UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

CALIDAD Y POTENCIAL ANTIOXIDANTE DEL PIMIENTO MORRÓN DESARROLLADO CON ABONOS ORGÁNICOS Y ARENA EN INVERNADERO.

POR:

RICARDO PARCERO SOLANO

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO. DICIEMBRE, 2014.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

CALIDAD Y POTENCIAL ANTIOXIDANTE DEL PIMIENTO MORRÓN DESARROLLADO CON ABONOS ORGÁNICOS Y ARENA EN INVERNADERO.

POR:
RICARDO PARCERO SOLANO

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

INGENIERO AGRÓNOMO

REVISADA POR EL COMITÉ DE ASESOR

ASESOR PRINCIPAL:

DR. ALEJANDRO MORENO RESÉNDEZ

ASESOR:

DRA. NORMA RODRÍGUEZ DIMAS

ASESOR:

DRA. LILIA SALAS PÉREZ

ASESOR:

ING. JUAN MANUEL NAVA SANTOS

DRA. MA. TERESA VALDÉS PEREZGASGA
COORDINADORA INTERINA DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Coordinación de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México Diciembre 2014

ÍNDICE Página

I. INTRODUCCIÓN 1
1.2 Objetivos 3
1.3 Hipótesis 3
II. REVISIÓN DE LITERATURA 4
2.1. Antecedentes y origen del pimiento morrón 4
2.2 Perfil de mercado del pimiento 5
2.3. Taxonomía del pimiento morrón 6
Cuadro 1. Clasificación taxonómica del pimiento 6
2.4 Morfología del pimiento morrón 7
2.5 Estructura interna del fruto del pimiento 8
2.6 Exigencias climáticas 8
Cuadro 2. Temperaturas para el buen desarrollo en el cultivo de Chile Pimiento Morrón (*Capsicum annuum* L) 9
2.7 Recolección de pimiento 9
2.8 Componentes de la calidad del pimiento 10
2.8.1 Textura del fruto de pimiento 10
2.8.2 Firmeza del fruto de pimiento 11
2.8.3 Sólidos solubles totales 11
2.8.4 Color de cosecha del fruto de pimiento 12
2.8.5 Grosor de la pared del fruto (pericarpio) 12
2.8.6 Antioxidantes del fruto de pimiento 13
2.9 Valor nutricional del pimiento 15
2.10 Fertilización para el cultivo de pimiento 16
2.11 Uso de invernaderos para la producción de alimentos 17
2.12 Agricultura orgánica 18
2.13 Trascendencia de la materia orgánica del suelo 20
2.14 Importancia de los abonos orgánicos 21
2.15 Características del Vermicompost y Compost en la agricultura. 22
III. MATERIALES Y MÉTODOS 26
3.1 Descripción del área experimental 26

3. 2 Diseño Experimental 26
3.3 Material Vegetal 27
3.5 Caracterización físico-química tratamientos evaluados. 28
3. 7 Variables evaluadas 30
3. 7.1 Peso de fruto 30
3.7.2 Diámetro polar 30
3.7.3 Diámetro ecuatorial 30
3.7.4 Número de lóculos 31
3.7.5 Espesor del pericarpio de fruto 31
3.7.6 Sólidos solubles 31
3.7.7 Preparación de muestras para la determinación de compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante 31
3.7.8 Obtención de extractos 32
3.7.9 Capacidad antioxidante 32
3.7.10 Contenido fenólico total 32
3.8Análisis estadísticos 33
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 34
4.1 Peso de fruto 34
4.2 Diámetro polar de fruto 36
4.4 Sólidos solubles 39
4.5 Número de lóculos de fruto 40
4.7 Capacidad antioxidante 42
4.8 Contenido fenólico total 44
V. CONCLUSIÓN 47
LITERATURA CITADA 48
VII. APÉNDICE 60

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.Clasificación taxonómica del pimiento 6

Cuadro 2. Temperaturas para el buen desarrollo en el cultivo de Chile Pimiento Morrón (*Capsicum annuum* L)..... 9

Cuadro 3. Composición nutrimental del pimiento (*Capsicum annum* L.) 16

Cuadro 4. Diferentes sustratos utilizados en el desarrollo del cultivo de pimiento morrón en invernadero en la Comarca Lagunera 2014. 27

Cuadro 5. Análisis químico de los diferentes sustratos utilizado en el desarrollo del cultivo de pimiento morrón en invernadero en la Comarca Lagunera 2014. 29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1 Peso de fruto (g) del hibrido Mecate F1, bajo producción en invernadero, a base a sustratos orgánicos. 34

Figura. 2 Diámetro polar de fruto (cm) del hibrido Mecate F1, bajo producción en invernadero, a base a sustratos orgánicos. 35

Figura. 3 Diámetro ecuatorial de fruto (cm) del hibrido Mecate F1, bajo producción en invernadero, a base a sustratos orgánicos. 38

Figura. 4 Sólidos solubles (^{o}Brix) del hibrido Mecate F1, bajo producción en invernadero, a base a sustratos orgánicos. 39

Figura. 5 Número de lóculos del hibrido Mecate F1, bajo producción en invernadero, a base a sustratos orgánicos. 41

Figura. 6 Espesor del pericarpio de fruto (mm) del hibrido Mecate F1, bajo producción en invernadero, a base a sustratos orgánicos. 41

Figura. 7 Antioxidante del hibrido Mecate F1, bajo producción en invernadero, a base a sustratos orgánicos. 43

Figura. 8 contenido fenolico del hibrido Mecate F1, bajo producción en invernadero, a base a sustratos orgánicos. 45

RESUMEN

El trabajo se realizó durante el ciclo agrícola Primavera-Verano de 2013 en el invernadero del Cuerpo Académico Sistemas Sustentables para la Producción Agropecuaria (CASISUPA), en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN-UL). El objetivo del trabajo fue evaluar abonos orgánicos: vermicompost, compost y compost con yeso, mezclados con arena, en relaciones 50:50, 33.3:66.6, 25:75, 20:80; utilizando un diseño completamente al azar. Los sustratos se colocaron en bolsas de polietileno negro, de 20 kg de capacidad, en donde se trasplantó el pimiento morrón Mecate F1. Dentro del invernadero las macetas fueron colocadas a doble hilera con arreglo en tresbolillo. Durante el proceso se llevó a cabo la caracterización físico-química, de los abonos orgánicos empleados, este análisis se realizó en el laboratorio del Departamento de Suelos de la UAAAN-UL. Las variables evaluadas en frutos fueron las siguientes: peso de fruto, diámetro polar, diámetro ecuatorial, sólidos solubles, espesor del pericarpio, número de lóculos, capacidad antioxidante total y contenido de compuestos fenólicos totales. Para evaluar los resultados obtenidos en cada una de las variables de estudio, se aplicaron análisis de varianza y pruebas de comparación de medias DMS al 5%, realizados mediante el programa estadístico SAS. Los mayores resultados se obtuvieron con el abono vermicompost, por lo tanto es posible concluir que este tipo de abono orgánico fue capaz de satisfacer la demanda nutritiva del pimiento, sin necesidad de aplicar fertilizantes sintéticos.

PALABRAS CLAVE: agricultura protegida, vermicompost, abonos orgánicos, humus de lombriz, sustratos.

I. INTRODUCCIÓN

El pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.), también conocido como chile dulce o Bell, es una especie de gran importancia comercial y económica tanto nacional como mundial, por lo que es cultivado para su consumo en fresco, seco y en productos procesados (CIDH, 2007).

Según datos de la FAOSTAT (2009), la superficie mundial sembrada de *C. annuum* ascendió a 1.7 millones de hectáreas, con una producción de 25.1 millones de toneladas. Después de China, México es el segundo productor de esta especie vegetal a escala mundial, de acuerdo a la producción obtenida en toneladas, les siguen Turquía, Estados Unidos, España e Indonesia.

En México el pimiento morrón tiene una importancia económica en los estados de Sinaloa, Sonora y Baja California Sur porque exportan su producción, mientras que al mercado nacional lo abastecen principalmente Sinaloa, Morelos, Durango y Coahuila, que incluyen la Comarca Lagunera (Vázquez-Vázquez *et al*., 2011).

El consumo del *C. annuum* proporciona al ser humano minerales, fibras, agua y antioxidantes. Estos elementos contribuyen a conservar una buena salud y calidad de vida en las personas (Nuez *et al*., 1996). Su fruto se caracteriza por la producción de fenoles como producto de su metabolismo secundario, algunos de los cuales son indispensables para su funcionamiento y otros son útiles en los mecanismos de defensa bajo situaciones de tensión y contra el ataque de organismos patógenos. También se vincula el consumo de estos fitoquímicos con beneficios a la salud, debido a sus propiedades antioxidantes y anticancerígenas (Cabrera-Soto *et al*., 2009).

En la actualidad, dado los riesgos a la salud derivados del abuso en el empleo de los agroquímicos, los consumidores están más interesados en adquirir productos sanos, libres de agroquímicos y con un alto valor nutricional, por lo que es necesario encontrar sistemas de producción apegados lo más cercano posible a lo no aplicación de éstas sustancias, siendo uno de los caminos la agricultura orgánica (Fortis-Hernández *et al*., 2012). En relación a la fertilización de los cultivos, está tradicionalmente se ha lleva a cabo con fuentes inorgánicas debido a su mayor solubilidad, sin embargo, éstos pueden originar un daño a la salud humana, además de incrementarlos costos de producción de los cultivos. Debido a lo anterior, hoy en día existe un creciente interés por utilizar fuentes orgánicas para abonar los suelos donde se desarrollan las especies vegetales (Álvarez *et al*., 2005).

La utilización de abonos orgánicos en el cultivo de pimiento, tiene gran interés científico y tecnológico para obtener rendimientos satisfactorios en beneficio de los agricultores ya que se ofertarán en los mercados productos más apetecibles y saludables para el consumidor, lo que contribuye a la seguridad alimentaria, además con el empleo de esto tipo de materiales se logra un menor costo de producción y aplicación y se mejoran los suelos deteriorados por el uso de agroquímicos (Márquez-Hernández *et al*., 2010).

Por lo anterior se planteó este trabajo de investigación, que tiene como finalidad la evaluación de diferentes mezclas de sustratos orgánicos en el cultivo del pimiento morrón, en base a su calidad, bajo condiciones de invernadero, que permita generar alternativas para la producción de esta hortaliza.

1.2 Objetivos

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

Determinar el Potencial antioxidante del pimiento morrón desarrollado en mezclas de diferentes sustratos orgánicos con perlita bajo condiciones de invernadero.

1.3 Hipótesis

La aplicación de abonos orgánicos, además de satisfacer la demanda nutritiva del pimiento morrón, favorecen la calidad y capacidad antioxidante del mismo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes y origen del pimiento morrón

Según datos de la FAOSTAT (2009), la superficie mundial sembrada de *C. annuum* ascendió a 1.7 millones de hectáreas, con una producción de 25.1 millones de toneladas. Después de China, México es el segundo productor de esta especie vegetal a escala mundial, de acuerdo a la producción obtenida en toneladas, les siguen Turquía, Estados Unidos, España e Indonesia.

En México el pimiento morrón tiene una importancia económica en los estados de Sinaloa, Sonora y Baja California Sur porque exportan su producción, mientras que al mercado nacional lo abastecen principalmente Sinaloa, Morelos, Durango y Coahuila, que incluyen la Comarca Lagunera (Vázquez-Vázquez *et al*., 2011).

Origen del pimiento morrón

El pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) es cultivado en centro y Sudamérica especialmente en la zona de Bolivia y Perú, donde se cultivan al menos otras cuatro especies. Hace 6000 años, los pimientos fueron utilizados en Sudamérica como especie para condimentar los alimentos suaves. En el siglo XVI ya se había difundido su cultivo en España desde donde se distribuyó al resto del continente Europeo (Abu-Zahra, 2012).

México es el centro de origen, diversidad y domesticación del cultivo de chile, con gran variabilidad genética no explorada. Se ha registrado su domesticación en los estados de Tamaulipas, Puebla y Oaxaca (Pickersgill, 1989).

2.2 Perfil de mercado del pimiento

El pimiento es la tercera solanácea más importante a nivel mundial después del tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) y la papa (*Solanum tuberosum* L), las necesidades de producción y del mercado han contribuido al crecimiento e importancia de esta hortaliza. La Unión Europea representa un mercado atractivo para el pimiento fresco mexicano debido a la demanda creciente del consumo de productos frescos libres de residuos químicos. Los principales países productores de pimiento entre el periodo 2005-2009 fueron: China, México, Turquía, Indonesia y España, los cuales produjeron aproximadamente 1,000, 000 t. Según la SAGARPA, en 2013 la producción de pimiento a nivel mundial fue de 27 500 000 t. México en 2010 exportó 99.4% de la producción principalmente a EE.UU y 0.6 % a Canadá (FAO, 2011)

Esta situación cobra gran relevancia en virtud de que la mayor parte de la producción de pimiento de México se destina a la exportación, tanto la que se genera a campo abierto como la de invernadero. El cultivo de pimiento se encuentra entre las principales hortalizas de mayor producción, lo que representa un negocio en plena expansión con oportunidades y posibilidades de alta rentabilidad, pues se siembran aproximadamente 5 800 hectáreas con rendimientos aproximados de 50 $t \cdot ha^{-1} \bullet Año^{-1}$ (Reséndiz-Melgar *et al*., 2010).

