

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**Impacto de diferentes sustratos orgánicos sobre la calidad del chile
Habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) bajo condiciones de invernadero**

**POR:
LEONEL DÍAZ LÓPEZ**

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

INGENIERO AGRÓNOMO

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

DICIEMBRE, 2015.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Impacto de diferentes sustratos orgánicos sobre la calidad del chile
Habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) bajo condiciones de invernadero

POR
LEONEL DÍAZ LÓPEZ

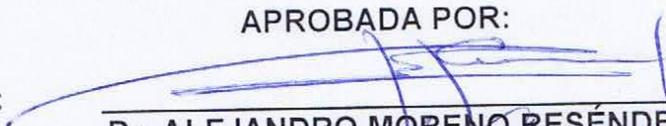
TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR:

PRESIDENTE:


Dr. ALEJANDRO MORENO RESÉNDEZ

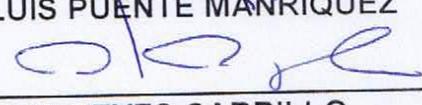
VOCAL:


MC. MERCEDES GEORGINA RAMÍREZ ARAGÓN

VOCAL:

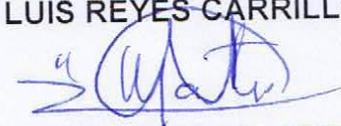

Dr. JOSÉ LUIS PUENTE MANRÍQUEZ

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 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Impacto de diferentes sustratos orgánicos sobre la calidad del chile
Habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) bajo condiciones de invernadero

POR
LEONEL DÍAZ LÓPEZ

TESIS

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

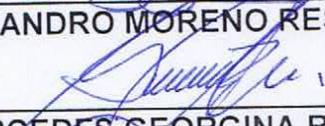
INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR:

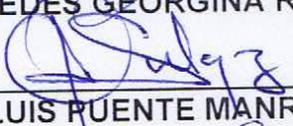
ASESOR PRINCIPAL:


Dr. ALEJANDRO MORENO RESÉNDEZ

ASESOR:

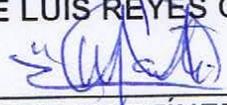

MC. MERCEDES GEORGINA RAMÍREZ ARAGÓN

ASESOR:


Dr. JOSÉ LUIS PUENTE MANRRÍQUEZ

ASESOR:


Dr. JOSÉ LUIS REYES CARRILLO


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


Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Por haberme regalado la vida, salud y sabiduría hasta estos momentos, por todas las fuerzas y bendiciones que me brindó para poder sobresalir en las diversas pruebas y sobre todo mil gracias por haberme regalado una hermosa familia.

A MIS PADRES

Por haberme brindado todo el apoyo necesario tanto económico y moral, gracias por todos sus consejos, por haberme escuchado en los momentos que más necesitaba de ellos. Mil gracias.

Y a todos mis amigos quienes me regalaron parte de su tiempo y por haber estado conmigo en las buenas y las malas.

De manera cordial al Dr. Alejandro Moreno Reséndez, por haberme brindado todo el apoyo necesario para echar adelante mi proyecto, por haberme brindado su confianza que es lo más importante y contar con el como un gran amigo.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	i
ÍNDICE	ii
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
RESUMEN	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo	3
1.2 Hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Antecedentes y origen del chile Habanero.....	4
2.1.2 Origen del chile Habanero	5
2.2 Perfil del mercado del chile Habanero	6
2.3 Taxonomía del chile Habanero	7
2.4. Morfología del chile Habanero	8
2.5 Usos del chile Habanero	10
2.6 Requerimientos nutricionales del chile Habanero	11
2.7 Fertilización orgánica	12
2.7.1 Abonos orgánicos	14
2.7.2 importancia de los abonos orgánicos.....	16
2.7.3 Vermicompost y compost como medio de fertilización.....	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS	22
3.1 Descripción del área experimental	22
3.3 Manejo de invernadero	22
3.4 Diseño experimental	23
3.5 Variables evaluadas.....	24
3.6 Análisis estadísticos.....	25
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
4.1 Diámetro polar de fruto	26
4.2 Diámetro ecuatorial del fruto	27
4.3 Peso de fruto.....	28

4.4 Número de lóculos	29
4.5 Espesor de pericarpio	30
V. CONCLUSIÓN	32
VI. BIBLIOGRAFÍA	33
VII. APÉNDICE.....	41

ÍNDICE DE CUADROS

	Páginas
Cuadro 1. Clasificación taxonómica del chile Habanero.....	8
Cuadro 2. Tratamientos para evaluar el chile Habanero bajo condiciones controladas.....	23
Cuadro 3. Solución Nutritiva aplicada al testigo (T0) en 1,000 L.....	24

ÍNDICE DE FIGURAS

	Páginas
Figura 1. Diámetro polar de fruto (cm), bajo producción en invernadero, a base de sustratos orgánicos.....	27
Figura 2. Diámetro ecuatorial del fruto (cm), bajo producción en invernadero, a base de sustratos orgánicos.....	28
Figura 3. Peso de fruto (g), bajo producción en invernadero, aplicando abonos orgánicos.....	29
Figura 4. Número de lóculos, bajo producción en invernadero, a base de sustratos orgánicos.....	30
Figura 5. Espesor de pericarpio (cm), bajo producción en invernadero, aplicando abonos orgánicos.....	31

RESUMEN

El experimento se llevó a cabo 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 presente trabajo fue la evaluación de diferentes abonos orgánicos: vermicompost, compost simple y compost con yeso, mezclados con perlita en relaciones 1:1, 1:2, 1:3 y 1:4; utilizando un diseño completamente al azar. Los diferentes sustratos fueron colocados en bolsas de polietileno negro, con capacidad de 20 kg, en donde fueron trasplantadas las plántulas de chile Habanero. Dentro del invernadero, las macetas fueron colocadas a doble hilera con arreglo en tresbolillo. Las variables evaluadas en fruto fueron: diámetro polar, diámetro de base, peso, número de lóculos, espesor del pericarpio, número de frutos. Los datos obtenidos en cada una de las variables analizadas, fueron sometidos a un análisis de varianza y pruebas de comparación de medias DMS al 5%, realizados mediante el programa estadístico SAS. Los mejores resultados que se obtuvieron fue con la utilización del vermicompost, de tal manera se llega a la conclusión que este tipo de abono orgánico es capaz de satisfacer las demandas nutrimentales del chile habanero sin que haya la necesidad de utilizar fertilizantes sintéticos.

Palabras clave: Chile Habanero, vermicompost, abonos orgánicos, sustratos, calidad.

I. INTRODUCCIÓN

El chile Habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) es de origen sudamericano, proviene de las tierras bajas de la cuenca Amazónica y de ahí se dispersó a Perú durante la época prehispánica. La distribución también se dirigió hacia la cuenca del Orinoco (en territorios de Colombia y Venezuela) hacia Guyana, Surinam, la Guyana Francesa y las Antillas del Caribe (Salaya, 2010). Su distribución en América del Sur y en el Caribe, se dio después de la conquista y de ahí se llevó al continente africano en las primeras relaciones europeas con América (Long-Solís, 1998). *C. chinense* es la especie más cultivada en Sudamérica. En México se siembra principalmente en la península de Yucatán, donde fue introducido probablemente desde Cuba, lo que podría explicar su nombre popular de habanero (Graillet *et al.*, 2014).

La importancia del *chinense* radica, principalmente, en la gran demanda que tiene para exportación: durante el 2007 se obtuvo un monto de 90 millones de pesos en este rubro, solo en la península de Yucatán; es fundamental mencionar que el precio que alcanza puede ser muy elevado, ya que puede llegar a valer hasta 100 pesos por kilogramo, aunque durante el 2008 se mantuvo con un precio promedio de 37.48 pesos por kilogramo (Santoyo y Martínez, 2012).

En el año 2012, la producción de chile Habanero en México se comportó como sigue: el estado de Tabasco como el mayor productor con 4,545.7 t, en segundo lugar se encontró Yucatán con 2,615.2 t, en tercer lugar Campeche con 577.6 t, seguidos de Nuevo León, Quintana Roo, y en noveno lugar Veracruz con 56 t (Graillet *et al.*, 2014).

En México, los principales estados productores de chile Habanero son Yucatán, Tabasco, Campeche y Quintana Roo, con 500, 260, 90 y 40 hectáreas sembradas, respectivamente, pero durante el 2010 la superficie disminuyó a 762 hectáreas, con un rendimiento promedio de $10.8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ en los cuatro estados (Santoyo y Martínez, 2012).

Sin embargo, la gran cantidad de problemas fitosanitarios que padecen los productores de chiles de Sinaloa, aunado a los bajos precios de venta durante la comercialización, hacen que esta actividad agrícola se haya tornado poco rentable, por lo cual es de vital importancia buscar nuevas alternativas de producción, como es el sistema de cultivos protegidos con casa sombra (Santoyo y Martínez, 2012).

