferentes abonos orgánicos en invernadero.* Letras iguales entre columnas son estadísticamente iguales.

Los resultados obtenidos coinciden con lo mencionado por Ulrichs *et al.*, (2008) quienes realizaron un experimento comparativo entre la producción orgánica y la convencional, con respecto al contenido de licopeno en el cual tampoco encontraron diferencias significativas por lo que comentan que el sistema de producción orgánica es capaz de mantener la cantidad de licopeno en el tomate. Por su parte, (Ramírez *et al.*, 2010) realizaron una investigación con tomate bola, en el cual señalan que el contenido de licopeno en tomate depende fundamentalmente del estado de maduración en el momento de la cosecha debido a que ellos encontraron mayor contenido de licopeno en frutos con hombros verdes que en los frutos analizados al inicio de maduración. Además (Vitale *et al.*, 2010) mencionan que el contenido de licopeno depende del cultivar (híbrido o de la variedad) utilizado y de las condiciones ambientales.

V. CONCLUSIÓN

En este experimento se concluye que el empleo de los abonos orgánicos vermicompost, compost simple y compost con yeso, como parte de los sustratos de crecimiento favoreció la calidad del fruto de tomate debido a que no se utilizó fertilizantes sintéticos y a que las plantas concluyeron su ciclo vegetativo. Esto permite suponer que los sustratos orgánicos poseen la capacidad para soportar el desarrollo de los cultivos hortícolas, debido a sus características físicas, químicas y biológicas. Cabe resaltar que el empleo de vermicompost en sus diferentes concentraciones superaron al compost simple y compost con yeso debido a que se obtuvieron frutos con mejores características de peso, diámetro ecuatorial, diámetro polar y número de lóculos con acepción de sólidos solubles y espesor de pericarpio ya que en estas variables se reportaron datos inferiores a los encontrados en compost simple y compost con yeso.

Para el contenido de licopeno, se puede concluir que la utilización de sustratos orgánicos (vermicompost, compost simple y compost con yeso) no influyó en su contenido, por lo que es viable la utilización de dichos sustratos en la producción de tomate sin el riesgo de presentar deficiencia en el contenido de licopeno.

VI. LITERATURA CITADA

- Adriano-Anaya, M. de L., Lara-Pérez, Y., Vázquez-Ovando, A., Ramos-Pérez, D. G., Miguel-Salvador, F. M., 2013. 8 Quehacer Científico en Chiapas. 8 (2): 61-68.
- Aguilar-Benítez, G., Peña-Valdivia, C. B., García-Nava, J. R., Ramírez-Vallejo, P., Benedicto-Valdés, S. G., Molina-Galan, J. D., 2012. Rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en relación con la concentración de vermicompost y déficit de humedad en el sustrato. *Agrociencia*. 46 (1): 37-50.
- Álvarez-Solís, D., Gómez-Velasco, D. A., León-Martínez, S. N., Gutiérrez-Miceli, A. F., 2010. Manejo integrado de fertilizantes y abonos orgánicos en el cultivo de maíz. *Agrociencia*. 44 (5): 575-586.
- Ancona-Méndez, L., Pech-Martínez, V., Flores-Novelo, A., 2006. Perfil del mercado de la vermicomposta como abono para jardín en la ciudad de Mérida, Yucatán, México. *Revista Mexicana de Agronegocios*. 10(19):
- Arana, I., Jarén C., Arazuri S., García, G. M. J., Ursua, A., Riga P., 2007. Calidad del tomate fresco: técnica de cultivo y variedad.
- Arreola-Enríquez, J., Palma-López, D. J., Salgado-García, S., Camacho-Chiu, W., Obrador-Olan, J. J., Juárez-López, L. J. F., Pastrana-Aponte, L., 2004.

