

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”  
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**RENDIMIENTO DE CHILE HÚNGARO (*Capsicum annuum* L.)  
EN MEZCLAS DE VERMICOMPOST Y ARENA EN CASA  
SOMBRA.**

**Por**

**JOVAN REYES GONZÁLEZ**

**T E S I S**

**Presentada como requisito parcial para obtener el título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**Torreón, Coahuila, México**

**Diciembre de 2011**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**RENDIMIENO DE CHILE HÚNGARO (*Capsicum annuum* L.) EN  
MEZCLAS DE VERMICOMPOST Y ARENA EN CASA SOMBRA**

**POR**

**JOVAN REYES GONZÁLEZ**

**TESIS**

**Que somete a la consideración del Comité asesor, como requisito parcial  
para obtener el Título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**REVISADO POR EL COMITÉ ASESOR**

**ASESOR PRINCIPAL**

  
**DR. ALEJANDRO MORENO RESENDEZ**

**ASESOR**

  
**ING. JUAN DE DIOS RUIZ DE LA ROSA**

**ASESOR**

  
**DR. NORMA RODRÍGUEZ DIMAS**

**ASESOR**

  
**MAE. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO**



  
**DR. FRANCISCO JAVIER RAMOS SANCHEZ**  
**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**Coordinación de la División de  
Carreras Agronómicas**

**Torreón, Coahuila, México**

**Diciembre de 2011**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**TESIS DEL C. JOVAN REYES GONZÁLEZ QUE SE SOMETE A LA  
CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR, COMO  
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**APROBADA POR:**

**PRESIDENTE**



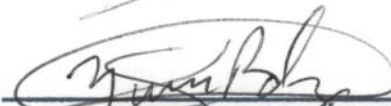
**DR. ALEJANDRO MORENO RESÉNDEZ**

**VOCAL**



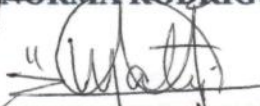
**ING. JUAN DE DIOS RUIZ DE LA ROSA**

**VOCAL**



**DRA. NORMA RODRÍGUEZ DIMAS**

**VOCAL SUPLENTE**



**MAE. VICTOR MARTÍNEZ CUETO**

  
**DR. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**



**Coordinación de la División de  
Carreras Agronómicas**

## DEDICATORIA

A mis padres, **Juan Pedro Reyes Medellín y Zulema González Tovar** porque creyeron en mí y porque me sacaron adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque en gran parte gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvieron impulsándome durante toda la carrera, y porque el orgullo que sienten por mí, fue lo que me hizo llegar al final. Este trabajo es por ustedes, por lo que valen, porque admiro su fortaleza y por lo que han hecho de mí, por lo que les viviré eternamente agradecido.

A mi abuelita Cata, que con su sabiduría me ha enseñado a ser quien soy. Gracias por su paciencia, sus consejos, por el amor que me ha dado y por su apoyo incondicional para lograr mi meta que también es suya. Gracias por confiar en mí y por llevarme en sus oraciones porque estoy seguro de que siempre lo hace.

A mis tías y tíos, Lourdes, Chabela y Gollis, Jorge, Federico y Rolando, que siempre estuvieron conmigo en las buenas y en las malas, por preocuparse por mí y sobre todo por estar y compartir otra etapa más de mi vida.

A mi hermano Juan por su comprensión y apoyo moral en todos los momentos de mi carrera y que a base de lucha y esfuerzo y su gran ayuda hoy lo he logrado. Va por ti carnal.

“Y por último: quiero dedicar este momento tan importante; a mí mismo, por no dejarme vencer, ya que en la mayoría de las ocasiones el principal obstáculos somos uno mismo”

## AGRADECIMIENTOS

Esta tesis representa un parteaguas entre una etapa muy enriquecedora y el camino que el tiempo obliga. En toda mi carrera universitaria y en la realización de este trabajo de tesis, ha habido personas que merecen las gracias porque sin su valiosa aportación no hubiera sido posible este trabajo y también hay quienes las merecen por haber plasmado su huella en mi camino.

Primeramente quiero agradecer a Dios por darme la vida, así como poniendo en mi camino personas maravillas y por todas las bendiciones y regalos de la vida que recibo día tras día.

A mi “ALMA TERRA MATER” por la oportunidad de que me brindo de formarme profesionalmente y más allá sus aulas, sobre todo por darme la dicha de ser un BUITRE

A mis padres, Juan Pedro y Zulema, de igual forma a mi abuelita Cata, les agradezco su apoyo, su guía y su confianza en la realización de mis sueños. Soy afortunado por contar siempre con su amor, comprensión y ejemplo. Esta tesis es suya.

A mis tías y tíos por su inmenso cariño y amor, por sus sacrificios, por darme animo en todo momento, por todo su apoyo incondicional.

A mi asesor principal de tesis, Dr. Alejandro Moreno Reséndez, a mis asesores Ing. Juan de Dios Ruiz de la Rosa, Dra. Norma Rodríguez Dimas y MAE. Víctor Martínez Cueto, quienes pusieron todos sus conocimientos para que yo pudiera realizar este trabajo de tesis.

A mis amigos de la prepa, Paty, Maibi, Danny, Heinni, Edgar, Jona y Hugo, porque de una u otra manera influyeron para estar en donde ahora estoy.

A mis compañeros y amigos de la Universidad, en especial (sin estricto orden), Benja, Anel, Sergio, Didier, Paco, Moni, Meche, Jarocho, Alberto (Colima), Leslie y Pipe, gracias por pasar a mi lado los momentos de mi vida universitaria y estar siempre en las buenas y en las malas.

A los Ing. Gilder y Aurelio Muñoz Velázquez gracias por su apoyo incondicional en el ámbito profesional y más que nada por brindarme su amistad y considerarme como su hermano.

Quiero agradecer especialmente a la Familia Muñoz Velázquez por todo su apoyo y todos los consejos que me han brindado y cariño que me han brindado que de igual manera ese mismo cariño es reciproco.

También quiero agradecer a todas aquellas personas que no aparecen aquí, pero que de alguna u otra manera me ayudaron a que este gran esfuerzo se volviera realidad.

## ÍNDICE

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>I</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>II</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>XII</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>xiii</b>
<b>1.- INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1.- Objetivo .....	3
1.2.- Hipótesis.....	3
1.3.- Metas.....	3
<b>2.- REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
2.1.- Generalidades del chile .....	4
2.1.1.- Origen .....	4
2.2.- Clasificación taxonómica del chile .....	5
2.3.- Características morfológicas del chile .....	6
2.3.1.- Morfología .....	6
2.3.2.- Raíz.....	7
2.3.3.- Tallo .....	7
2.3.4.- Hoja.....	8
2.3.5.- Flor.....	8
2.3.6.- Fruto.....	8
2.4.- Fertilización del cultivo de chile .....	9

2.5.- Generalidades del riego .....	11
2.5.1.- Fertirrigación .....	12
2.5.2.- Fertilizantes utilizados en fertirrigación .....	13
2.6. Definición de solución nutritiva .....	13
2.7.- Sustratos .....	15
2.7.1.- Generalidades.....	15
2.7.2.- Características de los sustratos .....	16
2.7.3.- Clasificación de los sustratos .....	17
2.8.- Agricultura protegida .....	20
2.8.2. Estructuras utilizadas en Agricultura protegida .....	21
2.8.2.1. Invernaderos .....	21
2.8.2.2. Ventajas de los Invernaderos .....	22
2.8.2.3. Desventajas de los Invernaderos .....	22
2.8.2.4.- Mallas o casa sombra .....	23
2.9.- La agricultura orgánica.....	23
2.9.1. Generalidades .....	23
2.9.2. Definición de Agricultura orgánica.....	24
2.9.3. Principios de la Agricultura Orgánica .....	25
2.9.4. Abonos orgánicos.....	26
2.9.4.1 El compost.....	26
2.9.4.2 Abonos verdes .....	28
2.9.4.3. Vermicompost .....	28
2.9.4.4. Extracto de vermicompost .....	28



2.9.5. Importancia de la materia orgánica.....	29
2.10.- Lombricultura.....	30
2.10.1.- Generalidades.....	30
2.10.2.- Importancia de la lombricultura .....	31
2.10.3.- Vermicompost.....	32
2.10.3.1.- Importancia del vermicompost .....	33
El papel de las lombrices en el mejoramiento de las tierras de cultivo fue muy conocido en Egipto, ya que la fertilidad del valle del Nilo dependía de esta actividad. Las lombrices utilizan residuos orgánicos como fuente de energía para su metabolismo y generan excretas, las cuales por sus propiedades físicas, químicas y biológicas se convierten en abonos orgánicos y ecológicos de alta calidad, llamados vermicomposta. El vermicompost se genera en el tubo digestor de la lombriz, y de acuerdo al uso que se destine, se puede clasificar como fertilizante orgánico, mejorador de suelo y medio de crecimiento (Moreno y Cano, 2004). .....	33
2.10.3.2.- Características del vermicompost .....	33
2.11.- Producción orgánica.....	33
2.11.1.- La producción orgánica en el mundo .....	33
2.11.2.- Producción orgánica en México .....	35
2.12.- Antecedentes de investigación con abonos orgánicos.....	36
<b>III.- MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>40</b>

3.1.- Localización geográfica y clima de la Comarca Lagunera .....	40
3.2.- Localización del experimento .....	40
3.3.- Características de la casa sombra .....	41
3.4.- Genotipos evaluados.....	41
3.5.- Sustratos .....	41
3.6.- Diseño experimental.....	41
3.7.- Croquis del experimento .....	42
3.8.- Manejo del cultivo.....	43
3.9.- Fertilización .....	43
3.10.- Riego.....	44
3.11.- Manejo de plagas .....	44
3.12.- Cosecha .....	44
3.13.- Variables evaluadas .....	44
3.14.- Análisis estadístico .....	45
<b>IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>46</b>
4.1.- Altura de planta .....	46
4.2.- Diámetro basal del tallo .....	47
4.3.1.- Peso Promedio de frutos.....	48
4.3.2.- Diámetro ecuatorial .....	48
4.3.3.- Diámetro polar.....	49
4.3.4.- Número de lóculos .....	50
4.4.- Rendimiento del fruto .....	51