Para que el sistema de producción de chile Habanero sea sustentable, se deben reducir las aplicaciones de fertilizantes sintéticos. Por tal motivo, es conveniente realizar aplicaciones de compost que equilibren la nutrición del cultivo. En relación a esto, dosis de $25 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ han generado resultados halagadores y si los

suelos están muy deteriorados, aplicaciones de 50 t•ha⁻¹ pueden ser ideales para recuperar su productividad del chile Habanero (Nieto-Garibay *et al.*, 2002).

Una de las alternativas para la reducción del uso de fertilizantes sintéticos, es el aprovechamiento integral de los recursos naturales disponibles (estiércol, residuos vegetales) y de bajo costo para la producción. Su uso permite obtener mayores rendimientos de los cultivos, protegiendo el suelo sin contaminarlo, y haciendo más segura su manipulación (López-Arcos *et al.*, 2012).

Por lo establecido anteriormente, la finalidad del presente trabajo fue:

1.1 Objetivo

Evaluar respuestas de calidad y rendimiento del fruto del chile Habanero con diferentes sustratos orgánicos.

1.2 Hipótesis

La calidad y el rendimiento de las hortalizas se ven afectadas por los abonos orgánicos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Antecedentes y origen del chile Habanero

El chile fue uno de los primeros cultivos domesticados en Mesoamérica por lo que ahora se ha convertido en un ingrediente casi obligado en la comida mexicana (Borgez-Gómez *et al.*, 2010). Gran parte de México se encuentra situado en la región denominada Mesoamérica, zona que además de estar considerada como centro de origen o variabilidad de cerca de 50 especies cultivadas, es también una zona de domesticación y origen de la agricultura. El chile del género *Capsicum*, de la familia Solanácea, es uno de los cultivos originarios de Mesoamérica y está constituido por aproximadamente 20 630 especies que se distribuyen en las área tropical y subtropical de Mesoamérica y otros países del mundo (Baltazar-Montes, 1998).

De acuerdo con Lugo-Jiménez *et al.*, (2010) en los últimos años, se ha incrementado la demanda de chile Habanero fresco y procesado en el mercado local, nacional y extranjero. Tradicionalmente, se consume en estado fresco como parte de los platillos de la cocina regional, también se comercializa a nivel nacional e internacional como materia prima para diferentes industrias, especialmente la alimenticia, farmacéutica, militar, entre otras.

Según datos de la FAO (2010) la superficie mundial sembrada de chiles asciende a 1'696,891 hectáreas, con una producción de 25'015,498 toneladas. De 1993 a la fecha se observa un incremento del 40 % en los rendimientos unitarios, debido al uso de nuevas tecnologías, con un rendimiento medio de 14.74 ton•ha⁻¹.

2.1.2 Origen del chile Habanero

Se indican como centros de origen de *C. frutescens* y *C. chinense* Jacq. a Bolivia, Perú, el sureste de Brasil, Los Andes y Colombia, aunque algunos tipos también se pueden encontrar en África y en el sureste de Asia, ya que fueron introducidos por los portugueses en la época Colonial. La mayoría de las especies de chiles, se encuentran en las tierras bajas de los trópicos, aunque existen variedades adaptadas a condiciones de altitudes de hasta 2,500 msnm, en Los Andes, desde Bolivia hasta Colombia, en México y América Central, aunque dicha adaptación pudo ocurrir en la época pos colombiana (Tun, 2001).

Por su parte Salaya (2010) señala que el *C. chinense*, es de origen sudamericano, proviene de las tierras bajas de la cuenca Amazónica y de ahí se dispersó a Perú durante la época prehispánica. La distribución también se dirigió hacia la cuenca del Orinoco (en territorios de Colombia y Venezuela) hacia Guyana, Surinam, la Guyana Francesa y las Antillas del Caribe.

Diversos estudios han definido como centro de origen del género *Capsicum* a una gran área ubicada entre el sur de Brasil y el este de Bolivia, el oeste de

Paraguay y el norte de Argentina. En esta región se observa la mayor distribución de especies silvestres en el mundo. (Soria *et al.*, 2002) citan que probablemente el *C. chinense* era originario de América del Sur, de donde fue introducido a Cuba, aunque en la isla no se siembra ni se consume. De ahí se cree que fue traído a la Península de Yucatán. Esta hipótesis se refuerza al comprobar que *C. chinense* Jacq. Es el único chile que no tiene nombre maya, a diferencia de otros (Ruiz-Lau *et al.*, 2011).

2.2 Perfil del mercado del chile Habanero

En los últimos años, se ha incrementado la demanda de chile Habanero fresco y procesado en el mercado local, nacional y extranjero. Comercializándose principalmente en otros estados de la república mexicana, Estados Unidos, Japón, Alemania y otros países de Europa (Lugo-Jiménez *et al.*, 2010).

Entre los vegetales que actualmente tiene demanda en el mercado local e internacional está el chile Habanero, debido a su importancia económica y a su uso en los alimentos como fuente excelente de colorantes naturales, vitaminas y minerales y su interés por otros compuestos fotoquímicos para la salud y la industria de los cosméticos (Chan-Chunab *et al.*, 2011).

En México, los principales estado productores de chile habanero son: Yucatán, Tabasco, Campeche y Quintana Roo, con 500, 260, 90 y 40 hectáreas sembradas, respectivamente, pero durante el 2010 la superficie disminuyó a 762

hectáreas, con un rendimiento promedio de 10.8 toneladas por hectárea en los cuatro estados (Santoyo y Martínez, 2012).

La península de Yucatán cuenta con la mayor diversidad de chiles criollos en México, de éstos, el Habanero es el más importante ya que tiene gran demanda en el mercado local, nacional e internacional (Tun, 2001). El chile Habanero es un cultivo de gran importancia económica y social para la Península de Yucatán y otros estados del país como Tabasco y Veracruz (Cruz-Campos *et al.*, 2012). México ocupa el segundo lugar en volumen de producción de chiles y el tercero en superficie cosechada, con 140, 963 ha y 1, 853, 610 toneladas, participando con el 9 % del área y el 8 % de la producción mundial en toneladas. La producción y comercialización del chile Habanero día a día va teniendo mayor importancia en el estado de Yucatán, el consumo de este producto es de 65 % fresco y de un 35 % industrializado en salas picantes (Coop-Gama *et al.*, 2011).

2.3 Taxonomía del chile Habanero

Los chiles pertenecen al género *Capsicum*, de la familia Solanácea. Existen 27 especies de *Capsicum* de las cuales cinco son domesticadas y cultivadas: *C. annum*, *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. frutescens* y *C. pubescens* (Guzmán-Antonio *et al.*, 2012).

Tun (2001) señala que la clasificación del cultivo de chile puede establecerse fácilmente hasta el nivel del género, pero debido a su gran diversidad, la

diferenciación a nivel especie y variedad es muy complicada, en el Cuadro 1 se presenta dicha clasificación.

Cuadro 1.- Clasificación taxonómica del chile Habanero

Clase	Angiosperma
Subclase	Dicotyledonea
Superorden	Sympetala
Orden	Tubiflorales
Familia	Solanácea
Género	<i>Capsicum</i>
Especie	<i>chinense</i>

2.4. Morfología del chile Habanero

Chávez-Servia y Sevilla-Panizo en el 2006, señalaron que la planta de *C. chinense*, poseen dos o más flores por nudo (ocasionalmente solitarias), las excepciones son cuatro o cinco. El pedicelo es erecto o declinante a la antesis, la corola es verde-blanquecina (algunas ocasiones blanco cremosa o púrpura), pero sin manchas en la base de los lóbulos, los que son generalmente rectos. El cáliz de los frutos maduros presenta una constricción anular en la unión con el pedicelo, y las venas no se prolongan hacia los dientes como en *C. annuum*. Las semillas son de color amarillo-pálido. La planta presenta tallos múltiples y erectos. Las hojas son pálidas a verde claro de forma ovada y regularmente alargadas. Éstas presentan generalmente una superficie rugosa, característica de la especie. Los frutos varían

en forma de un pequeño trompo y tamaño desde pequeños y redondos (8mm de diámetro) hasta rugosos y alargados alcanzando 12 cm. El fruto tiene forma redonda, que varía de 2 a 6 centímetros de largo por 2 a 4 de ancho, con una constricción en la base. Es de color verde claro en su estado tierno y de tonos salmón, rojo, café, amarillo o naranja al madurar (López-Puc *et al.*, 2009).

De acuerdo con Tun (2001), señala que la altura del chile habanero es variable, pero en los cultivares comerciales puede oscilar entre 75 y 120 cm. Las semillas son lisas, ovaladas y pequeñas (2.5 a 3.5 mm); tienen testa de color café claro a café oscuro y su periodo de germinación varía entre ocho y quince días. Tiene raíz pivotante y un sistema radicular bien desarrollado, cuyo tamaño depende de la edad de la planta, las características de los suelos y las prácticas de manejo que se le proporcionen; puede alcanzar longitudes mayores a los 2.0 m, su tallo es grueso, erecto, glabro y robusto y generalmente tiene tendencia a formar tres tallos en la primera ramificación, la que ocurre entre la décima y duodécima hoja, para después continuar bifurcándose, con un crecimiento semi-indeterminado; después de la primera trifurcación muy raramente las tres ramas alcanzan el mismo desarrollo. Las hojas son simples, lisas, alternas y de forma lanceolada, de tamaño variable lo mismo que su color, el cual puede presentar diferentes tonos de verde dependiendo de la variedad. Las hojas pueden ser glabras o pubescentes; el grado de pubescencia también depende de la variedad. Con una nutrición adecuada se pueden alcanzar hojas con un tamaño superior a los 15 cm de longitud y ancho.