- Evaluación de abono organo-mineral de cachaza en la producción y calidad de la caña de azúcar. *Terra Latinoamericana*. 22 (3): 351-357.
- Arrieche I y Mora O. 2005. Efecto de la aplicación de residuos orgánicos sobre el cultivo del maíz en suelos degradados del Estado Yaracuy, Venezuela. *Bioagro*. 17(3):
- 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.
- Barański, M., Srednicka-Tober, D., Volakakis, N., Seal C., Sanderson, R., Stewart, G. B., Benbrook, C., Biavati, B., Markellou, E., Giotis C., Gromadzka-Ostrowska, J., Rembiałkowska, E., Skwarło-Sońta, K., Tahvonen, R., Janovská, D., Niggli, U., Nicot, P., Leifert, C., 2014 . Higher antioxidant and lower cadmium concentrations and lower incidence of pesticide residues in organically grown crops: a systematic literature review and meta-analyses. *British Journal of Nutrition*. 112, 794–811.
- Basil, G., Mazzarino, M. J., Roselli, L., Letourneau, F., 2009. Efecto del Compost de Biosólidos en la producción de plantines de *Austrocedrus Chilensis* (ciprés de la cordillera). *Cl. Suelo (Argentina)* 27(1): 49-55.
- Boza-Martínez, S., 2010. Desafío del desarrollo: la agricultura orgánica como parte de una estrategia de mitigación de la pobreza rural en México. *Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*. 19(37): 92-111.

- Cama-Pinto, A., Gil-Montoya, F., Gómez-López, J., García-Cruz, A., Manzano-Agugliaro, F., 2014. Sistema inalámbrico de monitorización para cultivos en invernadero. *Dyna*. 81 (184): 164-170.
- Candelas-Cadillo, M. G., Alanís-Guzman, M. G. J., Bautista-Justo, M., Del Río-Olague, F.; García-Díaz, C., 2005. Contenido de licopeno en jugo de tomate secado por aspersion. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. 4(3): 299-307.
- Carranco-Jáuregui, M. E., Calvo-Carrillo, M. C., Pérez-Gil, F. R., 2011. Carotenoides y su función antioxidante: Revisión. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 61(3): 233-241.
- Casierra-Posada, F., Álvarez J. O., Luque-Sanabria, N., 2010. Calidad de frutos en tomate (*Solanum lycopersicum* L. cv.Rocío) producidos bajo coberturas reflectiva y plástica. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*.4 (1): 67-80.
- Cid-Aguayo, B. 2011. Agroecología y agricultura orgánica en Chile: entre convencionalización y ciudadanía ambiental. *Agroalimentaria*. 17(32):15-27.
- Cruz-Bojórquez, R. M., González-Gallego, J., Sánchez-Collado, P., 2013. Propiedades funcionales y beneficios para la salud del licopeno. *Nutrición Hospitalaria*. 28(1):6-15.
- De la Cruz- Iázaro, E., Estrada-Bbotello, M., Robledo-Torres, V., Osorio-Osorio, R., Márquez-Hernández, C., Sánchez-Hernandez, R., 2009. Producción de tomate en invernadero con composta y vermicomposta como sustrato. *Universidad y ciencia*. 25 (1): 59-67.

- De la Cruz-Lázaro, E., Osorio-Osorio, R., Martínez-Moreno., E., Lozano-del Riol., Gómez-Vázquez, A., Sanchez-Hernandez, Rufo., 2010. Uso de compostas y vermicompostas para la producción de tomate orgánico en invernadero. *Interciencia*, 35 (5): 363-368.
- Del Villar-Martínez, A. A., Serrato-Cruz, M. Á., Solano-Navarro, A., Arenas-Ocampo, M. L., Quintero-Gutierrez, A. G., Sánchez-Millan, J. L., Evangelista-Lozano, S., Jiménez-Aaparicio, A., García-Jimenez. F. A., Vanegas-Espinoza. P. E., 2007. Carotinoides en *Tagetes Erecta* L. La modificación genética como alternativa. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 30 (2): 109-118.
- Fernández, C., Pitre, A., Llobregat, M. J., Rondón, Y., 2007. Evaluación del Contenido de Licopeno en Pastas de Tomate Comerciales. *Información Tecnológica*. 18(3): 31-38.
- Flores, J., Ojeda-Bustamante, W., López, I., Rojano, A., Salaza,r I., 2007. Requerimientos de riego para tomate de invernadero. *Terra Latinoamericana*. 25 (2): 127-134.
- Fortis-Hernández, M., Preciado-Rangel, P., García-Hernandez, J. L., Navarro-Brabo, A., González, J. A., Omaña-Silvestre. J. M., 2012. Sustratos orgánicos en la producción de chile pimiento morrón. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. 3 (6): 1203-1216.
- Galindo-Pardo, F. V., Fortis-Hernandez, M., Preciado-Rangel, P. Trejo-Valencia. R., Segura-Castruita, M. A., Orozco-Vidal. J. A., 2014. Caracterización físico-química de sustratos orgánicos para producción de pepino (*Cucumis*