Los grandes productores de pimiento en México a campo abierto que se localizan principalmente en zonas desérticas en el norte (Sonora y Sinaloa) y centro del país, han tenido que detener su expansión debido a la escasez de agua lo que ha dado paso a la producción de pimiento en invernadero. En consecuencia, para el año de 2009 se habían detectado al menos 85 hectáreas con invernaderos donde se producen cerca de 51,000 toneladas de pimiento de exportación en estados como Nuevo León, Coahuila, San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo y Puebla (De Santiago, 2009).

2.3. Taxonomía del pimiento morrón

El pimiento pertenece al género *Capsicum*, de la familia de las Solanáceas. Las variedades cultivadas de la especie *C. annuum* pertenecen a varias subespecies o variedades botánicas, algunas de ellas con sabor picante. Algunos autores sólo reconocen una especie la C. *annuum* que engloba toda la variabilidad genética existente (Loaiza-Figueroa *et al.,* 1989).

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del pimiento

Reino	*Plantae*
División	*Magnoliophyta*
Clase	*Magnoliopsida*
Subclase	*Asteridae*
Orden	*Solanales*
Familia	*Solanáceae*
Género	*Capsicum*
Especie	*Annuum*

(Gerhardt, 1975)

2.4 Morfología del pimiento morrón

Las plantas de chile pimiento tienen crecimiento simpódico y en cada bifurcación se producen flores, generalmente solitarias. Si las plantas se dejan crecer libremente, las primeras seis a 12 flores amarran fruto, pero la alta demanda de asimilados para su rápido crecimiento ocasiona aborto de un alto porcentaje de flores generadas subsecuentemente. Una vez que estos frutos finalizan su crecimiento y son cosechados, la disponibilidad de asimilados aumenta y permite continuar el crecimiento vegetativo y eventualmente, el amarre y crecimiento de cuatro a ocho frutos más, que a su vez, ocasionarán el aborto de flores que se forman posteriormente. Entre la cosecha del primer y segundo flujo de frutos, puede haber un intervalo de dos meses (Marcelis *et al*., 2004; Cruz *et al.,* 2009) lo que causa que en un ciclo de cultivo completo transcurran entre 8 a 10 meses después del trasplante, con rendimientos que oscilan entre 50 y 80 $t \cdot ha^{-1}$(Jurado y Nieto, 2003).

La planta del pimiento es un pequeño arbusto de crecimiento indeterminado, que tiene un tallo frágil, erecto y herbáceo, con ramas que se subdividen en dos partes, sus hojas son grandes y de color verde intenso brillante, con forma oblonga (más largas que anchas), lanceolada o globosa. El sistema radical inicia con numerosas raíces adventicias que horizontalmente pueden alcanzar una longitud comprendida entre 0.50 y 1.0 m. Las flores son de color blanco o blanco amarillentas (CEDEPAS-INCAGRO, 2003) y el fruto es una baya hueca que dependiendo de la posición del pedúnculo, erecto o abatido y del peso del fruto, va a desarrollarse total o parcialmente erguido o en péndulo (FAO, 2013).

Los frutos inclinados o en péndulos están más abrigados por las hojas y protegidos contra la insolación, además de que su recolección es mucho más fácil. El pedúnculo se prolonga en el interior del fruto a través de la placenta que sigue la forma del propio fruto, el fruto es una baya hueca, semicartilaginosa, de tamaño variable y las semillas se encuentran en la placenta cónica de disposición central. El grosor del pericarpio es una de las características importantes para la valoración de la variedad, de tal modo que el pimiento cultivado para su consumo como verdura, debe tener un pericarpio carnoso (CEDEPAS-INCAGRO, 2003).

2.5 Estructura interna del fruto del pimiento

La forma del fruto depende del número de carpelos y de semilla. El fruto de los pimientos está formado normalmente por dos o tres carpelos, mientras que los frutos cilíndricos o redondeados suelen tener tres o cuatro y los frutos de forma de tomate, pueden incluso tener cinco carpelos (Nuez *et al.,* 1989).

Durante la cosecha los frutos son en su mayoría, recolectados y llevados al mercado cuando se encuentran en su madurez comercial (verdes), adquiriendo una coloración amarilla o roja (dependiendo de la variedad) cuando se completa su madurez fisiológica. Las variedades picantes contienen capsaicina, la cual en pimientos picantes alcanzan su máxima concentración cuando el fruto llega a la maduración fisiológica (CEDEPAS-INCAGRO, 2003).

2.6 Exigencias climáticas

Los factores climáticos, son fundamentales para el crecimiento adecuado del cultivo, aunque los valores óptimos de temperatura para el desarrollo del pimiento

están bien determinados (Cuadro 2). La humedad relativa óptima oscila de 50-70%, la coincidencia de las altas temperaturas y baja humedad relativa puede ocasionar la caída de flores y de frutos recién cuajados, el pimiento también es muy exigente en luminosidad, sobre todo en los primeros estados de desarrollo y durante la floración (Castellanos, 2004).

Cuadro 2. Temperaturas para el buen desarrollo en el cultivo de Chile Pimiento Morrón (*Capsicum annuum* L).

	Temperatura	Temperatura óptima(°C)	
Fase del cultivo	Óptima: día/noche	Mínima	Máxima
Germinación	20-25	13	40
Crecimiento vegetativo	20-25 /16-18	15	32
Floración y fructificación	26-28 /18-20	18	35

(Castellanos, 2004).

2.7 Recolección de pimiento

Los precios y la demanda por un lado y las temperaturas por otro, son los factores que van a determinar el momento y la periodicidad de esta operación, recolectando antes de su madurez fisiológica en verde o en color según interese. Por lo tanto, se considera que el momento de la recolección en función del tipo de pimiento (Jurado y Nieto, 2003) puede ser como.

- Pimientos Verdes: tamaño, firmeza y color del fruto.
- Pimientos de Color: un mínimo de 50% de coloración.

Una vez hecha la recolección, los frutos deberán depositarse en contenedores o en cajas de cosecha. No deben asolearse y deben llevarse al área de selección y empaque, cuidando que el tamaño y el peso de la caja no sean demasiado grandes

para no dañarlos. Además, se lleva a cabo la limpieza y selección aplicando los criterios de color, tamaño, y textura y en algunos casos también de peso, según la demanda del mercado (Doorenbos y Pruitt, 1976).

2.8 Componentes de la calidad del pimiento

Hoy en día, los consumidores comienzan a demandar hortalizas de mayor calidad y a precios razonables. Dentro del concepto de calidad, se incluye la presentación del producto, la calidad gustativa, las formas, los colores, la ausencia de residuos de pesticidas y la producción no agresiva con el medio ambiente (Abo-Aiia *et al*., 1985).

Los múltiples usos del pimiento, permiten considerar un gran número de atributos como indicadores de su calidad. No obstante, en las normativas más utilizadas destacan el calibre, el color, la firmeza como indicadores de la madurez y las formas de transporte. Con los análisis de los parámetros de calidad de firmeza, grosor de la pared y contenido de sólidos solubles se pueden relacionar con el grado de aceptación por los consumidores (Sethu *et al*., 1996).

2.8.1 Textura del fruto de pimiento

La textura es un atributo de calidad importante para los consumidores (Sethu *et al*., 1996). Por lo que se puede definir a las propiedades texturales de un alimento como: al grupo de características físicas que son detectadas por la sensación del tacto. Este atributo está relacionado con la deformación, la desintegración y el flujo de alimento bajo la aplicación de una fuerza, el tiempo y la distancia. Además, Sams (1999) ha establecido que la textura se compone de varias

propiedades, que implican una serie de parámetros, estas propiedades pueden ser mecánicas (dureza, masticabilidad y viscosidad), geométricas (tamaño de partícula y la forma) o químicas (contenido de humedad y grasa).

2.8.2 Firmeza del fruto de pimiento

La firmeza es un indicador de calidad que está claramente relacionado con el tiempo de conservación de los alimentos, principalmente en frutas y hortalizas. Por esta razón, valores elevados de firmeza son deseables para productos que tienen que viajar largas distancias antes de llegar a los consumidores (Urrestarazu *et al*., 2002). La pared externa de un pimiento cubre grandes espacios loculares y con el apoyo de tres o cuatro paredes carpetales de todo el eje ecuatorial, el tejido placentario y las semillas se encuentran en el centro de la fruta y contribuyen poco al soporte de la pared (Showalter, 1973). Castro *et al*. (2011) determinaron datos de firmeza en pimientos, medidos sobre el epicarpio con valores de 0.86 y 0.339 kg•F, respectivamente y que son menores a los que registraron Guerra *et al*. (2011) cuyos valores oscilaron entre 3.5 a 3.9 Kg•F, que representa mayor grosor en la pared del fruto y por consecuencia una mayor resistencia a la deformación.

2.8.3 Sólidos solubles totales

Una característica importante que refleja la calidad del pimiento son los sólidos solubles totales (SST) ya que presentan gran variación en función del cultivar, nutrición de la planta, conductividad eléctrica de la solución nutritiva, estrés hídrico, entre otros (Urrestarazu *et al*., 2002). De la misma manera Castro *et al*., (2011) reportaron datos de SST, con valor de 4.8 ^{o}Brix, mientras que Rao *et al*. (2011)

determinaron valores que oscilaron entre 2.9 y 5.8 ^{o}Brix, y que se encuentran relacionados principalmente con los carbohidratos contenidos en el jugo obtenido del fruto, así como de los minerales disueltos.

2.8.4 Color de cosecha del fruto de pimiento

El color es la base para la clasificación de muchos productos en niveles de calidad comercial, pero la concentración de pigmentos u otros componentes específicos podrían significar un índice de mejor calidad. El color del pimiento se relaciona directamente con la percepción del consumidor mientras que la concentración del pigmento se atribuye a la madurez y la concentración de algunos otros componentes que se relaciona con el sabor. Cuando la fruta o verdura se expone a la luz, alrededor de 4 % de la luz incidente es reflejada en la superficie exterior, causando reflactancia especular o brillo, y el restante 96 % de la energía incidente se transmite a través de la superficie de la estructura celular del producto en el que se dispersa por las interfaces pequeñas en el tejido o es absorbida por los componentes celulares (Lancaster *et al*., 1997).

2.8.5 Grosor de la pared del fruto (pericarpio)

Una de las características que también provee de calidad al pimiento es el grosor de la pared del fruto (pericarpio), ya que el pimiento de carne gruesa responde a los incrementos de radiación, mejorando su tamaño y peso del fruto en consecuencia el grosor de la pared de la hortaliza. Esta variable se encuentra determinada por a concentración del calcio, que es el elemento nutritivo de las plantas, frecuentemente asociado con el desarrollo del fruto en general, y la firmeza

en particular. La influencia de calcio en una amplia gama de trastornos relacionados con la calidad de frutas y hortalizas está bien establecida (Shear, 1975). Benítez *et al., (*2000) en su trabajo sobre el rendimiento y calidad del pimiento encontraron una correlación entre la firmeza del fruto y los niveles de concentración de calcio ya que este elemento, como es ampliamente conocido, forma parte de la pared celular.

Para que los pimientos se consideren de calidad deben ser firmes, enteros y sanos, lo que significa que no presenten enfermedades, daños físicos, mecánicos, fisiológicos, y fitopatológicos (Showalter, 1973).

2.8.6 Antioxidantes del fruto de pimiento

Las plantas son una fuente natural de compuestos bioactivos, entre éstos se pueden encontrar los que poseen actividad como antioxidantes, los cuales tienen aplicación en la industria alimentaria, la cosmética (Howard *et al*., 2000) y la medicinal (Jiménez *et al*., 2011; Estrada-Zúñiga *et al*., 2012; García-Márquez *et al.,* 2012). Los antioxidantes tienen la capacidad de tener o retardar los procesos oxidativos, estos procesos, pueden causar daños en las células o afectar la preservación de productos (Lachance *et al*., 2001). Estas características hacen que algunos frutos vegetales se reconozcan por ser agentes protectores de la salud debido a estas propiedades funcionales, las cuales están relacionadas con la prevención de enfermedades crónico-degenerativas, como las cardiovasculares, distintos tipos de cáncer y problemas neurológicos (Serrano-Maldonado *et al*., 2011).

Los alimentos vegetales proporcionan una mezcla óptima de antioxidantes naturales. Entre éstos se destacan los compuestos fenólicos, tocoferoles y carotenoides, entre otros compuestos bioactivos (Sun *et al*., 2007). Dentro de las

especies vegetales, los chiles del genero *Capsicum* y especie *annuum* son una fuente excelente de sustancias promotoras de la salud, particularmente antioxidantes, tanto de la fase hidrofílica como hidrofóbica. Tales como la vitamina C y E, pro-vitamina A, carotenoides así como fenoles y flavonoides (Aza-González *et al*., 2011).