2.5 Usos del chile Habanero

En la horticultura mexicana el chile es uno de los cultivos más importantes y el de mayor consumo popular, especialmente en estado fresco, aunque también se consume procesado en forma de salsas, polvo y encurtidos. Esta es una hortaliza que genera divisas para México, ya que es el principal país proveedor de Estados Unidos y Canadá en los ciclos invierno-primavera; es también de gran importancia social debido a la enorme cantidad de mano de obra que requiere durante todo el ciclo agrícola (Valadéz, 1998).

Entre los productos que se pueden obtener del fruto fresco son pastas para salsas, producto en polvo o seco y oleorresinas como los capsaicinoides, si los procesos que se aplican no son los adecuados se puede dañar su calidad del producto y por lo tanto disminuye sus probabilidades de comercialización y exportación (Chan-Chunab *et al.*, 2011).

El *chinense* Jacq. ocupa un lugar muy importante en la dieta de la población mexicana convirtiéndose en un símbolo y ejemplo en pungencia debido a su alto contenido de capsaicinoides. Este compuesto ha sido determinante en el incremento en la demanda en el mercado nacional e internacional debido a su amplia utilización en la medicina, cosméticos, pinturas, gases lacrimógenos, salsas, entre otros. La salsa es el producto elaborado a partir de varias hortalizas y especias. Este producto se utiliza como sazónador complementario en la alimentación diaria (Cázares y Duch, 2002).

La principal aplicación del chile habanero deshidratado está en la elaboración de condimentos, si como en la extracción de capsaicina, que es la sustancia que le da el picor al chile, y que también puede tener otros usos, entre ellos la elaboración de gases lacrimógenos o de repelentes para insectos o roedores (Hernández *et al.*, 2010).

2.6 Requerimientos nutricionales del chile Habanero

Una nutrición balanceada en los cultivos permite obtener el máximo rendimiento, evitando contaminar el ambiente. Lo anterior se logra al aplicar sólo la cantidad de nutrimentos que requiere la planta para realizar sus funciones metabólicas; para ello, es necesario conocer la demanda nutrimental del cultivo (Dem), el aporte del suelo (Oferta) y la eficiencia de recuperación de fertilizante (ERF) (Nieves-González *et al.*, 2015).

De acuerdo con Salazar-Jara y Juárez-López (2012), señalaron que los factores nutrimentales pueden ser controlados de manera precisa, mientras que otros salen de manera absoluta del control humano (factores climáticos en los cultivos abiertos) y otros que pueden ser objeto de control (plagas y enfermedades). Los factores internos de la planta que están determinados por el genotipo y otros que son de tipo externo como las condiciones climáticas, las características del suelo, las propiedades físicas, químicas y biológicas del sustrato, calidad del agua, factores nutrimentales, la técnica de producción y los factores bióticos son de gran influencia para la calidad y rendimiento de los cultivos.

Proporcionar a la planta los elementos nutritivos necesarios es fundamental para poder lograr un buen rendimiento y de buena calidad de fruto. (Navarrete-Ruíz, 2002). Por su parte Nieves-González *et al.* (2013), señalan que la absorción de nitrógeno por la planta ocurre principalmente como nitrato (NO_3^-) y amonio (NH_4^+). La proporción óptima entre estas dos formas iónicas difiere entre especies. Reportaron que el chile habanero establecido en condiciones hidropónicas, resultó mejor en rendimiento y calidad de fruto cuando la proporción amonio-nitrato fue 10:90 %. La concentración de nitrógeno en solución nutritiva también tiene un efecto directo en la producción de flor y fruto en este cultivo y se ha observado que la mejor concentración de nitrógeno es 15 mM, ya que duplica la cantidad de flor en comparación con una solución de 7.5 mM o 22 mM.

2.7 Fertilización orgánica

El uso excesivo de agroquímicos en la agricultura preocupa a los consumidores a nivel mundial, debido al alto grado de contaminantes que los frutos pudieran contener; además, de los problemas ambientales que éstos pueden generar en los suelos agrícolas y aguas (superficiales y subterráneas) del planeta. Para reducir este impacto negativo de los agroquímicos en el ambiente y en la inocuidad de los diferentes cultivos, se recomiendan sistemas de producción orgánica u orgánica mineral que supriman o reduzcan el uso de fertilizantes, insecticidas, herbicidas, etc. Entre los abonos orgánicos de origen animal o vegetal, el vermicompost, los biofertilizantes y los ácidos fúlvicos, entre otros, son buenas opciones para la nutrición de los cultivos y así reducir significativamente el uso de fertilizantes sintéticos y los costos de producción (Romero-Romano *et al.*, 2012).

La fertilización de síntesis química fundamentada en la teoría del balance mineral, aduce que los nutrimentos son necesarios para obtener altos rendimientos y buena calidad del fruto, aunado a un control químico de plagas y enfermedades. Sin embargo, el uso indiscriminado e ineficiente de fertilizantes y agroquímicos ha originado una disminución en el contenido de la materia orgánica y degradación del suelo; mayor resistencia de plagas y uso de moléculas químicas de alto precio, repercutiendo en elevados costos, baja rentabilidad de la producción y contaminación ambiental. Ante esta problemática, se han desarrollado alternativas ambientalmente amigables a bajos costos de producción. La aplicación de abonos orgánicos tiene el potencial de ser una fuente de nutrimentos económica y eficiente en la nutrición de los cultivos (Morón-Ríos y Alayón-Gamboa, 2014).

La nutrición orgánica puede mejorar con prácticas como la rotación de cultivos con leguminosas. Los abonos orgánicos presentan altas concentraciones de macronutrimentos. No obstante, esta concentración puede variar debido al contenido de humedad. Por tanto, el análisis de contenidos totales es un referente en cuanto a la riqueza real de los abonos orgánicos (Nieves-González *et al.*, 2013).

En las últimas décadas, el mundo ha observado un rápido desarrollo del segmento de agricultura orgánica (AO). Cada vez más, los consumidores prefieren alimentos libres del uso de agroquímicos, incluidos los fertilizantes inorgánicos. Se ha logrado desarrollar un sector de los consumidores conocido como "consumidor ecológico", dispuesto a pagar un precio extra por adquirir alimentos obtenidos bajo un sistema de producción orgánico certificado (Márquez-Hernández *et al.*, 2013).

La agricultura orgánica de México representa una superficie de 216 mil ha y genera 280 millones de dólares de divisas, revaloriza la agricultura tradicional, crea empleos (34.5 millones de jornales anuales) y mayores ingresos para los productores, bajo un esquema de producción sustentable, sin deterioro del ambiente (Ramos-Gourcy *et al.*, 2011).

2.7.1 Abonos orgánicos

Los abonos orgánicos más comunes son el bocashi, el compost, las tierras fermentadas, el vermicompost, y los extractos vegetales; los cuales requieren un proceso de elaboración. Otros como los abonos verdes y rastrojos, simplemente se incorporan al suelo. Adicionalmente, a su uso como fertilizante, los abonos orgánicos pueden ser utilizados para otros fines, como es el caso de la tierra fermentada, cuyo uso principal es como sustrato para semilleros y almacigales. Dependiendo de la actividad que los produce, estos materiales pueden ser clasificados como de origen agrícola, ganadero, forestal, industrial y urbano. Por lo general, los abonos orgánicos, son producidos a partir del proceso de compostaje y en algunos casos pueden ser reforzados con productos químicos con el afán de mejorar su calidad final (Durán y Henríquez, 2006).

Los abonos orgánicos se han utilizado desde tiempos remotos y su influencia sobre la fertilidad de los suelos ha sido demostrada, 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. El uso de abonos orgánicos, en cualquier tipo de cultivo, es cada vez más frecuente en el medio de

producción por dos razones: el abono que se produce es de mayor calidad y costo es bajo, con relación a los fertilizantes sintéticos que se consiguen en el mercado (Puente-Figueroa, 2010). Los abonos orgánicos pueden prevenir, controlar e influir en la severidad de los patógenos del suelo; además, sirven como fertilizantes y mejoradores del suelo; y presentan una amplia variación de efectos que dependen del material aplicado y de su grado de descomposición. El uso de abonos orgánicos constituye una práctica de manejo fundamental en la rehabilitación de la capacidad productiva de suelos degradados. La adición de residuos vegetales o estiércoles incrementa la actividad y cantidad de la biomasa microbiana del suelo, que en los cultivados varía de 100 a 600 mg•kg⁻¹ (Fortis- Hernández *et al.*, 2009).