**V.- CONCLUSIONES ..... 53**

**VII.- LITERATURA CITADA..... 56**

**VIII.- APÉNDICE ..... 63**

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 2.1.</b>	Formas y épocas de aplicación de fertilizantes en el cultivo de chile jalapeño. CEDEL 2000.....	11
<b>Cuadro 2.5</b>	Principales materiales fertilizantes para su uso en fertirrigación.....	15
<b>Cuadro 2.11.</b>	Importancia económica de la agricultura orgánica en México (1996-2002) (en miles de US dólares).....	37
<b>Cuadro 2.11a.</b>	Superficie y producción de la agricultura orgánica por producto en México. CELALA-INIFAP. 2007.....	38
<b>Cuadro 3.6.</b>	Tratamientos a evaluar. Rendimiento de chile húngaro ( <i>Capsicum annuum</i> L.) en mezclas de vermicompost y arena en casa sombra. UAAAN-UL. 2011.....	43
<b>Cuadro 3.9.</b>	Solución nutritiva empleada en el riego de chile húngaro en casa sombra. UAAAN-UL. 2011.....	44
<b>Cuadro 4.1.</b>	Comparación de medias de tratamientos para la variable de altura de planta de chile Húngaro en mezclas de vermicompost y arena en casa sombra. UAAAN-UL. 2011.....	48
<b>Cuadro 4.2.</b>	Comparación de medias de tratamientos para la variable de Diámetro Basal del Tallo de chile Húngaro en mezclas de vermicompost y arena en casa sombra. UAAAN-UL. 2011.....	48
<b>Cuadro 4.3.</b>	Comparación de medias de tratamientos para la variable Peso de fruto de chile Húngaro en mezclas de vermicompost y arena en casa sombra. UAAAN-UL.2011.....	50
<b>Cuadro 4.4.</b>	Comparación de medias de los diferentes tratamientos para las variables de Diámetro Polar y Ecuatorial en Rendimiento de chile Húngaro en mezclas de vermicompost y arena en casa sombra. UAAAN-UL.2011.....	50
<b>Cuadro 4.4.</b>	Comparación de medias de los diferentes tratamientos para las variables de Diámetro Polar y Ecuatorial en Rendimiento de chile	

Húngaro en mezclas de vermicompost y arena en casa sombra. UAAAN-UL.2011.

- Cuadro 4.5.** Comparación de medias de tratamientos para las variables de Espesor de pulpa y número de lóculos de chile Húngaro en mezclas de vermicompost y arena en casa sombra. UAAAN-UL. 2011.....52
- Cuadro 4.6.** Comparación de medias de tratamientos para las variables de Rendimiento y Número de Frutos de chile Húngaro en mezclas de vermicompost y arena en casa sombra. UAAAN-UL.2011.....53

## ÍNDICE DE APÉNDICE

<b>Cuadro 1A.</b>	Cuadrados medios y significancia de las alturas en Rendimiento de chile Húngaro en mezclas de vermicompost y arena en casa sombra. UAAAN-UL.2011 .....65
<b>Cuadro 2A</b>	Cuadrados medios y significancia para diámetro basal de tallo en Rendimiento de chile Húngaro en mezclas de vermicompost y arena en casa sombra. UAAAN-UL. 2011.....65
<b>Cuadro 3A</b>	Cuadrados medios y significancia para peso de fruto en Rendimiento de chile Húngaro en mezclas de vermicompost y arena en casa sombra. UAAAN-UL. 2011.....66
<b>Cuadro 4A</b>	Cuadrados medios y significancia para diámetro ecuatorial y diámetro polar en Rendimiento de chile Húngaro en mezclas de vermicompost y arena en casa sombra. UAAAN-UL. 2011.....66
<b>Cuadro 5A</b>	Cuadrados medios y significancia para número de lóculos y espesor de pulpa en Rendimiento de chile Húngaro en mezclas de vermicompost y arena en casa sombra. UAAAN-UL. 2011.....66
<b>Cuadro 6A</b>	Cuadrados medios y significancia para rendimiento y numero de frutos en Rendimiento de chile Húngaro en mezclas de vermicompost y arena en casa sombra. UAAAN-UL. 2011.....67

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Croquis del experimento de Rendimiento de chile Húngaro ( <i>Capsicum annuum</i> L.) en mezclas de vermicompost y arena en casa sombra. UAAAN-UL. 2011.....	43
------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

## RESUMEN

El chile (*C. annuum* L.) es una de las hortalizas importantes por su popularidad en las diversas formas de consumo: en fresco, seco, en polvo e industrializado y su amplia adaptación a los diversos climas y tipos de suelo del país. El chile es poco cultivado en casa sombra, entre otros factores por el desconocimiento de tecnologías de cultivo y fechas de plantación que permitirán mejorar la rentabilidad y la productividad.

La tendencia de los consumidores de preferir alimentos libres de agroquímicos, inocuos y de alto valor nutricional, está volviendo de suma importancia a la agricultura orgánica la cual se caracteriza por estar libre de agroquímicos y de cultivarse bajo un sistema de insumos naturales y prácticas que protegen el ambiente lo que le permite obtener productos libres de residuos tóxicos. Por lo tanto la casa sombra es una estructura que generalmente permite el aumento de rendimiento de los cultivos por las condiciones controladas que se tienen dentro de esta.

En base a lo anterior el objetivo fue: Evaluar el rendimiento de diferentes mezclas de vermicompost más arena como una opción de fertilización orgánica para el cultivo de chile húngaro en casa sombra.



El presente experimento se realizó durante el ciclo primavera - verano 2011, iniciando en el mes de mayo y concluyendo en el mes de agosto dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad – Laguna. La parcela experimental estuvo integrada por cinco tratamientos distribuidos completamente al azar con cinco repeticiones cada uno, distribuidos de la siguiente manera: testigo (T0), el cual consistió en arena al 100 % como sustrato más solución nutritiva; tratamiento 1 (T1), con una relación 1:1 (AR:VC, v:v); tratamiento 2 (T2), con una relación de 2:1 (AR:VC, v:v); tratamiento 3 (T3) con una relación 3:1 (AR:VC, v:v); y tratamiento 4 (T4) con una relación 4:1 (AR:VC, v:v).

Las variables evaluadas fueron: altura de planta, diámetro basal de tallo, peso de chile, diámetro polar, diámetro ecuatorial, espesor de pulpa y número de loculos.

Para las variables de calidad se encontraron diferencias altamente significativas en: peso y espesor de pulpa, diferencias significativa en diámetro polar y no se encontraron diferencias significativas para diámetro ecuatorial y número de lóculos.

Los resultados obtenidos mostrarán que el tratamiento T1 (Arena + Vermicompost 1:1) tuvo un mayor rendimiento con  $19.1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , seguido del testigo (Arena + Solución nutritiva) con  $16.5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . De acuerdo a estos resultados se pudo concluir que la vermicompost puede sustituir la fertilización sintética y ser utilizada como alternativa de fertilización de especies vegetales.

PALABRAS CLAVE: ***Casa sombra, Agricultura orgánica, Vermicompost, chile húngaro, Rendimiento.***

## 1.- INTRODUCCIÓN

En México, el chile es uno de los productos con mayor tradición. Junto con el maíz y el frijol, éstos cultivos han constituido durante varios siglos, importantes fuentes de alimentación para su población. El chile pertenece al género *capsicum*, siendo el *capsicum annum* la especie domesticada por los mesoamericanos, permitiendo con ello la expansión de éste, en sus diversas variedades (ASERCA, 2001). El cultivo de chile en México es considerado el segundo cultivo hortícola de importancia económica después del tomate, debido a la superficie que anualmente se siembra y a su consumo relacionado con la alimentación diaria de la población. Se estima que el consumo *per cápita* es de 0.57 kg en chile seco y 7.24 kg en fresco (INIFAP, 2005).

La producción de chile en México se encuentra diseminada en diferentes estados, así en 2009 destacaron Chihuahua, Sinaloa y Zacatecas como principales productores del cultivo con más la mitad del volumen nacional en su conjunto. En el caso de Sinaloa, por ser un estado con alto grado de tecnificación, se registró una cosecha de 40 toneladas por hectárea, en Chihuahua, 20 toneladas por hectárea, mientras Zacatecas, el de mayor superficie sembrada reportó 7 toneladas por hectárea (SIAP, 2011).

La problemática que se tiene, debido al constante uso de agroquímicos y prácticas agrícolas inciden en la actividad de los microorganismos al alterar parámetros fisicoquímicos tales como la temperatura del suelo, la humedad, la

aireación, el estado de oxido-reducción, el contenido y la composición de los gases del espacio poroso, la accesibilidad a los sustratos y el pH, factores que repercuten sobre el crecimiento de las plantas, y directamente la actividad microbiana al variar el aporte de la materia orgánica a través de la cantidad y calidad de los residuos que ingresan al suelo, su disponibilidad para la degradación microbiana y los efectos rizosfericos (Ramírez, 1996).

Se estima que el 38 % de las tierras agrícolas a nivel mundial han sufrido degradación; ésta ha sido causada por actividades de los seres humanos; aproximadamente 20 % de estas tierras son moderadamente degradadas y 6 % severamente degradadas (Oldeman, 1992). La agricultura intensiva agota rápidamente el suelo, causando su degradación, a menos que se adopten medidas de protección para restaurarlo y para aumentar la fertilidad. Por tanto, la tarea de la agricultura no debe reducirse a aumentar el producto biológico, sino abarcar el mantenimiento constante y el aumento de la fertilidad del suelo (Riechmann, 2003).

Por otro lado, el uso excesivo de agroquímicos de origen sintético en la agricultura preocupa a los consumidores por la cantidad de contaminantes que pudieran traer los productos de consumo, los problemas ambientales y la presencia de residuos en los suelos agrícolas (García-Hernández *et al.*, 2009). Para reducir el impacto de los agroquímicos y obtener productos inocuos, es recomendable la utilización de sistemas de producción orgánica que reduzcan o supriman la utilización de fertilizantes, insecticidas, herbicidas, hormonas y reguladores de crecimiento inorgánicos (Rodríguez *et al.*, 2008).