- sativus* L.) bajo sistema protegido. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 5 (7): 1219-1232.
- Hernández-Leal, E., Lobato-Ortiz. R., García-Zavala, J. J., Reyes-Lopez, D., Méndez-Lopez, A., Bonilla-Barrientos, O., Hernández-Bautista, A., 2013. Comportamiento agronómico de poblaciones F2 de híbridos de tomate. Revista fitotecnia mexicana. 36(3):
- Hernández-Martínez, J., García-Mata, R., Vaca, A., Valdivia-Alcalá, R., Omaña-Silvestre, J. M., 2004. Evolución de la competitividad y rentabilidad del cultivo del tomate rojo (*Lycopersicon esculentum* L.) en Sinaloa, México. Agrociencia. 38 (4): 431-436.
- Jaramillo, N. J., Rodríguez, V. P., Guzmán, A. M., Zapata. M., Rengifo M. T., 2007. Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción. Pp: 13-301.
- Jasso-Cheverria, C., Martinez-Gamiño, M. A., Chavez-Vazquez, J. R., Ramirez-Telles, J. A., Garza-Urbina, E., 2012. Guía para cultivar jitomate en condiciones de maya sombra en san Luis potosí. Folleto Técnico.
- Johns, T. y Maundu, P. 2006. La biodiversidad forestal, la nutrición y la salud de la población en los sistemas alimentarios orientados al mercado. Unasyuva. 57(224): 34 – 40.
- Juárez-López, P., Bugarín-Montoya, R., Castro-Brindis, R., Sánchez-Monteón, A. L., Cruz-Crespo, E., Juárez-Rosete, R. C., Alejo-Santiago, G., Balois-Morales, R., 2011. Estructuras utilizadas en la agricultura protegida. 3 (8): 21-27
- Leyva-Mir, S. G., González-Solano, C. M., Rodríguez-Pérez. J. E., Montalvo-Hernández, D., 2013. Comportamiento de líneas avanzadas de tomate

- (*Solanum lycopersicum L.*) a fitopatógenos en Chapingo, México. Revista Chapingo. Serie horticultura. 19 (3): 301-313.
- López, R. y Contreras F., 2007. Sistemas de producción agrícola sostenible en los Andes de Venezuela. Agricultura Orgánica Avances en Química. 2 (3): 23-33.
- López, R. y Echeverri F., 2007. ¿Son seguros y efectivos los antioxidantes?. Scientia et technica. 13 (33): 41 – 44.
- López-Arcos, M., Poot-Matu, J. E., Mijangos-Cortez, M. A., 2012. Respuesta del chile habanero (*Capsicum chinense L. Jacq*) al suministro de abono orgánico en Tabasco, México. Revista Científica UDO Agrícola. 12 (2): 307-312.
- Márquez-Hernández, C., Cano-Ríos, P., Rodríguez-Dimas, N., 2008. Uso de sustratos orgánicos para la producción de tomate en invernadero. Agricultura Técnica en México. 34 (1): 69-74.
- Márquez-Quiroz, C., Cano-Ríos, P., Moreno-Reséndez, A., Figueroa-Viramontes. U., Sánchez-Chávez, E., Cruz-Lázaro, E. de la., Robledo-Torrez, V., 2014. Efecto de la fertilización orgánica sobre el rendimiento y contenido nutricional de tomate saladette en invernadero. ITEA. 110 (1): 3-17.
- Millaleo, M. R., Montecinos, C. U., Rubio, R. H., Contreras, A. N., Borie, F. B., 2006. Efecto de la adición de compost sobre propágulos micorrícicos arbusculares en un suelo volcánico del centro sur de Chile. 6 (3):26-39.
- Moreno-Reséndez, A., García-Gutiérrez. L., Cano-Ríos, P., Martínez-Cueto, V., Márquez-Hernández, C., Rodríguez-Dimas, N., 2014. Desarrollo del cultivo