De acuerdo con Acebedo y Pire en 2004, señalaron que uno de los frutales menores con alta difusión en Venezuela es el cultivo de la lechosa. En esta planta la etapa de vivero es crucial, ya que influye directamente en su posterior capacidad de crecimiento. Los medios de crecimiento o sustratos utilizados en la etapa de vivero pueden estar constituidos por materiales orgánicos y/o inorgánicos, y sus características pueden ser mejoradas con la adición de materiales enmendantes que actúan sobre sus características físicas, químicas y/o biológicas. Entre estos materiales se encuentra el lombricompost, o humus de estiércol de lombriz, un material estable con propiedades de biofertilizante. La utilización de lombricompost ha dado mejores resultados que el empleo de otros materiales orgánicos compostados, a pesar de presentar características químicas y microbiológicas semejantes.

2.7.2 importancia de los abonos orgánicos

Por su parte De García *et al.* (2006), señalaron que estudios realizados con materiales de origen orgánico, por ejemplo resaca de monte (restos de vegetación herbácea, arbustiva y arbórea), cama de pollo y/o gallina (mezcla de estiércol de pollo y/o gallina con los materiales que se usan como cama en los gallineros) y humus de lombriz, en mezcla con y sin suelo, mostraron resultados satisfactorios como sustratos de crecimiento para hortalizas. Sin embargo, sustratos nutricionalmente muy enriquecidos pueden ser perjudiciales debido a su alto contenido de sales solubles.

Entre los abonos orgánicos de origen animal o vegetal, el vermicompost como sustrato permite satisfacer la demanda nutritiva de los cultivos en invernadero y reducir significativamente el uso de fertilizantes sintéticos. Los beneficios de los abonos orgánicos son evidentes, el vermicompost se utiliza como mejorador de suelo en cultivos hortícolas y como sustrato para cultivos en invernadero que no contamina el ambiente. Las compostas se usan como sustrato debido a su bajo costo, sustituyen al musgo y suprimen varias enfermedades presentes en el suelo (Rodríguez-Dimas *et al.*, 2008)

2.7.3 Vermicompost y compost como medio de fertilización

Domínguez *et al.* (2010), señalan que el compost y el vermicompost son dos diferentes tipos de fertilizantes orgánicos con una efectividad mayor a la de otros tipos de fertilizantes orgánicos como los estiércoles naturales. Por lo que, en los últimos años se ha reforzado el estudio de los efectos de la aplicación de los mismos

en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Así pues, en estudios a largo plazo, se ha demostrado que su adición produce una disminución significativa de la densidad aparente, un aumento de la estabilidad de los agregados y de la capacidad de retención de agua del suelo, así como un incremento de la concentración de carbono orgánico y de las cantidades totales de los elementos nutritivos esenciales para las plantas en comparación con los fertilizantes minerales. La adición de estos fertilizantes orgánicos al suelo, además incrementa la concentración de sustancias húmicas de estructura molecular compleja, aumentando por lo pronto la relación ácidos húmicos/ácidos fúlvicos.

El uso de sustratos orgánicos ha cobrado gran importancia por diversas razones. Desde el punto de vista económico, su uso se ha fomentado por la agricultura orgánica, ya que es una respuesta a la mejora en las prácticas agrícolas. Dentro de los sustratos orgánicos, sobresalen el compost y el vermicompost, debido a que sus procesos de elaboración son métodos biológicos que transforman restos orgánicos de distintos materiales en un producto relativamente estable (De la Cruz-Lozano *et al.*, 2009).

El vermicompost es una alternativa que incluye lombrices como organismos macro descomponedores en el proceso de descomposición, bio-oxidación y estabilización de la materia orgánica por la acción metabólica de éstas y diversos microorganismos, debido a su capacidad de descomponer y reciclar elementos nutritivos. El vermicompost es el resultado de la biotransformación de materia orgánica a través del tubo digestivo de la lombriz, recientemente se ha demostrado

que los vermicomposts pueden tener efectos notables en la supresión de patógenos vegetales que producen podredumbre y necrosis radicular en plantas de cultivo (Domínguez *et al.*, 2010). De acuerdo con Cruz-Crespo *et al.* (2014) señalaron que la lombricomposta es un sustrato que se caracteriza por su alto contenido nutrimental, y altas capacidades de retención de agua y de intercambio catiónico. Ésta ha remplazado paulatinamente el uso del suelo y de otros sustratos como componentes del medio de crecimiento en la producción hortícola, aunque su uso se recomienda en mezcla con otros materiales.

El uso de vermicompost, generado a partir de diversos residuos orgánicos, se ha incrementado en diferentes regiones del mundo como abono de alta calidad. Lo anterior, se fundamenta en la demanda creciente de alimentos inocuos y deterioro del ambiente, que obliga a utilizar técnicas de producción que permitan hacer uso más eficiente y sostenible de los recursos. Dentro de los abonos orgánicos empleados en diversos sistemas de producción destaca el vermicompost, producida por la ingestión de compuestos orgánicos por lombrices. El vermicompost o humus de lombriz se utiliza como mejorador de suelo en cultivos hortícolas y como sustrato no contaminante. El vermicompost 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-Dimas *et al.*, 2007).

De acuerdo con Moreno-Reséndez *et al.* (2008), una alternativa para satisfacer la demanda nutritiva de las especies vegetales, en invernadero, es el empleo del vermicompost como sustrato de crecimiento, ya que éste, por sus características físicas, químicas y biológicas, puede reducir, significativamente, el uso de los fertilizantes. El vermicompost se genera como resultado de las transformaciones bioquímicas y microbiológicas de los residuos orgánicos, provocadas en el intestino de las lombrices, e.g. *Eisenia fetida*. Los residuos se transforman en un material rico en elementos nutritivos, fácilmente asimilables para las plantas. Además, el vermicompost contiene sustancias biológicamente activas que actúan como reguladores de crecimiento, tiene gran capacidad de intercambio catiónico, elevado contenido de ácidos húmicos, alta capacidad de retención de humedad y porosidad elevada que facilita la aireación y el drenaje del suelo y de los medios de crecimiento.

Se ha demostrado que la adición del vermicompost a los suelos y sustratos de cultivo incrementa considerablemente el crecimiento y la productividad de una gran cantidad de cultivos hortícolas tales como el tomate, la lechuga, los pimientos, los ajos, las fresas, algunas plantas medicinales, algunas leguminosas como el garbanzo verde, algunas gramíneas como el sorgo y el arroz, algunas hierbas aromáticas como la albahaca, algunos frutales como el plátano y la papaya, y algunas plantas ornamentales como los geranios, los tajetes, las petunias, los crisantemos y las flores de pascua. A diferencia de los fertilizantes minerales, el vermicompost constituye una fuente de nutrientes de liberación lenta, que se van poniendo a disposición de la planta a medida que ésta los va necesitando. Además,

la adición de vermicompost puede producir una mejora significativa en las propiedades físicas tanto de los sustratos artificiales de cultivo como del suelo (Domínguez *et al.*, 2010).

La adición de compost (C) y vermicompost (VC) a los suelos y sustratos incrementa el crecimiento y la productividad de diversos cultivos hortícolas, tales como el tomate, la lechuga, el pimiento, el ajo y la fresa. El C y VC constituyen una fuente de elementos minerales de lenta liberación y fácilmente disponibles para las plantas, a medida que las especies vegetales los van demandando. Al mezclar estos materiales con medios inertes como la arena se mejoran sus características físicas y químicas evitando la hipoxia (Márquez-Quiroz *et al.*, 2013).

El compostaje se define como un proceso biooxidativo de los residuos orgánicos en condiciones controladas de temperatura, humedad y aireación, en la cual participan grupos microbianos, dependiendo de la etapa del proceso (Guerrero-Ortiz *et al.*, 2012). El compost es uno de los mejores abonos orgánicos que se puede obtener en forma fácil y que permite mantener la fertilidad de los suelos con excelentes resultados en el rendimiento de los cultivos; porque aparte de ser natural es un excelente fijador del nitrógeno, ayudando al mejoramiento de las características físicas, químicas y biológicas del suelo (Arango-Gutiérrez y Vásquez-Villegas, 2004).

Las normas orgánicas señalan como requisito para el uso del estiércol, que éste debe pasar por un proceso de compostaje. El compost, así obtenido, tiene

algunas ventajas sobre otros abonos orgánicos. Por ejemplo, respecto a su tasa de liberación de nutrientes, se ha reportado que del 70 al 80 % de fósforo, 80 al 90 % de potasio, y 11 % del nitrógeno quedan disponibles para la planta en el primer año (Márquez-Hernández *et al.*, 2013).

Para que el sistema de producción de chile habanero sea sustentable, se deben reducir las aplicaciones de fertilizantes. Por tal motivo, es conveniente realizar aplicaciones de composts que equilibre la nutrición del cultivo. En relación a esto, dosis de $25 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ dan buenos resultados y si los suelos están muy gastados, aplicaciones de $50 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ pueden ser ideales. Se pueden usar las variables: capacidad de campo, punto de marchitez permanente, humedad aprovechable y punto de saturación, como indicadores precisos del efecto de las aplicaciones de composta sobre el suelo (Nieves-González *et al.*, 2013).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área experimental

El experimento se llevó a cabo 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). Localizada en Periférico Raúl López Sánchez y Carretera Santa Fe S/N, Torreón Coahuila, teniendo el invernadero, las siguientes características: es de tipo cenital, con dimensiones de 8 x 20 m, alto y largo, respectivamente, con cubierta malla anti áfidos y un extractor al fondo, piso de grava y protegido con maya sombra al 50 % durante las estaciones más calurosas del año.