Conociendo el problema de deterioro de la fertilidad de los suelos, la necesidad de producir más alimentos y la importancia de un mejor uso de los recursos biodegradables, por lo anterior, una alternativa sería la aplicación de el vermicompost, cuya técnica además de recuperar energía de desechos orgánicos, permite disponer de elementos nutritivos en cantidades suficientes para la planta. Este proceso se lleva a cabo en el intestino de la lombriz de tierra *Eisenia fetida*, cuyo producto final es un material rico en elementos nutritivos fácilmente asimilables por las plantas y al aplicarse al suelo, ayuda a mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del mismo (Manjarrez-Martínez *et al.*, 1999).

### **1.1.- Objetivo**

Evaluar el rendimiento de diferentes mezclas de vermicompost + arena en el cultivo de chile húngaro en condiciones de casa sombra.

### **1.2.- Hipótesis**

Los requerimientos nutrimentales en el cultivo de chile húngaro se satisfacen con la aplicación de vermicompost como fuente nutritiva.

### **1.3.- Metas**

La meta es obtener un paquete tecnológico para la producción orgánica de chile húngaro bajo condiciones de casa sombra y tener un rendimiento de al menos  $10 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

## 2.- REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1.- Generalidades del chile

El chile (*Capsicum annuum* L.) es una de las hortalizas importantes por su popularidad debido a sus diversas formas de consumo: en fresco, seco, en polvo e industrializado y su amplia adaptación a los diversos climas y tipos de suelo de México, en altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 2,500 msnm (Ramírez, 2002).

El chile es originario de México, de hecho Olvera *et al.* (1998) afirman que existen evidencias de que esta especie fue cultivada en los años 7,000 al 2,555 AC, en los estados de Puebla y Tamaulipas. En este país, junto con el maíz, la calabaza y el frijol, el chile fue la base de la alimentación de las culturas de Mesoamérica. El genero *Capsicum* incluye en promedio unas 25 especies y al menos cinco de éstas son cultivadas en mayor o menor grado, pero en el ámbito mundial, casi la totalidad del chile que se consume está dado por la especie *Capsicum annuum* L.

#### 2.1.1.- Origen

El género *Capsicum*, incluye un promedio de 25 especies y tiene su centro de origen en las regiones tropicales y subtropicales de América, probablemente en el

área Bolivia-Perú, donde se han encontrado semillas de formas ancestrales de más de 7,000 años, y desde donde se habría diseminado a toda América (Cano, 1998).

El nombre del chile proviene del náhuatl *chill* y su sinónimo *ají*, es tan usado en España y en muchos países de Latinoamérica, el cual tiene su origen en el arahuaco, dialecto caribeño. Todas las variedades de chiles, (desde los más picantes, hasta los pimientos dulces) son originarias de América. Alrededor del 90 % de los que en la actualidad se consumen a nivel mundial son de origen mexicano y pertenecen a la clasificación que los botánicos llaman en latín *Capsicum annum*. El resto de las variedades actuales, una mínima parte, tiene su origen en Centroamérica, el Caribe y Sudamérica, sobre todo en Perú y en la cuenca amazónica, y corresponden a las especies de *Capsicum chinense* y de *Capsicum frutescens*. (Long y Lomelí, 2000).

## **2.2.- Clasificación taxonómica del chile**

La taxonomía de la planta de chile corresponde al filo *magnoliphita*; clase, *magnoliopsida*; orden *solanales*; familia, *solanaceae*; y género *Capsicum*. La familia *solanaceae*, está formada por unos 90 géneros, los cuales se encuentran divididos en dos subfamilias: *Solanoideae* y *Cestroideae*. La diferencia entre éstas se basa en los diferentes modelos de desarrollo del embrión, las diferencias morfológicas, químicas y citogenéticas (Molina, 2009).

El género *Capsicum* es una de las tribus más grandes de la subfamilia *Solanoideae*, con 1,250 especies, su taxonomía es compleja debido a la variabilidad de las formas existentes en las especies cultivadas y a la diversidad de los criterios

utilizados en su clasificación. El género *Capsicum* en México representa una tradición cultural, ya que es común encontrarlo en la dieta básica diaria de los mexicanos (Molina, 2009).

## **2.3.- Características morfológicas del chile**

### **2.3.1.- Morfología**

Todos los chiles pertenecen al género *Capsicum* de la familia de las Solanáceas. Los estudios taxonómicos coinciden en que son cinco las especies cultivadas: *Capsicum baccatum*, *C. chinense*, *C. pubescens*, *C. frutescens* y *C. annuum*, de las cuales ésta última es la más importante *C. annuum* agrupa la mayor diversidad de chiles, ya sean cultivados o silvestres (Ramírez, 2002).

Entre los chiles más populares destacan el guajillo o mirasol, el piquín, el de árbol, el serrano, el jalapeño, el poblano, y el chilaca, de los cuales los tres últimos, una vez secados, se denominan chipotle, ancho o mulato y pasilla, respectivamente (Ramírez, 2002).

El chile *Capsicum annuum* L. es una planta herbácea perenne con ciclo de cultivo anual de porte variable entre los 0.5 m (en determinadas variedades de cultivo al aire libre) y más de 2 m (gran parte de los híbridos cultivados en invernadero). Algunas variedades del tipo Ají Chay se siembran como cultivos bi o trienales (Ramírez, 2002).

### **2.3.2.- Raíz**

El sistema de raíces está formado por un pivote recto provisto de muchas raíces largas fibrosas, y vellosas, difícilmente forma raíces adventicias; cuando esto sucede se forman solamente del hipocotilo. Algunas raíces llegan a profundidades de 70 hasta 120 cm y lateralmente, se extienden hasta 120 cm de diámetro alrededor de la planta. La mayor parte de las raíces se sitúa a una profundidad de 5 - 40 cm en el suelo (Romero, 1999).

### **2.3.3.- Tallo**

El tallo es de crecimiento limitado y erecto. A partir de cierta altura (“cruz”) emite dos o tres ramificaciones (dependiendo de la variedad) y continúa ramificándose de forma dicotómica hasta el final de su ciclo (los tallos secundarios se bifurcan después de brotar varias hojas, y así sucesivamente). Con frecuencia una de las ramas es más fuerte y crece en sentido de la ramificación transitoria de menor importancia. Así se forman las ramificaciones principales que determinan la forma y carácter de la planta (Pérez *et al.*, 1998).

Los tallos presenta nudos hinchados con manchas violáceas y en cada uno hay una hoja y tres yemas, dos vegetativas y una floral; la floral y una vegetativa se desarrollan, la otra permanece latente por lo regular, y solo llega a crecer cuando la planta es muy vigorosa. El tallo crece de 30 a 120 cm, según las características de la variedad y las condiciones en las que crece la planta. Las partes del tallo son frágiles y se parten con facilidad en las zonas donde surge la ramificación (Romero, 1999).



#### **2.3.4.- Hoja**

Las hojas son sencillas, enteras o de bordos nudosos, acuminadas, ovaló lanceoladas o simple aovadas o elípticas, algunas veces lampiñas, otras pubescentes a lo largo de las venas; peninervadas, largamente pecioladas y con un pecíolo acanalado arriba; de un color verde fuerte en el haz y mas claro en el envés; las superiores son germinadas, ternadas y las inferiores alternas y más desarrolladas (Romero, 1999).

#### **2.3.5.- Flor**

Las flores se forman donde se ramifica el tallo, son definidas y solitarias en algunos casos y hasta cuatro o más flores de acuerdo a las características de la variedad, es hermafrodita; el pedúnculo es erguido o encorvado, engrosado a la base de la flor, con cáliz monosépalo de cinco a seis dientes, persistente, penta o hexagonal, con los ángulos redondeados con corola rotácea, placcineas ovas u ovalo oblongas y agudas de color blanco sucio o amarillento, en algunas variedades con manchas violáceas. Estambres de cinco a seis, insertados en el tubo de la corola (Nuez *et al.*, 1996).

#### **2.3.6.- Fruto**

Botánicamente los frutos se definen como una baya. Son erectos, alargados o ligeramente encorvados y algunos, en forma cónica. Tienen de 2 a 10 cm de longitud, con cuerpo cilíndrico y epidermis lisa; presenta de dos a tres lóculos. El

fruto se compone del pericarpio, endocarpio y las semillas. El pericarpio comienza a crecer después de la polinización de los óvulos (Nuez *et al.*, 1996).

Los frutos de las distintas variedades tienen forma y tamaño considerablemente variable. Es frecuente la diferencia de su color en la madurez industrial en relación con la madurez botánica (Pérez *et al.*, 1998). La variación morfológica de la planta no está relacionada con el tipo del fruto que produce. En general, los frutos se clasifican por su forma y tamaño en tres categorías que se describen a continuación (Romero, 1999):

- Balín.- Son frutos de 2 a 4 cm de longitud, de forma cónica o alargada, muy firmes y de poca aceptación en el mercado en fresco. Sin embargo, la industria enlatadora tiene preferencia por este subtipo.
- Típico.- Los frutos son alargados, de 4 a 8 cm de largo, rectos, lisos, de ápice agudo o redondeado. Actualmente es el subtipo de mayor aceptación en el mercado nacional para consumo en fresco.
- Largo.- Frutos con longitud mayor de 8 cm son puntiagudos y encorvados. Este subtipo tiene poca aceptación en el mercado fresco o industrial.

#### **2.4.- Fertilización del cultivo de chile**

Muchos factores influyen en la respuesta del cultivo a la aplicación de los fertilizantes. Entre los más sobresalientes están la forma, época y método de aplicación de estos productos, además de la disponibilidad del agua del suelo y la variedad utilizada. Por ejemplo, ensayos de campo en suelos de textura media, han mostrado

que este cultivo responde bien a dosis de alrededor de 225 kilogramos por hectárea de Nitrógeno, la cual deberá aplicarse en cuando menos cuatro partes, esto debido al alto riesgo de lavado que tiene el Nitrógeno con los riegos frecuentes aplicados al cultivo. Además se deberá fertilizar con 100 kilogramos por hectárea de Fósforo, incorporado al momento de la siembra (INIFAP, 2000).