- de melón (*Cucumis melo*) con vermicompost bajo condiciones de invernadero. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*. 1(2): 163-173.
- Moreno-Reséndez, A., Gómez-Fuentes, L., Cano-Ríos, P., Martínez-Cueto, V., Reyes-Carrillo, J. L., Puente-Manriquez, J. L., Rodríguez-Dimas, N., 2008. Genotipos de tomate en mezclas de vermicompost: arena en invernadero. *Terra Latinoamericana*. 26 (2): 103-109.
- Moreno-Reséndez, A., Valdés-Perezgasga, M. T., Zarate-López, T., 2005. Desarrollo de tomate en sustratos de vermicompost/arena bajo condiciones de invernadero. *Agricultura Técnica (Chile)*. 65(1):26-34.
- Nieto-Garibay, A., Murillo-Amador, B., Troyo-Dieguez, E., Larrinaga-Mayoral, J. A., García-Hernández, J. L., 2002. El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible del chile (*Capsicum annuum* L.) en zonas áridas. *Interciencia*. 27 (8): 417-421.
- Ochoa-Martínez, E., Figueroa-Viramontes, U., Cano-Ríos, P., Preciado-Rangel, P., Moreno-Reséndez, A., Rodríguez-Dimas, N., 2009. Té de composta como fertilizante orgánico en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* mill.) en invernadero. *Revista Chapingo*. 15 (3): 245-250.
- Oliva, M. A., Rincón, R., Zenteno, E., Pinto, A., Dendooven, L., Gutiérrez, F., 2008. Rol del vermicompost frente al estrés por cloruro de sodio en el crecimiento y fotosíntesis en plántulas de tamarindo (*tamarindusindica* L.). *Gayana Bot.* 65(1): 10-17.
- Olivares-Campos, MA., Hernández-Rodríguez, A., Vences-Contreras, C., Jáquez-Balderrama, JL., Ojeda-Barrios, D., 2012. Lombricomposta y composta de

- estiércol de ganado vacuno lechero como fertilizantes y mejoradores de suelo. *Universidad y ciencia*. 28(1):27-37.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). 2015. Nota descriptiva. Enfermedades no transmisibles <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs355/es/>
- Ortega-Martínez, L. D., Sánchez-Olarte, J., Ocampo-Mendoza, J., Sandoval-Castro, E., Salcido-Ramos, B. A., Manzo-Ramos, F., 2010. Efecto de diferentes sustratos en crecimiento y rendimiento de tomate (*Lycopersicon esculentum mill*) bajo condiciones de invernadero. *Revista de Sociedad Cultura y Desarrollo Sustentable*. 6 (3): 339-346.
- Paco-Gabriel., Loza-Murguía, M., Mamani F., Sainz H., 2011. Efecto de la Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*) durante el composteo y vermicomposteo en predios de la Estación Experimental de la Unidad Académica Campesina Carmen Pampa. *Selva Andina Research Society*. 2(2):24-39.
- Perdomo, F. Cabrera, F. F., Cabrera, J., Serra, M. L., 2012. Influencia del procedimiento culinario sobre la biodisponibilidad del licopeno en el tomate. *Nutrición Hospitalaria*. 27(5):1542-1546.
- Pérez-Calderón, J., 2006. La política de fomento a la agricultura orgánica. *El Cotidiano*. 21 (139): 101-106.
- Periago, M. J., Martínez-Valverde, I., Ros, G., Martínez, C., López, G., 2001. Propiedades químicas, biológicas y valor nutritivo del licopeno. *AN. VET. (MURCIA)* 17: 51-66.
- Pinhol, L., Christina A. A., Costa, I C. A., D. Paes II, M. C., A. Glórial, M. B., Souza, R. M., 2011. Nutritional properties of cherry tomatoes harvested at different