3.3 Manejo de invernadero

Antes de llevar a cabo la siembra, se realizaron labores para acondicionar el invernadero y se reunieron los materiales y sustratos a utilizar. La siembra de las semillas se realizó el 22 de Febrero del 2014 en charolas de germinación de 200 celdillas rellenas de Peat moss (Premier®), cuando las plántulas alcanzaron 15 cm de altura (12 de Abril, del mismo año) se trasplantaron a bolsas de polietileno negro tipo vivero, calibre 500 y 20 L de volumen, estas fueron rellenas con Vermicompost (VC), Compost Simple (CS), Compost con Yeso (CY) y Perlita.

3.4 Diseño experimental

Los tratamientos (Cuadro 2), fueron distribuidos en el invernadero usando un diseño completamente al azar y cada tratamiento contó con seis repeticiones. Las macetas fueron colocadas a doble hilera, con arreglo a tresbolillo, con una distancia entre plantas de 30 cm. Al tratamiento T0 se le aplicó solución nutritiva (Cuadro 3) para satisfacer la demanda de elementos nutritivos pero en proporción a 200 L, mientras que para los tratamientos (T1 – T12) solamente se aplicaron, como fuente nutritiva natural, los Abonos Orgánicos indicados en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Tratamientos para evaluar durante el desarrollo del chile Habanero bajo condiciones controladas.

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

SN: Solución Nutritiva, VC: Vermicompost, CS: Compost Simple, CY: Compost con Yeso

Cuadro 3. Solución Nutritiva aplicada al testigo (T0) en 1,000 L.

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

3.5 Variables evaluadas

Durante el desarrollo del chile habanero se evaluaron las siguientes variables: altura de planta, días a floración, diámetros polar y ecuatorial, peso del fruto, número de lóculos, espesor del pericarpio, número de frutos y rendimiento.

a). Diámetro polar

Se colocó el fruto de chile de forma vertical sobre un vernier (Foy tools ®), obteniéndose así su longitud de polo a polo medida en centímetros.

b). Diámetro ecuatorial

Para determinar el diámetro ecuatorial del fruto, se fijó de forma transversal sobre un vernier (Foy tolos ®), graduado en centímetros y se determinó su valor.

c). Peso del fruto

A cada fruto recolectado, se le registró su peso con la ayuda de una báscula digital (Santorius ®), anotando su peso en gramos con dos decimales.

d). Número de lóculos

Para poder medir esta variable, se tuvo que cortar el fruto, posteriormente, se contó el número de lóculos que presentó cada fruto.

e). Espesor del pericarpio

Ésta variable se determinó cortando el fruto de forma transversal y con la ayuda de un vernier (Foy tolos ®) se tomó el grosor del pericarpio (mm).

f). Número de frutos

Para poder medir ésta variable, cada fruto maduro que se cortó de la planta, de cada tratamiento con su respectiva repetición; fue anotado en una bitácora de forma manual, dejando de anotar después de haber realizado el tercer último corte de cada tratamiento.

3.6 Análisis estadísticos

Para evaluar los efectos provocados por los tratamientos obtenidos en cada uno de los datos obtenidos, fueron sometidos a análisis de varianza y pruebas de comparación de medias al 5%, éstas fueron analizadas mediante el programa estadístico SAS (SAS, 1999).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Diámetro polar de fruto

Para ésta variable se encontró diferencia estadística altamente significativa, obteniéndose un promedio de 3.59 cm de diámetro polar con un CV de 10.93% (Apéndice 1A). El mayor diámetro polar del fruto se obtuvo en el T3 vermicompost-perlita (1:3) (Figura 1) con el valor de 4.36 cm. El diámetro polar de los frutos de chile habanero del T3 VC:P (1:1), superó al menos en un 6.42 % al resto de los demás tratamientos. De acuerdo con lo que reportan Tucuch *et al.*, (2012), en el experimento que realizaron obtuvieron como mayor diámetro polar del fruto 3.74 cm utilizando como sustrato partículas de tezontle mezclado con fibra de coco y como solución utilizaron la Steiner con una relación de 28/80 % $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ respectivamente, por lo tanto fue un valor inferior al que se registró en este experimento. El tratamiento de menor diámetro ecuatorial se registró en el T0 (Testigo), con un valor de 2.87 cm. Por otra parte, Macías-Duarte *et al.* (2012), señalaron que como valor máximo promediado después de seis cortes fue de 5.20 cm de largo del chile, siendo así estos valores superiores a los obtenidos en este experimento.

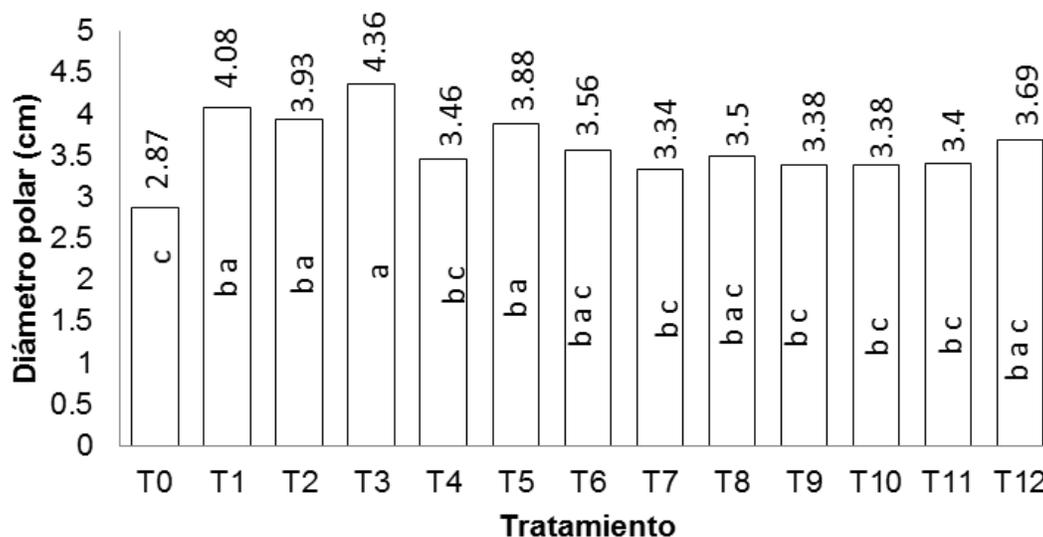


Figura 1. Diámetro polar de fruto (cm), bajo producción en invernadero, a base de sustratos orgánicos.

* Letras iguales entre columnas son estadísticamente iguales.

4.2 Diámetro ecuatorial del fruto

Para la variable diámetro ecuatorial del fruto, se encontró diferencia estadística altamente significativa, registrándose un promedio general de 2.31 cm, con un CV de 9.00 % (Apéndice 2A). El mayor diámetro ecuatorial se reflejó en el T1, vermicompost-perlita (1:1) (Figura 2), con el valor de 2.80 cm. Este valor superó al menos en un 5.71 % al resto de los demás tratamientos. El tratamiento de menor número de diámetro ecuatorial fue T0 (testigo), con un valor de 1.97 cm. El valor 2.80 fue menor a lo que reportaron Reyes-Ramírez *et al.* (2014), obteniendo como valor más alto 2.91 cm utilizando como sustrato una mezcla de tierra negra y bagazo de henequén y utilizando fertilización sintética. Por su parte, Montañó-Mata y Núñez (2003), señalaron el mayor diámetro polar del fruto de *C. chinense* con un

valor de 3,00 cm en el genotipo UDO A-7R utilizando fertilización sintética, siendo así este valor superior al obtenido en este experimento.

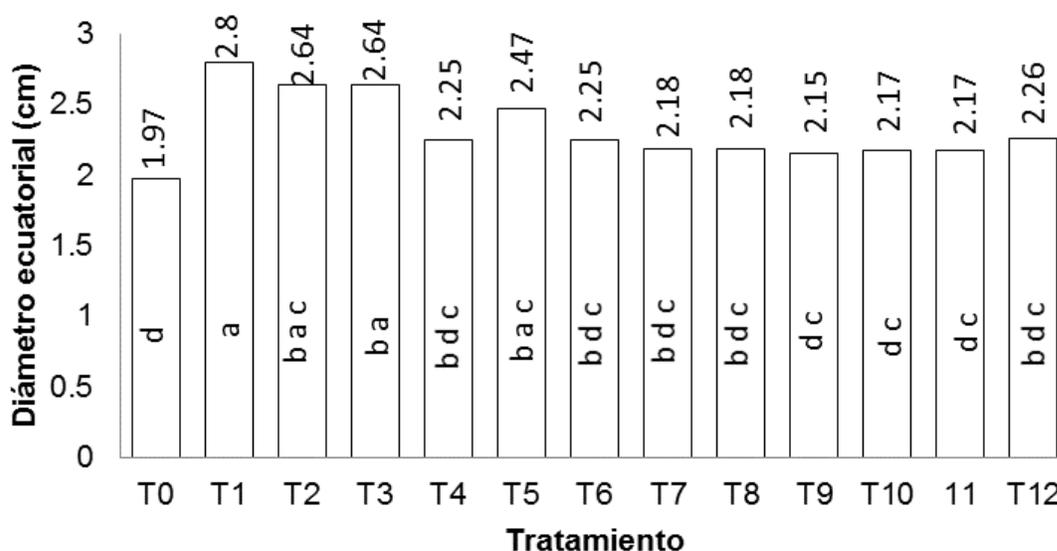


Figura 2. Diámetro ecuatorial de fruto (cm), bajo producción en invernadero, a base de sustratos orgánicos.