Las épocas tentativas de aplicación de fertilizante nitrogenado son las siguientes: la primera, al momento de la siembra o trasplante; la segunda después del aclareo (50 a 65 días después de la siembra); la tercera aplicación, es antes del inicio de la floración (80 días después de la siembra); y por último la cuarta, inmediatamente después del primer corte o pizca de chile. Algunas alternativas de fertilización se muestran en el cuadro 2.1. En caso de que el cultivo se establezca bajo el método de trasplante la aplicación de Nitrógeno correspondiente al aclareo se anularía, o bien se recorrería hasta el segundo corte de fruto (INIFAP, 2000).

**Cuadro 2.1. Formas y épocas de aplicación de fertilizantes en el cultivo de chile jalapeño. CEDEL 2000**

Etapa fenológica	Alternativas (kg•ha <sup>-1</sup> )						
	1		2			3	
	18-46-00 (DAP)	UREA	18-46-00 (DAP)	UREA	AMO- NIACO	SPT **	UREA
Siembra	225	58	225	50		225	50
Aclareo		125		125			125
Inicio de floracion		125		125			125
Primer corte		125			80		

\*\* = Superfosfato Triple de Calcio

El cultivo del chile responde positivamente a la aplicación de insumos como los fertilizantes y sus requerimientos pueden ser considerados por encima de otros

cultivos hortícolas. En Zacatecas, se tienen evidencias de que un buen rendimiento para este cultivo (entre 3 y 4 ton de chile seco/ha), se logra con el manejo adecuado de dos de los factores de la producción que están muy relacionados entre si y que afectan no solo la cantidad sino también los niveles de calidad de los frutos (Bravo *et al.*, 2002).

## **2.5.- Generalidades del riego**

El agua que se aplica al suelo mediante el riego y el agua de lluvia, puede ser: absorbida por la planta, evaporada, infiltrada a través del suelo y/o escurrida sobre la superficie del suelo. La condición ideal es que el agua la absorba la planta, cualquier otra pérdida del suelo reduce su aprovechamiento por los cultivos. Las estrategias para mejorar la eficiencia en el uso del agua en la producción agrícola deben estar orientadas a reducir estas pérdidas (Ortíz *et al.*, 1999).

Entre los sistemas de riego, el más utilizado en las regiones agrícolas de México es por gravedad, sin embargo su eficiencia es muy baja, en general es menor al 40 %, debido a las grandes pérdidas de agua por infiltración, evaporación durante la conducción y aplicación, entre otras; que resultan como consecuencia bajos rendimientos (Delgado *et al.* 2001).

La situación actual del agua en el mundo corresponde a un panorama de escasez, sobreexplotación y contaminación, de tal forma que en muchos países se le considera un factor limitante para un desarrollo sustentable. Lo anterior, orilla a buscar formas de incrementar la eficiencia en el uso del agua, para impactar en

aquellos aspectos donde el efecto del recurso, tanto la cantidad como calidad, sea la mayor posible (INIFAP, 2006).

Una de las alternativas más factibles para lograr lo anterior, es utilizar tecnologías como los sistemas de riego localizado, como el goteo que ofrece buenos resultados, ya que incrementa los rendimientos de los cultivos y ayuda a reducir la salinización de los suelos, porque es posible aplicar junto con el agua de riego una amplia variedad de materiales químicos (INIFAP, 2006).

Cadahía (1998) resalta que el riego localizado presenta numerosas ventajas respecto al sistema de riego tradicional en relación a la utilización de aguas salinas y al ahorro de agua. Ya que en los últimos años se ha demostrado que las mayores posibilidades de este sistema se centra en su utilización como vehículo de una dosificación racional de fertilizantes; ofreciendo la posibilidad de realizar una fertilización día a día, en función del proceso fotosintético y exactamente a la medida de un cultivo, un sustrato y un agua de riego determinados y para unas condiciones ambientales definidas.

### **2.5.1.- Fertirrigación**

Fertirrigación o fertigación, son los términos empleados para describir el proceso por el cual los fertilizantes son aplicados junto con el agua de riego. Este método es un componente de los modernos sistemas de riego a presión como; aspersión, microaspersión, pivote central, goteo, exudación, etc. Con esta técnica, se puede controlar fácilmente la parcialización, la dosis, la concentración y la relación de fertilizantes (Sánchez, 2001).

En algunos países como USA, Israel, Holanda, Italia y España la fertirrigación es una técnica generalizada, principalmente con el desarrollo de modernos sistemas de irrigación y por la calidad de los fertilizantes. Además, las áreas agrícolas en otros países desarrollados y en vías de desarrollo, las áreas agrícolas bajo riego a presión son cada día más grandes e involucran cultivos que bajo otras condiciones no hubiera sido posible desarrollar (Sánchez, 2001).

### **2.5.2.- Fertilizantes utilizados en fertirrigación**

Por definición, fertilizante es cualquier material orgánico o inorgánico, natural o sintético, capaz de proporcionar a las plantas uno o más de los elementos químicos esenciales para su desarrollo normal. Hasta la fecha se consideran 16 elementos esenciales. Los fertilizantes a utilizar en fertirrigación deben reunir ciertas características para su correcta aplicación a través del riego, dentro de las que destacan por su importancia: la solubilidad, pureza, compatibilidad y el precio, el cual es un factor importante a considerar (Cuadro 2.2) (Martínez *et al.*, 2004).

### **2.6. Definición de solución nutritiva**

Steiner (1968) define que la solución nutritiva consta de agua con oxígeno y de todos los elementos nutritivos esenciales en forma iónica y, eventualmente, de algunos compuestos orgánicos tales como los quelatos de hierro y de algún otro microelemento que puede estar presente. Una solución nutritiva verdadera es aquella que contiene las especies químicas indicadas en la solución, por lo que deben de coincidir con las que se determinen mediante el análisis químico correspondiente (Favela *et al.*, 2006).

**Cuadro 2.2. Principales materiales fertilizantes para su uso en fertirrigación**

<b>Fertilizante</b>	<b>Análisis (%) N-P-K-varios</b>	<b>Solubilidad (g•L<sup>-1</sup>)</b>
Fosfo-nitrato	32 - 02	1,185
Nitrato de cal	15.5 - 00 - 00 - 19 (CaO)	1,200
Nitrato de calcio	15 - 00 - 00 - 19.4 (Ca)	2,670
Agua amonia	20 - 00 - 00	97
Sulfato de amonio	21 - 00 - 00 - 22 (S)	700
Urea	46 - 00 - 00	1,000
Nitrato de potasio	13 - 00 - 46	310
Sulfato de potasio	00 - 00 - 50	110
Cloruro de potasio	00 - 00 - 60	340
Fosfato monopotásico	00 - 52 - 32	230
Fosfato monoamónico	12 - 46 - 00	225
Fosfato bioamónico	18 - 46 - 00	413
Fosfato de urea	17 - 44 - 00	620
Sulfato ferroso	00 - 00-00 - 36 (Fe)	260
Sulfato de manganeso	00 - 00 - 00 - 32 (Mn)	517
Sulfato de magnesio	00 - 00 - 00 - 13 (Mg) 13 (S)	700
Borax	00 - 00 - 00 - 11(B)	50
Sulfato de zinc	00 - 00 - 00 - 23 (Zn)	750
Cloruro de calcio	00 - 00 - 00 - 30 (Ca)	600
UAN-32	32 - 00 - 00	7,812
Ácido nítrico	85 - 00 - 00	
Ácido fosfórico	00 - 55 - 00	
Ácido fosfórico	00 - 61 - 00	

La pérdida por precipitación de una o varias formas iónicas de los elementos nutritivos, puede ocasionar su deficiencia en la planta, además de un desbalance en la relación mutua entre los iones. Es esencial que la solución nutritiva tenga la proporción adecuada, necesaria para que las plantas absorban los elementos esenciales; en caso contrario, se producirá un desequilibrio entre éstos, lo que dará lugar a excesos o déficit en el medio de cultivo y afectará la producción. La selección de elementos nutritivos de una solución nutritiva “universal” al momento de la absorción por la planta, se puede explicar desde un punto de vista fisiológico, al no

variar el equilibrio iónico de la solución nutritiva durante el ciclo de cultivo; sin embargo, en una producción comercial, la nutrición de los cultivos debe tomar en cuenta aspectos técnicos y económicos. Desde un punto de vista técnico, para que las plantas puedan obtener los máximos rendimientos, la solución nutritiva debe cubrir sus requerimientos nutrimentales, de tal manera que se eviten deficiencias o el consumo en exceso.

La planta no absorbe elementos nutritivos en la misma cantidad durante el ciclo, ya que lo hace según la etapa fenológica y las condiciones climáticas, por lo que el equilibrio iónico de la solución nutritiva se adapta al ritmo de absorción de la planta. Los parámetros que caracterizan la solución nutritiva son: el pH, la presión osmótica y las relaciones mutuas entre los aniones y los cationes (Favela *et al.*, 2006).

## **2.7.- Sustratos**

### **2.7.1.- Generalidades**

El desarrollo de los sustratos hortícola tiene su origen en el cultivo en contenedor. Desde que se introdujo el cultivo en contenedor, se planteó la necesidad de un cambio conceptual con respecto al cultivo tradicional, apareciendo los sustratos en sus distintas variantes para sustituir el suelo natural (Moreno, 2002). Castellanos *et al.* (2000) señalan que el término sustrato se aplica a todo material sólido químicamente inerte o activo que, colocado en un contenedor o bolsa en forma pura o mezclado, permite el desarrollo del sistema radical y el crecimiento del cultivo.



Además, Esteban (2007) menciona que los sustratos pueden o no aportar elementos nutritivos al proceso de nutrición de las plantas.

Abad (1993), define que dentro de la agricultura un sustrato es conocido como todo aquel material distinto al suelo, de origen orgánico o de síntesis mineral que colocado sobre un recipiente solo o mezclado, proporciona a la semilla las condiciones necesarias para su germinación enraizamiento, anclaje y de igual manera este puede desempeñar un papel importante en la suministro de nutrientes dependiendo su origen. Los sustratos además de servir de soporte y anclaje a las plantas, y tienen la capacidad de suministrar a las raíces las cantidades necesaria agua, aire y nutrientes minerales para que la planta se desarrolle (Esteban 2007).