Además, los chiles producen y acumulan fenoles o compuestos fenolicos, estos son compuestos químicos con al menos un anillo aromático que contiene uno o mas hidroxilos. Muchos de estos compuestos derivados de reacciones de condensación y adicción, dando así lugar a una gran variedad de compuestos químicos en las plantas. La importancia de los fenoles radica en que producen soporte mecánico a la planta, contribuyen a la coloración de las flores y frutos, protegen contra patógeno y herbívoros y tiene una gran efectividad protegiendo los tejidos frente a la radiación UV, de igual manera con beneficios a la salud, debido a sus propiedades antioxidantes y anticancerígenas (Valeres, 2011).

Sin embargo, en ocasiones los vegetales se someten a procesos de conservación con la finalidad de extender su vida de anaquel. En el caso de los chiles del género *Capsicum* y especie *annuum,* comúnmente se les puede encontrar como productos encurtidos o secos. Estos procesos pueden causar un impacto en la calidad fisicoquímica, el contenido de compuestos fitoquímicos y en las propiedades antioxidantes beneficiosas para la salud que poseen los frutos en su estado fresco (Robles-Sánchez *et al.*, 2007).

2.9 Valor nutricional del pimiento

El pimiento es uno de los vegetales más completos en sustancias nutritivas, destacándose la presencia de vitamina A; complejo vitamínico B, vitamina C y vitamina E, así como de los minerales calcio, hierro y fósforo y proteínas, fibra dietética, kilocalorías y una elevada cantidad de antioxidantes (Llanos, 1999 y Carrillo *et al.*, 2002). Las sustancias nutritivas presentes en los frutos del pimiento (Cuadro 3) contribuyen decididamente en la digestión, intervienen en la regulación del sistema nervioso y favorecen la resistencia del organismo a diferentes enfermedades. Los colores amarillo, naranja o rojo de los pimientos proceden de pigmentos carotenoides producidos durante la maduración del fruto. La ingesta de estos compuestos en los alimentos es un factor importante de protección de la salud al proporcionar una actividad antioxidante. Esta hortaliza además es importante para la industria de conservas, pues de ella se hacen purés o pastas y en particular el Bouquet-50, como pimentón deshidratado, contribuye a colorear purés y pastas de tomate, embutidos, etc., (Fonseca *et al*., 2002). En cuanto a los flavonoides, la mayoría de los estudios sobre pimientos se han concentrado en agliconas de quercetina y luteolina (Howard *et al*., 2000).

Cuadro 3. Composición nutrimental del pimiento morrón

	Cantidad Reportada	
Nutriente	Variedad picante	Variedad dulce
Agua (g)	87.74	92.19
Contenido Energético (Kcal)	40	27
Carbohidratos (g)	9.46	6.43
Grasa (g)	0.20	0.19
Proteínas (g)	2	0.89
Fibra (g)	1.5	2.0
Ceniza (g)	0.6	0.3
Calcio (mg)	18	9
Potasio (mg)	340	177
Fosforo (mg)	46	19
Hierro (mg)	1.2	0.46
Vitamina A (U.I.)	10750	5700
Tiamina (mg)	0.09	0.066
Riboflavina (mg)	0.09	0.030
Niacina (mg)	0.95	0.51
Ácido Ascórbico (mg)	242.5	190

Composición por 100 g de porción comestible de fruto de pimiento morrón.

2.10 Fertilización para el cultivo de pimiento

La cantidad de nutrimentos a aplicar está en función de la demanda del cultivo, consecuencia del rendimiento que se pretenda alcanzar y el suministro del suelo (Raymond, 1996). El cultivo del pimiento requiere de suelos fértiles o en su defecto aplicaciones abundantes y balanceadas de fertilizantes minerales (Ramanathan y Subbiah, 1965).El pimiento es una planta exigente al fósforo durante las primeras fases del cultivo, decreciendo la demanda de este elemento tras la recolección de los primeros frutos verdes (Llanos, 1999) y dicho elemento influye en la resistencia a la incidencia de las enfermedades, así como en la calidad del fruto a cosechar (Abo-Aiia *et al*., 1985). Para obtener una producción adecuada de pimiento morrón se recomienda emplear, una dosis de fertilización de 150 kg de N, 200 kg de

P_2O_5 y 200 kg de K_2O•ha^{-1} (Raymond, 1996). La máxima acumulación de N, P, K, Ca y Mg en el tejido de pimiento morrón se logra, según Nuez *et al*., 1999, entre el día 28 y 42 posterior al trasplante, después de este periodo se observa una disminución en las concentraciones debido al inicio del desarrollo del fruto.

2.11 Uso de invernaderos para la producción de alimentos

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 (Castellanos *et al.*, 2010).

Actualmente la agricultura, además de producir en campo abierto, se desarrolla en una amplia variedad de ambientes modificados, entre los que destacan el uso de los invernaderos con o sin control ambiental, con cultivos en sistemas hidropónicos, sustratos inertes o en suelo, mismos que representan un ejemplo de ecosistemas artificiales para desarrollar la agricultura intensiva y así obtener una producción anticipada o fuera de estación, en condiciones diferentes a aquellas en las que tradicionalmente se cultivaban a campo abierto. En México se localizan áreas naturales idóneas para el establecimiento de invernaderos, debido a ello la agricultura protegida se ha desarrollado en forma acelerada, con lo cual ha sido posible obtener productos de calidad tanto para el mercado nacional como el de exportación. Esta tendencia ha creado la necesidad de usar diversos elementos, herramientas, materiales y estructuras en la protección de cultivos con la finalidad de obtener productos de calidad elevada. De esta forma, el empleo de invernaderos y la

agricultura protegida están contribuyendo ampliamente en la producción de alimentos y en el desarrollo de varias zonas agrícolas (Juárez, 2011).

En México, la horticultura protegida está en amplio crecimiento y desarrollo. En el año de 1980 se reportaron 300 hectáreas con este sistema de producción y en 2011 alrededor de 11,756 ha. Este sistema de producción ha presentado un elevado crecimiento en los últimos años (entre 20 y 25 % anual), lo que ha generado contradicciones en el número de hectáreas actualmente establecidas. La Secretaría de Agricultura Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGARPA), en 2011 reportó 11.760 ha mientras que la Asociación Mexicana de Agricultura Protegida, Asociación Civil (AMHPAC) en el mismo año registró 15, 300 ha. En general, los invernaderos constituyen 44 % y la malla sombra 51 % de la superficie total sembrada con este sistema. En México, los estados que concentran el mayor número de hectáreas de cultivo en invernadero son: Sinaloa (22%), Baja California (14%), Baja California (12 %) y Jalisco (10%); en estas cuatro entidades se encuentra más del 50% de la producción total de cultivos protegidos (Juárez *et al*., 2011).

2.12 Agricultura orgánica

El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América define la agricultura orgánica como: “un sistema de producción agrícola que evita o ampliamente excluye el uso de productos fertilizantes sintéticos, pesticidas, reguladores del crecimiento y aditivos para la alimentación animal (López y Contreras, 2007).

La producción orgánica en México es relativamente nueva, sin embargo, el sistema de producción de alimentos de los antepasados era la agricultura orgánica. La producción orgánica de alimentos es una alternativa para los consumidores que prefieren alimentos libres de plaguicidas y fertilizantes sintéticos, inocuos y con un alto valor nutricional (Márquez *et al*., 2010).

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

La SAGARPA, (2013) destaca que en los últimos diez años el número de los cultivos orgánicos de México tuvieron un crecimiento en superficie al pasar de 85 mil 676 a 351 mil 904 hectáreas, las cuales involucran a más de 169 mil 570 agricultores y el 85 % de la producción orgánica de México se destina a la exportación, principalmente a los mercados europeos y estadounidense.

Del total de hectáreas de cultivos orgánicos (café, hortalizas, jitomate, chile, calabaza, pepino, cebolla, ajo, chícharo, berenjena, melón, aguacate, mango plátano, naranja, piña, papaya, productos lácteos, planta medicinales, aromáticas y alimenticias, entre otras), en México el 58 % ya están certificadas con normas internacionales de calidad lo que facilita la exportación sin mayor problema (SAGARPA, 2013).

Los cuatro principales problemas que enfrenta la agricultura orgánica en México y en algunos lugares del mundo son: 1) la comercialización, debido a la oferta

y demanda, en función del suministro constante de producto, 2) las limitantes ambientales, debido a las aspersiones aéreas de agroquímicos en áreas aledañas a las orgánicas, repercutiendo en la contaminación de éstas, así como el agotamiento de los suelos, 3) los costos de producción, debido a que la mayoría de los productos autorizados son extranjeros y por consiguiente de precio elevado y 4) la insuficiencia de capacitación e investigación origina que los productores recurran a técnicos y/o instituciones extranjeras (Cano *et al*., 2004).

2.13 Trascendencia de la materia orgánica del suelo

La Materia Orgánica (MO) del suelo se ha convertido en la base para el desarrollo de la agricultura orgánica. Sin embargo es un error decir que la agricultura orgánica es simplemente “no usar productos sintéticos”. La agricultura orgánica debe considerar dos aspectos esenciales: (a) la diversidad estructural y de procesos, y (b) el manejo ecológico del suelo y la nutrición (Julca-Otiano *et al.*, 2006).

La MO como componente del suelo es de importancia significativa debido a que imparte efectos magníficos en sus propiedades físicas, químicas y biológicas, que se ven reflejadas en la capacidad productiva de las unidades de producción, por lo que su aporte dentro del sistema productivo viene a ser uno de los elementos más importantes a considerar para la consecución de la perdurabilidad de estos sistemas (Julca-Otiano *et al.*, 2006).

Los aportes de MO al suelo resultan importantes para el mantenimiento de este componente y de la fertilidad del suelo a largo plazo. Los elementos nutritivos contenidos en la MO (N, P, S entre otros) se hallan en forma orgánica por lo que no son directamente asimilables por las plantas. Por lo tanto es indispensable que la

acción microbiana actúe sobre este componente para que las formas orgánicas de los elementos nutritivos pasen a formas minerales de tal manera que sean utilizadas en la biomasa de la planta (Hernández-Rodríguez *et al*., 2010).

2.14 Importancia de los abonos orgánicos

Los abonos orgánicos (AO), además de aportar nutrimentos a las plantas, mejoran las propiedades biológicas del suelo, producen sustancias y aglutinamientos microbianos que ayudan a mejorar la estructura del suelo, favorecen los procesos de mineralización, el desarrollo de la cubierta vegetal, sirve de alimento a una multitud de microorganismos y estimula el crecimiento de la planta en un sistema ecológico equilibrado (López *et al*., 2012). Actúan también sobre las propiedades físicas del suelo, primeramente formando agregados y dando estabilidad estructural, uniéndose las arcillas y formando el complejo de cambio, favoreciendo el intercambio gaseoso, en cuanto a las propiedades químicas del suelo, los AO aumentan la capacidad de cambio de suelo, la reserva de elementos nutritivos para la vida vegetal y la capacidad tampón del suelo favorece la elección de los abonos minerales y facilita su absorción a través de la membrana celular de las raicillas, mejoran la adsorción e intercambio de iones, liberan elementos nutritivos a través de la mineralización, mejoran la capacidad amortiguadora del suelo frente a cambios en el pH, permiten la formación de complejos, quelatos y proporcionan energía para la micro biota y la micro fauna del suelo (Julca-Otiano *et al.*, 2006).

Los AO se han usado desde tiempos remotos y su influencia sobre la fertilidad de los suelos se ha demostrado, aunque su composición química, efecto en el suelo y el aporte de elementos nutritivos a los cultivos varían según su

procedencia, edad, manejo y contenido de humedad (Romero *et al*., 2000). Se ha recomendado la incorporación de los AO (estiércoles, compost y residuos de cosecha) a aquellas tierras sometidas a cultivo intenso para mantener y mejorar la estructura del suelo, aumentar la capacidad de retención de humedad y facilitar la disponibilidad de elementos nutritivos para las plantas. En la actualidad, la estructura del suelo es el factor principal que condiciona la fertilidad y productividad de los suelos agrícolas; someter el terreno a un intenso laboreo y compresión mecánica tiende a deteriorar su estructura (Dimas *et al*., 2001).

Por otro lado, el empleo de los sustratos orgánicos ha tomado gran importancia por diversas razones. Desde el punto de vista económico, su uso ha sido fomentado por la agricultura orgánica, ya que es una respuesta a la mejora de las prácticas agrícolas, (De la Cruz *et al*., 2009). Además, Ramos *et al.,* (2011) mencionan algunas razones que justifican la producción de chile usando AO, ya que éstos pueden permitir: a) Ahorro de energía derivada del petróleo, b) ahorro de agua, c) diminución drástica de la contaminación del suelo, agua y atmósfera, d) mayor rentabilidad, e) proporcionar un ambiente sano para el trabajador del campo, c) alimentos y otros bienes no contaminados para el consumidor.

2.15 Características del Vermicompost y Compost en la agricultura.

El vermicompost (VC) se puede definir como un producto cuya elaboración involucra varios procesos biológicos, transformaciones bioquímicas y microbiológicas que aceleran la transformación y mineralización de los residuos orgánicos en descomposición al pasar por el tracto digestivo de la lombriz (Ramos-García, 2010). Adicionalmente, el VC es el resultado de un proceso que consiste en la bioxidación

acelerada y estabilización de los materiales orgánicos a través de la acción desintegradora conjunta de lombrices y microorganismos, que los convierten en un material humificado y mineralizado (Cruz, 2010). Cuando las lombrices se alimentan de los residuos orgánicos, ingieren una amplia gama de materiales alimenticios incluyendo bacterias, hongos, protozoarios y nematodos (Hernández-Rodríguez *et al.,* 2010). Hoy en día, las especies de lombrices más estudiadas son: *Eisenia fetida, Eisenia andrei, Eudrillus eugeniae, Perionyx excarvatus,* aunque la *E. fetida* o lombriz californiana es considerada como la más eficiente para el proceso de vermicompostaje (Cruz, 2010).