* Letras iguales entre columnas son estadísticamente iguales.

4.3 Peso de fruto

Para esta variable se encontró diferencia estadística altamente significativa, obteniéndose un promedio de 4.87 g, con un CV de 15.74 % (Apéndice 3A). El mayor peso del fruto de chile habanero se registró en el T1 vermicompost:perlita (1:1) (Figura 3) con 6.85 g. El menor peso de fruto se registró en los tratamientos T0 (Testigo), T4 (VC: P, 1:4), T9 (CY: P, 1:1) y T11 (CY: P, 1:3) con 3.97, 4.10, 4.19 y 4.07 respectivamente. Donde el T1 VC:P (1:1) superó al menos con un 10.6 % al resto de los demás tratamientos. De acuerdo con Borges-Gómez *et al.*, (2010), reporta que durante 10 cortes, donde de acuerdo a su peso los clasificó en frutos de primera con un peso mayor de 6.5 g, frutos de segunda con un peso de 5.5 y 6.4 g y frutos de tercera con el peso menor de 5.4 g, siendo así cada uno de estos

valores mayores al que se registró en este experimento. Igualmente, Quintal-Ortiz *et al.* (2012), quienes reportaron como valor máximo al peso del fruto con 6.4 g, donde las fuentes de fertilización que utilizaron fueron: urea (46N-00P-00K, nitrato de potasio (13N-02P-44K) y fosfato monoamónico (12N-61P-00K), por lo tanto los resultados que obtuvieron fueron inferiores a los obtenidos en este experimento.

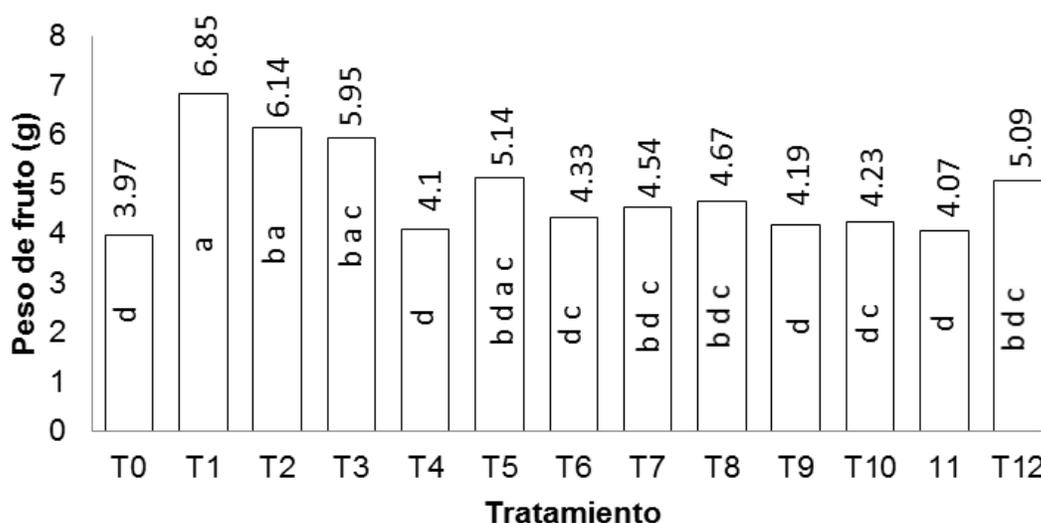


Figura 3. Peso de fruto, bajo producción en invernadero, aplicando abonos orgánicos.

* Letras iguales entre columnas son estadísticamente iguales

4.4 Número de lóculos

Para la variable número de lóculos, se encontró diferencia estadística no significativa, obteniendo un promedio de 3.17, con un CV de 12.30 % (Apéndice 4A). Donde todos los tratamientos fueron estadísticamente iguales (Figura 4), esto quiere decir, que para el número de lóculos de todos los tratamientos y repeticiones evaluadas se obtienen los mismos resultados. De acuerdo a lo que señalaron Moreno-Reséndez *et al.* (2014), en el experimento comportamiento del chile

Húngaro en mezclas de vermicompost:arena mencionan que para la variable número de lóculos obtuvieron diferencia no significativa. Por lo tanto, la utilización de los diferentes abonos orgánicos no presenta influencia sobre esta variable.

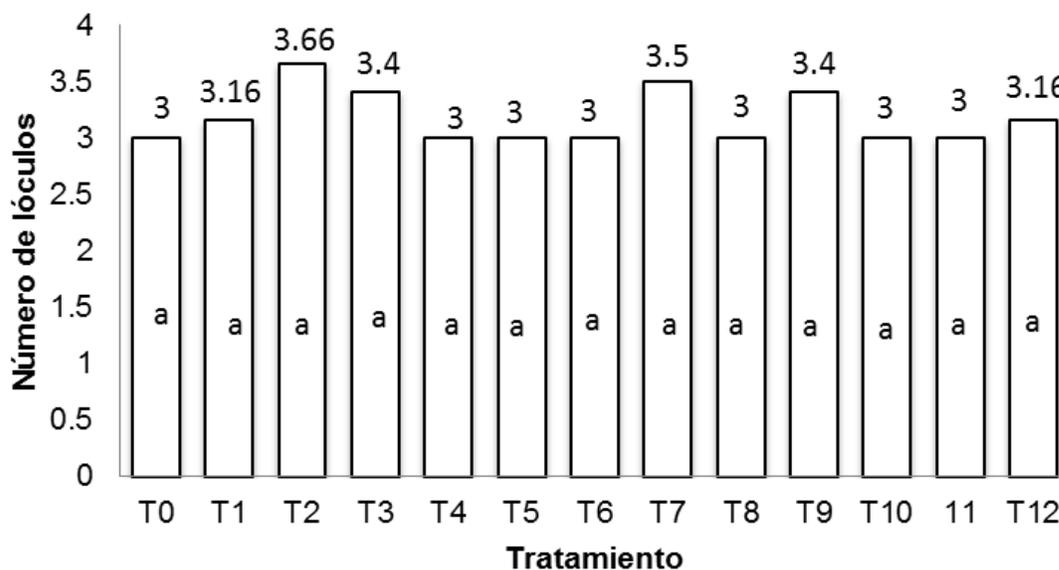


Figura 4. Número de lóculos, bajo producción en invernadero, a base de sustratos orgánicos.

*Letras iguales entre columnas son estadísticamente iguales.

4.5 Espesor de pericarpio

Para esta variable se encontró diferencia estadística altamente significativa, obteniendo un promedio de 0.10 cm, con un CV de 10.97 % (Apéndice 5A). El mayor espesor de pericarpio se encontró en el T12, compost con yeso:perlita (1:4) (Figura 5) con el valor de 0.13 cm de espesor. El resto de los tratamientos presentaron resultados similares de 0.10 cm, excepto los tratamientos T0 (Testigo) Y T1 (VC:P) con 0.11 cm. El valor de 0.13 cm superó al menos en un 15.3 % al resto de los tratamientos. Vázquez-García (2010), reporta como valor máximo 0.39 cm de espesor del pericarpio siendo así mayor al obtenido en este experimento.

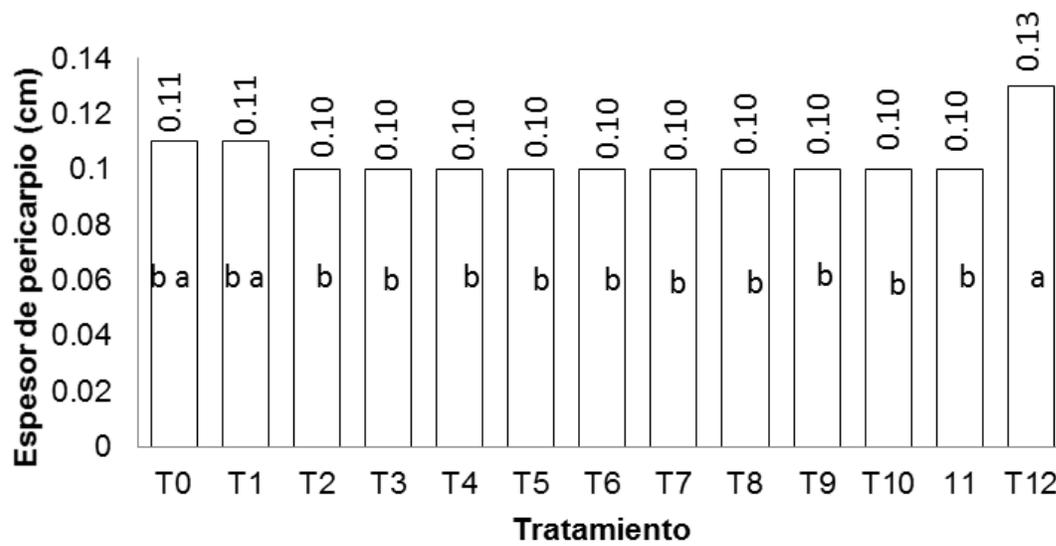


Figura 5. Espesor de pericarpio, bajo producción en invernadero, aplicando abonos orgánicos.

