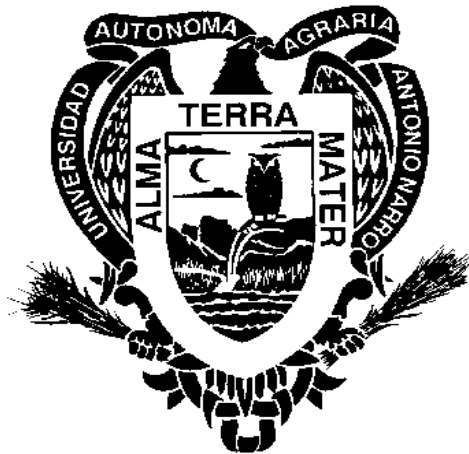


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**

**ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**Contenido fenólico total y capacidad antioxidante de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) desarrollado con abonos orgánicos y perlita en invernadero**

**POR:**

**REYMI LISANDRO BARTOLON ANZUETO**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.**

**DICIEMBRE DE 2015.**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Contenido fenólico total y capacidad antioxidante de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) desarrollado con abonos orgánicos y perlita en invernadero.

POR:  
REYMI LISANDRO BARTOLON ANZUETO

TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO

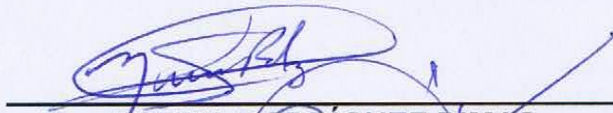
APROBADA POR:

PRESIDENTE



Dr. ALEJANDRO MORENO RESÉNDEZ

VOCAL:



Dra. NORMA RODRÍGUEZ DIMAS

VOCAL:



Dra. MARÍA DEL ROSARIO MONCAYO LUJÁN

VOCAL SUPLENTE:



Dr. JOSÉ LUIS REYES CARRILLO



Coordinación de la División de  
Carreras Agronómicas

ME. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

DICIEMBRE DE 2015.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Contenido fenólico total y capacidad antioxidante de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) desarrollado con abonos orgánicos y perlita en invernadero.

POR:  
REYMI LISANDRO BARTOLON ANZUETO

TESIS

QUE SE SOMETE A LA 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:

Dr. JOSÉ LUIS REYES CARRILLO



Coordinación de la División de Carreras Agronómicas

ME. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

DICIEMBRE DE 2015.

## AGRADECIMIENTOS

Primeramente a **Dios todo poderoso y al Señor Jesucristo** por enseñarme el camino correcto de la vida, guiándome y fortaleciéndome cada día con su Santo Espíritu, además de darme sabiduría, perseverancia, serenidad, paciencia y la capacidad para poder lograr mis metas y cumplir mis objetivos.

A **mis padres** por darme la vida y por el sacrificio que hicieron por verme triunfar, pero sobre todo darme la fortaleza de seguir adelante, por sus enseñanzas, sus consejos y sobre todo mostrarme del amor de Dios, gracias viejitos los amo.

A mi “**ALMA TERRA MATER**”, la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna** por brindarme la oportunidad de poder superarme y por todos los momentos vividos durante mi estancia dentro de sus instalaciones.

A mi asesor principal, **Dr. Alejandro Moreno Reséndez**, por su apoyo incondicional durante todo el proyecto de investigación, por sus consejos, y sobretodo su amistad.

Al **Dr. Salvador Godoy Ávila**, por sus consejos como maestro y como amigo, por toda su confianza a mi persona, por su valiosa amistad, por tener siempre una palabra de aliento hacia mí para seguir adelante y vencer todas las dificultades. Al **MC. José Villareal**, por todo su apoyo en mi formación profesional y académica.

A la **Familia Díaz Martínez**, quienes siempre han estado conmigo en las buenas y las malas, por su apoyo brindado pero sobre todo su gran amistad. A **mis amigos, y profesores** que me apoyaron en el transcurso de mi carrera, personas que por voluntad de Dios pude conocer.

A mis asesores, la **Dra. Norma Rodríguez, Dra. María del Rosario Moncayo y el Dr. José Luis Reyes** quienes se tomaron el tiempo de revisar y asesorar la realización de mi trabajo de investigación.

## DEDICATORIAS

### A MIS PADRES

**INOCENCIO ODILVAR BARTOLON ROBLERO**

**GLORIA ANZUETO MORALES**

Por darme la gran oportunidad de vivir y ser su hijo, por brindarme todo su Amor y gracias por haber confiado en mí durante mi carrera. Gracias por sus consejos, esfuerzos y sacrificios que hicieron por mí durante toda mi vida, no me alcanzara la vida para poder pagar todo lo que hicieron por mí. Los amo.

### A MIS HERMANITOS

**Dany, Yari, Angelito.** Por motivarme a que día a día me esfuerce para darles el mejor ejemplo, por su cariño y apoyo incondicional, ya que forman parte de mí vida. ¡Los Amo!

A la **Ing. Brenda del Roció**, por estar a mi lado siempre y apoyarme incondicionalmente.

A la **Ing. Arali López**, por su cariño y apoyarme en el transcurso de la elaboración de la investigación.

## ÍNDICE

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>i</b>
<b>DEDICATORIAS</b> .....	<b>ii</b>
<b>ÍNDICE</b> .....	<b>iii</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>vi</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>vii</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1.- Objetivos .....	4
1.2.- Hipótesis .....	4
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Antecedentes y origen del tomate .....	5
2.2 Clasificación taxonómica y características morfológicas del tomate .....	6
2.3 Antioxidantes en Hortalizas .....	9
2.3.1 Capacidad antioxidante del tomate .....	11
2.4 Valor nutritivo del tomate .....	13
2.5 Agricultura protegida .....	14
2.5.1 Generalidades de los Invernaderos .....	16
2.6 Agricultura orgánica .....	17
2.7 Importancia de los Abonos Orgánicos .....	19
2.7.1 Aplicación de abonos orgánicos .....	20
2.7.2 Propiedades del vermicompost .....	23
2.7.3 Propiedades del compost .....	24



2.7.4 Aplicación de compost y Vermicompost en experimentos .....	26
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>28</b>
3.1 Descripción del área experimental .....	28
3.2 Siembra y desarrollo del cultivo .....	29
3.4 Preparación de muestras para contenido de compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante.....	32
3.5 Cuantificación del contenido de fenólicos totales.....	33
3.6 Determinación de contenido fenólico .....	33
3.7 Capacidad antioxidante equivalente en Trolox (método ABTS <sup>•+</sup> ). .....	33
3.8 Diseño Experimental y Análisis Estadístico .....	34
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>35</b>
4.1 Diámetro ecuatorial .....	35
4.2 Diámetro polar.....	36
4.3 Espesor de pericarpio .....	38
4.4 Peso de fruto.....	39
4.5 Número de lóculos .....	40
4.6 Sólidos Solubles.....	42
4.7 Capacidad antioxidante:.....	43
4.8 Contenido fenólico total.....	44
<b>V. CONCLUSIÓN .....</b>	<b>47</b>
<b>VI. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>48</b>
<b>VII. APÉNDICE .....</b>	<b>62</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1. Taxonomía del tomate.....</b>	<b>7</b>
<b>Cuadro 2. Principales componentes fruto de tomate.....</b>	<b>13</b>
<b>Cuadro 3. Tratamientos evaluados durante el desarrollo del tomate bajo condiciones controladas UAAAN-UL. 2014.....</b>	<b>29</b>
<b>Cuadro 4. Fertilizantes utilizados en la solución nutritiva de acuerdo a la etapa de crecimiento del cultivo de tomate, desarrollado en invernadero.....</b>	<b>29</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura.1 Diámetro ecuatorial de fruto .....</b>	<b>36</b>
<b>Figura.2 Diámetro polar de fruto.....</b>	<b>38</b>
<b>Figura.3 Espesor de pericarpio.....</b>	<b>39</b>
<b>Figura. 4 Peso de fruto.....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 5. Número de lóculos.....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 6. Sólidos Solubles.....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 7. Capacidad antioxidante.....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 8. Contenido fenólico total.....</b>	<b>46</b>

## RESUMEN

El trabajo se realizó durante el ciclo Primavera-Verano de 2014 en el invernadero del Cuerpo Académico Sistemas Sustentables para la producción Agropecuaria (CASISUPA), que se encuentra en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (UAAAN-UL). El objetivo de la investigación fue evaluar el potencial productivo del tomate, determinar el contenido fenólico total y la capacidad antioxidante de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en mezclas de diferentes sustratos orgánicos (compost simple, compost con yeso y vermicompost) con perlita bajo condiciones de invernadero, utilizando un diseño completamente al azar. Los sustratos se colocaron en bolsas de polietileno negro, en donde se trasplantó el híbrido HMX 0853 (Harris Moran®). Dentro del invernadero las macetas fueron colocadas a doble hilera con arreglo en tres bolillos. Las variables evaluadas en frutos fueron: peso de fruto, diámetro polar, diámetro ecuatorial, sólidos solubles, espesor de pericarpio, número de lóculos, contenido de compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante. Para evaluar los resultados obtenidos en cada una de las variables de estudio, se aplicaron análisis de varianza y pruebas de comparación de medias Tukey al 5 por ciento, el cual se realizaron mediante el paquete estadístico SAS. Los mayores resultados se obtuvieron en los tratamientos orgánicos, por lo tanto es posible concluir que fueron capaces de satisfacer la demanda nutritiva del tomate, sin utilizar fertilizantes sintéticos.

**Palabras Clave:** Agricultura, convencional, sustratos, invernadero, tomate.

## I. INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) ocupa el tercer lugar en volumen de producción mundial, por ser la hortaliza que más se cultiva. El tomate es consumido en todo el mundo y alcanza precios elevados en el mercado internacional en ciertas épocas del año (Sánchez, *et al.*, 2011). En México, el tomate es la segunda hortaliza más importante, debido a la superficie sembrada y a sus niveles de producción (Álvarez *et al.*, 2008).

La producción convencional de este cultivo está fundamentada en grandes extensiones, inversión de recursos económicos, aplicación excesiva de agroquímicos entre otros recursos contaminantes; pero dicho modelo convencional tiene efectos colaterales, como los costos ambientales de contaminación del suelo por el empleo de fertilizantes sintéticos y otros tipos de agroquímicos. Entre los efectos adversos mas graves se encuentran la degradación de suelo y la perdida de materia orgánica (García-Hernández *et al.*, 2010).

Para contrarrestar lo anterior, en la actualidad se ha reconocido que una de las principales corrientes de la agricultura sustentable es la agricultura orgánica, la cual, está basada en el uso de productos naturales, que no contaminan, como los compost, la utilización de productos autorizados para el control de los organismos dañinos y con el uso abundante mano de obra. Dicha

agricultura representa una completa inocuidad alimentaria (Cano-Ríos. *et al.*, 2004).

En apoyo a lo anterior, Cruz-Lázaro *et al.*,( 2009) mencionan que los beneficios de los abonos orgánicos son muy evidentes, pues sus aplicaciones han mejorado características de los suelos, tales como fertilidad, capacidad de almacenamiento de agua, mineralización del nitrógeno, fósforo y potasio, mantienen valores óptimos para el crecimiento de las plantas y las actividades microbianas. Por estos beneficios, es indudable que la agricultura orgánica, está considerada dentro de los fundamentos teóricos del desarrollo sustentable, que buscan entre otras cosas, contribuir a mantener y mejorar el ambiente, y por lo consiguiente, la salud de la población en general (Álvarez-Rivero, *et al.*, 2005), ya que el consumo de un producto orgánico proporciona al ser humano mayor cantidad de minerales, fibras, agua y antioxidantes, dichos elementos contribuyen a conservar la salud y calidad de vida en las personas (Palomo *et al.*, 2010).

De manera complementaria 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. Los estimulantes de la inmunidad, los antioxidantes, los agentes glicémicos y lípidos pueden moderar las enfermedades transmisibles y no transmisibles como la diabetes, el cáncer y las enfermedades cardiovasculares (Johns y Maundu, 2006).

Los antioxidantes naturales se aluden a aquellas sustancias que se presentan o pueden ser extraídas de los tejidos de las plantas y los animales y aquellas que se forman durante la cocción o el procesado de los productos alimenticios de origen vegetal o animal (Zapata, *et al.*, 2007).

En relación a lo anterior Luna-Guevara *et al.* (2014) destacan que los frutos de tomate son considerados una fuente importante de antioxidantes (AA) “nutricionales” (vitaminas A, C y E) y “fitoquímicos no nutritivos” (licopeno, flavonoides, flavonas y compuestos fenólicos totales) cuyo consumo está relacionado con el potencial antimutagénico y propiedades anticancerígenas. De hecho es ampliamente reconocido que, el consumo de frutas y verduras con altos niveles de antioxidantes se considera un medio de prevención de enfermedades cardiovasculares y cancerígenas, lo que ha incrementado su demanda en los últimos años. El consumo de tomate, por su parte, ha sido estable a través del tiempo, lo que estimula su mejoramiento genético para la obtención de nuevos cultivares con altos contenidos en licopeno,  $\beta$ -caroteno y vitamina C (Adalid *et al.*, 2007). Raffo *et al.* (2003) estudiaron fuentes de vitamina C, E y carotenoides específicos y establecieron que el tomate es la primera fuente de licopeno (71.6 por ciento), segundo como fuente de vitamina C (12 por ciento) y  $\beta$ -caroteno (17.2 por ciento) y tercero como fuente de vitamina E (6 por ciento).

Por lo anterior se planteó este trabajo de investigación, que tuvo como finalidad la evaluación de distintos abonos orgánicos mezclados con perlita en el cultivo de tomate (*S. lycopersicum*), con base en la calidad, relacionada con

su contenido de fitoquímicos y/o metabolitos secundarios, desarrollado bajo condiciones de invernadero.

### **1.1.- Objetivos**

1. Evaluar el potencial productivo del tomate en mezclas de diferentes sustratos orgánicos (compost simple, compost con yeso y vermicompost) con perlita bajo condiciones de invernadero.

2. Determinar el contenido fenólico total y el potencial antioxidante del tomate desarrollado en mezclas de diferentes sustratos orgánicos con perlita bajo condiciones de invernadero.