Se ha señalado que el VC afecta favorablemente la germinación de las semillas y el desarrollo de las plantas. Además, aumenta notablemente la altura de las especies vegetales en comparación con otros ejemplares de la misma edad. Así mismo, durante el trasplante previene enfermedades y lesiones por cambios bruscos de temperatura y humedad; este material se puede usar sin inconvenientes en estado puro y se encuentra libre de nematodos. Su pH neutro lo hace sumamente confiable para ser aplicado a especies sensibles (Moreno *et al*., 2005).

El VC contiene sustancias activas que actúan como reguladoras de crecimiento, posee gran CIC, así como un alto contenido de ácidos húmicos, además de gran capacidad de retención de humedad, porosidad elevada que facilita la aireación y drenaje del suelo y de los medios de crecimiento (Rodríguez *et al*., 2007). A manera de complemento, Gómez *et al*., (2010) mencionan que el VC equilibra la microflora y la microfauna del suelo, inhibiendo o reduciendo las ventajas de determinados patógenos oportunistas.

Por otro lado, el compost es el producto final obtenido de la descomposición aerobia, bajo condiciones controladas, de residuos orgánicos de origen vegetal, animal y excrementos y purines que se someten a un tratamiento termofílico (45 a 65 °C) para la degradación y estabilización de dichos residuos, donde se lleva a cabo la producción masiva de bacterias, hongos, actinomicetos y otros organismos que están presentes en forma natural en cualquier lugar (Ramos-García, 2010). Durante este proceso ocurre la muerte efectiva de patógenos y semillas de malezas que se encuentran en los residuos orgánicos que se utilizan, evitando que sean transferidos a cultivos sucesivos (Moreno-Reséndez, 2005).

Normalmente con el proceso de descomposición se trata de evitar en lo posible la putrefacción de los residuos orgánicos por exceso de agua que impide la aireación-oxigenación (Cruz, 2010). Además de obtener materiales orgánicos con un mejor aporte de elementos nutritivos impactando positivamente la calidad del cultivo y las poblaciones microbianas benéficas permitiendo un incremento de la actividad biológica benéfica del suelo (Hernández-Rodríguez *et al*., 2010).

Gran parte de los estudios realizados sobre la preparación del compost y la aplicación del estiércol a los cultivos sobre el terreno se han centrado en los efectos de la fertilidad de los suelos y la calidad de los cultivos; sin embargo es necesario aumentar las investigaciones acerca de la sobrevivencia de los patógenos en el compost y de los tratamientos para reducir los niveles de estos microorganismos (Gómez *et al*., 2004).Por ello el proceso de compostaje es una técnica muy conocida y de fácil aplicación, que consiste en mezclar desechos animales, vegetales, ceniza, elementos minerales proporcionándoles niveles de humedad, aireación y temperatura favorables a la actividad de los microorganismos

capaces de convertir esos materiales en compuestos orgánicos estabilizados (Raviv *et al.*, 2005). Lo anterior permite obtener un fertilizante de manera racional, económica y segura, a partir de diferentes residuos y conservar y aprovechar los elementos nutritivos presentes en los mismos. Sin embargo, la aplicación del compost sin tratar o tratado inadecuadamente representa un peligro para el ambiente y para la salud pública, debido al movimiento y supervivencia en el suelo de bacterias patógenas presentes en estos biofertilizantes tales como: *Salmonella, Shigella, Campylobacter, Vibrio cholerae, E. coli* (Gómez *et al*., 2004).

III.MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área experimental

El establecimiento del cultivo del pimiento morrón, se llevó a cabo en un invernadero de tipo cenital, con dimensiones de 8 x 20 m, cuenta con ventanas laterales, de 2 x 20 m, alto y largo, respectivamente, con cubiertas malla antiafidos con extractor al fondo, riego por goteo y piso de grava, termómetro de máximas y mínimas, y protegido con malla sombra al 50% durante las estaciones más calurosas del año, el invernadero de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro UL., localizada en Periférico Raúl López Sánchez y Carretera a Santa Fe S/N, Torreón Coahuila, la cual está ubicada a25º 05' y 26º 54' N; y 101º 40' y 104º 45' O, con una altitud de 1122 msnm, con una temperatura media anual entre 20 y 22ºC y con una precipitación media anual de 253 mm (CONAGUA, 2010).

3. 2 Diseño Experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar, se avaluaron 12 tratamientos mezclas como sustratos de crecimiento (T1 – T12), con ocho repeticiones. Para las mezclas se utilizaron tres abonos orgánicos combinados con arena de río (AR), como material inerte, con las proporciones que se describen en el Cuadro 4, y de estas combinaciones se generaron los tratamientos en estudio.

Cuadro 4. Tratamientos y composición de los sustratos evaluados durante el desarrollo del cultivo de pimiento morrón en invernadero 2014**.**

T	Sustrato	Composición (V-V)
1	VC:AR	1:1
2	VC:AR	1:2
3	VC:AR	1:3
4	VC:AR	1:4
5	CS:AR	1:1
6	CS:AR	1:2
7	CS:AR	1:3
8	CS:AR	1:4
9	CY:AR	1:1
10	CY:AR	1:2
11	CY:AR	1:3
12	CY:AR	1:4

T= Tratamiento, AR= Arena de río, VC= Vermicompost, CS= Compost Simple, CY= Compost con Yeso, V:V= Volumen: Volumen

3.3 Material Vegetal

Se utilizó el pimiento morrón, Var. Mecate F1 (Harris Moran®), este genotipo se destaca por su elevado rendimiento, frutos de mayor peso y tamaño, y con larga vida de anaquel.

3.4 Manejo en invernadero

Antes de establecer el cultivo se acondicionó el invernadero y se adquirieron los materiales y sustratos a utilizar. La siembra se realizó el día 23 de Enero del 2013, en charolas de germinación de 200 celdillas rellenas de Peatmoss (Premier®) y las plántulas fueron trasplantadas el 20 de Febrero del mismo año, en bolsas de polietileno negro, calibre 500, colocadas a doble hilera, con arreglo a tresbolillo, a una distancia entre plantas de 30 cm. El cultivo se desarrolló a un solo tallo con dos ramificaciones, eliminando los brotes laterales y fue tutorado con rafia.

Durante el desarrollo del cultivo se registró la temperatura, con un promedio máximo de 39°C y mínimo de13°C. Como corrector de microelementos se aplicó un producto orgánico Resistens (razón de 2 - 4 L•ha^{-1}), cuyo ingrediente activo es: Silicato de Potasio al 40 % a una dosis de 2.8 mL de producto en 8.0L^{1} de agua. Se registró la presencia de mosquita blanca y tizón temprano, para el control de mosquita blanca (*Bemisia tabaci* Gennadius, 1889), se colocaron cinco trampas amarillas para detectar su presencia y se utilizó un producto Temigard a base de extractos vegetales (a una dosis de 40 mL•8L^{-1} de agua), y se aplicó Imidacloprid (5 mL•8L^{-1} de agua), ambos productos cada siete días y otras formas de control empleadas fue agua con jabón y una aspiradora eléctrica. Para el Tizón temprano (*Alternaria cucumarina* Ellis y Everh) se aplicó clorotalonil con una dosis de 8 g•8L^{-1} de agua cada cinco días. Como control cultural se eliminaron las hojas y plantas con síntomas avanzados.

3.5 Caracterización físico-química tratamientos evaluados.

La caracterización físico-química de los tratamientos evaluados se llevó a cabo en el laboratorio de suelos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro UL., (Cuadro 4), se determinaron pH, CE, mediante métodos potenciométricos, contenido de materia orgánica por el método de Walkley y Black, contenido de elementos nutritivos, como Nitrógeno mediante el método de Kejeldahl, Fósforo con el método de Olsen modificado, mientras para Ca, Mg y Na, se utilizó el espectrómetro de absorción atómica.

Cuadro 5. Análisis químico de los diferentes sustratos utilizados en el desarrollo del cultivo de pimiento morrón en invernadero en la Comarca Lagunera 2014.

T	pH	CE	Ca	Mg	Na
		($mS \cdot cm^{-1}$)		($meq \cdot L^{-1}$)	
1	7.99	12.71	13.92	9.05	104.13
2	7.94	10.21	26.56	6.58	68.96
3	7.95	8.9	24.26	7.4	57.34
4	8.25	8.65	19.36	3.1	64.04
5	7.8	63.4	34.92	7.2	591.88
6	7.83	38.1	40.56	20.57	319.87
7	7.75	26.8	41.78	20.57	205.65
8	7.65	22.9	42.03	18.51	168.46
9	7.69	53.2	39.21	7.2	485.59
10	7.67	42.6	37.99	8.2	379.81
11	7.6	39.4	49.87	24.69	319.44
12	7.59	31.7	46.07	22.63	248.3

T= Tratamiento (T1-T12), CE: Conductividad eléctrica, Ca: Calcio, Mg: magnesio, Na: Sodio

3.6 Muestreo de frutos

Durante el experimento se realizaron los muestreos, con fecha de 24 de marzo del año 2013. Los muestreos consistieron en cosechar los frutos por tratamiento, posteriormente se realizó la evaluación de los frutos (peso, diámetro polar y ecuatorial, contenido de sólidos solubles, números de lóculos y grosor de pulpa) una vez evaluados, se obtuvieron 500 gramos de fruto en peso verde por tratamiento, los cuales fueron depositados en bolsas de papel (glassines), una vez colectadas las muestras de frutos se identificaron con los siguientes datos: número de tratamiento y relación de mezcla y para no alterar las condiciones de las muestras

durante el traslado hacia el laboratorio de la Universidad Politécnica de Gómez Palacios, Durango.

Los cortes se realizaron de acuerdo a la maduración de los frutos, cuando éstos presentaban aproximadamente 25% de la tonalidad madura.

3. 7 Variables evaluadas

Para las variables de calidad, se tomaron tres frutos por repetición, variables evaluadas fueron: peso de fruto, diámetros polar y ecuatorial, espesor del pericarpio, número de lóculos, sólidos solubles (°Brix), antioxidantes y fenoles. Para estas actividades se utilizaron los siguientes materiales: bascula digital, vernier (pie de rey), refractómetro. Desde el inicio de cosecha, se registraron los datos para conocer la calidad del cultivo y observar las diferencias en los tratamientos.

3. 7.1 Peso de fruto

Cada ejemplar recolectado se registraba su peso en una báscula digital, reportando su peso en gramos con dos decimales.

3.7.2 Diámetro polar

Para medir el diámetro polar se colocó el fruto en forma vertical sobre el vernier o pie de rey, registrando la longitud de polo a polo en centímetros.

3.7.3 Diámetro ecuatorial

Para medir el diámetro ecuatorial se colocó el fruto en forma transversal sobre un vernier o pie de rey graduado en centímetros.

3.7.4 Número de lóculos

Para esta característica se partió el fruto contando los números de lóculos que se presentaron en éstos.

3.7.5 Espesor del pericarpio de fruto

El espesor del pericarpio (mm) se determinó con la ayuda de un vernier o pie de rey tipo estándar, para lo cual fue necesario cortar el pimiento en forma ecuatorial, se seleccionó una mitad del pimiento y se tomó le medida del grosor en la parte interna cercana a los lóculos de cada pimiento.

3.7.6 Sólidos solubles

Para esta variable se utilizó un refractómetro, en el cual se colocaran dos gotas del jugo de cada fruto sobre el cristal de lectura del refractómetro y se determinaron los sólidos solubles expresados en ^{o}Brix.

3.7.7 Preparación de muestras para la determinación de compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante

Cada pimiento cosechado, y seleccionado para su análisis, fue lavado con agua potable durante 2 min para remover residuos de los sustratos, dejándose secar extendido en papel secante a la sombra a temperatura ambiente (30±2°C) durante 25 días. Posteriormente el material fue pulverizado manualmente (utilizando mortero y pistilo), el material molido se colocó en tubos de plástico, almacenándose a -18°C, en un refrigerador hasta la obtención de extractos.

3.7.8 Obtención de extractos

Para la obtención del extracto se mezclaron 100 mg de muestra seca en 10 mL de metanol al 80% en tubos de plástico con tapa de rosca, fueron colocados en el agitador Test Tube Rocker a 20 rpm (marca UNICO modelo L-TTR-200) durante 3 h a 5°C. Posteriormente los tubos fueron centrifugados luego a 3000 rpm durante 5 min, y el sobrenadante fue extraído para su análisis.