*letras iguales entre columnas son estadísticamente iguales

V. CONCLUSIÓN

Conforme a los resultados obtenidos y la metodología utilizada en el experimento para la determinación de las variables de calidad del fruto del chile Habanero, se llega a concluir que la utilización de abonos orgánicos bajo condiciones de agricultura protegida (invernadero), permite la obtención de frutos de muy buena calidad y el buen desarrollo del cultivo sin tener la necesidad de utilizar fertilizantes sintéticos. Por lo tanto en la utilización de los abonos orgánicos como sustrato para el desarrollo de los cultivos, se lograra obtener resultados favorables tanto en calidad y productos más sanos y libres de contaminantes químicos para así promover la salud humana.

Se observaron efectos positivos en la aplicación de los abonos orgánicos para la producción de chile habanero, donde los mejores rendimientos y calidad de frutos de chile habanero se obtuvieron con la aplicación de Vermicompost.

Por otra parte, la aplicación de abonos orgánicos en la producción de chile habanero representa una alternativa ecológica, económica y sustentable para el pequeño productor.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, I. C. y Pire R. 2004. Efectos del lombricompost como enmienda de un sustrato para el crecimiento del lechoso (*Carica papaya* L.). *Interciencia*. 29 (5): 274-279.
- Baltazar-Montes, B. 1998. Diversidad genética del cultivo del chile (*Capsicum* spp.) determinada por iso enzimas y RFLP's tipos: serrano, jalapeño, manzano y silvestres en su área de distribución. Colegio de Postgraduados. Instituto de Recursos Genéticos y Productividad. Pág. 4-20.
- Borges-Gómez, L., Cervantes-Cárdenas, L., Ruiz-Novelo, J., Soria-Fregoso, M., Reyes-Oregel, V., Villanueva-Couoh, E. 2010. Capsaicinoides en chile Habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) bajo diferentes condiciones de humedad y nutrición. *Terra Latinoamericana*. 28 (1): 35-41.
- Chan-Chunab, N., Sauri Duch, E., Olivera Castillo, L., Rivas Burgos, J. I. 2011. Evaluación de la calidad en la industrialización del chile Habanero (*Capsicum chinense*). *Revista Iberoamericana Tecnología Postcosecha*. 12 (2): 222-226.
- Chávez-Servia, J. L. y Sevilla-Panizo, R. 2006. Fundamentos genéticos y socioeconómicos para analizar la agrobiodiversidad en la región de Ucayali, Pucallpa, Perú. *Bioversity International*, Cali, Colombia. Pág. 61-76.
- Coop Gama, F. Y., Corona Cruz, A. I., Rodríguez Rivera, R., Herrera Rodríguez, F. J. 2011. Conservación de la calidad poscosecha en chile Habanero

- (*Capsicum chinense* Jacq.) mediante atmosferas modificadas. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha. 12 (1): 80-86.
- Cruz-Campos, J. M., Medina Arceo, J. L., Larrqué Saavedra, F. A. 2012. Efecto de aspersiones del dimetilsulfóxido en la productividad del chile Habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 4: 785-788.
- Cruz-Crespo, E., Can-Chulim, A., Bugarín-Montoya, R., Pineda-Pineda, J., Flores-Canales, R., Juárez-López, P., Alejo-Santiago, G. 2014. Concentración nutrimental foliar y crecimiento de chile serrano en función de la solución nutritiva y el sustrato. Rev. Fitotec. Mex. 37 (3): 289 – 295.
- De la Cruz-Lozano, E., Estrada-Botello, M. A., Robledo-Torres, V., Osorio-Osorio, R., Márquez-Hernández, C., Sánchez-Hernández, R. 2009. Producción de tomate en invernadero con compost y vermicompost como sustrato. Universidad y Ciencia. 25 (1): 59-67.
- Domínguez, J., Gómez-Brandón, M., & Lazcano, C. (2010). Propiedades bioplaguicidas del vermicompost. Acta zoológica mexicana. 26 (2): 373-383.
- Duran, L. y Henríquez, C. 2006. Caracterización química, física y microbiológica de vermicomposts producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. Agronomía Costarricense. 31 (1): 41-51.
- Fortis-Hernández, M., Leos-Rodríguez, J. A., Preciado-Rangel, P., Orona-Castillo, I., García-Salazar, J. A., García-Hernández, J. L., & 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.

- Graillet-Juárez E. M., Hernández-Hernández, J. A., Alvarado-Gómez, L. C., Retureta-Aponte, A. 2014. Evaluación de cuatro reguladores de crecimiento en chile Habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) en Acayucan, Veracruz. México. Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan 2(4): 748-755.
- Guerrero-Ortiz, P. L., Quintero-Lizaola, R., Espinoza-Hernández, V., Benedicto-Valdés, G. S., Sánchez-Colín, M. de J. 2012. Respiración de CO₂ como indicador de la actividad microbiana en abonos orgánicos de Lupinus. Terra Latinoamericana. 30 (4): 355- 356.
- Guzmán-Antonio, A., Borges-Gómez, L., Pinzón-López, L., Ruiz-Sánchez, E., Zúñiga-Aguilar, J. 2012. Efecto del ácido salicílico y la nutrición mineral sobre la calidad de plántulas de chile Habanero. Agronomía Mesoamericana. 23 (2): 247-257.
- Hernández, R. J., Martínez, O. V., Quinto, D. P., Cuevas, D. J., Acosta, O. R., Aguilar, O. J. 2010. Secado de chile Habanero con energía solar. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha. 10 (2): 120-127.
- López-Puc, G., Canto-Flick, A., y Santana-Buzzy, N. 2009. El reto biotecnológico del chile habanero. Ciencia. Pág. 30.
- Lugo-Jiménez, N., Carballo-Bautista, M., Sauri-Duch, E., Centurión-Yah, A., Tamayo-Canul, E. 2010. Efecto del sistema de cultivo sobre la calidad microbiológica del chile Habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) después de su cosecha. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha. 11 (2): 171-179.

- Macías-Duarte, R., Grijalva Contreras, R. L., Robles Contreras, F. 2012. Respuesta de la aplicación de estiércol y fertilizantes sobre el rendimiento y calidad del chile jalapeño. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*. 14 (3): 32-38.
- Márquez-Hernández C., Cano-Ríos, P., Figueroa-Viramontes, U., Ávila-Díaz, J. A., Rodríguez-Dimas, N., García-Hernández, J. L. 2013. Rendimiento y calidad de tomate con fuentes orgánicas de fertilización en invernadero. *YTON* 82. Pág. 55-61.
- Márquez-Quiroz, C., López-Espinosa, S. T., Cano-Ríos, P., Moreno-Reséndez, A. 2013. Fertilización orgánica: una alternativa para la producción de chile piquín bajo condiciones protegidas. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 19 (3): 279-286.
- Montaño-Mata, N. J. y Nuñez, J. C. 2003. Evaluación del efecto de la edad de trasplante sobre el rendimiento en tres selecciones de ají dulce *Capsicum chinense* Jacq. en Jusepín, estado Monagas. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 20: 144-155.
- Moreno-Reséndez, A., Gómez-Fuentes, L., Cano-Ríos, P., Martínez-Cueto, V., Reyes-Carrillo, J. L., Puente-Manríquez, J. L., Rodríguez-Dimas, N. 2008. Genotipos de tomate en mezclas de vermicompost: arena en invernadero. *Terra Latinoamericana*. 26 (2): 103-109.
- Moreno-Reséndez, A., Rodríguez-Dimas, N., Reyes-Carrillo, J. L., Márquez-Quiroz, C., Reyes González, J. 2014. Comportamiento del chile Húngaro (*Capsicum annuum*) en mezclas de vermicompost- arena bajo condiciones protegidas. *Rev. Fac. Cienc. Agrar., Univ. Nac. Cuyo*. 6 (2): 97-111.