### **1.2.- Hipótesis**

La calidad y la capacidad antioxidante del tomate serán afectadas por los abonos orgánicos.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Antecedentes y origen del tomate.

Existen dos teorías que proponen a México y Perú como centros de domesticación del tomate; no se descarta que la domesticación tuviera lugar en los dos lugares, lo que conlleva que el origen de la domesticación permanece sin resolverse; sin embargo en México se preserva *in situ* una gran diversidad genética en formas de variedades nativas, poblaciones domesticadas y silvestres, que han continuado diversificándose y adaptándose a los cambios del ambiente (Pacheco-Triste *et al.*, 2014).

El tomate obtuvo el estado avanzado de domesticación en México antes de llevarlo a Europa y Asia. Los herbarios europeos muestran descripciones y grabados de tomate solamente a partir de la segunda mitad del siglo XVI. Dichas informaciones revelan que los primeros tipos cultivados en Europa tenían frutos blandos, con amplia variedad de formas y colores, cambios que fueron realizados por los agricultores primitivos de México (Jaramillo *et al.*, 2007).

Chinchilla (2005) señala que en países europeos el tomate solo se utilizaba en farmacia y así se mantuvieron en Alemania hasta comienzos del siglo XIX. Los españoles y portugueses difundieron el tomate a Medio Oriente y



África, de allí a otros países asiáticos, y de Europa, también se difundió a Estados Unidos y Canadá.

Hoy en día el tomate es de los productos hortícolas de mayor trascendencia a nivel mundial, cuenta con niveles importantes de exportación aportando alrededor de un 35 por ciento de la producción de México al mercado de Estados Unidos, gracias a la fuerte demanda, el cultivo de tomate ha exigido mejorar las prácticas de manejo y tecnologías de aplicación (Castelo-Gutiérrez, *et al.*, 2014).

Gaspar-Peralta *et al.* (2012) señalan que en México, el 80.5 por ciento de la producción de tomate se encuentra en los estados de: Sinaloa, Michoacán, Baja California Norte, Veracruz, San Luis Potosí, Nayarit, Baja California Sur, Jalisco, Morelos y Zacatecas, con más de 2 mil hectáreas sembradas anualmente en cada estado. En México y a nivel mundial, es notorio el incremento, año con año, de la superficie cultivada con tomate. Según el SIAP, (2015) la producción de tomate en México, en 2014 fue de 2,875,164.08 toneladas.

## **2.2 Clasificación taxonómica y características morfológicas del tomate**

### **Clasificación taxonómica**

A continuación se describe la clasificación taxonómica del tomate *S. lycopersicum* L. (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Taxonomía del tomate.**

<b>Nombre común</b>	Tomate y Jitomate.
<b>Nombre científico</b>	<i>Solanum lycopersicum</i> L.
<b>Clase</b>	Dicotiledóneas
<b>Orden</b>	Solanes (personatae).
<b>Familia</b>	Solanáceae
<b>Tribu</b>	Solaneae.
<b>Género</b>	<i>Solanum</i>
<b>Especie</b>	<i>lycopersicum</i> .

Fuente: Esquina y Nuez (2001) y Peralta *et al.* (2005)

### **Planta.**

La planta es arbustiva, con un tamaño definido, en cada extremo del crecimiento aparece una yema floral, tiene periodos restringidos de floración y cuajado. El tamaño de la planta varía, ya que se pueden encontrar plantas compactadas, mediana y largas (Nuño, 2007).

### **Semilla.**

La semilla del tomate tiene una forma lenticular con dimensiones aproximadas de 5 x 4 x 2 mm, constituida por un embrión, endospermo y la testa o cubierta seminal. El embrión está constituido a su vez, por la yema apical, cotiledones, hipocótilo y radicular. El endospermo tiene los elementos necesarios para desarrollo inicial del embrión. El embrión y endospermo están recubiertos de pelos que los envuelven y protegen (Nuez, 2001).

### **Raíz.**

En el sistema radicular de la planta se presenta una raíz principal, raíces secundarias y raíces terciarias. Internamente tiene diferenciadas tres zonas: la epidermis, la corteza y el cilindro central o vascular. La raíz principal puede alcanzar hasta 60 cm de profundidad. El sistema radicular tiene como función

la absorción y transporte de agua y elementos nutritivos, así como el anclaje de la planta al suelo (Namesny, 2004).

**Tallo.**

El tallo es erecto al inicio del desarrollo, posteriormente se inclina por el peso de los frutos y mide de 60 a 80 cm de altura en los frutos de crecimiento determinado. El eje central del tallo puede tener un grosor que varía entre 2 y 4 cm en su base, sobre el que van desarrollando las hojas, los tallos secundarios de ramificación simpoidal e inflorescencias (Rodríguez, 2000).

**Hojas.**

Las hojas son de limbos compuestos por siete a nueve folíolos con bordes dentados, el haz es de color verde y el envés de color grisáceo. La disposición de nervaduras en los folíolos es penninervia. En general, la disposición de las hojas en el tallo es alterna (Espinoza, 2004). Los folíolos son de tipos peciolados, lobulados y con bordes dentados y recubiertos de pelos glandulares. Con aproximadamente tres hojas entre cada racimo. Las hojas se encargan de realizar la fotosíntesis por lo que debe haber muchas de ellas con la finalidad de interceptar la mayor cantidad de radiación solar (Muñoz, 2004).

**Flor.**

La inflorescencia del cultivo es en forma de racimo con flores pequeñas, medianas y grandes, con distintas tonalidades de amarillo. El número de flores por racimo es de siete a nueve aproximadamente. Las flores son hermafroditas, de cinco a seis sépalos que forman un cáliz persistente, cinco-seis pétalos dispuestos en una corola tubulosa, con igual número de estambres unidos en la

base de la corola, dentro de la cual está el pistilo. El ovario es súpero y puede ser bicarpelar y pluri o policarpelar (Santos y Torres, 2007).

**Fruto.**

Es una baya bilocular o plurilocular color amarillo, rozado o rojo debido a la presencia de licopeno y carotina, en distintas proporciones. El fruto está constituido por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas. Las semillas están rodeadas por células del parénquima de aspecto de gelatina, que rellenan las cavidades locales. Su forma puede ser redondeada, achatada o en forma de pera y en superficie lisa, el tamaño del fruto es muy variable según las variedades (Chamorro, 2001).

**2.3 Antioxidantes en Hortalizas**

La cualidad cada vez más valorada en las frutas y las hortalizas por los consumidores son por su actividad antioxidante. Antioxidante se define como aquella sustancia natural o artificial con la capacidad de neutralizar y proteger a un sistema biológico frente a radicales libres, como los radicales de oxígeno, los de nitrógeno y radicales lipídicos (Cano, y Arnao, 2004).

Adicionalmente los compuestos antioxidantes tienen la capacidad de inhibir la oxidación de las moléculas, por lo tanto actúan como protectores de moléculas biológicas contra especies reactivas de oxígeno o radicales libres y pueden jugar un rol importante en la modulación de detoxificación enzimática, estimulación del sistema inmune, disminución de la agregación plaquetaria y modulación del metabolismo hormonal. Muchos antioxidantes pueden ser

sintetizados en el cuerpo u obtenidos a partir de frutas y hortalizas (Correa *et al.*, 2012; Muñoz-Jáuregui *et al.*, 2007).

Respecto a la calidad de los alimentos, se ha establecido que, en las especies vegetales existen compuestos fitoquímicos con reconocida bioactividad como lo son los compuestos fenólicos (CF), además de aportar elementos nutritivos esenciales para el funcionamiento adecuado de las actividades metabólicas del hombre, estos compuestos tienen efectos benéficos a mediano y largo plazo en la prevención de enfermedades coronarias, cáncer y de cambios hormonales ocurridos en la menopausia femenina (Drago-Serrano *et al.*, 2006). Las hortalizas como pepino, tomate, melón y sandía presentan actividad antioxidante, su consumo diario disminuye el riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares y otras enfermedades crónicas no transmisibles (Palomo, *et al.*, 2009).

### **Compuestos fenólicos**

Los compuestos fenólicos son un gran grupo de antioxidantes naturales (Muñoz-Jáuregui, *et al.*, 2007). Éstos son solubles en agua porque la mayoría de las veces se encuentran unidos a azúcares formando glicósidos y normalmente se localizan en las vacuolas. En general, son sintetizados por una de dos vías biosintéticas: la vía del ácido Shikímico o la vía del ácido Malónico (o por las dos, en el caso de los flavonoides). Entre los compuestos fenólicos naturales se encuentran los fenoles mono cíclicos, los flavonoides, los fenilpropanoides, las quinonas fenólicas y las coumarinas. Las sustancias poliméricas de las plantas como los lignanos y taninos son polifenólicos y

ocasionalmente se encuentran unidades fenólicas en las proteínas, alcaloides y terpenoides (Valencia y Robles-Sardin, 2005). Recientemente, se ha demostrado que el estrés térmico en las plantas incrementa la producción de compuestos fenólicos como flavonoides y fenilpropanoides (Rivero *et al.*, 2001).

Por otra parte Zapata, *et al.*, (2007) señalan que los compuestos fenólicos y polifenólicos, entre los que se destacan los bioflavonoides, son considerados antioxidantes no nutritivos, tienen como estructura fundamental la flavona. Estos reducen la fragilidad y/o permeabilidad capilar, manteniendo la integridad vascular.

### **2.3.1 Capacidad antioxidante del tomate**

El fruto de tomate es considerado una fuente importante de antioxidantes (AA) “nutricionales” (vitaminas A, C y E) y antioxidantes (AA) “fitoquímicos no nutritivos” (licopeno, flavonoides, flavonas y compuestos fenólicos totales) por lo cual su consumo está relacionado con el potencial antimutagénico y propiedades anticancerígena (Luna-Guevara *et al.*, 2014).

La actividad antioxidante del tomate se asoció principalmente a su contenido de licopeno. Sin embargo también es fuente de ácido ascórbico, polifenoles y flavonoides que también tienen actividad antioxidante (Palomo *et al.*, 2010).

También se ha sugerido que el licopeno, que está presente en alta concentración en los frutos de tomate, podría ser responsable del efecto anti

plaquetario (Torres, *et al.*, 2008). El licopeno es el carotenoide más abundante en el tomate, pues comprende aproximadamente de 80 a 90 por ciento de los pigmentos presentes, en humanos, la absorción de licopeno está en un rango de 10-30 por ciento, a diferencia de otros carotenoides como el  $\alpha$ - y  $\beta$ -caroteno, el licopeno no tiene actividad de pro vitamina A debido a que carece de la estructura de anillo  $\gamma$ -iónico común en estos carotenoides (Waliszewski, y Blasco, 2010).

Diversos estudios epidemiológicos han reportado un efecto benéfico en el consumo de tomate, porque el licopeno que contiene el fruto, ayuda a prevenir enfermedades crónicas como los cánceres de próstata, de ovarios, gástrico y pancreático y también enfermedades cardiovasculares (Crisanto-Juárez *et al.*, 2010).

A manera de complemento, González-Torres, *et al.*, (2000) señalan que el  $\beta$ -caroteno que también se encuentra en frutos de tomate, tiene dos funciones: en primer lugar actúa directamente como atrapador del oxígeno simple y de lipoperóxidos, y en segundo lugar puede ser transformado a vitamina A en el intestino humano. Tanto el  $\beta$ -caroteno como la vitamina A son antioxidantes solubles en lípidos y tienen la posibilidad de unirse a las diferentes especies reactivas de oxígeno, aunque la manera en que lo hacen no se conoce completamente.



## 2.4 Valor nutritivo del tomate

El contenido nutricional en el tomate ha tenido una gran importancia desde su domesticación, ya que es una fuente poseedora de Vitamina C, antioxidantes como el licopeno y  $\beta$ -Caroteno, además de que posee un alto contenido de azúcares, estas propiedades tienen un alto potencial benéfico en la salud humana, se asegura que existe una correlación directa entre los sólidos solubles, color y contenido de acidez con antioxidantes que el fruto posee (Hanson, *et al.* 2004).

Adicionalmente el tomate es relativamente rico en vitaminas, ya que contiene de 20 a 45 mg de Vitamina C, 0.6 mg de Vitamina A, 0.08 mg de Vitamina B, en los frutos también se encuentra de un 0.3 a 0.5 por ciento de ácido Cítrico, ácido Málico y alrededor del 0.15 por ciento de Pectina. El color de los frutos se debe a un pigmento llamado licopeno que es una variante del caroteno (Pérez, *et al.*, 1997). El alto contenido en vitamina hace al tomate una hortaliza fundamental y de gran uso en la alimentación mundial actual, siendo su consumo en varios países (Maroto, 2002).

**Cuadro 2. Principales componentes fruto de tomate**

<b>Componentes</b>	<b>Peso fresco (%)</b>	<b>Componentes</b>	<b>Peso fresco (%)</b>
Materia seca	6.50	Ácido málico	0.10
Carbohidratos totales	4.70	Ácido cítrico	0.20
Grasas	0.15	Fibra	0.50
N proteico	0.40	Vitamina C	0.02
Azúcares reductores	3.0	Potasio	0.25
Sacarosa	0.10	Sólidos Solubles (° Brix)	4.50

Fuente: (Chamorro, 2001)

A manera de complemento, Brunele-Caliman *et al.*, (2010) señalan que el fruto de tomate contiene 92.5-95 por ciento de agua y 7.5 por ciento de Materia Seca (MS), consistiendo en azúcares, principalmente glucosa, el cual representa aproximadamente el 48% de los azúcares y ácidos orgánicos, un 13 por ciento de Cítrico y ácido Málico, el 8 ciento en minerales, principalmente N, P, K, y una pequeña, aunque nutricionalmente importante fracción de vitaminas y pigmentos antioxidantes como, el contenido de licopeno ácido ascórbico, vitamina C y contenido de potasio, los cuales son importantes ya que tiene efectos beneficiosos para la salud humana.

## **2.5 Agricultura protegida**

La tecnología llegó a la agricultura para imprimirle un mayor dinamismo y su máxima expresión se encuentra en la horticultura protegida. Esto engloba nuevos conceptos y da cuenta de los avances científicos y tecnológicos, materializándose en los invernaderos, infraestructuras con las que se han logrado elevadas metas de rendimiento y alta calidad de los productos hortícolas (Muñoz, 2009).