3.7.9 Capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante equivalente en Trolox se evaluó de acuerdo al método *in vitro* DPPH (Molyneux, 2004). Se preparó una solución de DPPH con 2 mg de DPPH (Aldrich, St. Louis, Missouri, ®EEUU) diluidos en 100 mL de etanol. En seguida se tomaron 300 µL de muestra y se agregaron junto con 1 mL de la solución DPPH en un tubo de ensayo. El conjunto de tubos se agitó por 10 segundos y se dejó reaccionando por 90 segundos. Se tomó lectura de la absorbancia de la solución ajustándose a una longitud de onda de 515 nm. Se preparó una curva estándar con Trolox (Aldrich, St. Louis, Missouri, EEUU), y los resultados se reportaron como capacidad antioxidante equivalente en µM equivalente en Trolox por gramo base seca (µMequiv Trolox•g^{-1} BS). Los análisis de las muestras se realizaron por triplicado.

3.7.10 Contenido fenólico total

El contenido de compuestos fenólicos totales en extracto metanólico fue medido con base en el método Folin-Ciocalteau (Singleton, et al, 1999). Se tomaron

300µl de la dilución de la muestra y se agregaron 1080 µl de agua destilada y 120 µl de reactivo de Folin-Ciocalteau, se mezcló vigorosamente en vortex a 1500 rpm durante 10 segundos, después se dejó reposar durante 30 minutos exactos. Transcurrido ese tiempo, se agregaron 0.9 ml de carbonato de sodio al 7.5% (p/v) y se mezcló vigorosamente en vortex a 2500 rpm durante 10 segundos, luego se dejó reposar a temperatura ambiente durante 30 minutos y se leyó la absorbancia a 765 nm en espectrofotómetro Génesis.

El contenido fenólico se calculó mediante una curva patrón usando ácido gálico (Sigma, St. Louis, Missouri, EEUU) y los resultados se reportaron en mg de ácido gálico equivalente por 100 g de muestra base seca (mg equiv AG•/ 100 g BS). Los análisis fueron realizados por triplicado.

3.8Análisis estadísticos

Para evaluar los resultados obtenidos en cada una de las variables en estudio, se aplicaron análisis de varianza y pruebas de comparación de medias DMS al 5%, éstas se analizaron mediante el programa estadístico SAS (SAS, 1999).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Peso de fruto

Para la variable peso de fruto se encontró diferencia estadística altamente significativa, obteniéndose un peso promedio general de 130.56 g, con un CV de 12.55 % (Apéndice 1A). Este peso promedio fue superado tan sólo en un 13 % por el valor promedio reportado por Zúñiga-Estrada *et al*., (2004) evaluando pimiento morrón fertilizado con solución nutritiva. Y fueron inferiores a lo reportado por Moreno-Pérez *et al*., (2011) evaluando 13 híbridos de pimiento morrón en cuya fertilización también se utilizó solución nutritiva reportan una media de 140.7 g.

El mayor peso de fruto del pimiento morrón se registró en las mezclas de 20% de compost con yeso y 20% vermicompost (CY:AR (20:80) y VC:AR (20:80)) (Figura1) con 149.63 y 147.10 g, respectivamente. El peso de los frutos de la mezcla VC:AR (20:80) superó en al menos un 3.7 % al peso de los frutos de los tratamientos resaltantes. El menor peso de fruto se registró en la mezcla CS:AR (20:80) con un peso de 111.21 g.

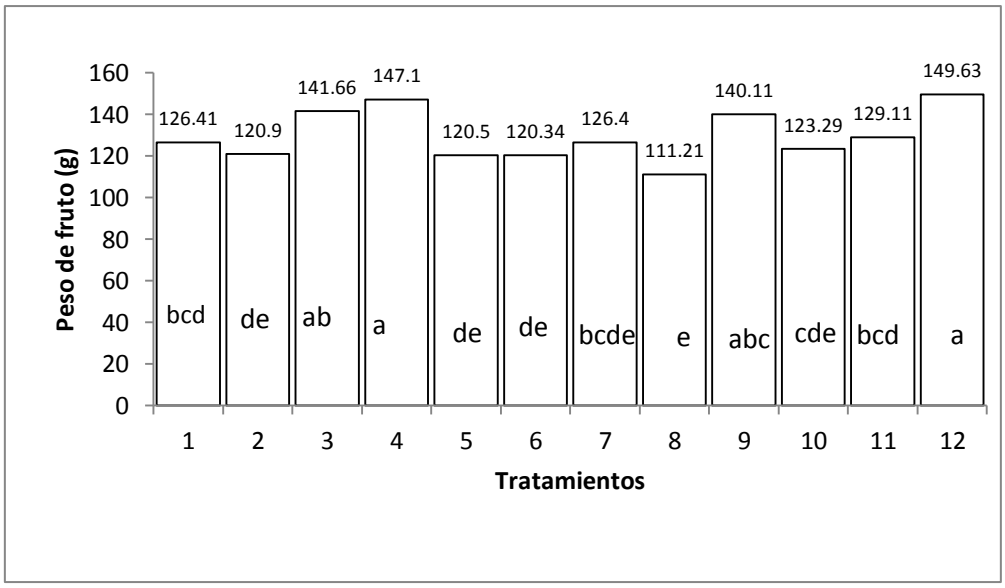

Figura. 1 Peso de fruto del hibrido Mecate F1, bajo producción en invernadero, aplicando abonos orgánicos.
***** Letras iguales entre columnas son estadísticamente iguales

En la Figura 1 también es factible observar que la respuesta del pimiento respecto al peso de fruto se favoreció conforme la concentración de los abonos VC, CS y CY se fue reduciendo, ya que mientras menor fue la concentración de estos materiales mayor fue el peso de los frutos , lo anterior coincide con lo establecido por Atiyeh *et al*. (2002a) quienes reportaron que el mayor crecimiento vegetativo de las maravillas (*Calendula officinalis* L.) se registró cuando el sustrato comercial Metro-Mix 360 fue sustituido con VC en cantidades menores al 40 % de dicho sustrato. Igualmente, Atiyeh *et al*., (2002b) destacan que la mayor respuesta de crecimiento y de rendimiento de las plantas se ha presentado cuando los VC constituyen una proporción relativamente pequeña (10 - 40%) del volumen total del medio de crecimiento donde se desarrollan las especies vegetales.

4.2 Diámetro polar de fruto

Para esta variable se encontró diferencia estadística significativa, registrándose un promedio general de 7.52 cm, con CV de 12.05% (Apéndice 2A). El mayor diámetro polar se registró en la mezcla CY:AR (50:50) (Figura 2) con un valor de 8.41 cm. Este valor superó en al menos un 5.47 % al resto de los tratamientos evaluados. El menor diámetro polar se registró en las mezclas CY:AR(33.3:66.6) y VC:AR(33.3:66.6) con valores de 6.93 y 6.92 cm, respectivamente (Figura 2).

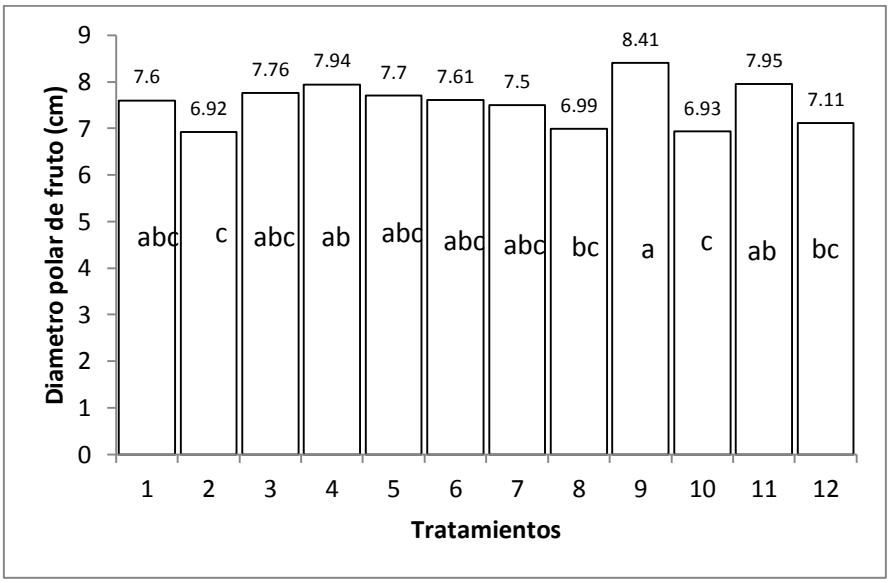

Figura.2 Diámetro polar de fruto (cm) del hibrido Mecate F1, bajo producción en invernadero, a base de sustratos orgánicos.

***** Letras iguales entre columnas son estadísticamente iguales

En la Figura 2 también es factible observar que la respuesta del pimiento respecto al diámetro polar de fruto, se afecta conforme a la concentración de los abonos CS y CY se fue disminuyendo, caso contrario con el abono VC. Mientras mayor sea la concentración de los abonos, los frutos aumentan su longitud en la

mezcla de sustratos CY y CS debido a mayor concentración de elementos nutritivos lo cual difiere con el desarrollo del fruto.

Los resultados adquiridos son mayores a los obtenidos por Moreno-Pérez *et al*., (2011) quienes evaluaron el comportamiento fenológico de 13 híbridos de pimiento morrón en invernadero aplicando solución nutritiva, obteniendo una media general en diámetro polar de 6.8 cm.

4.3 Diámetro ecuatorial de fruto

Para esta variable se encontró diferencia estadística significativa, obteniendo un promedio de 7.43 cm de diámetro con un CV de 7.63% (Apéndice 3A). El mayor diámetro se registró en la mezcla CY:AR (20:80) (Figura 3) con un valor de 7.86 cm. La mezcla CY:AR (50:50) superó en un 2.2 % al resto de los tratamientos respecto a su diámetro ecuatorial promedio. El tratamiento de menor diámetro ecuatorial se registró en la mezcla CY:AR (25:75) con un valor de 7.11cm. Los diámetros obtenidos en los tratamientos evaluados superaron para esta variable superaron en al menos un 10 % al valor de 6.4 cm, el cual se considera como el valor óptimo para los pimientos morrón de calidad suprema (SAGARPA-BANCOMEXT-SE, 2005).

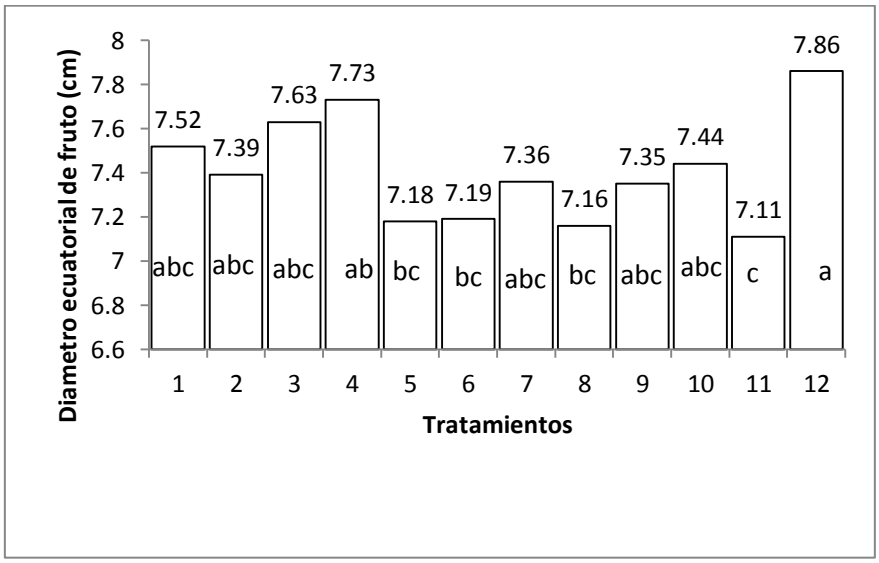

Figura. 3 Diámetro ecuatorial de fruto (cm) del hibrido Mecate F1, bajo producción en invernadero, a base de sustratos orgánicos.

***** Letras iguales entre columnas son estadísticamente iguales

En la Figura 3 también es factible observar que la respuesta del pimiento respecto al diámetro ecuatorial de fruto, los valores más pequeños se registraron con la aplicación de los abonos CS y CY, esto en gran parte se debe a que el proceso de vermicompostaje mejora la calidad del compost a través del enriquecimiento de elementos nutritivos enriquecidos con minerales y otros compuestos aditivos (Ramesh *et al*., 2005; Sharma *et al*., 2005).

Los resultados adquiridos son ligeramente inferiores a los obtenidos por Moreno-Pérez *et al*. (2011) quienes evaluaron el comportamiento fenológico de los frutos de pimiento morrón, de 13 híbridos desarrollados bajo condiciones de invernadero, aplicando soluciones nutritivas, para los cuales reportaron una media general para el diámetro polar de 8.1 cm.

4.4 Sólidos solubles

Para esta variable se encontró diferencia estadística altamente significativa, obteniendo un promedio general de sólidos solubles de 4.16 °Brix con un CV de 19.07 % (Apéndice 4A). El mayor contenido de sólidos solubles se registró en las mezclas VC:AR (33.3:66.6) y VC:AR (50:50) (Figura 4) con valores de 4.97 y 4.93 °Brix, respectivamente. Estos valores superaron en al menos un 4.66 % de contenido de azúcares al resto de los frutos respecto a esta variable. El menor contenido azúcares se registró en la mezcla VC:AR (25:75) con un valor de 3.06 °Brix.