### **2.7.2.- Características de los sustratos**

Pastor (1999) menciona algunos puntos importantes en la composición de los sustratos, los cuales son:

#### a). Características físicas

Estas vienen determinadas por la estructura interna de las partículas, su granulometría y el tipo de empaquetamiento. Algunas de las más destacadas son:

- Densidad real y aparente
- Distribución granulométrica
- Porosidad y aireación
- Retención de agua
- Permeabilidad
- Distribución de tamaños de poros
- Estabilidad estructural

#### b). características químicas

Estas propiedades vienen definidas por la composición elemental de los materiales; éstas caracterizan las transferencias de materia entre el sustrato y la solución del mismo. Entre las características químicas de los sustratos destacan:

- Capacidad de intercambio catiónico
- pH
- Capacidad tampón
- Contenido de nutrientes
- Relación C/N

c). Características biológicas

Se refiere a propiedades dadas por los materiales orgánicos, cuando éstos no son de síntesis son inestables termodinámicamente y, por lo tanto, susceptibles de degradación mediante reacciones químicas de hidrólisis, o bien, por la acción de microorganismos. Entre las características biológicas destacan:

- Contenido de materia orgánica
- Estado y velocidad de descomposición

### **2.7.3.- Clasificación de los sustratos**

Los sustratos, por su origen se pueden clasificar como naturales o artificiales, los primeros se obtienen directamente del medio natural, con poca transformación para usarse mientras que los segundos son fabricados mediante un proceso industrial a partir de la transformación de otros materiales que constituyen las materias primas (Bastida, 2001).

Fernández (1998) clasifica los sustratos en:

#### **Sustratos Naturales.**

a). Arena

Se consideran arenas, todos aquellos materiales cuyas partículas van de un diámetro de 0.05 a 2 mm de diámetro. La densidad aparente de este material es superior a  $1.5 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  y en general el espacio poroso total es muy similar al de los suelos. Su capacidad de retención del agua es media (20 % del peso y del 35 % del volumen); su capacidad de aireación disminuye con el tiempo a causa de su compactación; tiene una capacidad de intercambio catiónico nula. Su pH varía entre 4 y 8, y es bastante frecuente su mezcla con otros sustratos como sustrato de enraizamiento y de trasplante en contenedores (Abad, 1993).

b). Fibra de coco

Este es un producto que se obtiene de fibras de coco. Tiene una capacidad de retención de agua de hasta tres o cuatro veces su peso, tiene un pH ligeramente ácido (entre 6.3 y 6.5) y una densidad aparente de  $200 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ . Su porosidad es bastante buena y debe ser lavada antes de su uso debido al alto contenido de sales que posee (Fernández, 1998).

c). Turbas

Las turbas son materiales de origen vegetal, de propiedades físicas y químicas variables en función a su origen. Se pueden clasificar en dos grupos: turbas rubias y negras. Las turbas rubias tienen un mayor contenido en materia orgánica y están menos descompuestas, las turbas negras están más mineralizadas teniendo un menor contenido en materia orgánica (Cadahía, 1998).

Es más frecuente el uso de turbas rubias, debido a que las negras tienen una aireación deficiente y un contenido elevado de sales solubles. Las turbas rubias tienen un nivel de retención de agua y de aireación, pero muy variable en cuanto a su composición ya que ésta depende de su origen. La inestabilidad de su estructura y su alta capacidad de intercambio catiónico interfieren en la nutrición vegetal, presentan un pH de 3.5 a 8.5. Se emplea en la producción ornamental y de plántulas hortícolas en semilleros (Castellanos, 2009).

### **Sustratos Artificiales.**

#### a). Lana de roca

Es un material obtenido a partir de la fundición industrial a más de 1,600 °C de una mezcla de rocas basálticas, calcáreas y carbón coque. Finalmente, al producto obtenido se le da una estructura fibrosa, se prensa, endurece y se corta en la forma deseada. En su composición química entran componentes como sílice y óxidos de aluminio, calcio, magnesio, hierro, etc. Es considerado como un sustrato inerte, con una capacidad de intercambio catiónico casi nula y un pH ligeramente alcalino, fácil de controlar. Tiene una estructura homogénea, un buen equilibrio entre agua y aire, pero presenta una degradación de su estructura, lo que condiciona a que su empleo no sobrepase los 3 años (Fernández, 1998).

#### b). Perlita

Es un material obtenido como consecuencia de un tratamiento térmico a unos 1,000-1,200 °C de unas rocas silíceas volcánicas del grupo de las riolitas. Se presenta en partículas blancas cuyas dimensiones varían entre 1-5 y 6 mm, con una

densidad baja, en general inferior a los  $100 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ . Posee una capacidad de retención de agua de hasta cinco veces su peso y una elevada porosidad; su capacidad de intercambio catiónico es prácticamente nula; su durabilidad está limitada al tipo de cultivo, pudiendo llegar a los 5-6 años. Su pH está cercano a la neutralidad (7-7.5) y se utiliza a veces mezclada con otros sustratos (Fernández, 1998).

#### c). Vermiculita

La vermiculita se obtiene por la exfoliación de un tipo de micas sometidas a temperaturas superiores a los  $800 \text{ }^\circ\text{C}$ . Su densidad aparente es de  $90$  a  $140 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , presentándose en escamas de 5-10 mm. Puede retener 350 litros de agua por metro cúbico y posee buena capacidad de aireación, aunque con el tiempo tiende a compactarse. Posee una elevada capacidad de intercambio catiónico. Puede contener hasta un 8 % de potasio asimilable y hasta un 12 % de magnesio asimilable. Su pH es próximo a la neutralidad (7-7.2) (Castellanos, 2009).

## **2.8.- Agricultura protegida**

### **2.8.1. Generalidades**

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. La horticultura protegida contribuye a sustentar y

fomentar el desarrollo agroindustrial, a generar divisas y empleo para el país y una vida más digna entre la gente del medio rural (Sánchez, 2008).

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 2008 alrededor de 10 000 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 2010 reportó 11,760 ha mientras que para el mismo año la Asociación Mexicana de Agricultura Protegida, Asociación Civil (AMHPAC) censó 15,300 ha. En general, los invernaderos constituyen 44 % y la malla sombra 51 % de la superficie total. Los Estados que concentran el mayor número de hectáreas de cultivo en invernadero son: Sinaloa (22 %), Baja California (14 %), Baja California Sur (12 %) y Jalisco (10 %); en estas cuatro entidades se encuentra más del 50 % de la producción total de cultivos protegidos (Juárez *et al.*, 2011).

## **2.8.2. Estructuras utilizadas en Agricultura protegida**

### **2.8.2.1. Invernaderos**

Hay diferentes definiciones de invernaderos, pero desde el punto de vista de proyecto y construcción, de acuerdo a la norma de la Unión Europea: UNE-EN-13031-1, "el invernadero es una estructura usada para el cultivo y/o protección de plantas, el cual optimiza la transmisión de radiación solar bajo condiciones

controladas, para mejorar el entorno del cultivo y cuyas dimensiones posibilitan el trabajo de las personas en su interior” (Castellanos, 2009).

De acuerdo a la Norma Mexicana para el diseño de estructuras para invernaderos (NMX-E-255-CNCP-2008), los aspectos relevantes a considerar en las estructuras son los materiales utilizados. Estos deben ser económicos, ligeros, resistentes y esbeltos, que formen estructuras poco voluminosas a fin de evitar sombras sobre las plantas, ser de fácil mantenimiento y conservación, modificables y adaptables. Por tanto, debe procurarse que en la adquisición de estos materiales se cumplan las especificaciones de fabricación mencionadas en las normas, para cumplir con las especificaciones mínimas de un buen diseño, resistencia mecánica, estabilidad y durabilidad, incluyendo las cimentaciones (Juárez *et al.*, 2011).

#### **2.8.2.2. Ventajas de los Invernaderos**

Robledo (2002) menciona que las principales ventajas que aportan los invernaderos son: Precocidad de cosecha, un aumento en el rendimiento (de 3 a 5 veces mayor que en el campo abierto), cosechas fuera de época, frutos de mayor calidad, un mejor control de plagas y enfermedades y no se depende de fenómenos meteorológicos.

#### **2.8.2.3. Desventajas de los Invernaderos**

De igual forma Robledo (2002) indica que las desventajas de los invernaderos son: Se requiere de una alta especialización, empresarial y técnica de las personas que trabajan en los invernaderos, altos costos de los insumos, un mal manejo del

invernadero o del cultivo implica fuertes pérdidas económicas y las instalaciones y estructuras representan una elevada inversión.

#### **2.8.2.4.- Mallas o casa sombra**

De acuerdo con la norma mexicana NMX-E-255-CNCP-2008 sobre especificaciones para el diseño y construcción de invernaderos, una casa sombra es una estructura metálica cubierta con malla plástica, que permite la entrada del agua de lluvia al interior, empleada para el cultivo y/o protección de plantas, de los insectos, plagas y granizo, la cual optimiza la transmisión de radiación solar y algunas condiciones climatológicas para mejorar el entorno del cultivo y cuyas dimensiones posibilitan el trabajo de las personas en su interior (Castellanos 2009). Este tipo de invernaderos son considerados en Europa de baja tecnología, por lo que su costo es menor, el precio podría variar entre los 4 o 5 hasta los 10 o 11 euros•m<sup>2</sup> los más caros (Guantes-Ruiz, 2006).

### **2.9.- La agricultura orgánica**

#### **2.9.1. Generalidades**

El uso persistente de prácticas agrícolas como el empleo constante de agroquímicos y maquinaria han puesto en desventaja la vida del suelo; eso ocasiona erosión de los suelos, baja disponibilidad de elementos nutritivos, se disminuye la permeabilidad, y esto aumenta la salinidad. El resultado de ello es el poco desarrollo de los cultivos, aumento en la presencia de plagas y enfermedades, alimentos contaminados, contaminación del agua y el ambiente (Gómez *et al.*, 2001).



La agricultura orgánica en México es el subsector agrícola más dinámico. También muestra un impresionante crecimiento en diversidad de productos y en zonas de producción campesina, que generan mayor empleo por hectárea, divisas y una mayor equidad en el reparto de los ingresos. La definición de agricultura orgánica varía de un autor a otro, aunque también es cierto que la mayoría coincide en los puntos principales de esta agricultura (Gómez *et al.*, 2001).