La agricultura protegida es el sistema de producción que se realiza bajo distintas estructuras, para proteger los cultivos, minimizando los efectos que imponen los fenómenos climáticos. Este sistema tiene como característica la protección contra los riesgos inherentes (climatológicos, económicos o de las limitaciones de recursos productivos: agua o de la superficie) el cual tiene como resultado muchas ventajas para los productores (Moreno-Reséndez *et al.*, 2011).

Por otro lado, Castellanos y Borbón (2009), señalan que la horticultura protegida se define como el sistema de producción que permite modificar el ambiente natural en el que se desarrollan los cultivos hortícolas, con el propósito de alcanzar un crecimiento óptimo y con ello, un alto rendimiento. Este sistema permite ofrecer productos de alta calidad, con mejores precios de venta y con mayores niveles de inocuidad. El objetivo principal de la agricultura protegida es contribuir al desarrollo productivo y económico de las regiones del país, mediante la producción tecnificada de productos agrícolas con calidad, sanidad vegetal e inocuidad, siendo responsables ambiental y socialmente.

Por ejemplo en muchas regiones de México prevalecen períodos largos con clima cálido, por lo cual el uso de la ventilación natural en los invernaderos es una opción para un control eficiente del clima al evitar los daños a los cultivos causados por el calor. Las variables climáticas principales que interesa controlar son las que afectan más el desarrollo de los cultivos: radiación solar, temperatura, humedad, y concentración de CO<sub>2</sub> (Bosque-Villarreal *et al.*, 2012).

Producir cultivos hortícolas en condiciones protegidas y el uso de sistemas hidropónicos han permitido incrementos en rendimientos y calidad de frutos, al propiciar el ambiente poco restrictivo facilitando el crecimiento y desarrollo de las especies hortícolas (Preciado-Rangel *et al.*, 2011). En condiciones protegidas la producción de tomate incrementa el rendimiento y la calidad del fruto. En México la superficie que se emplea para los cultivos en invernadero crece anualmente en un 25 por ciento; la superficie asciende a

6,000 ha de las cuales 3,459 ha son destinadas a la producción de tomate (Cruz-Lázaro *et al.*, 2009).

La producción de tomate bajo condiciones protegidas en México es relativamente nueva, lo cual ha generado un impacto importante en los últimos años, por su incremento, superficie cultivada, rentabilidad y calidad de producto. El rendimiento promedio estimado bajo condiciones protegidas es entre 5 y 6 kg•planta<sup>-1</sup>, el cual supera por tres veces el que se obtiene a campo abierto, que está entre 1.5 y 2 kg•planta<sup>-1</sup>. Uno de los principales factores que determinan el éxito de la producción en los sistemas protegidos es el sustrato o medio de crecimiento (Ortega-Martínez *et al.*, 2010).

Adicionalmente Márquez-Hernández *et al.* (2013), destacan que la producción de tomate en invernadero generalmente incrementa su rendimiento respecto al tomate en campo abierto, este caso es sobresaliente, ya que no se utiliza ningún fertilizante suplementario, es decir que el invernadero permite que la producción de tomate utilizando fertilización orgánica es una alternativa viable.

### **2.5.1 Generalidades de los Invernaderos**

Los invernaderos son estructuras en que las partes correspondientes a las paredes y el techo están cubiertos con películas plásticas, con la finalidad de desarrollar cultivos en un ambiente controlado de temperatura y humedad. Se pueden tener construcciones simples, diseñadas por los agricultores a bajo costo, o sofisticadas, con instalaciones y equipos para un mejor control del

ambiente. Los invernaderos generalmente son utilizados para cultivos de porte alto, como tomate, pepino, melón, flores y otros. El concepto de cultivos bajo invernaderos representa el paso de producción extensiva de tomate a producción intensiva. Para ello, las plantas han de reunir condiciones óptimas para el desarrollo del cultivo. Los controles de temperatura, humedad relativa, corrientes de aire y composición atmosférica son esenciales, como lo son, además, el control del agua y de los fertilizantes, el mantenimiento del nivel de oxígeno cerca de las raíces y la sanidad del cultivo para asegurar una calidad y una productividad óptima (FAO, 2007).

La producción de hortalizas bajo invernadero ha crecido rápidamente no solo en México, sino también en los EUA y Canadá, principalmente los que cultivan tomate. Los productores mexicanos están experimentando con un amplio rango de tecnologías que van desde el invernadero en estructura permanente fija con un control del ambiente limitado o pasivo, hasta invernaderos de alta tecnología con un completo control activo del ambiente e hidropónicos (Padilla-Bernal *et al.*, 2008). Los invernaderos se utilizan para asegurar, en mayor medida y con menor cantidad de riesgos, la producción y calidad de los cultivos, ya que en campo abierto es muy difícil mantener los cultivos de una manera perfecta a lo largo de todo el año. (Jaramillo, *et al.*, 2007).

## **2.6 Agricultura orgánica**

La agricultura orgánica es un sistema de producción donde se maneja integralmente el agua, el suelo, el animal, el hombre y el ambiente, para

producir bajo la influencia directa del sol y la luna, a diferencia del modo de producción convencional que solo es un paquete tecnológico y que ve al suelo como un soporte mecánico para las plantas y no como un sistema biológico que tiene y genera vida (Ruiz, 2004). En este sentido el Departamento de Agricultura Orgánica de los Estados Unidos de América, define a la agricultura orgánica como: “un sistema de producción agrícola que evita ampliamente, el uso de productos fertilizantes sintéticos, pesticidas, reguladores de crecimiento y aditivos para la alimentación animal. (López y Contreras, 2007). En términos generales, el objetivo fundamental de la producción orgánica es la conservación y el mejoramiento de la fertilidad del suelo, la protección de los recursos naturales y el impedimento de la contaminación (Pérez-Calderón, 2004).

La agricultura orgánica se ha estado desarrollando rápidamente, según una encuesta estadística ya son 138 países del mundo, y su extensión de tierras cultivadas orgánicamente es de casi 30.4 millones de hectáreas, Oceanía tiene 42 por ciento de la tierra orgánica del mundo, seguida de Europa, 24 por ciento, América Latina, 16 por ciento, y los países con las mayores áreas orgánicas son Australia, 12.3 millones de hectáreas, China 2.3 millones de hectáreas, Argentina, 2.2 millones de hectáreas y los EE.UU. 1.6 millones de hectáreas (Willer, *et al.*, 2008).

La agricultura orgánica en México representa una superficie cultivada de 216 mil hectáreas y genera 280 millones de dólares de divisas, lo cual tiene un valor mayor que la agricultura tradicional ya que la orgánica crea más empleos,

34.5 millones de jornales anuales aproximadamente, y mayores ganancias para los productores, bajo el modelo de producción sustentable, sin deterioro del ambiente (Ramos, *et al.*, 2011).

Fortis-Hernández *et al.*, (2003), indican que la aplicación de abonos orgánicos está dentro de la agricultura orgánica el cual se define como un sistema de producción que utiliza insumos naturales y practicas especiales: aplicación de compost y de abonos verdes, control biológico, asociación y rotación de cultivos, uso de repelentes y fungicidas a partir de plantas y minerales. A cambio prohíbe el uso de pesticidas y fertilizantes de síntesis industrial.

## **2.7 Importancia de los Abonos Orgánicos**

Entre las numerosas acciones para proteger los ecosistemas agropecuarios y prevenir su degradación, la aplicación de abonos orgánicos tiene una importancia significativa, pues es inevitable mencionar que la materia orgánica, y particularmente los abonos orgánicos, son un sostén básico para la vida en el suelo y define el potencial productivo de los cultivos (Sánchez *et al.*, 2011).

Los abonos orgánicos se utilizan desde tiempos remotos y se ha demostrado su influencia sobre la fertilidad de los suelos, aunque su composición química, el aporte de nutrimentos a los cultivos y su efecto en el suelo, varían según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad. Los abonos orgánicos pueden prevenir, controlar e influir en la severidad de los



patógenos del suelo, y se usan como sustratos y mejoradores del suelo (Fortis-Hernández *et al.*, 2009). Igualmente los abonos orgánicos se recomiendan en aquellas tierras sometidas a cultivo intenso para mantener y mejorar la estructura del suelo, además de aumentar la capacidad de retener humedad y facilitar la disponibilidad de nutrimentos para las plantas (López *et al.*, 2001).

Adicionalmente los abonos orgánicos constituyen un elemento importante para la regulación de muchos procesos relacionados con la productividad agrícola; como sustrato o medio de cultivo, mantenimiento de los niveles originales de materia orgánica del suelo y remplazo de los fertilizantes sintéticos (Ramos, y Terry, 2014).

### **2.7.1 Aplicación de abonos orgánicos**

Un abono en general se considera aquel material que se aplica al suelo y estimula el crecimiento de las plantas de manera indirecta, a través de mejorar las propiedades físicas del suelo. Es decir los abonos provenientes de residuos orgánicos, como los estiércoles de diferentes especies de animales, los biosólidos, los residuos de cosecha y los compost se consideran como abonos y también como fertilizantes orgánicos (Figuroa-Viramontes, y Cueto-Wong, 2003).

La fertilización orgánica promueve la conversión de los desechos orgánicos procedentes de la agricultura, el mercado y del hogar, entre otros, en un material estable llamado abonos orgánicos, por medio del proceso de descomposición aeróbica bajo condiciones controladas de humedad y

aireación, en donde participan bacterias, hongos y actinomicetos. Existen distintos procesos de producción de abonos orgánicos, compostaje, vermicompostaje, entre otros. Esta actividad de conversión está estructurado por cuatro principios básicos: el primero es maximizar los recursos que las personas poseen, el segundo buscar al máximo la utilización de insumos que tiene a la mano volviéndose productor de sus agro insumos, el tercero no provocar algún impacto al ambiente, el cuarto es no poner en riesgo la salud del productor ni del consumidor (Félix-Herrán *et al.*, 2008).

La producción de hortalizas con abonos orgánicos, es una labor que se ha extendido a escala mundial, por la disminución en la contaminación del ambiente y los resultados positivos que se han encontrado, lo cual revitaliza la idea de reciclar eficientemente los desechos orgánicos de la actividad agropecuaria, así también el uso de los abonos orgánicos reduce el uso de los fertilizantes sintéticos para la nutrición de las plantas (Rodríguez-Dimas *et al.*, 2009).

Castelo-Gutiérrez *et al.* (2014), señalan que los frutos de tomate obtenidos en la producción orgánica resultan de calidad en firmeza de fruto, acidez y sólidos solubles y en estructura, comparado a la producida con fertilizantes sintéticos, incluso es similar en rendimiento, es decir que la producción orgánica, es capaz de abastecer las exigencias del cultivo, además entre las bondades del manejo orgánico no está solo en los rendimientos, si no en la disminución de los costos por insumos de fertilización sintética.

Para fortalecer lo anterior, el tomate orgánico en México alcanza un precio de 5.84 veces mayor que el convencional, y más si se produce en invernadero ya que aumenta los rendimientos y por ende el beneficio económico para el productor (Márquez-Hernández *et al*, 2008).

En general, el tomate recibe altas dosis de fertilizantes, especialmente nitrogenados, para los cuales se ha probado que afectan negativamente al ambiente, estos problemas han impulsado la búsqueda de alternativas de fertilización sustentable que, además de suplir los requerimientos de los elementos nutritivos de los cultivos, no afecten significativamente el rendimiento y la calidad de los frutos. Una alternativa para satisfacer la demanda nutricional de los cultivos, además de disminuir los costos y la dependencia de los fertilizantes sintéticos, es la utilización de materiales orgánicos líquidos como extracto líquido de estiércol, lixiviado de compost o vermicompost, té de compost y té de vermicompost (Preciado-Rangel *et al.*, 2011).

Así mismo las propiedades para el crecimiento de las plantas variaran de acuerdo con el material con el que son mezclados, por lo que es necesario llevar a cabo la caracterización de los materiales a emplear como sustratos, así como evaluar su efecto en el crecimiento de las plantas (Cruz-Crespo *et al.*, 2012).

### 2.7.2 Propiedades del vermicompost

El VC es de color oscuro, su gran bioestabilidad evita su fermentación o putrefacción, posee una alta carga enzimática y bacteriana que incrementa la solubilidad de los elementos nutritivos, los cuales se liberan en forma paulatina, facilita su asimilación por las raíces, lo cual impide que los elementos nutritivos sean lixiviados., manteniéndolos disponibles por más tiempo en el suelo, favorece la germinación de las semillas y el desarrollo de las plantas. Aumenta la superficie activa de las partículas minerales favoreciendo la CIC de los suelos. Ayuda y multiplica su actividad biótica. Su acción antibiótica aumenta la resistencia de las plantas contra plagas, enfermedades u otros organismos patógenos (Moreno-Reséndez *et al.*, 2005).

El VC varía en su composición de acuerdo a la diversidad de materias primas de las cuales son elaborados; sin embargo, el VC por si solo es difícil que cumpla con las condiciones adecuadas para el buen desarrollo de las plantas, motivo por el cual es necesario hacer mezclas con otros materiales. (Cruz-Crespo, *et al.*, 2012).

A manera de complemento, Moreno-Reséndez *et al.*, (2005), señalan que el VC presenta las siguientes características químicas: es rico en MO total y baja conductividad eléctrica, contiene elementos nutritivos en formas fácilmente asimilables por las especies vegetales, tales como nitratos, P intercambiable, K, Ca y Mg en formas solubles, posee un pH neutro. La elevada CIC se debe a la presencia de grupos carbonilos e hidroxilos fenólicos

y alcohólicos, entre otros, y a la presencia de ácidos húmicos y fúlvicos, los cuales favorecen el desarrollo de las especies vegetales.

El VC es inodoro, no se pudre ni se fermenta, y su apariencia general es similar al compost. En los análisis químicos del VC se detecta la presencia de hasta un 5 por ciento de nitrógeno, 5 por ciento de fósforo, 5 por ciento de potasio, 4 por ciento de calcio, una carga bacteriana, 2 billones por gramo y un pH de entre 7 y 7,5 (Mendoza-Netzahual, *et al.*, 2003).