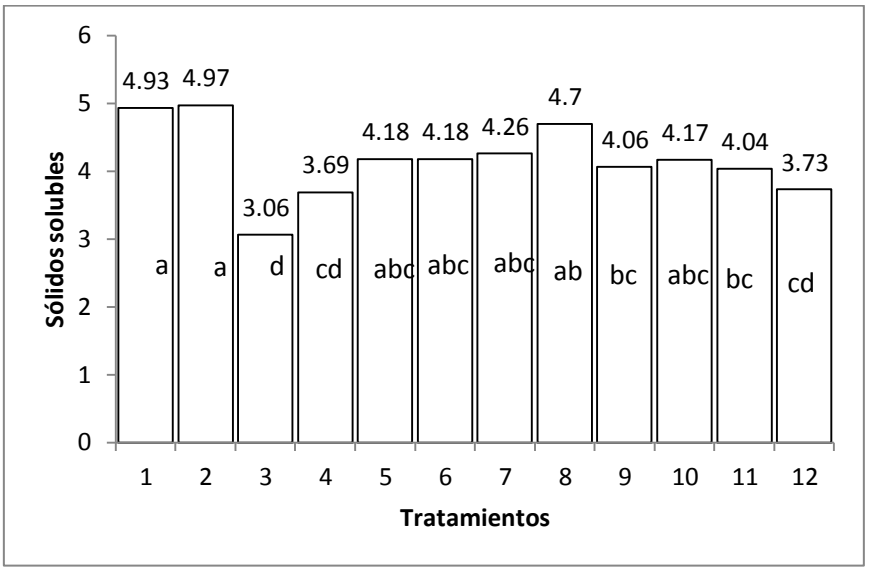

Figura. 4 Contenido de sólidos solubles (°Brix) del hibrido Mecate F1, bajo producción en invernadero, a base de sustratos orgánicos.

***** Letras iguales entre columnas son estadísticamente iguales

En la Figura 4 también es factible observar que en el caso de la aplicación del VC, mientras mayor sea el aporte de este abono se incrementa la concentración de sólidos solubles.

Los valores registrados de sólidos solubles para las mezclas de VC:AR, en parte pudieron deberse a la conductividad eléctrica (salinidad) registrada en el VC; lo anterior debido a que, de acuerdo con Goykovic-Cortés y Saavedra del Real (2007), la salinidad provoca efectos positivos, ya que los frutos presentan un mayor contenido de sólidos solubles, acidez y pigmentos carotenoides. Además, de acuerdo con Domínguez *et al*., (2010) se establece que el VC es un abono orgánico que libera, de forma gradual, los elementos nutritivos que contiene este material.

Los resultados son similares a los reportados por Hernández *et al*., (2008) quienes registraron un valor de 4.5 °Brix, al evaluar pimiento morrón al utilizar VC con arena como sustratos en viveros. Los resultados difieren con el contenido de azúcares promedio reportado por Morales-Guzmán (2013) de 6.70°Brix, al evaluar la aplicación de biofertilizantes en pimiento bajo condiciones de invernadero tecnificado.

4.5 Número de lóculos de fruto

Para el número de lóculos por fruto no se encontró diferencia estadística,en los tratamientos evaluados (Figura 5), obteniendo un promedio de 3 lóculos en todos los tratamientos evaluados. Valor que coincide con lo establecido por Cruz-Huerta *et al.* (2005) quienes destacan que este tipo de frutos poseen al madurar de 3 a 4 lóculos.

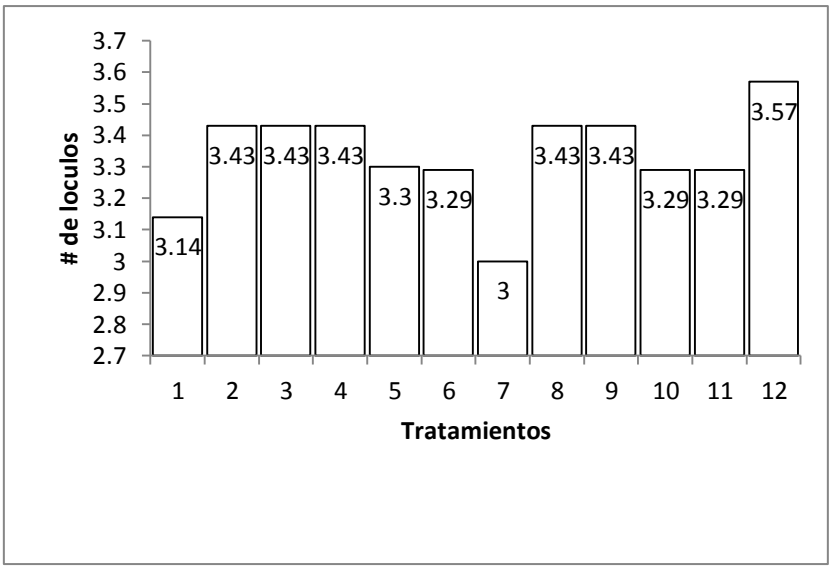

Figura. 5 Número de lóculos del hibrido Mecate F1, bajo producción en invernadero, a base de sustratos orgánicos.

4.6 Espesor del pericarpio

El grosor del pericarpio es una de las características de importancia para la valoración de las variedades, de tal modo que el pimiento cultivado para consumo como verdura, debe tener un pericarpio carnoso (Morales-Guzmán, 2013). Para esta variable se registró diferencia estadística altamente significativa, obteniendo un promedio general de espesor de pericarpio de 4.4 mm con un CV de 16.83 % (Apéndice 6A). El mayor grosor de pericarpio se registró en las mezclas VC:AR(50:50) y VC:AR(33.3:66.6) (Figura 6) con un valor de 5.5 mm en ambos tratamientos. Este valor superó en al menos un 12.72 % al espeso de pericarpio determinado en el resto en los frutos de los tratamientos restantes. El menor espesor de pericarpio se registró en la mezcla CS:AR (25:75) con un valor de 3.2 mm.

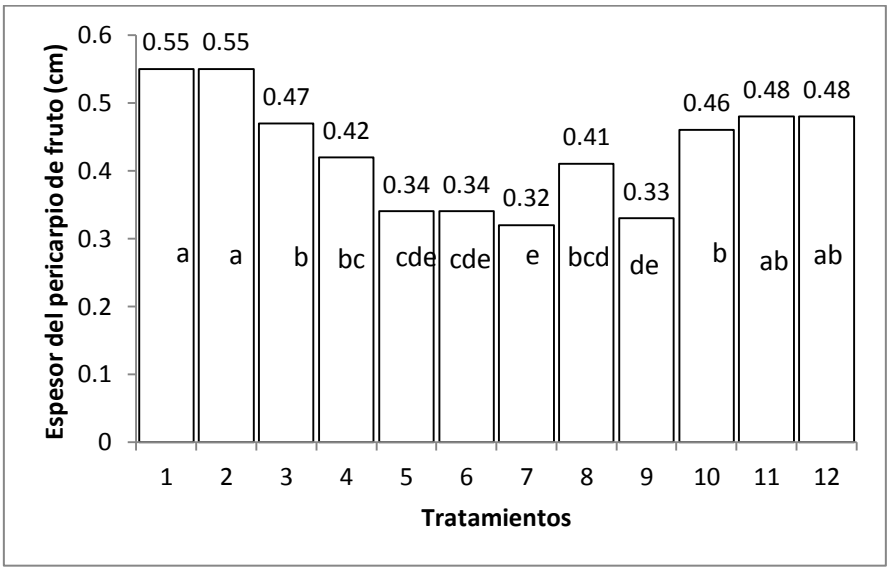

Figura. 6 Espesor del pericarpio de fruto (cm) del hibrido Mecate F1, bajo producción en invernadero, a base de sustratos orgánicos.

***** Letras iguales entre columnas son estadísticamente iguales

En la Figura 6 también es factible observar que el espesor del pimiento morrón se incrementó con un mayor contenido de VC en las mezclas, sin embargo para los dos tipos de compost evaluados, CS y CY, el espesor del pericarpio registró un comportamiento a la inversa.

Los resultados fueron superados ampliamente por los valores registrados por Morales-Guzmán (2013) quien determinó un promedio de 8.54 mm, en los tratamientos en lo que aplicó biofertilizantes al pimiento morrón desarrollado bajo condiciones de invernadero tecnificado.

4.7 Capacidad antioxidante

Para esta variable se encontró diferencia estadística altamente significativa, obteniendo un promedio general de 755.34 µMequiv Trolox•g^{-1} con un

CV de 1.54% (Apéndice 7A). El mayor valor se registró en las mezclas VC:AR (33.3:66.6), CS:AR(50:50), CS:AR (33.3:66.6), CS:AR(25:75), con valores de 934.48, 942.04, 921.65 y 924.17 µMequiv Trolox•g^{-1}, respectivamente (Figura 7). Estos valores superaron con al menos un 24.26 % al resto de los tratamientos respecto a su capacidad antioxidante. Los menores valores de la capacidad antioxidante se registraron en las mezclas CY:AR 50:50 YVC:AR 50:50 con 617.18 y 587.40 µMequiv Trolox•g^{-1}, respectivamente.

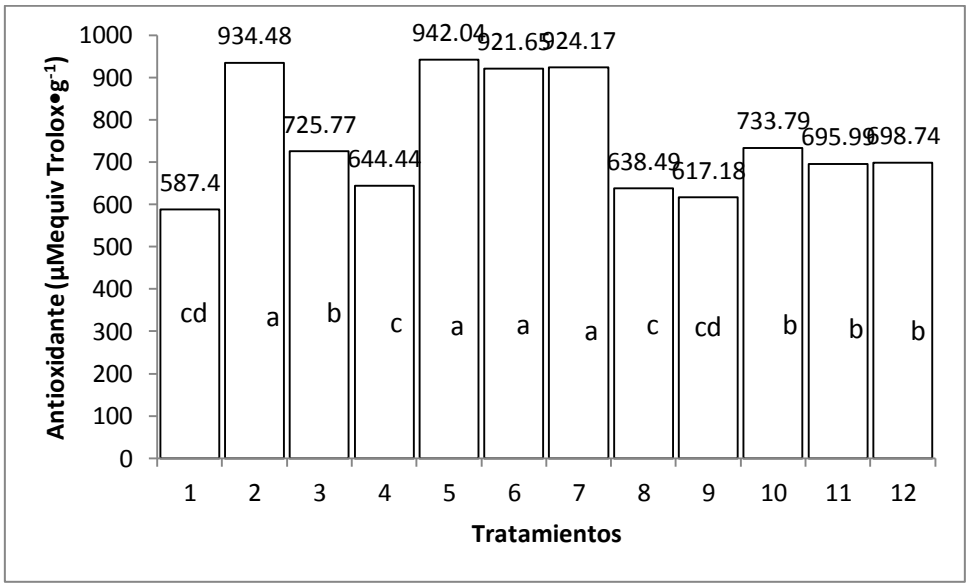

Figura. 7 Antioxidante del hibrido Mecate F1, bajo producción en invernadero, a base de sustratos orgánicos.

***** Letras iguales entre columnas son estadísticamente iguales

En la Figura 7 también es factible observar que la respuesta del pimiento respecto a la capacidad antioxidante se afectada conforme la concentración de los abonos VC, y CY se fue aumentando, caso contrario con el abono CS. Se observa que en los sustratos CS se presentó mayores valores, esto se debe principalmente que sufrió mayor estrés, debido a que la CE de este abono es mayor a las de VC y

CY y al igual que aportes de nutrimentos son menores, además del estrés por las altas temperaturas que se presentó dentro del invernadero con una máxima de 39 grados.

Son muy pocas investigaciones realizadas con el fin de evaluar la actividad antioxidante de pimiento morrón bajo fertilización orgánica. Sin embargo, Serrano (2009), obtuvo un valor de 575.667 µMequiv Trolox•g^{-1} cuando evaluó la concentración de sales en el riego obteniendo mejores valores cuando aumentaba la concentración de NaCl al 40 mM, cultivadas en invernadero.

4.8 Contenido fenólico total

Para esta variable se encontró diferencia estadística altamente significativa, obteniendo un promedio general de 468 mg equiv AG·/ 100 g BS, con un CV de 4.03% (Apéndice 8A). El mayor contenido fenólico se registró en las mezclas CS:AR (33.3:66.6), CS:AR (50:50), VC:AR (33.3:66.6) (Figura 8) con valores de 565.04, 541.54 y 538.76 mg equiv AG·/ 100 g BS , respectivamente. Estos valores superaron en al menos un 2.0 % al resto de los tratamientos respecto a su contenido fenólico. El menor contenido fenólico se presentó en las mezclas CY:AR(33.3:66.6) y VC:AR (50:50) con un valor de 421.62 y 350.94 mg equiv AG·/ 100 g BS, respectivamente.