- times and grown in an organic cropping. *Horticultura Brasileira*. 29 (2): 205-211.
- Plana, D., Álvarez, M., Lara, R. M., 2006. Desórdenes de la maduración expresados en genotipos de tomate cultivados en cuba. *Cultivos Tropicales*. 27 (3): 75-81.
- Ramírez, H., Herrera-Games, B., Benavides-Mendoza, A., Rancaño-Arriola, J. H., Álvarez-Mares, V., Amado-Ramirez, C., Martínez-Osorio, A., 2010. Prohexadiona de calcio incrementa la capacidad antioxidante, el contenido de licopeno y la actividad enzimática en frutos de tomate floradade. *Revista chapingo serie horticultura*. 16 (3): 155-160.
- Roa, A. V., Ray, MR., Rao, L. G. 2006. Licopene. *Advances in food and nutrition. Research* 51: 99-164.
- Rodríguez-Dimas, N., Cano-Ríos, P., Figueroa-Viramontes, U., Favela-Chavez, E., Moreno-Reséndez, A., Márquez-Hernández, C., Ochoa-Martinez, E., Preciado-Rangel, P., 2009. Uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero. *Terra Latinoamericana*. 27 (4): 319-327.
- Rodríguez-Dimas, N., cano-Ríos, P., Figueroa-Viramontes, U., Palomo-Gil, A., Favela-Chávez. E., Álvarez-Reyna, V. D., Márquez-Hernández. C., Moreno-Reséndez, A., 2008. Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. *Revista fitotecnia mexicana*. 31 (003): 265-272.
- Salazar-Moreno, R., Cruz-Meza, P., Rojano-Aguilar, A., 2012. Eficiencia en el uso de la energía en invernaderos mexicanos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. (4):736-742.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) 2008. Abonos orgánicos. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/>

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) 2010. Monografía del cultivo de tomate. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/>.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2012. Agricultura Protegida. Disponible en: <http://2006-2012.sagarpa.gob.mx/>.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesca (SIAP) 2015. México se consolida como principal exportador de tomate. <http://ntrzacatecas.com/>.

Servicio de Información Agroalimentaria Y Pesquera, México (SIAP) 2014. Tomate rojo (jitomate). Consultado en: <http://www.siap.gob.mx/>.

Sistema Integrado de Información Taxonómica de Norte América (ITIS) 2015. Disponible en: <http://www.itis.gov/>.

Torresani, M. E., 2009. Asociación entre riesgo cardiovascular y consumo de licopeno en mujeres pre y postmenopáusicas. Archivos latinoamericanos de nutrición. 59 (2): 120 - 127.

Ulrichs C., Fischer G., Büttner C., Mewis I., 2008. Comparación de licopeno, β -caroteno y contenidos fenólicos de tomate utilizando prácticas hortícolas convencionales y ecológicas, y los hongos micorrícicos arbusculares (HMA). Agronomía Colombiana. 26(1): 40-46.