### **2.7.3 Propiedades del compost**

Dentro de la producción de abonos orgánicos el compostaje es un proceso microbiológico que convierte residuos de materiales orgánicos en diferentes grados de descomposición en un producto estable e higiénico, que es usado como mejorador de suelo, dicho proceso produce un material de interés agrícola y de comercialización viable: el C tiene diversas aplicaciones como abono, enmienda, sustrato o para la obtención de extractos con probable actividad fungicida (Hernández-Rodríguez *et al.*, 2010; Acosta *et al.*, 2012).

La palabra Compost viene del latín *componere*, juntar; por lo que significa que un C es la reunión de un conjunto de restos ecológicos que sufren un proceso de fermentación y da un producto de color marrón oscuro, con olor a humus. Este abono orgánico resultante, contiene materia ecológica (parte de la cual es semejante al humus de la tierra), y aporta elementos nutritivos como: Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Magnesio, Calcio, Hierro y otros oligoelementos, tales como el Hierro, Zinc, Boro, Cobre, etc., necesarios para el desarrollo de

las plantas (Salazar-Sosa *et al.*, 2003). Esto se debe a la acción química del C que se manifiesta por su capacidad de intercambio catiónico superior a la de cualquier arcilla, por otra parte, el efecto de su oxidación lenta, produce gas carbónico, que contribuye a la solubilidad de algunos elementos minerales del suelo, facilitando su asimilación por las plantas. (López-Martínez, 2003).

Adicionalmente, las propiedades físicas del C están condicionadas por el tamaño de las partículas, los de tamaño mayor a 12 mm dificultan su distribución eficiente en las aplicaciones a campo. Se prefieren los compost con una textura de media gruesa, equivalente a una distribución de partículas de entre 0.25 y 2.5 mm, lo que va acompañado de una retención suficiente de agua fácilmente disponible con un contenido de aire adecuado (Pierini, *et al.*, 2010). Es decir que la calidad del compost no es absoluta, si no que depende de los usos a que se destine. Se define como “la capacidad o aptitud del compost para satisfacer las necesidades de las plantas, con un mínimo impacto ambiental y sin riesgo para la salud pública” (Ansorena, *et al.*, 2014).

Por lo consiguiente Márquez-Hernández *et al.* (2006), mencionan que de los elementos nutritivos en el C, del 70 a 80 % de fósforo del 80 a 90 por ciento de potasio están disponibles en el primer año, mientras que todo el nitrógeno (N) es orgánico, lo cual 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 por ciento, generándose una deficiencia de N si no es abastecido apropiadamente.

#### **2.7.4 Aplicación de compost y Vermicompost en experimentos**

El compost (C) y el vermicompost (VC) son elaborados a partir de diversos residuos orgánicos parcialmente degradados y estabilizados, ambos abonos se utilizan como sustratos en la producción de hortalizas, se ha reportado que el C mejora la capacidad de almacenamiento de agua, la mineralización del N, P y K. También regula el pH y fomenta la actividad microbiana. Por su parte el VC se obtiene a partir de la materia orgánica enriquecida como resultado de transformaciones microbiológicas y bioquímicas al pasar por el tracto digestivo de lombrices. Estos materiales orgánicos permiten satisfacer la demanda nutricional de los cultivos hortícolas en invernadero (Cruz-Lázaro *et al.*, 2009).

Hoy en día es ampliamente reconocido que el C y el VC constituyen una fuente de elementos nutritivos de lenta liberación, los cuales además se encuentran en formas fácilmente disponibles para las plantas, de hecho existen evidencias de que la incorporación de C y VC a los suelos y sustratos de crecimiento favorecen el desarrollo y la productividad de diversos cultivos hortícolas, se ha comprobado que el uso de ambos productos pueden satisfacer los requerimientos nutrimentales del cultivo de tomate en invernadero durante los primeros dos meses posteriores al trasplante, después de los dos meses el cultivo manifiesta deficiencias nutrimentales, principalmente de nitrógeno por la baja tasa de mineralización del nitrógeno en el C y el VC (Márquez-Quiroz *et al.*, 2014).

Por otro lado se establece que el C con arena, aporta los nutrimentos requeridos para el cultivo de tomate en invernadero, aunque el rendimiento y el tamaño de fruto se ven limitados por la mayor salinidad que se genera en el ambiente radical. Sin embargo, es posible producir más de 18 kg·m<sup>-2</sup> de frutos de tamaño extra-grande con mayor cantidad de sólidos solubles ( $\geq 4$  °Brix), con una menor cantidad de insumos para la fertilización (Ochoa-Martínez, *et al.*, 2009). Es decir que tanto en los huertos familiares como en invernaderos, es posible disminuir la aplicación de fertilizantes sintéticos mediante el uso de C, donde tiene un papel determinante y reduce la inversión que se realiza para adquirir los fertilizantes inorgánicos (Mendoza-Netzahual, *et al.*, 2003).

Por su parte el efecto del VC sobre el desarrollo del tomate influye de manera importante sobre el rendimiento de las plantas aumentando el número de frutos y su peso. El VC puede ser un excelente fertilizante de apoyo al fertilizante sintético ya que se obtiene un mayor rendimiento y los frutos de mayor calidad tanto para el mercado nacional como internacional (Roblero, *et al.*, 2014). De hecho utilizar VC como componente de sustrato causa efectos significativos en el rendimiento y la calidad del fruto de melón, por lo tanto puede ser considerado como material alternativo de fertilización para la producción orgánica en invernadero (Preciado-Rangel *et al.*, 2013).



### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Descripción del área experimental

El trabajo 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, para evaluar el potencial antioxidante del tomate se contó con el apoyo del personal del Laboratorio de Investigación de la Universidad Politécnica de Gómez Palacio.

Para estudiar el desarrollo del cultivo de tomate, en medios de crecimiento con las mezclas de VC: Perlita, se dispuso del VC, generado en el Proyecto Producción de VC en la UAAAN UL., CS, CY procedente de una distribuidora en la Comarca Lagunera (Maxi Compost) y Perlita, procedente de la distribuidora, (Perlita de la Laguna S.A. de C.V. Baixauli-Soria and Aguilar-Oliver 2002), los cuales se compraron (Cuadro 3). Al tratamiento testigo, T0 se le aplicó solución una nutritiva, para preparar esta solución se utilizaron los productos y cantidades que se describen en el (cuadro 4), 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 AO, ya que estos productos pueden ser empleados como abonos de calidad, Tourant, (2000) y Rodríguez-Dimas *et al.* (2008).

**Cuadro 3. Tratamientos evaluados durante el desarrollo del tomate bajo condiciones controladas UAAAN-UL. 2014.**

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

**Cuadro 4. Fertilizantes utilizados en la solución nutritiva de acuerdo a la etapa de crecimiento del cultivo de tomate, desarrollado en invernadero. Las cantidades se diluyeron en 1000 L de agua**

Producto	Días después del trasplante (DDT)		
	0 -35	36-50	51-144
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> (mL)	123	123	123
Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (g)	330	330	330
KNO <sub>3</sub> (g)	212	414	88
MgSO <sub>4</sub> (g)	148	27	394
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> (g)	48	48	566

### 3.2 Siembra y desarrollo del cultivo

La siembra del híbrido de tomate saladette HMX 0853 (Harris Moran®) se realizó el 22 de febrero del 2014 en charolas de germinación de 200 celdillas rellenas de Peat moss (Premier®).

### **Producción de plántulas y trasplante**

El trasplante se realizó cuando las plántulas alcanzaron de 12 a 15 cm de altura, el 12 de abril del 2014 a bolsas de polietileno negro, tipo vivero, calibre 500 con los sustratos: VC, CS y CY y perlita (Cuadro 3), las cuales fueron colocadas a doble hilera, con arreglo a tresbolillo, con una distancia entre plantas de 30 cm, dentro de un invernadero tipo capilla.

### **Tutorado**

El híbrido HMX 0853 (Harris Moran®) utilizado en el experimento fue de crecimiento determinado, para fortalecer su desarrollo se requirió de un soporte mecánico, cuando las plantas alcanzaron una altura de 30 cm se procedió a tutorarlas con rafia, la cual se ató entre la parte media de macetas y los soportes metálicos del invernadero para sostener las plantas, para tener un mejor desarrollo de éstas.

### **Eliminación de brotes axilares**

Durante el desarrollo del tomate se eliminaron las yemas axilares, cada ocho días regularmente, con la finalidad de conducir la planta a un solo tallo y direccionar los fotosintatos.

### **Control de plagas**

Durante el desarrollo del tomate se observó la presencia de araña roja (*Tetranychus urticae* C. L Koch) por lo que se realizaron riegos en los pasillos entre plantas y de esa manera crear un ambiente desfavorable para la plaga, también se realizaron aplicaciones de agua con jabón, dosis de 3 gramos de

jabón en 5 L de agua. En el mes de junio se registró la presencia de mosquita blanca (*Bemisia tabaci*) a pesar de eso no ocasiono ningún daño debido a su baja población ya que hubo atención especial en el acceso y evacuación del personal al invernadero.

### **3.3 Muestreo de frutos**

Durante el periodo del experimento se realizaron los muestreos, en distintas fechas de acuerdo a la maduración de los frutos del ciclo del cultivo 2014. Los muestreos consistieron en cosechar de tres a cuatro frutos por cada repetición de todos los tratamientos, en estos los cuales se registraron las variables:

#### **Peso de fruto**

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

#### **Diámetro polar**

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

#### **Diámetro ecuatorial**

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

### **Contenido de sólidos solubles**

La variable sólidos solubles ( $^{\circ}$ Brix) se determinó en frutos de cada cosecha, colocando de dos a tres gotas del jugo de cada fruto sobre el cristal de lectura de refractómetro manual modelo (Milwaukee®).

### **Número de lóculos**

Para cuantificar el número de lóculos fue necesario partir de forma transversal cada fruto, y se procedió a contar las cavidades del fruto en el que están dispuestas las semillas.

### **Grosor del pericarpio**

El grosor del pericarpio se determinó con un vernier tipo estándar (Foy tools®) cortando el fruto de una forma ecuatorial, se seleccionó una mitad para medir el grosor del pericarpio.

### **3.4 Preparación de muestras para contenido de compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante.**

Las muestras cosechadas fueron lavadas con agua potable durante 2 min, y luego se colocaron en papel secante a la sombra a temperatura ambiente ( $30 \pm 2$  °C) durante 5 días para su secado. Posteriormente el material seco fue pulverizado utilizando molino, y se almacenaron en tubos de centrífuga con tapa de 5 mL (CRM Globe®) a -18 °C hasta la obtención de los extractos. Para su preparación se mezclaron 10 mg de la muestra seca en 10 mL de metanol al 80 por ciento en tubos de plástico con tapa de rosca, los

cuales fueron colocados en agitador rotatorio (ATR Inc., EU®) durante 4 h a 20 rpm a 5 °C. Los tubos fueron centrifugados a 3000 rpm durante 5 min y el sobrenadante fue extraído para su análisis.

### **3.5 Cuantificación del contenido de fenólicos totales.**

El contenido fenólico total se cuantifico con una modificación del método colorimétrico Folin-Ciocalteu. Se mezclaron 30 µL de la muestra seca con 270 µL de H<sub>2</sub>O destilada en un tubo de ensaye, y a esta solución se le agregaron 1.5 mL de reactivo Folin-Ciocalteu (Sigma-Aldrich, St. Louis MO, EU®) diluido (1:15), y se agitaron en vórtex (Whirlimixer®) durante 10 seg. Después de 5 min se añadieron 1.2 mL de carbonato de sodio (7.5 por ciento p/v) agitándose durante 10 seg. La solución se dejó reposar a temperatura ambiente por 15 min, y luego se enfrió a temperatura ambiente. La absorbancia de la solución fue leída a 765 nm en un espectrofotómetro GENESYS 10 UV spectrophotometer®.

### **3.6 Determinación de contenido fenólico**

El contenido fenólico se determinó mediante una curva patrón usando ácido gálico (Sigma, St. Louis, Missouri, EU®) como estándar, y los resultados se reportaron en miligramos de ácido gálico equivalente por gramo de muestra base seca (mg equiv AG•g<sup>-1</sup> BS). Los análisis se realizaron por triplicado.

### **3.7 Capacidad antioxidante equivalente en Trolox (método ABTS<sup>•+</sup>).**

La capacidad antioxidante equivalente en Trolox fue evaluada de acuerdo al método *in vitro* ABTS<sup>•+</sup> de Esparza Rivera *et al.* (2006). El cual está

basado en la prueba desarrollada por Miller y Rice-Evans Se preparó una solución de ABTS<sup>+</sup> con 40 mg de ABTS (Aldrich, St. Louis, Missouri, EU®) y 1.5 g de dióxido de manganeso (Fermont, Nuevo León, México®) en 15 mL de H<sub>2</sub>O destilada. La mezcla fue agitada vigorosamente y se dejó reposar cubierta durante 20 min. Luego, la solución se filtró en papel Whatman 40 (GE Healthcare UK Limited, Little Chalfont, Buckinghamshire, Reino Unido®), y la absorbancia se ajustó a  $0.00 \pm 0.010$  a una longitud de onda de 734 nm utilizando solución fosfato buffer 5 mM.

Para la determinación de capacidad antioxidante se mezclaron 100  $\mu$ L de la muestra y 1.0 mL de solución ABTS<sup>+</sup>, y después de 60 y 90 segundos de reacción se determinó la absorbancia de la muestra a 734 nm. Se preparó una curva estándar con Trolox (Aldrich, St. Louis, Missouri, EU®), y los resultados se reportaron como capacidad antioxidante en  $\mu$ M equivalente en Trolox por gramo base seca ( $\mu$ M equiv Trolox $\cdot$ gm<sup>-1</sup> BS). Los análisis se realizaron por triplicado.