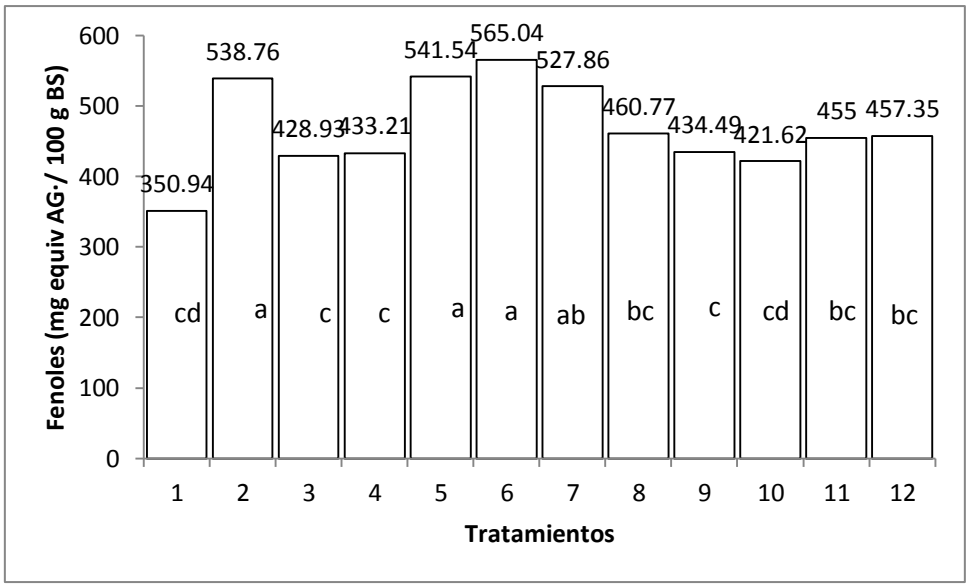

Figura. 8 Contenido fenólico del hibrido Mecate F1, bajo producción en invernadero, a base de sustratos orgánicos.

***** Letras iguales entre columnas son estadísticamente iguales

En la Figura 8 también es factible observar que la respuesta del pimiento respecto al contenido fenólico total se favoreció conforme la disminución de los abonos VC y CY, caso contrario con el abono CS. Los mayores valores se presentó en el abono CS, esto se debe principalmente a los aportes de nutrimentos son menores en comparación a los demás sustratos, debido a que la CE era el más elevado, y por lo tanto la concentración de sales era mayor, seguido de los tratamientos CY y por ultimo VC, además del estrés por las altas temperaturas que se presentó dentro del invernadero con una máxima de 39 grados.

Solecka en 1997 señala que el contenido de fenoles totales forman parte de un sistema de señales que son activadas por las diferentes condiciones de estrés a las que la planta ha sido expuesta, como los son ataque de patógenos, irradiación UV, lesiones, deficiencia de nutrientes, la temperatura y el tratamiento herbicida a menudo aumenta la acumulación de estos metabolitos.

El contenido fenólico determinado en todos los tratamientos evaluados resultó ampliamente superior al promedio reportado Morales-Guzmán 2013, quien obtuvo un valor de 150.11mg equiv AG·/ 100 g BS, al evaluar la producción y calidad de pimiento (*C. annuum*) con biofertilización bajo condiciones de invernadero. De igual manera superó al valor promedio de obtenido por Serrano (2009), de 112 mg equiv AG·/ 100 g BS en cultivos de pimiento tradicional, y un valor de 510 mg•g^{-1} cuando aumento la concentración de sales en el riego de NaCl al 40 mM, quien avaluó el efecto de diferentes factores: fertilización, salinidad y procesado, sobre parámetros de calidad de pimiento, cultivadas en invernadero.

V. CONCLUSIÓN

De acuerdo a la metodología utilizada y a los resultados obtenidos en el experimento para determinar la calidad y capacidad antioxidante de los frutos de pimiento morrón, se concluye que los abonos orgánicos bajo condiciones de invernadero, favorecen la calidad de los frutos de pimiento y al no haber utilizado fertilizantes sintéticos durante el desarrollo del cultivo y el hecho de que el cultivo de pimiento lograra su ciclo vegetativo, permite suponer que los diferentes tipos de mezclas de abonos compost simple, vermicompost y compost con yeso, debido a sus características físicas, químicas y biológicas, lograron satisfacer la demanda nutritiva de esta especie, por lo tanto se fortalece la idea de que los abonos orgánicos tienen potencial para soportar el desarrollo de las especies vegetales, cuando se emplean como parte de los sustratos de crecimiento. Así, estos resultados son un apoyo a la agricultura orgánica como una alternativa más para las personas que desean comer frutas de calidad que les garantice su bienestar al ingerirlas.

Las variables de calidad presentaron un mejor desarrollo con el vermicompost, y la concentración de este abono con arena supera a los demás por aportar los elementos nutritivos necesarios, además por su menor pH y menor contenido de sales que el compost. En la capacidad antioxidante y contenido fenólico total es preferible el abono compost por el contenido de sales que presenta ya que es un factor para elevar esta variable.

LITERATURA CITADA

Abo-Aiia, I.; M. Modernidad; S. Zaki et al. (1985): “Effect of Nitrogen and Phosphorus Fertilization on Growth of Pepper (Capsicum annum L.)”. L. Hort. Science. 20 (modelo): 353.

Abu-Zahra T. 2012. Vegetative, flowering and yield of sweet pepper as influencedby agricultural practices.Journal of Scientific Research.11:1220-1225.

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.

Aza-González C., Nuñez-Palenius, H. G. y Ochoa- Alejo, N. (2011). Molecular biology of capsaicinoid biosynthesis in chili pepper (*Capsicum* spp.).PlantcellReport 30, 695-706.

Cabrera-Soto M, Salinas-Moreno Y, Velázquez-Cardelas G. A, Espinoza T, D. 2009. Contenido de fenoles solubles e insolubles en las estructuras del grano de maíz y su relación con propiedades físicas. Colegio de posgraduados, México. . Agrociencia. Vol. 43, núm. 8. pp 827-839.

Cano, R. P., Moreno R. A., Márquez,H. C., Rodríguez, D. N., Martínez C. V., 2004. Producción Orgánica de Tomate bajo invernadero en la comarca lagunera. Memorias del IV Simposio Nacional de Horticultura. Invernaderos: Diseño, Manejo y Producción. pp. 109, 110.

Cano, A., Alcaraz, O., Acosta, M. y Arnao, M. B. 2002. On-line ant ioxidant activity determination: comparison of hydrophilic and lipophilic antioxidant activity using the ABTS. RedoxReport . 7: 103-109.

Cardenas-Sandoval, B. A., López-Laredo, A. R., Martínez-Bonfil, B. P., Bermudez-Torres, K. y Trejo-Tapia, G. 2012. Advances in the phytochemistry of Cupheaaequipetala, C. aequipetala var. hispida and C. lanceolata:extraction and quantification of phenoliccompounds and antioxidant activity. Revista Mexicana de Ingeniería Química 11, 401-413.

Carrillo, O. V.; Claudina E. Zaldivar.; Maria I. Lantero. 2002. Universidad Para Todos. Los Vegetales en la Nutrición Humana. Editora Política, La Habana, 64 pp.

Castellanos, J. Z.;Uvalle, J. X. y Aguilar, A. 2010. Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. Segunda edición. Colección INCAPA. San Miguel de Allende, Guanajuato, México. pp. 135-140.

Castellanos, J. Z., 2004. Manual de Producción Hortícola en Invernadero. Manejo del Cultivo del Pimiento en Invernadero 2a Edición. Intagri. México Pp.262-263.

Castro S. M., Saraiva J. A., Domínguez F. M., Delgadillo I. 2011. Effect of mild pressure treatments and termal blanching on yellow bell peppers (Capsicum annuum L.)LWT- FoodScience and Technology. 44:363-369.

CEDEPAS-INCAGRO. 2003. Cultivo de pimientos y ajies. Manual del productor. Guía didáctica Volumen: 1-004.

CIDH (Comisión para la Investigación y Defensa de las Hortalizas).2007. Consultado el 01 de octubre de 2012. Páginaelectrónica: www.cidh.org.mx.

CNA, 2011. Gerencia Regional. Cuencas Centrales del Norte, subgerencia Regional Técnica Programa de Hortalizas y Administrativa del Agua. Torreón Coahuila.

Cruz, C.E. 2010. Mezclas de vermicompost y tezontle, diseñadas mediante un programa de optimización en SAS, para el cultivo de tomate bajo invernadero e hidroponía. Tesis.Doctorado.Colegio de Postgraduados.Campus Montecillo.98 p.

Cruz-Huerta, N., Ortiz-Cereceres, J., Sánchez-del- Castillo, F. y Mendoza-Castillo, M. del C. 2005. Biomasa e índices fisiológicos en chile morrón cultivado en altas densidades. Rev. Fitotec. Mex. 28(3): 287 – 293.

Cruz, H. N.; Sánchez, C. F.; Ortiz, C. J.; Mendoza, C. M. C. 2009. Altas densidades con despunte temprano en rendimiento y período de cosecha en chile pimiento. Agricultura Técnica en México 35: 70-77.

De la Cruz, L. E., Estrada, B. M., Robledo, T.V., Osorio, O. R.,Márquez, H. C., Sánchez, H. R. 2009. Producción de tomate en invernadero con compost y vermicompost como sustrato. Universidad y Ciencia vol.25 no.1 ISSN 0186-29-79. Revista Scielo. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S018629792009000100004&script=sci_arttext (fecha de consulta 21 de septiembre 2013)

De Santiago J. 2009. Dinámico crecimiento. Desarrollo y rentabilidad de proyectos de pimiento en invernadero. Revista Productores de Hortaliza, México y Centro América.

Dimas J., Antonio D., Martínez E., y Valdez R D. 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en Maíz. TERRA 19(4): 293-299.

Domínguez, J., Lazcano, C., Gómez-Brandon, M. 2010. Influencia del vermicompost en el crecimiento de las plantas. Acta Zoológica Mexicana, núm. 2, pp 359-371.

Doorenbos, J. M. y Pruitt, W. O., 1976. Las necesidades del agua en los cultivos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma Italia.

Estrada-Zúñiga, M. E., Arano-Varela, H., Buendía-González L. y Orozco-Villafuerte J. (2012). Fatty acids, phenoles content, and antioxidant activity in *Ibervillea sonorae* callus cultures.Revista Mexicana de Ingeniería Química II, p 89-96.

FAO; 2013. Estadistica de paises productores y comercializadores de productos Agricola. FAOSTAT. Informe Estadistico.

FAOSTAT Prod STAT Crops. 2009. FAO. http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor. (consulta: 18 de mayo de 2010).

FAOSTAT.2013. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponible en: www.faostat.fao.org.

Fonseca, R.; Marisa Chailloux y V. Tamayo (2002): El humus de lombriz como alternativa de fertilización en pimiento “Medalla de Oro”. En Memorias II Taller Internacional de Agricultura Sostenible en Condiciones de Montaña.

García-Márquez, E., Román-Guerrero, A., Pérez-Alonso, C., Cruz-Sosa, F., Jiméne-Alvarado, R. y Vernon-Carter, E. J. (2012). Effect of solvent-temperature extraction conditions on the Initial antioxidant activity and total phenoliccontent of Muitle extracts and their decay uponstorage at different ph. Revista Mexicana de Ingeniería Química 11, 1-10.

Gómez, Y. T., M. I. González., S. Chiroles. 2004. Cuba: Medio Ambiente y Desarrollo; Revista electrónica de la Agencia de Medio Ambiente. Año: 4(7). 21 p.

Guerra M.; Magdaleno R.; casquero P. A. 2011.Effect of site and storage conditions on quality of industrial fresh pepper.ScientiaHorticulturae. 130:141-145.

Hernández-Rodríguez, O. A., D. L. Ojeda- Barrios, J.C. López-Díaz y A. M. Arras-Vota. 2010: Abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. TECNOCIENCIA Chihuahua 4(1):23-32.

Howard, L. R., Talcott, S. T., Brenes, C. H. y Villalon B. (2000). Changes in phytochemical andantioxidant activity of selected pepper cultivars(Capsicum species) as influenced by maturity.Journal of Agricultural and Food Chemistry 48, pp1713-1720.

Jiménez, M., Castillo, I., Azuara E., y Beristaín C.I. (2011).Antioxidant and antimicrobial activity of capulin (Prunusserotinasubspcapuli) extracts. Revista Mexicana de IngenieríaQuímica 10, 29-37.

Juárez, L. P., Bugarín, M. R., Castro, B. R., Sánchez, M. A., Cruz, C. E., Juárez, R. C. R., Alejo, S. S., Balois, M. R. 2011. Estructuras utilizadas en la agricultura protegida. Revista Fuente Año 3 No. 8. ISSN 2007 – 0713. Disponible en: http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-08/4.pdf (fecha de consulta el 20 de octubre 2013)

Julca-Otiniano, A.; Meneses-Florian, L.; Blas-Sevillano, R. y Bello-Amez, S. 2006. La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. IDESIA, 24:49-61.

Jurado, R.; Nieto, N. M. 2003. El Cultivo de Pimiento bajo Invernadero, pp. 541-568. In: Técnicas de Producción en Cultivos Protegidos. CAMACHO, F. (ed.). Cajamar. Almería, España.

Lancaster J. E.; Liater C.E.; reay P. F.; Trigga C. M: 1997. Influence of pigment composition on skin color in a wide range of fruit and vegetables. Journal of the American Society Horticultural Science.122:594.598.

Lachance P. A., Nakat, Z. y Jeong, W. S.(2001). Antioxidants: an integrative approach.Nutrition 17, 835-838.