### **2.9.2. Definición de Agricultura orgánica**

La agricultura orgánica se define como un sistema de producción que utiliza insumos naturales y prácticas especiales: aplicación de composts y de abonos verdes, control biológico, asociación y rotación de cultivos, uso de repelentes y fungicidas a base de plantas y minerales, entre otras. A cambio, prohíbe el uso de pesticidas y fertilizantes sintéticos (Gómez *et al.*, 2001).

Adicionalmente, la agricultura orgánica, ecológica o biológica se define como un sistema de producción que utiliza insumos naturales a través de prácticas especiales, como compost, abonos verdes, control biológico, repelentes naturales a base de plantas, asociación y rotación de cultivos, etc. y excluye insumos de síntesis química, transgénicos, aguas negras y radiación en los alimentos. Esta forma de producción, además de contemplar el aspecto ecológico incluye también en su particular filosofía y práctica el mejoramiento de las condiciones de vida de sus practicantes, de tal forma que aspira a una sostenibilidad integral del sistema de producción (económica, social y ecológica) (Gómez *et al.*, 2003).

### **2.9.3. Principios de la Agricultura Orgánica**

Schwentenius y Gómez (2006) mencionan que la Federación Internacional del Movimiento Agrícola Orgánico (IFOAM) ha establecido cuatro principios de agricultura orgánica que guían a productores y consumidores, y precisan normas y estándares desde la producción hasta el consumo, y las cuales dicen lo siguiente: a) La agricultura orgánica debe sostener y realzar la salud de los individuos y de las comunidades, así como del suelo, de las plantas y de los animales como una unidad inseparable. Esto lleva a estándares de producción y transformación que excluyen el uso de pesticidas, fertilizantes químicos, aditivos alimenticios, hormonas, etc; b) La agricultura orgánica debe ser basada en sistemas y ciclos ecológicos vivos, trabajar con ellos, emularlos y ayudar a sostenerlos; c) La agricultura orgánica debe construirse sobre relaciones que aseguren la imparcialidad y justicia con respeto a las oportunidades comunes del ambiente y de la vida, y d) La agricultura orgánica se debe manejar de una manera preventiva y responsable para proteger la salud y el bienestar de las generaciones actuales y futuras, y del ambiente.

Gómez y Castañeda (2000) publican que algunas de las estrategias que la agricultura orgánica ha seguido son: a) captación de especies rústicas, utilizando agricultura orgánica, b) control de microorganismos insectos y plantas por medios biológicos, manteniendo el equilibrio ecológico, c) mejoramiento y evaluación de la fertilidad del suelo mediante la asociación y rotación de cultivos; así como, con la incorporación de abonos verdes y el uso de coberteras, d) utilizar técnicas de conservación de suelos y e) usar los efectos benéficos de la alelopatía, nutrición óptima de los cultivos, reciclaje de nutrientes y otras prácticas culturales.

#### **2.9.4. Abonos orgánicos**

Se conoce como abono orgánico a toda fuente de materia orgánica capaz de descomponerse e integrarse al suelo para mejorar sus características químicas, físicas y microbiológicas (Martínez, 2004). Principales fuentes generadoras de abonos orgánicos. La gran diversidad de desechos obliga a realizar una clasificación con base en su origen, composición y presentación.

##### A). Por su origen

- Pecuarios: Estiércoles, orines y desechos de rastros.
- Agrícolas: Esquilmos o rastrojos, hojas, tallos y cáscaras aserrín, desechos de podas y aclareos.
- Urbanos: La no separación de los desechos en la ciudad los convierte en basura.
- Marinos: Plantas acuáticas y algas.
- Agroindustriales: Derivan del beneficio del café, de la caña de azúcar, frutas y verduras, etc.

B). Por su composición.-por la relación C/N. de ella depende el tiempo de maduración. Relaciones altas o muy bajas extienden este periodo. Se recomienda una relación C/N de 25 a 35.

##### C). Por su presentación. En sólidos y líquidos

#### **2.9.4.1 El compost**

El significado de la palabra compost, deriva en el latín componere, que significa, componerse, acomodar, arreglar. Es el arte de acomodar los desechos orgánicos en capas, para favorecer su proceso de descomposición. Se define compostaje al proceso en el cual se descomponen o degradan los desechos orgánicos en presencia de microorganismos. En este proceso intervienen la

temperatura, la humedad y el aire. Como resultado final de este proceso está el compost, producto útil y de fácil manejo que al aplicarse al suelo mejora sus características físicas y microbiológicas (Sade, 2001).

Sade (2001) describe el procedimiento de la elaboración del compost de la siguiente manera. Como materias primas se utilizan excrementos animales, residuos de plantas y otros desperdicios. Durante el proceso es deseable tener una humedad del 45 a 60 %. La temperatura de la pila o montones se eleva después de cuatro días y puede llegar hasta 70 °C, disminuyendo cuando llega a su culminación a 20 °C. Se recomienda materiales con una relación carbono a nitrógeno de 30 a 40/1 para terminar con una relación de 15/1 de los mismos. Es necesaria una buena aireación para hacer llegar el oxígeno a los microorganismos que intervienen en la descomposición de las sustancias orgánicas. Al avanzar el proceso se produce una acumulación de sales oscilando el pH entre básico y ácido finalizando entre 6.7 y 7.8.

Un buen compost debe contener 30 a 49 % de humedad y de 35 a 50% de materia orgánica, por peso, el cual oscila entre unos 700 a 800 g•L<sup>-1</sup>; nitrógeno 1.4 a 2 %; fósforo 2 %, potasio 0.5-6 %; boro 0.9 a 1.0 %. Sade (2001) escribe que el compost mejora la textura del suelo, dándoles mejor textura, aireación y absorción de agua, absorbe elementos nutritivos, especialmente nitrógeno y potasio, así como microelementos, evitando que se laven. Al descomponerse los libera lentamente en forma asimilable por las plantas.

Martínez (2004) recomienda lo siguiente para el uso del compost: una vez terminado el proceso de composteo, se recomienda su uso en invernaderos o

campo abierto. Puede hacerse solo o en mezcla para germinadores o bolsas. La cantidad depende de su calidad. Otro aspecto importante es el costo de producción de este abono orgánico, así Valenzuela (2005) publica que producir 30 t de compost a base de estiércol de vacuno tiene un costo de \$2,500.00.

#### **2.9.4.2 Abonos verdes**

Son aquellos cultivos de crecimiento rápido que se pican e incorporan al suelo en el lugar donde crecen, el beneficio directo de su utilización es el aporte de materias orgánicas para incrementar la actividad microbiana y mejorar la estructura del suelo. Estos abonos verdes tienen las funciones de proteger al suelo de la erosión y la desecación, favorecen la descomposición e incorporación de la materia orgánica, mejoran la estructura del suelo, incrementan el contenido de elementos nutritivos, controlan malas hierbas, etc. (Sade, 2001).

#### **2.9.4.3. Vermicompost**

Es producto de las transformaciones que se generan sobre los residuos orgánicos cuando se utiliza a la lombriz de tierra como herramienta de trabajo en la transformación de desechos, esto favorece el proceso de degradación de los desechos orgánicos.

#### **2.9.4.4. Extracto de vermicompost**

También conocido como té de compost o vermicompost dependiendo del material con el cual se prepara. Es aquel material líquido extraído a base de compost y que suele ser utilizado para la fertilización de plantas (Rodríguez, 2007). Según Cepeda (1999) la incorporación de estos abonos orgánicos al suelo beneficia al

suministro de elementos nutritivos, a evitar cambios bruscos del pH, mejorar la estructura del suelo, un uso más eficiente de agua mediante menores pérdidas por evaporación, promueve la aireación del suelo, ayudan a retener agua en los suelos arenosos, favorece el intercambio catiónico, etc.

#### **2.9.5. Importancia de la materia orgánica.**

La importancia de la materia orgánica en los suelos es grande, ya que no solo mejora las propiedades físicas y químicas del suelo, sino también el desarrollo de los cultivos. De hecho se reconoce que el mantenimiento de la fertilidad, a largo plazo de los terrenos agrícolas, depende de la reincorporación de la materia orgánica a los terrenos cultivables en el mundo. La materia orgánica que se reincorpora al suelo de plantas está sometida a un ataque continuo por parte de organismos vivos, microbios y animales, que la utilizan como fuente de energía y materiales de recuperación frente a su propio desgaste, provocando la mineralización de los diferentes componentes orgánicos (Rodríguez y Rojas, 2000).

La materia orgánica es una fuente de los elementos esenciales para la nutrición de la planta, así como de sustancias húmicas que también intervienen en la nutrición. El N, P y K totales, contenidos en los abonos orgánicos, se incorporan a la disolución del suelo conforme ocurre su mineralización, proceso que depende de la acción que efectúan los microorganismos, del sustrato de las características de los residuos orgánicos que se incorporan y de las condiciones ambientales, que prevalecen en cada tipo de suelo y región (Jiménez, 1992).

La demanda internacional de productos orgánicos para los cultivos entre ellos los hortícolas, se incrementa año con año, en México debe aprovecharse las ventajas comparativas que ofrecen esos mercados, ya que existen las condiciones climáticas, edáficas y bióticas que lo pueden colocar en una posición privilegiada con respecto a otros países (Ruiz 1996).

El mantenimiento de la materia orgánica del suelo para mantener la productividad del suelo requiere de la aplicación de estiércol, residuos de cultivos, abonos verdes y otros residuos orgánicos de la agricultura. La adecuada aplicación de estos desechos, por medio del reciclaje, puede suministrar elementos nutritivos para las plantas y mejora las características físicas, químicas y biológicas de los suelos y la calidad del ambiente. En este caso el composteo es uno de los métodos de utilización de los desechos orgánicos para producir abonos, ricos en elementos nutritivos para las plantas (Bansal y Kapoor, 2000).

## **2.10.- Lombricultura**

### **2.10.1.- Generalidades**

La lombricultura es una tecnología que utiliza una especie de lombriz domesticada, como herramienta de trabajo, recicla todo tipo de materia orgánica obteniendo como resultado humus, carne y harina de lombriz. La lombricultura representa un negocio en expansión, y en un futuro será el medio más rápido y eficiente para la recuperación de suelos de las zonas rurales (Guadarrama y Taboada, 2004).