### **3.8 Diseño Experimental y Análisis Estadístico**

Los tratamientos fueron distribuidos en el invernadero usando un diseño completamente al azar y cada tratamiento contó con seis repeticiones. Los datos registrados en cada una de las variables fisiológicas mencionadas fueron sometidos a análisis de varianza, las medias de tratamiento fueron sometidas a la prueba comparación de Tukey al 5 por ciento.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Antes de presentar los resultados es importante resaltar que el tratamiento cinco (T5, CS: P; relación 1:1), no prosperó ya que el sustrato presentó una reducida infiltración, el exceso de agua, alteró la oxigenación del sistema radicular el cual provocó la pudrición radicular, debido a esto las plántulas fallecieron 10 días después del trasplante.

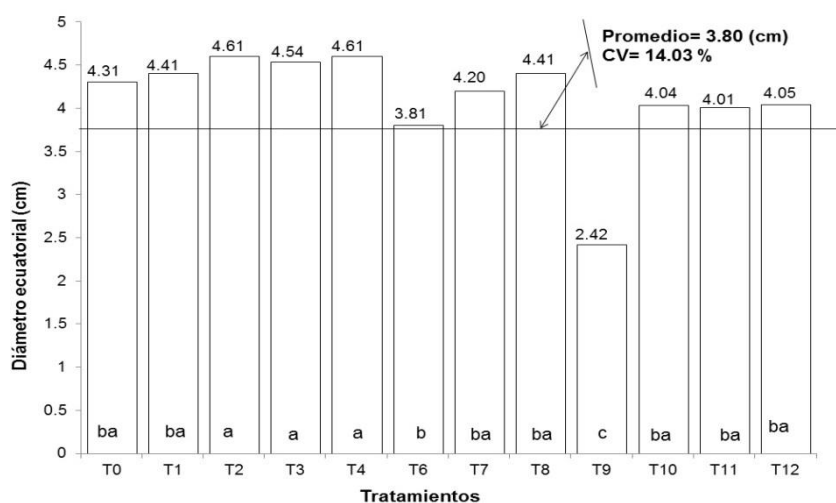
### 4.1 Diámetro ecuatorial

Para esta variable se encontró diferencia estadística altamente significativa ( $p \geq 0.0001$ ), obteniendo un promedio de 3.80 cm, de diámetro ecuatorial y un Coeficiente de Variación de 14.03 por ciento (Cuadro 1A). El mayor diámetro ecuatorial se registró en los tratamientos T2 (VC: P, relación 1:2), T3 (VC: P, relación 1:3) y T4 (VC: P, relación 1:3) con un valor de 4.61 cm y 4.54 (Figura 1). Se puede deducir que el vermicompost en mayor cantidad disminuye el diámetro ecuatorial, incluso en el resto de los tratamientos a mayor cantidad de abonos orgánicos, el diámetro ecuatorial disminuye.

El diámetro ecuatorial de estos tres tratamientos superaron en al menos en 2.86 por ciento al diámetro ecuatorial de los tratamientos restantes. El menor diámetro ecuatorial se registró en el tratamiento 9 (CY: P relación 1:4) con un valor de 2.42 cm. Este resultado nos indica que a mayor cantidad de CY disminuye el diámetro ecuatorial (Figura 1).



Los resultados obtenidos no superaron a los reportados por Hernández y Miranda (2003) con un promedio de 5.0 cm. Tampoco superaron a los obtenidos por Rodríguez-Dimas *et al.* (2006) quienes registraron frutos de tomate con un promedio de 7.1 cm, al utilizar abonos orgánicos como sustratos de crecimiento en invernadero. Por otro lado, los resultados obtenidos en los tratamientos T2, T3 y T4 concuerdan con el valor registrado por de la Cruz *et al.*, (2009) quienes reportaron que el mayor diámetro ecuatorial de los frutos de tomate fue de 4.7 cm bajo condiciones protegidas y usando VC y C como sustratos.



**Figura. 1. Diámetro ecuatorial de los frutos de tomate desarrollados con diferentes abonos orgánicos, bajo condiciones protegidas. Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente. \*Promedio= Valor promedio; CV=Coeficiente de Variación.**

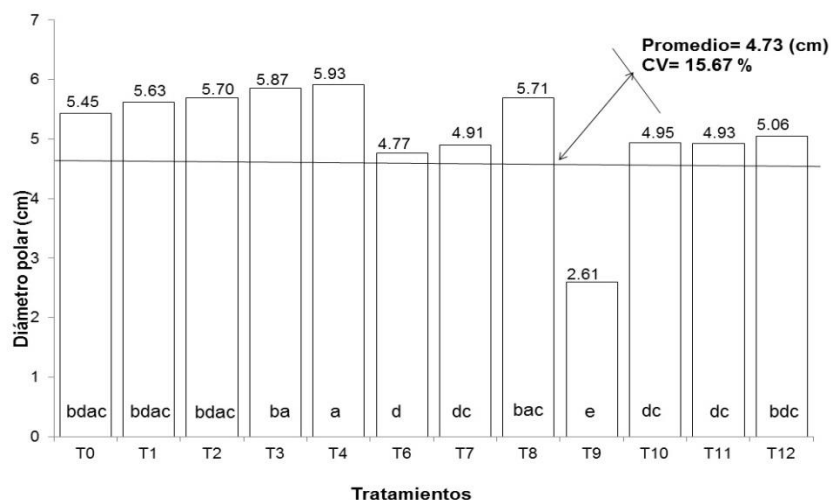
#### 4.2 Diámetro polar

Para esta variable se registró diferencia estadística altamente significativa ( $p \geq 0.0001$ ), obteniendo un promedio de 4.73 cm de diámetro polar con un Coeficiente de Variación de 15.67 por ciento (Cuadro 2A). El mayor

diámetro polar se registró en el T4 con un valor de 5.93 cm. El menor diámetro polar se registró en T9 (CY:P, 1:1) con un valor de 2.61 cm (Figura 2).

El diámetro polar del T4 superó un 1.02 por ciento al diámetro polar de los tratamientos restantes. De acuerdo a los resultados obtenidos se puede deducir que el diámetro polar del fruto se incrementó conforme se redujo la concentración de los abonos VC CS y CY, esto se debe a que los abonos orgánicos en concentraciones bajas crean un ambiente favorable para el desarrollo del sistema radicular.

Los resultados obtenidos concuerdan a los valores reportados por de la Cruz-Lázaro *et al.* (2009), quienes evaluaron tomate saladette con VC y C, obteniendo un promedio de 5.9 cm de diámetro polar, por otro lado los resultados obtenidos no superaron a los registrados por Rodríguez-Dimas *et al.* (2007), quienes reportaron valores de diámetro polar de 6.4 cm al aplicar VC como parte del sustrato de crecimiento. Por otra parte el diámetro polar obtenido en el T4 superó ligeramente al resultado de Vázquez-Vázquez *et al.* (2015), quienes reportaron un promedio en diámetro polar de 5.8 cm, para tomate utilizando diferentes tratamientos de compost bajo condiciones protegidas.



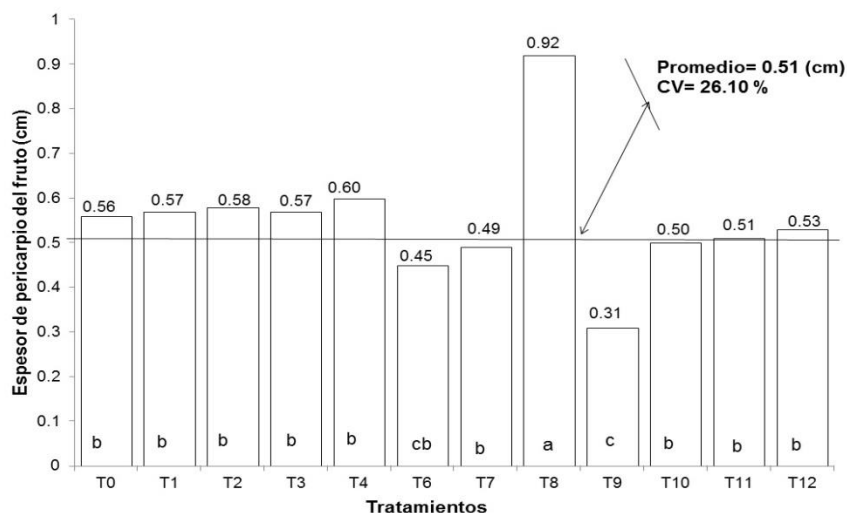
**Figura. 2. Diámetro polar de los frutos de tomate desarrollados con diferentes abonos orgánicos, bajo condiciones protegidas. Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente. Promedio= Valor promedio; CV=Coeficiente de Variación.**

### 4.3 Espesor de pericarpio

Para esta variable se registró diferencia estadística altamente significativa ( $p \geq 0.0001$ ), con un promedio general de espesor de pericarpio de 0.51 cm, y un Coeficiente de Variación de 26.10 por ciento (Cuadro 3A). El mayor grosor de pericarpio se registró en T8 (CY:P, 1:4) con un valor de 0.92 cm. Este valor superó en al menos un 34.79 por ciento al espesor de pericarpio de los frutos de tomate de los tratamientos restantes. El menor espesor de pericarpio se registró en T9 (CY:P, 1:1) con un valor de 0.31 cm (Figura 3). Es muy factible observar que el espesor de pericarpio del tomate se incrementó conforme disminuye la concentración de los abonos orgánicos.

El valor del T8 del experimento superó a los obtenidos por Rodríguez-Dimas *et al.* (2008), quienes obtuvieron un espesor de pericarpio promedio de 0.84 cm. Cabe destacar que el resto de los tratamientos fueron inferiores a los

reportados por los autores. Los resultados obtenidos excluyendo al T8 no superaron al valor reportado por Márquez-Quiroz *et al.* (2014), quienes obtuvieron un espesor de pericarpio de 0.76 cm, para frutos de tomate desarrollados en sustratos con abonos orgánicos.



**Figura. 3. Espesor de pericarpio de los frutos de tomate desarrollados con diferentes abonos orgánicos, bajo condiciones protegidas. Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente Promedio= Valor promedio; CV=Coeficiente de Variación.**

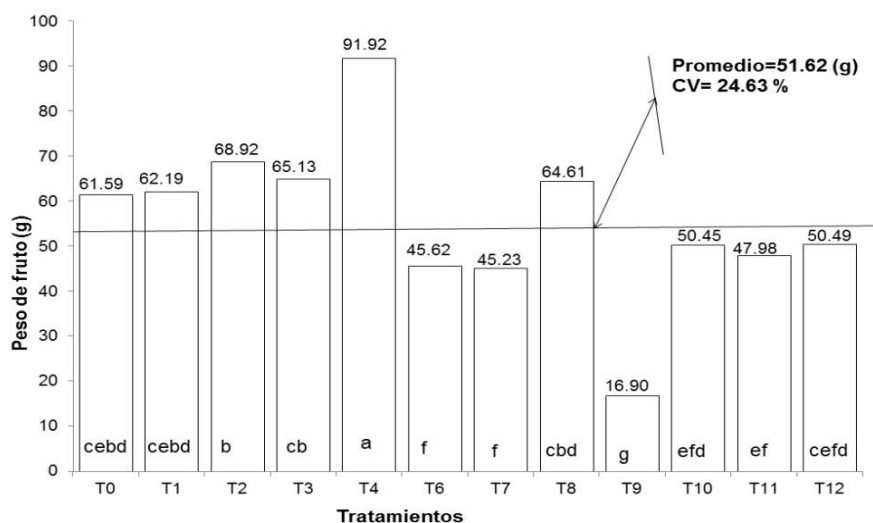
#### 4.4 Peso de fruto

Para la variable peso de fruto se encontró diferencia estadística altamente significativa ( $p \geq 0.0001$ ), obteniéndose un peso promedio general de 51.62 g, con un Coeficiente de Variación de 24.63 por ciento (Cuadro 4A). El mayor peso de fruto de tomate se registró en el T4 (VC:P, 1:4) con un peso de 91.92 g. El menor peso de fruto se registró en el T9 (CY: P, 1:4) con un peso de 16.90 g (Figura 4). Esto indica que con el uso de VC mejora la calidad del

tomate en cuanto a peso de fruto se refiere a comparación de la fertilización sintética.

El peso de los frutos del T4 superó en al menos un 25.03 por ciento al peso de los frutos de los tratamientos restantes.

Los resultados obtenidos no superaron a los obtenidos por Márquez-Quiroz, *et al.*, (2014), quienes obtuvieron el mayor peso de fruto en sustratos orgánicos con un valor de 96.1 g. y el menor de 80.5 g. Por otro lado Urrieta-Velázquez *et al.*, (2010), reportaron frutos de 66.98 g como valor máximo, es decir que el T4 lo superó los resultados de dichos autores.



**Figura 4. Peso de los frutos de tomate desarrollados con diferentes abonos orgánicos, bajo condiciones protegidas. Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente. \*Promedio= Valor promedio; CV=Coeficiente de Variación.**

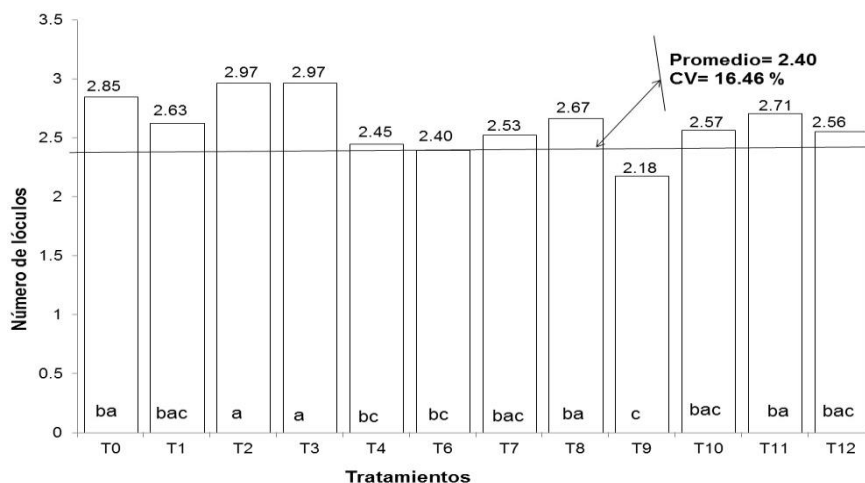
#### 4.5 Número de lóculos

Para el número de lóculos por fruto se encontró diferencia estadística, altamente significativa ( $p \geq 0.001$ ), obteniéndose un promedio de número de

lúculos de 2.40 con Coeficiente de Variación de 16.46 por ciento (Cuadro 5A). Los tratamientos con mayor número de lóculos por fruto fueron, T2 y T3 (VC:P, 1:2 y 1:3) con 2.97. El menor número de lóculos se registró en T9 (CY:P, 1:1) con un número de lóculos de 2.18 (Figura 5).