- Nieto-Garibay, A., Murillo-Amador, B., Troyo-Diéguez, E., Larringa-Mayoral, J.A., García-Hernández, J. L. 2002. El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible del chile (*Capsicum annuum* L.) en zonas áridas. *Interciencia*. 27(8): 417-421.
- Nieves-González, F., Alejo-Santiago, G., Luna-Esquivel, G. 2013. Técnicas sustentables para el manejo de la producción del chile Habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). *Revista Bio Ciencias*. 2 (3): 98-101.
- Nieves González, F., Alejo Santiago, G., Luna Esquivel, G., Lemus Flores, C., Juárez López, P., y Salcedo Pérez, E. 2015. Extracción y Requerimiento de Fósforo en Chile Habanero (*Capsicum Chinense* Jacq.) 'Big Brother'. *Interciencia*. 40 (4): 282-286.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO/STAT). 2010. Disponible en: <http://faostat.fao.org/>
- Puente Figueroa Nancy. 2010. Abonos orgánicos protegen el suelo y garantizan alimentación sana. Manual para la elaborar y aplicar abonos y plaguicidas orgánicos. Pág. 3-24.
- Quintal Ortiz, W. C., Pérez-Gutiérrez, A., Latournerie Moreno, L., May-Lara, C., Ruiz Sánchez, E., y Martínez Chacón, A. J. 2012. Uso de agua, potencial hídrico y rendimiento de chile Habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). *Rev. Fitotec. Mex.* 35 (2): 155 –160.
- Ramírez-Luna, E., Castillo-Aguilar, E. de la C., Aceves-Navarro, E., Carrillo-Ávila, E. 2005. Efecto de productos con reguladores de crecimiento sobre la floración y amarre de fruto en chile 'Habanero'. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 11 (1): 93-98.

- Ramos-Gourcy, F., Aguilar Rubalcava, J. A., López Gutiérrez, M. A., Ochoa Fuentes, Y. M., Vázquez Martínez, O. 2011. Efectos de abonos orgánicos en el rendimiento del cultivo de chile ancho (*Capsicum annuum* L.), y sobre las características químicas del suelo de la parcela experimental. *Investigación y Ciencia*. 19 (51): 3-9.
- Reyes-Ramírez, A., López-Arcos, M., Ruiz-Sánchez, E., Latournerie-Moreno, L., Pérez-Gutiérrez, A., Lozano-Contreras, M. G., Zavala-León, M. J. 2014. Efectividad de inoculantes microbianos en el crecimiento y productividad de chile Habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). *AGROCIENCIA*. 48 (3): 293.
- Rodríguez-Dimas, N., Cano-Ríos, P., Favela-Chávez, E., Figueroa-Viramontes, U., de Paul-Álvarez, V., 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.
- Rodríguez-Dimas, N., Cano- Ríos, P., Figueroa-Viramontes, U., Palomo-Gil, A., Favela-Chávez, E., Álvarez-Reyna, V. de P., Márquez-Hernández, C., Moreno-Reséndez, A. 2008. Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 31 (3): 265-272.
- Romero-Romano, C. O., Ocampo-Mendoza, J., Sandoval-Castro, E., y Tobar-Reyes, J. R. 2012. Fertilización orgánica-mineral y orgánica en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananasa* Duch.) bajo condiciones de invernadero. *Ra Ximhai*. 8(3): 42.

- Salazar-Jara, F.I., y Juárez-López, P. 2012. Requerimiento macronutricional en plantas de chile (*Capsicum annuum* L.). Revista Biociencias. 2 (2): 27-34.
- Soria, F. M., A. Trejo, J. Tun, R. Saldívar. 2002. Paquete tecnológico para la producción de chile Habanero (*Capsicum chinense* Jacq.), Secretaría de Educación Pública/ SEIT/Instituto Tecnológico Agropecuario de Conkal, Yucatán. Pág. 1-21.
- Tucuch-Haas, C. J., Alcántar-González, G., Ordaz-Chaparro, V. M., Santizo-Rincón, J. A., Larqué-Saavedra, A. 2012. Producción y calidad de chile Habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) con diferentes relaciones $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ y tamaño de partícula de sustratos. Terra Latinoamericana. 30 (1): 9-15.
- Tun D., C. 2001. Características y tecnología de producción del chile habanero. SAGARPA. INIFAP-PRODUCE. Mérida, Yuc. México. 74 p.
- Vázquez-García, E., Ramírez-Meraz, M., Mata-Vázquez, H., Ariza Flores, R., Alia Tejacal, I. 2010. Atributos de calidad y vida de anaquel de frutos de cultivares de chile serrano en México. Rev. Fitotec. Mex. 33 (4): 79 – 82.
- Valadéz, L. A. 1998. Producción de Hortalizas. Ed. Limusa, S.A. de C.V. U.T.H.E.A. Noriega Editores, México.
- Long-Solís, J. 1998. Capsicum y cultura: La historia del chile. Fondo de Cultura Económica. Terra Latinoamericana. 2 (4): 203- 212.
- Navarrete-Ruiz, J. A. 2002. Paquete tecnológico para la producción de chile Habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). Instituto Tecnológico Agropecuario No 2, Conkal, Yucatán. Pág. 20-21.
- Cázares S., E. y Duch, J. 2002. La Diversidad Genética de las Variedades Locales de Maíz, Frijol, Calabaza y Chile, y su Relación con Características

- Culinarias. pág. 69. *In*: J. L. Chávez, J. Tuxill y D. I. Jarvis (eds.). Manejo de la Diversidad de los Cultivos en los Agroecosistemas Tradicionales. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. Cali, Colombia.
- Arango-Gutiérrez, G. P. y Vásquez Villegas, E. M. 2004. Los coleópteros y el compost. *Revista Lasallista de Investigación*. 1 (1): 93-95.
- De García, J., Tiftonell, P. A., Chiesa, A. 2006. Efecto de sustratos con compost y fertilización nitrogenada sobre la fotosíntesis, precocidad y rendimiento de pimiento (*Capsicum annuum*). *Cien. Inv. Agr.* 34 (3): 195-204.
- Salaya, D. J. 2010. Elaboración artesanal de dos abonos líquidos fermentados y su efectividad en la producción de plántula de chile Habanero (*Capsicum chinense* Jacq). Tesis Maestro en Ciencias. Campus Tabasco. Colegio de Postgraduados, Cárdenas, Tabasco. 44 p.
- Ruiz-Lau, N., Medina, F., y Martínez, M. 2011. El chile habanero: su origen y usos. *Ciencia*. Pág. 70- 73.
- López Arcos, M., Poot Matu, J. E., Mijangos Cortez, M. A. 2012. Respuesta del chile Habanero (*Capsicum chinense* L. Jacq.) al suministro de abono orgánico en Tabasco, México. *UDO Agrícola*. 12 (2): 307-312.
- Santoyo J. A., y Martínez, C. O. 2012. Tecnología de producción de chile Habanero en casa sombra en el sur de Sinaloa. *Fundación Produce Sinaloa*. Pág. 7-8.
- Morón-Ríos, A. y Alayón-Gamboa, J. A. 2014. Productividad del chile jalapeño (*Capsicum annum* L.) con un manejo orgánico o convencional en Calakmul, Campeche, México. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 18 (3): 35-40.

VII. APÉNDICE

Apéndice 1A. Análisis de varianza para diámetro polar, para evaluar el comportamiento del chile Habanero desarrollado con diferentes abonos orgánicos bajo condiciones de invernadero.

FV	GL	SC	CM	FC	Pr > F
Tratamiento	12	9.54	0.79	5.16	<.0001
Error	55	8.48	0.15		
Total	67	18.02			
CV. %	10.93				
Media	3.59				

Apéndice 2A. Análisis de varianza para diámetro ecuatorial, para evaluar el comportamiento del chile Habanero desarrollado con diferentes abonos orgánicos bajo condiciones de invernadero.

FV	GL	SC	CM	FC	Pr > F
Tratamiento	12	3.81	0.31	7.33	<.0001
Error	55	2.38	0.04		
Total	67	6.20			
CV. %	9.00				
Media	2.31				

Apéndice 3A. Análisis de varianza para peso de fruto, para evaluar el comportamiento del chile Habanero desarrollado con diferentes abonos orgánicos bajo condiciones de invernadero.

FV	GL	SC	CM	FC	Pr > F
Tratamiento	12	58.24	4.85	8.24	<.0001
Error	55	32.41	0.58		
Total	67	90.65			
CV. %	15.74				
Media	4.87				

Apéndice 4A. Análisis de varianza para número de lóculos, para evaluar el comportamiento del chile Habanero desarrollado con diferentes abonos orgánicos bajo condiciones de invernadero.

FV	GL	SC	CM	FC	Pr > F
Tratamiento	12	3.48	0.29	1.90	0.05
Error	55	8.40	0.15		
Total	67	11.88			
CV. %	12.30				
Media	3.17				

Apéndice 5A. Análisis de varianza para espesor de pericarpio, para evaluar el comportamiento del chile Habanero desarrollado con diferentes abonos orgánicos bajo condiciones de invernadero.

FV	GL	SC	CM	FC	Pr > F
Tratamiento	12	0.0071	0.0005	4.33	<.0001
Error	55	0.0075	0.0001		
Total	67	0.0146			
CV. %	10.97				
Media	0.10				

Apéndice 6A. Análisis de varianza para número de fruto, para evaluar el comportamiento del chile Habanero desarrollado con diferentes abonos orgánicos bajo condiciones de invernadero.

FV	GL	SC	CM	FC	Pr > F
Tratamiento	12	465.38	38.78	2.24	0.0220
Error	55	953.25	17.33		
Total	67	1418.63			
CV. %	32.20				
Media	12.92				