Las lombrices rojas californianas *Eisenia fetida* originaria de Eucrasia, fueron criadas intensivamente a partir de los años 50 en California, Estados Unidos, y empleada en más del 80 % de los criaderos del mundo, por lo que la hace la especie más cultivada en el mundo dada su rusticidad, tolerancia a los factores ambientales, potencial reproductor y capacidad de apiñamiento (Guadarrama y Taboada, 2004).

Debido a que las actividades productivas tanto urbanas como rurales generan grandes cantidades de desechos orgánicos que representan una fuente potencial de contaminación, para poder incrementar el valor económico de estos desechos, es necesario convertirlos en productos útiles (Corlay *et al.*, 1999).

El uso del vermicompost es muy variado; puede usarse como mejorador del suelo o también como sustrato para el crecimiento de plantas en invernaderos o viveros. En el proceso de producción de vermicompost intervienen varios factores tales como el tipo y cantidad de compost, la especie y la cantidad de lombrices, la humedad de la compost y las condiciones de las instalaciones utilizadas (Morales *et al.*, 2009).

### **2.10.2.- Importancia de la lombricultura**

Las lombrices de tierra consumen materia orgánica de descomposición ingiriendo todo tipo de residuos orgánicos de los que se alimentan. Presentan una eficiencia del 60 %, sus excretas son de un material muy parecido al suelo, mismo que constituye un buen sustrato orgánico para emplearse en la producción de plantas y que en términos generales mejora las características del suelo (Bastida 2001).



En los últimos años, debido a que las reglamentaciones para la aplicación y disposición del estiércol han sido más rigurosas, ha crecido el interés por utilizar las lombrices como un sistema ecológicamente seguro para manejar el estiércol (Moreno y Cano, 2004).

A diferencia de un compost común, el vermicompost presenta alto contenido de ácidos húmicos que aportan una amplia gama de sustancias fitorreguladoras del crecimiento en la planta y ácidos flúvicos cuya acción combinada permite una entrega inmediata de elementos nutritivos asimilables y un efecto regulador de la nutrición cuyo efecto residual en el suelo llega hasta cinco años (Salinas y Rojas, 2000). El contenido de nutrimentos del vermicompost es mayor que en el sustrato de un compost, sin embargo también se requiere enriquecer de acuerdo a la especie vegetal que se esté trabajando (Bastida, 2001).

### **2.10.3.- Vermicompost**

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. Además, un fenómeno mundial es sin duda el crecimiento en el consumo de productos orgánicos. La producción en invernadero, a través de la aplicación oportuna de fertilizantes, es una parte del proceso, que en combinación óptima con otros factores, incrementa el rendimiento y la calidad de la cosecha (Rodríguez *et al.*, 2007).

### **2.10.3.1.- Importancia del vermicompost**

El papel de las lombrices en el mejoramiento de las tierras de cultivo fue muy conocido en Egipto, ya que la fertilidad del valle del Nilo dependía de esta actividad. Las lombrices utilizan residuos orgánicos como fuente de energía para su metabolismo y generan excretas, las cuales por sus propiedades físicas, químicas y biológicas se convierten en abonos orgánicos y ecológicos de alta calidad, llamados vermicomposta. El vermicompost se genera en el tubo digestor de la lombriz, y de acuerdo al uso que se destine, se puede clasificar como fertilizante orgánico, mejorador de suelo y medio de crecimiento (Moreno y Cano, 2004).

### **2.10.3.2.- Características del vermicompost**

El vermicompost es de un color oscuro, con un olor agradable, su gran bioestabilidad evita su fermentación y putrefacción, conteniendo una gran carga enzimática y microbiana lo que incrementa la solubilidad y hace que los nutrientes sean liberados paulatinamente haciendo fácil la asimilación por las raíces, impidiendo que sean lixiviados; manteniéndolos disponibles por más tiempo en el suelo, favoreciendo la germinación de las semillas y el desarrollo de las plantas (Moreno y Cano, 2004).

## **2.11.- Producción orgánica**

### **2.11.1.- La producción orgánica en el mundo**

El creciente interés en el consumo de productos orgánicos se explica como parte de una tendencia mundial de cambio de valores materialistas hacia valores

postmaterialistas (mayor preocupación por la calidad de vida, y por el ambiente y la sociedad, autorrealización, libertad de expresión, mayor voz en el gobierno y el trabajo, importancia de las ideas, etc.). Con tasas de crecimiento crecientes, los productos orgánicos conquistan cada vez más rápidamente las estructuras de mercado de alimentos en el ámbito mundial. En 2002, las ventas de estos productos alcanzaron 23,000 millones de dólares, superando los 19,000 millones alcanzados en 2001. El cuidado de la salud y la protección del medio ambiente son los principales motivos por los cuales los consumidores prefieren los productos orgánicos, que están libres de residuos tóxicos, modificaciones genéticas, aguas negras y radiaciones (Gómez 2004).

El dinámico y atractivo mercado de los alimentos orgánicos está estimulando poderosamente la reconversión de la agricultura convencional a la agricultura orgánica. En el mundo se registran más de 24 millones de hectáreas cultivadas orgánicamente y más de 10.7 millones de áreas de recolección silvestres. Entre los países con mayor superficie orgánica cultivada está en primer lugar Australia, con 10 millones de hectáreas, seguido por Argentina, con casi 3 millones, e Italia con 1.2 millones. A estos países les siguen en importancia Estados Unidos, Brasil, Uruguay, Gran Bretaña, Alemania, España y Francia.

En Estados Unidos la superficie orgánica creció de 370,000 hectáreas a 950,000 en tan sólo 10 años. En Europa, el proceso de conversión ha sido mucho más espectacular, gracias a las favorables políticas de apoyo a este tipo de agricultura. Así, la superficie orgánica europea creció de 111,000 hectáreas en 1985 a más de 5.5 millones en el año 2003, lo que corresponde a 2 % de la superficie

agrícola total. México ocupa el 18º lugar mundial, con casi 216,000 hectáreas (Lampkin, 1999).

Entre los países que han experimentado un crecimiento en superficie orgánica superior a 25 % anual están Argentina, Italia, España, Brasil, México, Finlandia, Gran Bretaña, Dinamarca, Francia y Uruguay. A escala mundial ya son tres los países cuya superficie cultivada con prácticas orgánicas rebasan 10 % de su superficie agrícola total; éstos son: Liechtenstein, con 26.4 %; Austria, con 11.6 % y Suiza, con 10 %; otros cinco países que rebasan el 5 % son; Italia, con 8 %; Finlandia, con 7 %; Dinamarca, con 6.6 %; Suecia, con 6.1 % y República Checa, con 5.1% (Gómez, 2004).

### **2.11.2.- Producción orgánica en México**

México está ubicado en el contexto internacional como país productor - exportador de alimentos orgánicos y como primer productor de café orgánico. En este país, el sector orgánico es el subsector agrícola más dinámico, pues ha aumentado su superficie cultivada orgánicamente de 23,000 ha en 1996 a 103,000 ha en 2000, y para 2002 se estimó que alcanzó las 216,000 ha (Gómez, 2004).

De acuerdo con las estimaciones de 2002 el número de los productores orgánicos fue de 53,000 y la generación de divisas fue de 280 millones de dólares (cuadro 2.3). En México, los principales estados productores de alimentos orgánicos son Chiapas, Oaxaca, Michoacán, Chihuahua y Guerrero, que concentran 82.8 % de la superficie orgánica total. Tan sólo Chiapas y Oaxaca cubren 70% del total (Gómez 2004).

**Cuadro 2.11. Importancia económica de la agricultura orgánica en México (1996-2002) (en miles de US dólares).**

	1996	1998	2000	TMAC	2002*
<b>Superficie (ha)</b>	23,265	54,457	102,802	44.98	215,843
<b>Numero de productores</b>	13,176	27,914	33,587	26.35	53,577
<b>Empleo (1000 jornales)</b>	3,722	8,713	16,448	44.98	34,534
<b>Divisas generadas</b>	34,293	72,000	139,404	41.99	280,698

**TMAC: tasa media anual de crecimiento, \*= Estimación propia**

**Fuente: Gómez et al., 2001**

En México hay 262 zonas de producción orgánica ubicadas en 28 estado de la república, entre los cuales destacan Chiapas, Oaxaca, Michoacán, Chihuahua y Guerrero, que concentran el 82.8 % de la superficie orgánica del país. Las estimaciones para finales del 2002 fueron alcanzar 215 mil hectáreas y una generación de divisas de 280 millones de dólares (Cuadro 2.4), (Gómez et al., 2003).

## **2.12.- Antecedentes de investigación con abonos orgánicos**

Ramos et al. (2011) realizaron un experimento donde evaluaron el efecto de los abonos orgánicos en el rendimiento del cultivo de chile ancho (*Capsicum annum* L.) en el programa de abonado con acolchado plástico y riego por goteo en cultivos de chile ancho. Los tratamientos a evaluar fueron testigo absoluto, vermicompost y estiércol de bovino, donde los rendimientos fueron los siguientes: testigo absoluto (16.23 t•ha<sup>-1</sup>), vermicompost (15.83 t•ha<sup>-1</sup>) y estiércol de bovino (18.69 t•ha<sup>-1</sup>). Similares resultados fueron reportados por Tejeda y González (2007) quienes

evaluaron el efecto de residuos orgánicos frescos y compostados sobre los parámetros de rendimiento del cultivo de trigo, observando diferencias significativas entre los tratamientos del estudio. En contraste, Delate *et al.*, (2003) establecieron un experimento para comparar el crecimiento y productividad de chile, bajo manejo convencional y orgánico; en sus resultados reportan que el crecimiento de la planta, rendimiento y número de frutos fueron similares en sistema convencional y orgánico.