El número de lóculos de los tratamientos T2 y T3 superaron un 4.05 por ciento al valor de número de lóculos de los tratamientos restantes. El menor número de lóculos se registró en el T9 (CY:P, 1:1) con 2.18.

Los resultados obtenidos en los tratamientos T2 y T3 concuerdan con los reportados por Gaspar-Peralta *et al.* (2012), quienes determinaron un promedio de 2.7 lóculos en tomate saladette, incluso los resultados registrados en el presente experimento se asemejan a los de Bonilla-Barrientos *et al.*, (2014), quienes reportan un promedio en número de lóculos de 2.43 en tomate saladette.



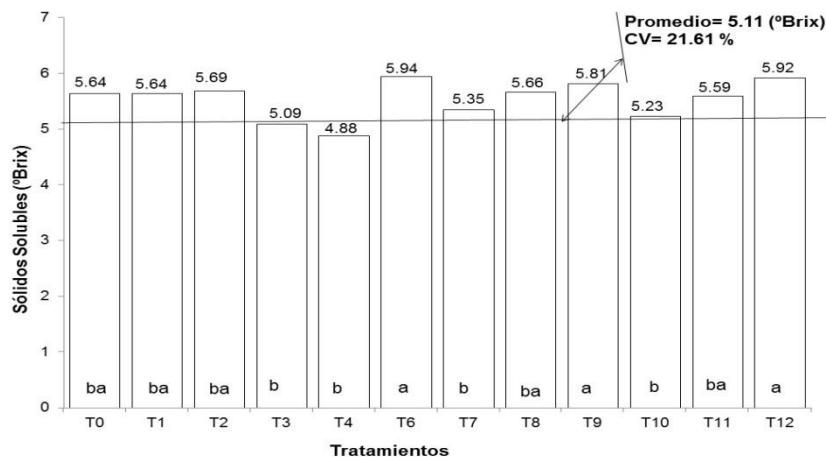
**Figura 5. Número de lóculos de los frutos de tomate desarrollados con diferentes abonos orgánicos, bajo condiciones protegidas. Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente. \*Promedio= Valor promedio; CV=Coeficiente de Variación.**

#### 4.6 Sólidos Solubles

Para esta variable se encontró diferencia estadística altamente significativa ( $p \geq 0.0001$ ), obteniendo un promedio de general de sólidos solubles de 5.11 °Brix con un Coeficiente de Variación de 21.61 por ciento (Cuadro 6A). El mayor contenido de sólidos solubles se registró en T6 (CS:P, 1:2) con un valor de 5.94 °Brix. El menor contenido se registró en T4 (VC:P, 1:4) con un valor de 4.88 °Brix (Figura 6).

El valor de 5.94 °Brix superó en al menos un 0.34 por ciento al contenido de sólidos solubles de los frutos de los tratamientos restantes.

Los resultados obtenidos en T6 oscilan con García, (2006) quien reportó valores de 5.1 a 5.5°Brix, pero superaron a los de Márquez-Hernández y Cano-Ríos, (2005) y Cruz-Lázaro *et al.* (2009), quienes reportan un promedio en sólidos solubles de 4.5° Brix. También superaron a los resultados registrados por Ortega-Farias, y Ben-Hur (2003), quienes reportaron un promedio en esta variable de 4.1°Brix todos ellos desarrollados con abonos orgánicos. Por otro lado, los resultados obtenidos fueron similares a los reportados por Moreno-Reséndez *et al.* (2008), quienes obtuvieron el mayor valor de sólidos solubles de 6.0 °Brix, en frutos de tomate desarrollados con abonos orgánicos. 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



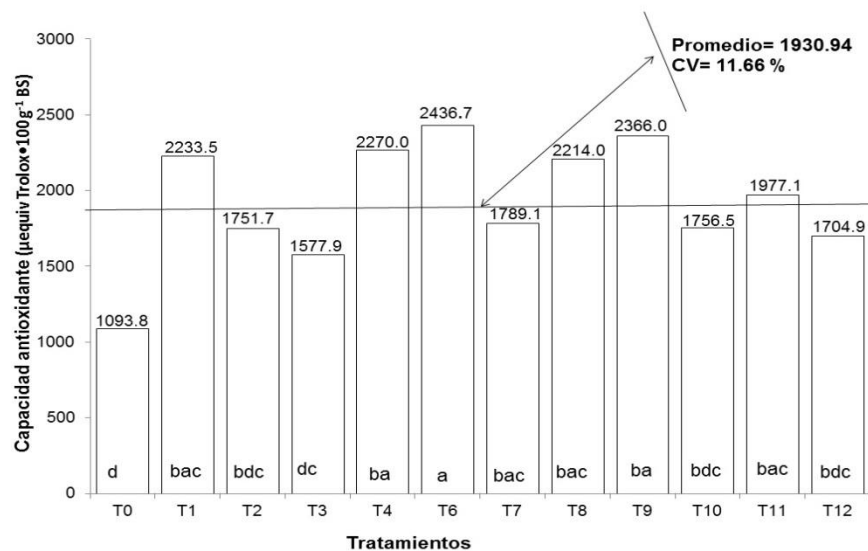
**Figura 6. Contenido de Sólidos Solubles de frutos de tomate desarrollados en diferentes abonos orgánicos, bajo condiciones protegidas. Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente. \*Promedio= Valor promedio; CV=Coeficiente de Variación.**

#### 4.7 Capacidad antioxidante:

Para esta variable se encontró diferencia estadística altamente significativa ( $p \geq 0.0001$ ), obteniendo un promedio de  $1930.94 \mu\text{equiv Trolox} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ BS}$  de capacidad antioxidante con un Coeficiente de Variación de 11.66 por ciento (Cuadro 7A). La mayor capacidad antioxidante se registró en el T6 (CS:P, 1:2) con un valor de  $2436.7 \mu\text{equiv Trolox} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ BS}$ . La menor capacidad antioxidante se registró en el T0 con un valor de  $1093.8 \mu\text{equiv Trolox} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ BS}$ . (Figura 7). La capacidad antioxidante del T6 (CS, 1:2) superó un 2.90 por ciento a la capacidad antioxidante de los tratamientos restantes. Es notable observar que la respuesta del tomate respecto a la capacidad antioxidante fue afectada por los tratamientos de VC, CY y CS, sin embargo en T6 (CS:P) se presentó mayor valor, se deduce que dichos resultados se debieron al mayor estrés, generado por los abonos orgánicos, es importante mencionar que dentro del invernadero se presentó una máxima temperatura de 39 grados.



Los resultados superaron a los obtenidos por Serrano (2009) quien obtuvo un valor de 575.67  $\mu\text{equiv Trolox}/100\text{g}$ . De hortalizas desarrollados en invernadero. Por otro lado Toor *et al.*, (2006) mencionan que la fuente de nutrientes juega un papel importante en la determinación de componentes antioxidantes en tomate. Esto confirma el hecho descrito por Rodrigo-García *et al.*, (2006), quienes mencionan que los sustratos o medios para cultivar el tomate proporcionan diferentes actividades antioxidantes.



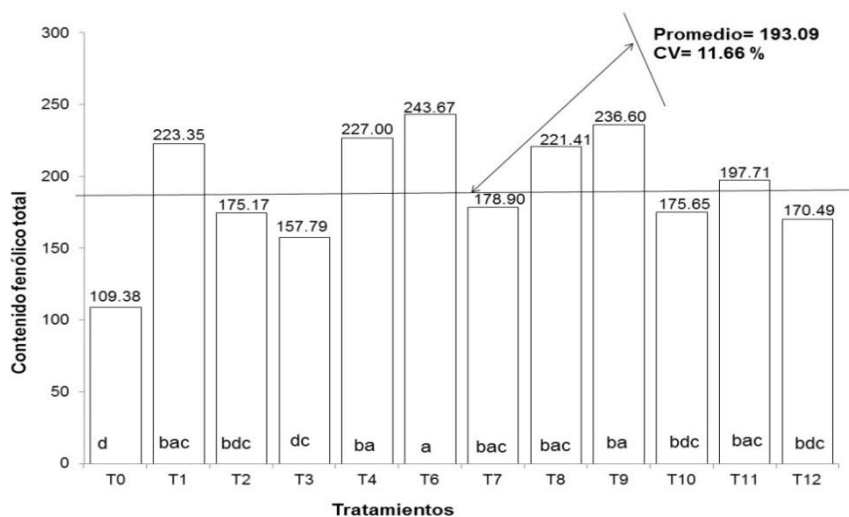
**Figura 7. Capacidad antioxidante ( $\mu\text{equiv Trolox} \cdot 100\text{g}^{-1}\text{BS}$ ) de los frutos de tomate desarrollados en diferentes abonos orgánicos, bajo condiciones protegidas. Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente. \*Promedio= Valor promedio; CV=Coeficiente de Variación.**

#### 4.8 Contenido fenólico total.

Para esta variable se encontró diferencia estadística altamente significativa ( $p \geq 0.0001$ ), obteniendo un promedio de 193.09 mg equiv AG $\cdot 100\text{g}^{-1}\text{BS}$ , de contenido fenólico con un Coeficiente de Variación de 11.66 por ciento (Cuadro 8A).

El mayor contenido fenólico se registró en el tratamiento 6 (CS:P, relación 1:2) con un valor de 243.67 mg equiv AG•100 g<sup>-1</sup> BS. El menor contenido en el tratamiento 0 (Testigo) con 109.38 mg equiv AG•100 g<sup>-1</sup> BS. (Figura 8). El contenido fenólico del tratamiento 6 (CS: P relación 1:2) superó un 2.90 por ciento al contenido fenólico de los tratamientos restantes.

Todos los valores de contenidos fenólicos totales registrados en los diferentes tratamientos evaluados fueron inferiores a los valores de Toor *et al.* (2006) quienes obtuvieron en contenido fenólico total en frutos de tomate, desarrollados en invernadero que oscilaron entre 287 y 328 mg equivi AG•100 g<sup>-1</sup> de materia seca. Según Sulbarán *et al.*, (2011) el contenido de los compuestos fenólicos de tomate varía con el procesamiento a elevadas temperaturas. En su experimento, Rivero *et al.*, (2001) analizaron fenoles solubles y peso seco en sandía y tomate a tres temperaturas, 15° C, 25° C y 35°C. El estrés térmico en ambas plantas provocó, acumulación de fenoles solubles, menor actividad de peroxidasa y polifenol oxidasa. Los resultados indican que el impacto de estas tres temperaturas fue diferente para ambos cultivos. Por otro lado, es factible notar que el contenido fenólico total se favoreció en todos los tratamientos de abonos orgánicos comparados con el tratamiento testigo, cabe destacar que entre los tratamientos que incluyeron estos materiales hubo diferencias favorables en contenido fenólico total, como se observa en la (Figura 8).



**Figura 8. Contenido fenólico total de los frutos de tomate desarrollados en diferentes abonos orgánicos, bajo condiciones protegidas. Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente. \*Promedio= Valor promedio; CV=Coeficiente de Variación.**

## V. CONCLUSIÓN

De acuerdo a la metodología en la que se desarrolló el experimento y resultados obtenidos para determinar la calidad de frutos de tomate, el contenido fenólico total y capacidad antioxidante, se generaron las siguientes conclusiones:

1. Para las variables de calidad de fruto, se concluye que el empleo de los abonos orgánicos (VC, CS y CY), como sustratos de crecimiento bajo condiciones de invernadero, favorecen la calidad del fruto de tomate, ya que no se utilizaron fertilizantes sintéticos y la planta completó su ciclo vegetativo. Esto permite suponer que las diferentes mezclas de abonos orgánicos con perlita, lograron satisfacer la demanda nutritiva en este cultivo, por lo tanto esto fortalece el hecho de que el uso de abonos orgánicos como sustrato tiene el potencial para soportar el desarrollo del tomate.

2. Se concluye también que el empleo de VC en sus diferentes concentraciones cumplieron mejor la demanda del cultivo ya que superaron al CS y CY, pues con este abono se generaron frutos con mejores características de peso, diámetro ecuatorial, diámetro polar, número de lóculos y sólidos solubles, únicamente en la variable espesor de pericarpio se reportaron datos inferiores a los encontrados con los abonos CS y CY.

3. En las variables de contenido fenólico total y capacidad antioxidante es notable que es preferible el uso de abonos orgánicos, ya que todos los tratamientos superaron al testigo, principalmente el CS, estos resultados permite concluir que la producción de alimentos con abonos orgánicos es una buena alternativa, ya que puede contribuir el bienestar a los consumidores.

## VI. LITERATURA CITADA

- Acosta, Y., Zárraga, A., Rodríguez, L., y El Zauahre, M. 2012. Cambios en las propiedades fisicoquímicas en el proceso de compostaje de lodos residuales. *Multiciencias*. 12. 18-24.
- Adalid, A. M., Roselló, S. y Nuez, F. 2007. Mejora de la calidad nutritiva en tomate: búsqueda de nuevas fuentes de variabilidad con alto contenido en carotenoides y vitamina C. *Sociedad Española de Ciencias Hortícolas Actas de Horticultura*. 48: 121 – 124.
- Álvarez-Rivero, J. C., Díaz-González, J. A. y López-Naranjo, J. I. 2005. Agricultura orgánica vs agricultura moderna como factores en la salud pública. ¿Sustentabilidad? *Horizonte Sanitario* 5: 28-40
- Ansorena, J., Batalla, E., y Merino, D. 2014. Evaluación de la calidad y usos del compost como componente de sustratos, enmiendas y abonos orgánicos. *Escuela Agraria Fraisoro* 1-69.
- Arana, I., Jarén C., Arazuri S., García, G. M. J., Ursua, A., Riga P., 2007. Calidad del tomate fresco: técnica de cultivo y variedad.
- Bonilla-Barrientos, O., Lobato-Ortiz, R., García-Zavala, J. J., Cruz-Izquierdo, S., Reyes-López, D., Hernández-Leal, E. y Hernández-Bautista, A. 2014. Diversidad agronómica y morfológica de tomates arriñonados y tipo pimiento de uso local en Puebla y Oaxaca, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 37(2): 129-139.