- Uroz- Soraya., 2012. Caracterización de variedades locales de solanáceas: cuatro de tomate y tres de pimiento. Máster de Agricultura Ecológica, UB. p. 39.
- Urrieta-Velázquez J. A., Rodríguez-Mendoza, M. de la N., Ramírez-Vallego, P., Baca-Castillo, G. A., Ruiz-Posada, L. del M., Cueto-Wong, J. A., 2010. Variables de producción y calidad de tres selecciones de jitomate de costilla (*solanum lycopersicum l*). Revista Chapingo. Serie Horticultura.18(3): 371-381.
- Vázquez-Vázquez P., García-Lopez, M. Z., Navarro-Cortez, M. C., García-Hernandez, D., 2015. Efecto de la composta y té de composta en el crecimiento y producción de tomate (*lycopersicon esculentum mill.*) en invernadero. Revista Mexicana de Agronegocios. 19 (36): 1351-1356.
- Velasco-Hernández, E., Miranda V. I., Nieto A. R., Villegas R. H., 2004. Evaluación de sustratos y variedades en la producción protegida de jitomate. Revista Chapingo Serie Horticultura. 10(2): 239-246.
- Villegas-Cota, J. R., González-Hernández, V. A., Carrillo-Salazar, J. A., Livera-Muñoz, M., Sánchez-Castillo, F., Osuna-Enciso, T., 2004. Crecimiento y rendimiento de tomate en respuesta a densidades de población en dos sistemas de producción. Revista Fitotecnia Mexicana. 27 (4): 333-338.
- Vitale, A. A., Bernatene A. E., Pomilio B. A., 2010. Carotenoides en quimiopreención: Licopeno. Acta Bioquím Clín Latinoam. 44 (2): 195-238
- Waliszewski, k, N y Blasco, G., 2010 Propiedades nutraceuticas del licopeno. Salud pública de México. 52 (3): 254-265.

Zapata N., Guerrero F., Polo A., 2005. Evaluación de Corteza de Pino y Residuos Urbanos como Componentes de Sustratos de Cultivo. Agricultura Técnica (Chile) 65(4):387-387.

VII. APÉNDICE

Cuadro 1A. Análisis de varianza para peso de fruto, para evaluar el comportamiento del tomate desarrollado con diferentes sustratos orgánicos.

FV	GL	C.S	C.M	FC	Pr > F
Tratamiento	11	19855.92	1805.08	10.65	0.0001
Error	60	10168.41	169.47		
Total	71	30024.34			
CV (%)	23.16				
Media	56.20				

Cuadro 2A. Análisis de varianza para diámetro polar, para evaluar el comportamiento del tomate desarrollado con diferentes sustratos orgánicos.

FV	GL	C.S	C.M	FC	Pr > F
Tratamiento	11	38.52	3.50	7.60	0.0001
Error	60	27.63	0.46		
Total	71	66.16			
CV (%)	13.11				
Media	5.17				

Cuadro 3A. Análisis de varianza para diámetro ecuatorial, para evaluar el comportamiento del tomate desarrollado con diferentes sustratos orgánicos.

FV	GL	C.S	C.M	FC	Pr > F
Tratamiento	11	14.64	1.33	6.96	0.0001
Error	60	11.48	0.19		
Total	71	26.13			
CV (%)	10.50				
Media	4.16				

Cuadro 4A. Análisis de varianza para número de lóculos, para evaluar el comportamiento del tomate desarrollado con diferentes sustratos orgánicos.

FV	GL	C.S	C.M	FC	Pr > F
Tratamiento	11	1.71	0.15	2.08	0.0362
Error	60	4.50	0.07		
Total	71	6.22			
CV (%)	10.50				
Media	4.16				

Cuadro 5A. Análisis de varianza para espesor de pericarpio, para evaluar el comportamiento del tomate desarrollado con diferentes sustratos orgánicos.

FV	GL	C.S	C.M	FC	Pr > F
Tratamiento	11	1.13	0.10	6.00	0.0001
Error	60	1.03	0.01		
Total	71	2.17			
CV (%)	23.53				
Media	0.55				

Cuadro 6A. Análisis de varianza para sólido soluble, para evaluar el comportamiento del tomate desarrollado con diferentes sustratos orgánicos.

FV	GL	C.S	C.M	FC	Pr > F
Tratamiento	11	19.55	1.77	2.73	0.0063
Error	60	39.04	0.65		
Total	71	58.59			
CV (%)	14.29				
Media	5.64				

Cuadro 7A. Análisis de varianza para contenido de licopeno, para evaluar el comportamiento del tomate desarrollado con diferentes sustratos orgánicos.

FV	GL	C.S	C.M	FC	Pr > F
Tratamiento	11	59.82	5.43	1.69	0.1156
Error	36	115.85	3.21		
Total	47	175.67			
CV (%)	37.87				
Media	4.73				