Llanos, J. M. (1999): El cultivo del pimiento. Vida Rural 83, Edit. Eumedia S. A., Madrid, Agroalimentación, España (En Internet).

Loaiza-Figueroa F, Ritland K, Laborde J, Tanksley S. 1989. Patterns of genetic variation of the genus *Capsicum* (Solanaceae) in México.Plant Systematics and Evolution.165: 159-188.

López, A. M., Poot, M. J.E., Mijangos, C. M.A. 2012.Respuesta del chile habanero (*Capsicum chínense* L Jacq) al suministro de abono orgánico en Tabasco, México. Pp.308. Revista Científica UDO Agrícola 12 (2): 307-312. 2012.

López R. A, y Contreras, F. D. 2007. Sistemas de producción agrícola sostenible en los Andes de Venezuela: Agricultura Orgánica. Avances en Química, vol. 2, núm. 3. ISSN (Versión impresa): 1856-530. Disponible en: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93320305(fecha de consulta 25 de noviembre 2013).

Márquez-Hernández C., Cano-Ríos P., García-Hernández J.L., Rodríguez-Dimas N., Preciado-Ragel P., Moreno-Reséndez A., Salazar- Sosa E. Castañeda-Gaytan

G., De la Cruz-Lázaro E. 2010. Agriculturaorgánica: el caso de México. In: Agricultura Orgánica Tercera parte.Pp. 1

Márquez, H. C., Cano, R. P., García, H. J.L., Rodríguez, D. N., Preciado, R. P., Moreno, R. A., Salazar, S. E., Castañeda, G. G., De la Cruz-Lázaro E. 2010. AGRICULTURA ORGANICA: EL CASO DE MEXICO. Agricultura Orgánica Tercera parte. Pp.1

Marcelis, L. F. M.; Heuvelink, E.; Hofman-Eijer, L. R. B.; Bakker, J. D.; Xue, L. B. 2004. Flower and fruit abortion in sweet pepper in relation to source and sink strength. Journal of Experimental Botany 55: 2261-2268.

Miller, C. H.; Mccollum, R. E.; Claimon, S. 1999.Relationships between growth of bell peppers (Capsicum annum L.) and nutrient accumulation during ontogeny in field environments.J. Amer. Soc. Hort. Sci. 104(6): 852-857.

Molyneux P. 2004.The use of the stable free radical diphenylpicrilhydracyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. , 26:211-219.

Morales-Guzmán, J. 2013. Evaluación de la producción y calidad de pimiento (*Capsicumannuum*L.) obtenido mediante biofertilización. Tesis de Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Autónoma de Querétaro. 98 p.

Moreno-Pérez, E., Mora A, R., Sánchez C, F., García-Pérez V. 2011. Fenología y rendimiento de híbridos de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) cultivados en hidroponía. Revista Chapingo. Serie Horticultura, Vol. XVII, Edición especial 2: 5-18.

Moreno-Reséndez A. 2005. Origen, importancia y aplicación de vermicompostapara el desarrollo de especies hortícolas y ornamentales. Revista Agraria Nueva Época 2(3): 15-23.

Moreno, R. A., Valdés, P. M.T., Zarate, L. T. 2005. Desarrollo de tomate en sustratos de vermicompost/arena bajo condiciones de invernadero. Agricultura técnica. Vol.65 n.1. ISSN 0365-2807

Nuez V. F; Gil O.R; Costa G.J. (1996) El cultivo de Pimientos, chiles y ajíes. AedosBarcelona. pp 13- 156

Ramanathan, S andSubbiahK. K. 1965.“Fertilizer for Bigger Chilly Yields”.Fertilizer News. 10 (9): 7-12.

Ramesh, P., Singh, M.yRao, A.S. 2005. Organic farming: Its relevance to the Indian context. CurrentSci. 88(4): 561-568.

Ramos-García A. 2010. Calidad de fresa variedad San Andreas producida convermicompost en invernadero. Tesis. Maestría. Instituto Politécnico Nacional. 85 p.

Ramos, G. F., Ruvalcaba, A. J. A., López, G. M.A., Vázquez, M. O., 2011. Efectos de abonos orgánicos en el rendimiento del cultivo de 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. Número 51, (3,9) pp.4 Pp.40. Revista: Productores de hortalizas abril 2011.

Rao R. T. V, Gol B. N, Shah K. K. 2011. Effect of postharvest treatments and storage temperatures an the quality and shelf life of sweet pepper (*Capsicum annuum*L.). SciemtiaHorticulturae. 132: 18-26.

Raviv, M.; Oka, Y.; Katan, J.; Hadar, Y.; Yogev, A.; Medina, S.; Krasnovsky, A. and Ziadna, H. 2005. High nitrogen compost as a medium for organic container-growth crops.BioTechnol. 96:419-427.

Reséndiz-Melgar R. C.; Moreno-Pérez E.; Peña-Lomelí A. 2010. Variedades de pimiento morrón manejadas con despuntes temprano en dos densidades de población. Revista Chapingo Serie Horticultura. 16:223-229.

Robles-Sánchez, M., Gorinstein, S., Martín-Belloso, O., Astiazarán-García, H., Gonzáles-Aguilar, G. y Cruz-Valenzuela, R. 2007. Frutos tropicales mínimamente procesados: Potencial antioxidante y su impacto en la salud. Revista Chapingo. Serie Horticultura. 32, 227-232.

Rodríguez, D. N., Cano, R. P., Favela, C. E., Figueroa, V.., De Paul, Á. V., Palomo, G. A.,Cándido M. H., Moreno, R. A. 2007. Vermicomposta como alternativa orgánica en la producción de tomate en invernadero. Revista Chapingo. Serie Horticultura, vol. 13, núm. 2. pp.186. ISSN 0186-3231.

Romero L., María del R., A. Trinidad S., R. García E. y R. Ferrara C. 2000. Producción de papa y biomasa microbiana en suelo con abonos orgánicos y minerales. Agrociencia 34: 261-269 p.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación-Banco Nacional de Comercio Exterior-Secretaría de Economía (SAGARPA-BANCOMEXT-SE). 2005. PC-022-2005. Pliego de condiciones para el uso de la marca oficial México calidad suprema en pimiento morrón. 18 p. México. D.F.Disponible en: http://www.normich.com.mx/archivos/OC/mcs/PLIEGOS%20DE%20CONDICI

ONES%2012/PC_022_2005_Pimiento.pdf. Fecha de recuperación: 23 de noviembre de 2014.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).2013. Fomenta SAGARPA producción y consumo de alimentos orgánicos en México y el mundo. Disponible en: ww.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/2012/Paginas/2013B214.aspx.Fecha de recuperación:3 de noviembre 2014.

Sams C. E. 1999. Preharvest factors affecting postharvest texture.PostharvestBiology and Technology.15: 249-254.

Serrano-Maldonado, M. J. Guerrero-Legarreta, I.De la Paz Perez-Olvera, C. y Soriano-Santos, J. (2011). Actividad antioxidante y efecto citotoxico de *Cladocolealoniceroides*(van Tieghem) Kuijt (Loranthaceae). Revista Mexicana de Ingeniería Química 10, 161-170.

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. pp 90-93.

Sethu K. M. P.; Prabha T. N.; Tharanathan R. N. 1996. Postharvest biochemical changes associated with the softening phenomenon*Capsicum annuun*fruits. Phytochemistry. 42: 961-966.

Sharma, S., Pradhan, K., Satya, S., Vasudevan, P. 2005. Potentiality of Earthworms for Waste Management and in Other Uses – A Review. J. Am. Sci. 1(1): 1-16.

Shear C. B. 1975. Calcium-related disorders of fruits and vegetables.HortScience. 10:361-365

Showlter R. K. 1973. Factors affecting pepper firmes. Florida etate horticultural society.Hnabling and processing section. 1:309-382.

Solecka D. 1997. Role of phenylpropanoid compounds in plant responses to different stress factors. ActaphysiologiaePlantarum. 19. pp 257-268.

Sun, T., Xu, Z., Wu, C.-T., James, M., Prinyawiwatkui, W. y No, H. K. (2007).Antioxidant activities of different colored sweet peppers (*Capsicum annuum* L.).Journal ofFood Science 72, S98-S102.

Urrestarazu, M.L; Castillo J. E.; Salas M. C. 2002. Técnicas culturales y calidad del pimiento. Departamento de producción vegetal-universidad de Almería. Horticultura, S.L.

Valares M, C. 2011. Variación de metabolismo secundario en plantas debida al genotipo y al ambiente. Tesis doctoral del Departamento de biología vegetal, ecología y ciencias de la tierra-universidad Extremadura. pp 12-20.

Vázquez-Flota, F.; Miranda-Ham, M.; Monforte-Gonzales, M.; Gutiérrez-Carbqjal, G.; Velázquez-García, C.; Nieto-Pelayo, Y. 2007. Biosíntesis de capsaicinoides, el principio picante del chile. Fitotecnia Mexicana 30(4): 353-360.

Vázquez–Vázquez C., García–Hernández J.L., Salazar–Sosa E., López–Martínez J.D, Valdez–Cepeda R. D., Orona–Castillo I., Gallegos–Robles M. A., Preciado–Rangel P. 2011. Aplicación de estiércolsolarizado al suelo y la producción de chile jalapeño (*Capsicumannuum* L.) Revista Chapingo. Serie Horticultura.17 (SPE1): 69-74.

Weber, J., A. Karczewska, J. Drozd, M. Licznar, E. Jamroz, & A. Kocowicz. 2007. Agricultural and ecological aspects of a sandy soil as affected by the

application of municipal solid waste composts. SoilBiology&Biochemistry. 39: 1294-1302.

Zúñiga-Estrada, L., Martínez-Hernández, J. J., Baca-Castillo, G. A., Martínez-Garza, Á., Tirado-Torres, J. L. y Kohashi-Shibata, J. 2004. Producción de chile pimiento en dos sistemas de riego bajo condiciones hidropónicas. Agrociencia. 38(2): 207-218.

VII. APÉNDICE

Cuadro 1A. Análisis de varianza para la variable peso de frutos, para evaluar el comportamiento del pimiento morrón en invernadero en la Comarca Lagunera 2014.

FV	GL	S.C	C.M	FC	Pr>F
Tratamiento	11	10591.51	1059.12	3.94	0.0004
Error	60	16110.56	268.51		
Total	76	28809			
C.V	12.55				
$\overline{X}$	130.56				

Cuadro 2A. Análisis de varianza para la variable diámetro polar, para evaluar el comportamiento del pimiento morrón en invernadero en la Comarca Lagunera 2014.

FV	GL	S.C	C.M	FC	Pr>F
Tratamiento	11	16.63	1.66	2.02	0.0463
Error	60	49.3	0.82		
Total	76	66.57			
C.V	12.05				
$\overline{X}$	7.52				

Cuadro 3A. Análisis de varianza para la variable diámetro ecuatorial, para evaluar el comportamiento del pimiento morrón en invernadero en la Comarca Lagunera 2014.

FV	GL	S.C	C.M	FC	Pr>F
Tratamiento	11	3.97	0.39	1.24	0.2873
Error	60	19.29	0.32		
Total	76	25.39			
C.V	7.63				
$\overline{X}$	7.43				

Cuadro 4A. Análisis de varianza para la variable sólidos solubles, para evaluar el comportamiento del pimiento morrón en invernadero en la Comarca Lagunera 2014.

FV	GL	S.C	C.M	FC	Pr>F
Tratamiento	11	22.43	2.24	3.56	0.0009
Error	60	37.75	0.63		
Total	76	71.29			
C.V	19.07				
$\overline{X}$	4.16				

Cuadro 5A. Análisis de varianza para la variable número de lóculos, para evaluar el comportamiento del pimiento morrón en invernadero en la Comarca Lagunera 2014.

FV	GL	S.C	C.M	FC	Pr>F
Tratamiento	11	1.79	0.18	0.56	0.8377
Error	60	19.11	0.32		
Total	76	23.22			
C.V	16.91				
$\overline{X}$	3.34				

Cuadro 6A. Análisis de varianza para la variable espesor de pericarpio, para evaluar el comportamiento del pimiento morrón en invernadero en la Comarca Lagunera 2014.

FV	GL	S.C	C.M	FC	Pr>F
Tratamiento	11	0.44	0.04	8.03	0.0001
Error	60	0.33	0.005		
Total	76	0.79			
C.V	16.83				
$\overline{X}$	0.44				

Cuadro 7A. Análisis de varianza para la variable de compuestos fenolicos totales, para evaluar el comportamiento del pimiento morrón en invernadero en la Comarca Lagunera 2014.

FV	GL	S.C	C.M	FC	Pr>F
Tratamiento	11	130393.3	11853.9	33.22	0.0001**
Error	24	8563.8	356.8		
Total	35	138957			
C.V	4.03				
$\overline{X}$	468				

Cuadro 8A. Análisis de varianza para la variable antioxidantes, para evaluar el comportamiento del pimiento morrón en invernadero en la Comarca Lagunera 2014.

FV	GL	S.C	C.M	FC	Pr>F
Tratamiento	11	613252.9	55750.3	411.4	0.0001**
Error	24	3252.46	135.51		
Total	35	616505.2			
C.V	1.54				
$\overline{X}$	755.34				