- Bosque-Villarreal, G.A. del, Rodríguez-García, R., Zermeño-González, A., Jasso-Cantú, D. 2012. Evaluación de un modelo físico de simulación del clima en invernadero con ventilación natural. *Agrociencia* 46(5), 427-440.
- Brunele-Caliman, F.R., Henriques-da Silva, D.J., Stringheta, P.C., Resende-Fontes, P.C., Rodrigues-Moreira, G. y Chartuni-Mantovani, E. 2010. Quality of tomatoes. grown under a protected environment and field conditions. *Rev. IDESIA (Chile)*. 28(2): 75-82
- Cano-Ríos, P., Moreno-Reséndez, A., Cándido M. H., Rodríguez-Dimas, N. y Martínez-Cueto, V. 2004. Producción orgánica de tomate bajo invernadero en la Comarca Lagunera. *In: Memorias de la XVII Semana Internacional de Agronomía*
- Cano, A. y Arnao, M.B. 2004. Actividad antioxidante de hidrofílica y lipofílica y contenido en vitamina C de zumos de naranja comerciales: relación con sus características organolépticas. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*. 4(3): 185-189.
- Castelo-Gutiérrez, A., Gutiérrez-Coronado, M., Arellano-Gil, M., Castro-Espinoza, L., Lares-Villa, F. y Figueroa-López, P. 2014. Calidad postcosecha y rendimiento de tomate cv. Grandella bajo un sistema de producción orgánica y convencional en condiciones de casa sombra *In: XXXIX Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo (15-20)*.
- Castellanos, J.Z. y Borbón, M.C. 2009. Panorama de la Horticultura protegida en México. *In: Manual de producción de tomate en invernadero*. Castellanos, J.Z. (ed.) Intagri, S.C. 1-18.

- Correa G.J., Ortiz, D., Larrahondo, J.E., Sánchez M.M. y Pachón, H. 2012. Actividad antioxidante en guanábana (*Annona muricata* L.): Una revisión bibliográfica. Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas 11 (2): 111 - 126.
- Chamorro, L. J. 2001. Anatomía y fisiología de la planta, pp. 43-87 *In*: F. Nuez. El cultivo del tomate. Mundi-Prensa México.
- Chinchilla, V.E. 2005. Estudio del proceso de trabajo perfil de riegos y exigencias, labores en el cultivo del tomate. Regional, Central Occidental del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Costa Rica. 25 p.
- Crisanto-Juárez, A.U., Vera-Guzmán, A.M., Chávez-Servia, J.L. y Carrillo-Rodríguez, J.C. 2010. Calidad de frutos de tomates silvestres (*Lycopersicum var. Cerasiforme* Dunal) de Oaxaca, México. Fitotecnia México. 33(SPE. 4): 7-13
- Cruz-Crespo, E., Sandoval-Villa, M., Volke-Haller, V.H., Can-Chulim, Á., y Sánchez-Escudero, J. 2012. Efecto de mezclas de sustratos y concentración de la solución nutritiva en el crecimiento y rendimiento de tomate. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 3(7), 1361-1373.
- Cruz-Lázaro, E. de la, Estrada-Botello M.A, Robledo-Torres V, Osorio-Osorio, R, Márquez-Hernández C, Sánchez-Hernández R. 2009. Producción de tomate en invernadero con composta y vermicomposta como sustrato. Rev. Universidad y Ciencia. 25(1): 59-67.
- Drago-Serrano, M. E., López-López, M. y Sainz-Espuñes, T. del R. 2006. Componentes bioactivos de alimentos funcionales de origen vegetal. Rev. Mex. Cs. Farmac. 37: 58-68.

- Esquinas, A.J. y F.V. Nuez, 2001. Situación taxonómica, domesticación y difusión del tomate. Pp. 13-23 *In:* (Ed) F. Nuez. El cultivo del tomate. Editorial Mundi-Prensa. México.
- Esparza-Rivera, J. R., Stone, M. B., Stushnoff, C., Pilon-Smith, E. y Kendall, P. A. 2006. Effects of Ascorbic acid applied by two hydrocooling methods on physical and chemical properties of green leaf lettuce stored at 5 °C. *J. Food Science* 71:270-276.
- Espinoza, Z.C. 2004. Producción de tomate en invernadero. Multicervicios Agropecuarios y Forestales, Zapata y Asociados. *In:* Memorias del IV Simposio Nacional de Horticultura. Invernadero. Diseño, manejo y producción. Torreón Coahuila México. (Eds.) Sánchez R., F.J., Moreno R. A., Puente, M. J.L. y J. Araiza Ch. 4-5.
- Félix-Herrán J.A., Sañudo-Torres, R.R., Rojo-Martínez, G.E., Martínez-Ruiz, R. y Olalde-Portugal, V. 2008. Importancia de los abonos orgánicos. *Revista Ximhai*. 4(1), 57-67.
- Figuroa-Viramontes, U. y Cueto-Wong J.A. 2003. Uso sustentable del suelo y abonos orgánicos *In:* Abonos orgánicos y plasticultura. (Eds.) Salazar-Sosa, E., Fortis Hernández, M., Vázquez. A.A. y Vázquez, V. C. 2003. Gómez Palacio México, Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED, Sociedad Mexicana de la ciencia del suelo. Pp 01-21.
- Fortis-Hernández, M., Leos-Rodríguez, J.A., Preciado-Rangel, P., Orón-Castillo, I., García-Salazar, J.A., García-Hernández, J.L. y Orozco-Vidal, J.A. 2009. Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo. *Terra Latinoamericana*, 27(4): 329-336.



- Fortis-Hernández, M., Leos-Rodríguez, J.A., Montemayo-Trejo, J.A. 2003. Normatividad en el uso de productos orgánicos. *In: Abonos orgánicos y plasticultura.* (Eds.) Salazar-Sosa, E., Fortis Hernández, M., Vázquez. A.A. y Vázquez, V. C. 2003. Gómez Palacio México, Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED, Sociedad Mexicana de la ciencia del suelo. 188-222.
- Gaspar-Peralta, P., Carrillo-Rodríguez, J.C., Chávez-Servia, J.L., Vera-Guzmán, A.M. y Pérez-León, I. 2012. Variación de caracteres agronómicos y licopeno en líneas avanzadas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Rev. Phytón.* 81(1): 15-22.
- García-Hernández, J.L., Murillo-Amador, B., Nieto-Garibay, A., Fortis-Hernández, M., Márquez-Hernández, C., Castellanos-Pérez, E., Quiñones-Vera, J. de J. y Avila-Serrano, N.Y. 2010. Avances en investigación y perspectivas del aprovechamiento de los abonos verdes en la agricultura. *Terra Latinoamericana* 28(4), 391-399.
- Hanson, P.M., R. Yang, J. Wu, Jent-tzu, Ch. Dolores, L. and Samson C.S Tsou. 2004. Variation for Antioxidant activity and antioxidants in tomato. *Hort. Sci.* 129 (5):704-711.
- Hernández, O.J. y Miranda V.I. 2003. Hidroponía UACH. Área de agronomía. Serie de publicaciones ACRIBOT. No. 2 Texcoco, México.
- Hernández-Rodríguez, O. A., Ojeda-Barrios, D. L., López-Díaz, J. C., & Arras-Vota, A. M. 2010. Abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. *Tecnociencia Chihuahua.* 4(1):1-6.

- Jaramillo J., Rodríguez V.P., Guzmán M., Zapata M. y Rengifo T. 2007. Manual técnico: buenas prácticas agrícolas en la producción de tomate bajo condiciones protegidas. FAO Colombia. 340 (96): 1-65.
- Johns, T. y Maundu, P. 2006. La biodiversidad forestal, la nutrición y la salud de la población en los sistemas alimentarios orientados al mercado. UNASYLVA. 57(224):34-40.
- López, M.D.L., Díaz E.A., Martínez, R.E. y Valdez, C.R.D. 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. Terra Latinoamericana. 19(4): 293-299.
- López-Martínez, J.D. Producción de compost. 2003. *In*: Abonos orgánicos y plasticultura. (Eds.) Salazar-Sosa, E., Fortis Hernández, M., Vázquez. A.A. y Vázquez, V. C. Gómez Palacio México, Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED, Sociedad Mexicana de la ciencia del suelo. Pp 63-84
- López, R.A., y Contreras, F.D. 2007. Sistemas de producción agrícola sostenibles en los andes de Venezuela: Agricultura orgánica. Avances en Química, 2(3): 23-33.
- Luna-Guevara, M.L., y Delgado-Alvarado, A. 2014. Importancia, contribución y estabilidad de antioxidantes en frutos y productos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Avances de Investigación Agropecuaria.18 (1):51-66.
- Maroto J.V. 2002. Horticultura Herbácea Especial. Quinta edición, ediciones Mundiprensa. España. 403.
- Márquez-Hernández C. y Cano-Ríos P. 2005. Producción ecológica de tomate cherry bajo invernadero. Actas portuguesas de Horticultura 5: 219-224.

- Márquez-Hernández, C., Cano-Ríos, P., Figueroa-Viramontes U., Ávila-Díaz, J.A., Rodríguez-Dimas, N. y García-Hernández J.L. 2013. Rendimiento y calidad de tomate con fuentes orgánicas de fertilización en invernadero. *Rev. Internacional de Botánica experimental*. 82: 55-61.
- Márquez-Hernández, C., Cano-Ríos, P. y Rodríguez-Dimas, N. 2008. Uso de sustratos orgánicos para la producción de tomate en invernadero. *Agricultura Técnica em México*. 34(1): 69-74.
- Márquez-Hernández, C., Cano-Ríos, P., Chew-Madinaveitia, Y. I., Moreno-Reséndez, A., y Rodríguez-Dimas, N. 2006. Sustratos en la producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 12(2), 183-189.
- Márquez-Quiroz C., Cano-Ríos, P., Moreno-Reséndez, A., Figueroa-Viramontes, U., Sánchez-Chávez, E., Cruz-Lázaro, E. de la. y Robles-Torres, V. 2014. Efecto de fertilización orgánica sobre el rendimiento y contenido nutricional de tomate saladatte en invernadero. *ITEA*, (1): 3-17.
- Mendoza-Netzahual, J., Carrillo-Rodríguez, J.C., Perales-Segovia, C. y Ruíz-Vega, J. 2003. Evaluación de fuentes de fertilización orgánica para tomate de invernadero en Oaxaca, México. *Rev. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)*. 70: 30-35.
- Moreno-Reséndez, A. 2005. Origen, importancia y aplicación de vermicomposta en el desarrollo de especies vegetales. *Revista Agraria-Nueva Época* 2, (3) 15-23.

- Moreno-Reséndez, .A., Aguilar-Durón.J, y Luévano-González, A. 2011. Características de la agricultura protegida y su entorno en México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 15(29), 763-774.
- Moreno-Reséndez, A., Cano-Ríos, P. y Rodríguez-Dimas, N. 2005. La vermicomposta: un medio de crecimiento potencial para el desarrollo de especies vegetales. *In: XVII Simposio "Semana internacional de agronomía"*, (Eds.) Martínez-Ríos J.J., Berúmen-Padilla S., Martínez-Trujillo J., Martínez-Ríos A. y Vázquez-Navarro M. Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia, Venecia, Durango, México. Pp. 99-103.
- Moreno-Reséndez, A., Gómez-Fuentes, L., Cano-Ríos, P., Martínez-Cueto, V., Reyes-Carrillo, J.L., Puente-Manríquez, J.L. y Rodríguez-Dimas, N. 2008. Genotipos de tomate en mezclas de vermicompost: arena en invernadero. *Terra Latinoamericana*. 26 (2): 103-109.
- Muñoz, R. J.J. 2004. El cultivo del tomate en invernadero. *In: J.J. Muñoz y J.Z. Castellanos Manual de producción hortícola en invernadero*. INCAPA. México. 226-262
- Muñoz, R.J.J. 2009. Estructuras de invernaderos y cubiertas de protección. *In: Manual de producción de tomate en invernadero*. Castellanos, J.Z. (ed.) Intagri, S.C. 1-18.
- Muñoz-Jauregui, A.M., Ramos-Escudero, D. F., Alvarado-Ortiz U.C., y Castañeda-Castañeda, B. 2007. Evaluación de la capacidad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos en recursos vegetales promisorios. 2007. *Revista de la Sociedad Química del Perú*. 73(3): 142-149.

- Nuez, V.F 2001. Desarrollo de nuevos cultivos. *In*: F. Nuez: edición: el cultivo del tomate. Mundi-prensa México. 626-669.
- Namesny, A. 2004. Tomates, producción y comercio. Ediciones de Horticultura, Barcelona España. 11-157.
- Nuño, M.R. 2007. Manual de tomate rojo bajo condiciones de invernadero para el valle de Mexicali; Baja California. Ed. Fundación Produce. 388-390.
- Ochoa-Martínez, E., Figueroa-Viramontes, U., Cano-Ríos, P., Preciado-Rangel, P., Moreno-Reséndez, A. y Rodríguez-Dimas, N. 2009. Té de composta como fertilizante orgánico en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero. *Revista Chapingo serie Horticultura*, 15(3): 245-250.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) 2007. Producción de tomate bajo condiciones de invernadero. En línea <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1374s/a1374s02.pdf>. Fecha de consulta: 15/08/2015.
- Ortega-Farías, S. y Ben-Hur L. 2003. Efecto de cuatro láminas de agua sobre el rendimiento y calidad de tomate de invernadero producido en primavera verano. *Agricultura Técnica (Chile)* 63(4): 394-402.
- Ortega-Martínez, L.D., Sánchez-Olarte J., Ocampo-Mendoza, J., Sandoval-Castro, E., Salcido-Ramos, B.A. y Manzo-Ramos, F. 2010. Efecto de diferentes sustratos en crecimiento y rendimiento de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero. *Rev. Ximhai*. 6(3): 339-346.
- Pacheco-Triste I.A., Chávez-Servia J.L. y Carrillo-Rodríguez J.C. (2014). Relación entre variación ecológica-orográfica y variabilidad morfológica

- de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en Oaxaca. Revista Mexicana de Agro Ecosistemas. 1(1): 28-39.
- Padilla-Bernal, L.E., Pérez-Veyna, O., Rumayor-Rodríguez, A.F., Reyes-Rivas, E. 2008. Competitividad sistémica de la industria del tomate de invernadero en Zacatecas. Revista Investigación Científica XII jornadas de Investigación. 4(2): 1-8.
- Palomo, G.I., Fuentes, Q.E., Carrasco, S.G., González, R.D. y Moore, C.R. 2010. Actividad antioxidante, hipolipemiente y anti plaquetaria del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y efecto de procesamiento y almacenaje. Revista Chilena de Nutrición, 37(4): 524-533.
- Palomo, G.I., Gutiérrez, C.M., Astudillo, S.L., Rivera, S.C., Torres, U.C., Guzmán, J.L., Moore-Carrasco, R., Carrasco, S.G. y Alarcón, L.M. 2009. Efecto antioxidante de frutas y hortalizas de la zona central de Chile. Revista chilena de nutrición, 36(2), 152-158.
- Pierini, V., Ratto, S., Avedissian, F., Zubillaga, M., & Arancio, J. 2010. Propiedades físicas de un compost obtenido a partir de residuos de poda. Rev Fac. Agron. UBA, 30, 95-99.
- Pérez, G. M., Márquez, S.F. y A.P. Lomeli. 1997. Mejoramiento genético de hortalizas. Universidad Autónoma de Chapingo. Pp. 149-179.
- Pérez-Calderón, J. 2004. Agricultura ecológica: una alternativa al desarrollo sustentable en el campo mexicano. El Cotidiano 95-100.
- Peralta, I. E., Knapp, S. y Spooner, D.M. 2005. New Species of Wild Tomatoes (*Solanum lycopersicum*. *Solanaceae*) from Northern Peru. Systematic Botany. 30(2): 324-434

- Preciado-Rangel, P., Fortis-Hernández M., Garcia-Hernández J.L., Rueda-Puente E. Esparza-Rivera, J.R., Lara-Herrera, A., Segura-Castruita, M. A. y Orozco-Vidal, J. 2011. Evaluación de soluciones nutritivas orgánicas en la producción de tomate en Invernadero. *Revista Inter ciencia*. 36(9): 689-693.
- Preciado-Rangel, P., Sánchez-Hernández, D.J., Cano-Ríos, P., Fortis-Hernández, M., Segura-Castruita, M. A. y Orozco-Vidal, J.A. 2013. Efecto de diferentes mezclas de vermicomposta: Arena en la Producción de melón. *Ciencia y Tecnol. Agrop. México*. 1(2): 8-11.
- Raffo, A., Salucci, M., Azzini, E., Berton, E.V., Quaglia, G. B., Fogliano, V., Graziani, G., y La Malfa, G. 2003. Nutritional characteristics of greenhouse cherry tomatoes. *Acta Hort*. 19:11 - 19.
- Ramos A.D. y Terry A.E. 2014. Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales*, 35(4): 52-59.
- Ramos, G.F., Ruvalcaba, A.J.A., López, G.M.A. y Vázquez, M.O. 2011. Efectos de abonos orgánicos en el rendimiento del chile ancho (*Capsicum annum* L) y sobre las características químicas del suelo de la parcela experimental. *Investigación y ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes* (51): 3-9
- Ramírez, H., Herrera-Gámez, B; Benavides-Mendoza, A., Rancaño-Arriola, J.H., Álvarez-Mares, V., Amado-Ramírez, C. y 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.

- Rivero, R.M., Ruiz, J.M., García, P.C., López -Lefebre, L.R., Sánchez, E. y Romero, L. 2001. Resistance to cold and heat stress: accumulation of phenolic compounds in tomato and watermelon plants. *Plant Science*. 160: 315–321.
- Roblero, R.H.R., Nava, P.E., Valenzuela Q.W. Camacho B.J. R. y Rodríguez., G. 2014. Evaluación de cinco dosis de vermicomposta en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) en Sinaloa, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8:1495-1500.
- Rodríguez, L. 2000. Densidad de población vegetal y producción de materia seca. *Revista COMALFI*. 27(A-2):31-38.
- Rodríguez-Dimas, N., Figueroa-Viramontes U., Favela-Chávez, E., Moreno-Reséndez, A., Márquez-Hernández, C., Ochoa-Martínez, E. y 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. de P., Márquez-Hernández, C., y Moreno-Reséndez, A. 2008. Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. *Rev. Fitotecnia Mexicana* 31(3): 265-272.
- Rodríguez-Dimas, N.; Cano-Ríos, P.; Favela-Chávez, E.; Figueroa-Viramontes, U.; Álvarez-Reyna, V. de P; Palomo-Gil, A.; Márquez-Hernández, C. y Moreno-Reséndez, A. 2007. Vermicomposta como alternativa orgánica en la producción de tomate en invernadero. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*. 13(2): 185-192.



- Ruiz, F.J.F. 2004. Alcances y limitaciones de la horticultura orgánica. Diseño y manejo y producción. Universidad Autónoma de Chapingo. pp 5.
- Sánchez, S., Hernández, M. y Ruz, F. 2011. Alternativas de manejo de la fertilidad del suelo en ecosistemas agropecuarios. Rev. Pastos y Forrajes. 34(4), 375-392.
- Santos, M.P. y Torres, Q.E.A. 2007. Respuesta del tomate industrial a la aplicación de reguladores de crecimiento. Agronomía San Cristóbal, Republica Dominicana, Instituto Politécnico Loyola. 68
- Salazar-Sosa, E., Fortis Hernández, M., Vázquez. A.A. y Vázquez, V. C. 2003. Abonos orgánicos y plasticultura. Gómez Palacio México, Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED, Sociedad Mexicana de la ciencia del suelo. Pp. 63-84.
- Serrano, M. A. 2009. Efecto de diferentes factores: fertilización, salinidad y procesado, sobre parámetros objetivos de calidad en pimiento. Tesis Universidad Católica San Antonio. UCAM. 90-93.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2015. México se consolida como principal exportador de tomate. En línea en: <http://www.siap.gob.mx/agricultura-produccion-anual/> Fecha de consulta: (15/08/2015).
- Sulbarán, B., Sierra, E., Ojeda de Rodríguez, G., Berradre, M., Fernández V. y Peña, J. 2011. Evaluación de la actividad antioxidante del tomate crudo y procesado. Rev. Fac. Agron. (LUZ) 28: 273-291.
- Toor, R.K., Savage, G.P. y Lister, C.E. (2006). Seasonal variations in the antioxidant composition of greenhouse grown tomatoes, Journal of Food Composition and Analysis. 19: 1-10.

- Toor, R. K., Geoffrey P. Savage, y Anuschka Heeb. 2006. Influence of different types of fertilisers on the major antioxidant components of tomatoes. *Journal of Food Composition and Analysis*.19: 20-27.
- Tourat, A. P. 2000. Time for compost tea in the northwest. *BioCycle* 41: 74-77.
- Torres U. C., Guzmán J.L., Moore C.R. Y Palomo G.I. 2008. Efecto antitrombótico, una característica poco conocida de las frutas y hortalizas. *Revista Chilena de Nutrición*, 35(1): 10-1.
- Urrieta-Velázquez J. A., Rodríguez-Mendoza M. de la N., Ramírez-Vallejo. P., Baca-Castillo G. A., Ruiz-Posada L. del M. y 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.
- Valencia, M.E. y Robles -Sardin, A.E. 2005. El valor nutrimental y protector de las frutas y verduras en la dieta humana. *In* González -Aguilar G.A., Gardea, A.A. y Cuamea-Navarro, F. (Eds.) *Nuevas Tecnologías de Conservación de Productos Vegetales Frescos Cortados*. Logiprint Digital. Guadalajara, México. 1 -14.
- Vázquez-Vázquez, P., García-López, M.Z.; Navarro-Cortez, M. C. y García-Hernández, 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.
- Waliszewski, K. N. y Blasco, G. 2010. Propiedades nutraceuticas del licopeno. *Salud Pública de México*, 52(3): 254-265.
- Willer, H., Yussefi-Menzle M. and Sorensen, N. 2008. The world of organic agriculture. Statics and emerging trends. IFOAM, FIBL, SOL, Germany

## VII. APÉNDICE

**Cuadro 1A. Análisis de varianza para diámetro ecuatorial, para evaluar el comportamiento de tomate desarrollado con diferentes abonos orgánicos, bajo condiciones protegidas.**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>S.C</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>Pr&gt;F</b>
<b>Tratamiento</b>	12	117.41	9.78	34.28	<0.0001***
<b>Error</b>	65	18.55	0.28		
<b>Total</b>	77	135.96			
<b>CV. %</b>	14.03				
<b>Media</b>	3.80				

FV=Fuente de Variación, GL=Grados de Libertad, SC= Suma de Cuadrados, CM= Cuadrado Medio, FC= f calculada, P>F= f tabulada, CV= Coeficiente de Variación, \*\*\*=altamente significativo.

**Cuadro 2A. Análisis de varianza para diámetro polar para evaluar el comportamiento de tomate desarrollado con diferentes abonos orgánicos, bajo condiciones protegidas.**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>S.C</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>Pr&gt;F</b>
<b>Tratamiento</b>	12	198.52	16.54	34.28	<0.0001***
<b>Error</b>	65	35.83	0.55		
<b>Total</b>	77	234.36			
<b>CV. %</b>	15.67				
<b>Media</b>	4.73				

FV=Fuente de Variación, GL=Grados de Libertad, SC= Suma de Cuadrados, CM= Cuadrado Medio, FC= f calculada, P>F= f tabulada, CV= Coeficiente de Variación, \*\*\*=altamente significativo.

**Cuadro 3A. Análisis de varianza para número de lóculos para evaluar el comportamiento de tomate desarrollado con diferentes abonos orgánicos, bajo condiciones protegidas.**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>S.C</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>Pr&gt;F</b>
<b>Tratamiento</b>	12	40.58	3.38	21.51	<0.0001***
<b>Error</b>	65	10.22	0.15		
<b>Total</b>	77	50.80			
<b>CV.</b>	16.46				
<b>Media</b>	2.40				

FV=Fuente de Variación, GL=Grados de Libertad, SC= Suma de Cuadrados, CM= Cuadrado Medio, FC= f calculada, P>F= f tabulada, CV= Coeficiente de Variación, \*\*\*=altamente significativo.

**Cuadro 4A. Análisis de varianza para peso de fruto para evaluar el comportamiento de tomate desarrollado con diferentes abonos orgánicos, bajo condiciones protegidas.**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>S.C</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>Pr&gt;F</b>
<b>Tratamiento</b>	12	38696.90	3224.74	19.94	<0.0001***
<b>Error</b>	65	10511.21	161.71		
<b>Total</b>	77	49208.12			
<b>CV. %</b>	24.63				
<b>Media</b>	51.62				

FV=Fuente de Variación, GL=Grados de Libertad, SC= Suma de Cuadrados, CM= Cuadrado Medio, FC= f calculada, P>F= f tabulada, CV= Coeficiente de Variación, \*\*\*=altamente significativo.

**Cuadro 5A. Análisis de varianza para la variable, espesor de pericarpio para evaluar el comportamiento de tomate desarrollado con diferentes abonos orgánicos, bajo condiciones protegidas.**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>S.C</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>Pr&gt;F</b>
<b>Tratamiento</b>	12	2.98	0.24	14.02	<0.0001***
<b>Error</b>	65	1.15	0.017		
<b>Total</b>	77	4.14			
<b>CV. %</b>	26.10				
<b>Media</b>	0.51				

FV=Fuente de Variación, GL=Grados de Libertad, SC= Suma de Cuadrados, CM= Cuadrado Medio, FC= f calculada, P>F= f tabulada, CV= Coeficiente de Variación, \*\*\*=altamente significativo.

**Cuadro 6A. Análisis de varianza para solidos solubles para evaluar el comportamiento de tomate desarrollado con diferentes abonos orgánicos, bajo condiciones protegidas.**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>S.C</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>Pr&gt;F</b>
<b>Tratamiento</b>	12	177.35	14.77	12.08	<0.0001***
<b>Error</b>	65	79.49	1.22		
<b>Total</b>	77	256.85			
<b>CV. %</b>	21.61				
<b>Media</b>	5.11				

FV=Fuente de Variación, GL=Grados de Libertad, SC= Suma de Cuadrados, CM= Cuadrado Medio, FC= f calculada, P>F= f tabulada, CV= Coeficiente de Variación, \*\*\*=altamente significativo.

**Cuadro 7A. Análisis de varianza para la Capacidad antioxidante para evaluar el comportamiento de tomate desarrollado con diferentes abonos orgánicos, bajo condiciones protegidas.**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>S.C</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>Pr&gt;F</b>
<b>Tratamiento</b>	11	5078997.44	461727.04	9.10	<0.0001***
<b>Error</b>	24	1218243.99	50760.16		
<b>Total</b>	35	6297241.43			
<b>CV. %</b>	11.66				
<b>Media</b>	1930.94				

FV=Fuente de Variación, GL=Grados de Libertad, SC= Suma de Cuadrados, CM= Cuadrado Medio, FC= f calculada, P>F= f tabulada, CV= Coeficiente de Variación, \*\*\*=altamente significativo.

**Cuadro 8A. Análisis de varianza para Contenido fenólico para evaluar el comportamiento de tomate desarrollado con diferentes abonos orgánicos, bajo condiciones protegidas.**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>S.C</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>Pr&gt;F</b>
<b>Tratamiento</b>	11	50789.58	4617.23	9.10	0.0001***
<b>Error</b>	24	12181.88	507.57		
<b>Total</b>	35	62971.46			
<b>CV. %</b>	11.66				
<b>Media</b>	193.09				

FV=Fuente de Variación, GL=Grados de Libertad, SC= Suma de Cuadrados, CM= Cuadrado Medio, FC= f calculada, P>F= f tabulada, CV= Coeficiente de Variación, \*\*\*=altamente significativo.