**Cuadro 2.11a. Superficie y producción de la agricultura orgánica por producto en México. CELALA-INIFAP. 2007.**

Producto	Superficie orgánica (ha)		
	1998	2000	2004 - 2005
Café	32161.00	70838.09	147136.74
Hierbas aromáticas y medicinales	0.00	2510.90	30166.49
Hortalizas <sup>1</sup>	4391.00	3831.49	24724.86
Cacao	252.00	656.00	17313.86
Uva silvestre	0.00	0.00	12032.00
Hortalizas asociados con otros cultivos	0.00	0.00	9691.91
Coco	0.00	0.00	8400.00
Magüey (agave tequilero y mezcalero)	0.00	3047.00	5943.30
Otros			
Total nacional	54457.00	102802.38	292459.26

1) Incluye 22 cultivos (acelga, ajo, apio, betabel, berenjena, brócoli, calabaza, jitomate, tomate de cáscara, etc.). Fuente: Elaborado por Schwentesius y Gómez 2006

Acosta (2003) evaluando pimiento morrón y chile jalapeño en invernadero y con niveles de vermicompost encontró en chile jalapeño Tula para la variable rendimiento, mostró diferencia altamente significativa, el promedio fue de 15.39 t•ha<sup>-1</sup>. El tratamiento que presentó mayor rendimiento fue el testigo (solución nutritiva con 0 de vermicompost) con 20.83 t•ha<sup>-1</sup>, El análisis de varianza para esta variable peso de fruto, mostró diferencias altamente significativas entre tratamientos, con una media general de 24.6 g y con un coeficiente de variación de 14.7 %, obtuvo valores

que varía de 28.3 a 20.7 g. Para la variable pungencia encontró una media de 3.3 mientras que para El diámetro polar promedio fue de 7.3 cm. El rendimiento, número de frutos y número de lóculos en el testigo, superó a los tratamientos con vermicomposta.

El rendimiento en el cultivo de chile morrón Red night con dosis de vermicompost bajo condiciones de invernadero en primavera-verano 2002 muestra valores de 22.6 a 11.4 t•ha<sup>-1</sup>. En el peso promedio del fruto no encontró diferencias significativas La media fue de 126.95 g y un coeficiente de variación de 8.90. En la variable diámetro ecuatorial Se encontró una media de 8.36 cm. En chile morrón variedad Red night, solo se detectaron diferencias en las variables rendimiento y grosor de pulpa. Para las variables peso, número de lóculos, diámetro polar, diámetro ecuatorial no existieron diferencias entre tratamientos (Acosta 2003).

Aguilera (2002), evaluando el efecto del vermicompost en chile Chilaca bajo condiciones de invernadero reporta un rendimiento de 27.14 t•ha<sup>-1</sup> en el testigo (sin vermicompost pero con solución nutritiva, dentro de las variables de calidad encontró diferencia altamente significativa para diámetro ecuatorial, número de fruto y rendimiento, no encontró diferencia significativa en las variables de altura de plantas y diámetro polar.

Sevilla (2003), evaluando nueve diferentes genotipos de chile para rendimiento y calidad de fruto bajo condiciones de invernadero con fertirriego en sustratos de arena reporta un rendimiento para el genotipo chile húngaro variedad infierno de 12.084 t•ha<sup>-1</sup>, Dentro de las variables de calidad de fruto en el presente

experimento se encontró para peso, diámetro ecuatorial, polar y número de lóculos, diferencias altamente significativa entre los genotipos.



### **III.- MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1.- Localización geográfica y clima de la Comarca Lagunera**

La Comarca Lagunera se encuentra comprendida entre los paralelos 24° 10' y 26° 45' de latitud norte y los meridianos 101° 40' y 104° 45' de longitud oeste de Greenwich, con una altura promedio sobre el nivel del mar de 1 100 m. La región cuenta con una extensión montañosa y una superficie plana donde se localizan las áreas agrícolas. El clima de verano va desde semi - cálido a cálido - seco y en invierno desde semi - frío a frío, mientras que los meses de lluvias son de mediados de junio a mediados de octubre (Santibáñez, 1992). Melo (2007) menciona que los registros de temperatura indican una media anual de 21 °C, presentando su valor más bajo en enero y más alto en julio. La precipitación promedio es de 220 mm anuales, situación que limita la práctica de la agricultura de temporal. Las heladas ocurren de noviembre a marzo, teniéndose un periodo libre de heladas de abril a octubre; la humedad varía en el año, en primavera tiene un valor promedio de 30.1 %, en otoño de 49.3 % y finalmente en invierno un 43.1 % (CENID-RASPA, 2000).

#### **3.2.- Localización del experimento**

El trabajo se realizó en el ciclo de cultivo Primavera – Verano 2011, en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro “Unidad Laguna”, que se ubica en Periferico y Carretera Santa Fe, kilometro 1.5, en Torreón, Coahuila, México dentro de la Comarca Lagunera.

### **3.3.- Características de la casa sombra**

El experimento se realizó en una casa sombra de tipo rectangular, con un área de 60 m<sup>2</sup> y con una estructura completamente metálica. Cubierta por una malla blanca antiafidos para casa sombra (16 hilos•cm<sup>-2</sup> Protecciones Ecológicas ®).

### **3.4.- Genotipos evaluados**

Se evaluó un genotipo de chile güero tipo húngaro variedad yellow (HIDROENVIRONMENT®).

### **3.5.- Sustratos**

Para este trabajo de investigación se utilizaron dos tipos de sustratos, los cuales son arena y vermicompost.

La arena, fue arena de río, este sustrato inerte se utilizó tanto para las mezclas de fertilización orgánica como para la fertilización sintética que sirvió como testigo.

El vermicompost se obtuvo después de biotransformar con lombrices *Eisenia fetida*, por 90 días, una mezcla de estiércoles (caprino, caballar y conejo; 1:1:1; v:v:v) (Bansal y Kapoor, 2000).

### **3.6.- Diseño experimental**

La parcela experimental estuvo integrada por cinco tratamientos distribuidos completamente al azar con cinco repeticiones cada uno, distribuidos de la siguiente manera: testigo (T0), el cual consistió en arena al 100 % como sustrato más solución

nutritiva; tratamiento 1 (T1), con una relación 1:1 (AR:VC, v:v); tratamiento 2 (T2), con una relación de 2:1 (AR:VC, v:v); tratamiento 3 (T3) con una relación 3:1 (AR:VC, v:v); y tratamiento 4 (T4) con una relación 4:1 (AR:VC, v:v).

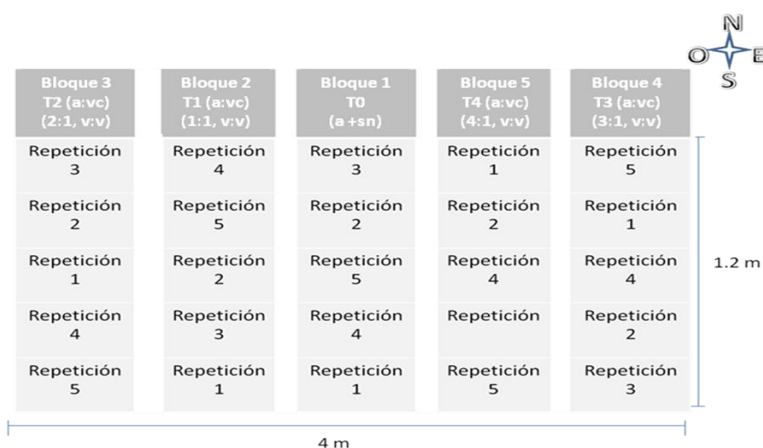
Las medidas de parcela experimental fueron las siguientes: la distancia entre cada línea fue de 0.80 m y entre cada planta de 0.30 m, teniendo 4.1 plantas·m<sup>-2</sup> (Cuadro 3.1).

**Cuadro 3.6. Tratamientos a evaluar. Rendimiento de chile húngaro (*Capsicum annuum* L.) en mezclas de vermicompost y arena en casa sombra. UAAAN-UL. 2011.**

Tratamiento	Sustrato	Fertilización
T0	Arena	Inorgánico
T1	Arena y vermicompost	NA
T2	Arena y vermicompost	NA
T3	Arena y vermicompost	NA
T4	Arena y vermicompost	NA

NA= No aplica

### 3.7.- Croquis del experimento



**Figura 1. Croquis del experimento de Rendimiento de chile Húngaro (*Capsicum annuum* L.) en mezclas de vermicompost y arena en casa sombra. UAAAN-UL. 2011**

### 3.8.- Manejo del cultivo

La siembra se realizó en charolas de poliestireno de 200 cavidades, las cuales fueron rellenas con Peat moss (Canadian Sphagnum Peat Moss Association®), colocando dos semillas de chile por cavidad, las charolas se cubrieron con plástico negro, regándolas cada tercer día. La siembra se realizó el 11 de mayo de 2011, y aproximadamente cuando la plántula alcanzo 15 cm de altura y 5 a 6 hojas verdaderas, se realizó el transplante. Para la preparación de las macetas, se utilizaron bolsas de polietileno negro tipo vivero y calibre 500 con un volumen de 20 litros. Las mezclas fueron en relación a volumen (cubeta de 20 L) de vermicompost (VC) y arena de río (AR).

### 3.9.- Fertilización

Para el Tratamiento T0, que sirvió como testigo se utilizó la solución nutritiva, tomando como base la fórmula de Romero Fierro y ajustada por Ruiz (2010).

Para los tratamientos T1, T2, T3 y T4; no se aplicó ningún tipo de fertilización, ya que los tratamientos fueron mezclas de arena con vermicompost, y este último se utilizó como fuente nutritiva para estos tratamientos.

**Cuadro 3.2. Solución nutritiva empleada en el riego de chile húngaro en casa sombra. UAAAN-UL. 2011.**

<b>FERTILIZANTE</b>	<b>Plantación 33 (%)</b>	<b>Floración 66 (%)</b>	<b>Cosecha 100 (%)</b>
<b>Fosfonitrato</b>	53.89 g	107.79 g	163.33 g
<b>Ácido fosfórico</b>	7.03 mL	14.06 mL	21.31 mL
<b>Nitrato de potasio</b>	45.17 g	90.34 g	136.88 g
<b>Maxiquel multi (Fe, Zn, Mn, B)</b>	8.77 g	17.55 r	26.60 g

### **3.10.- Riego**

Para satisfacer la demanda hídrica, la cual se realizó de forma manual, para el T<sub>0</sub> se utilizó la solución nutritiva aplicando un 1 L diario, mientras que para los tratamientos T0, T1, T2 y T3, se regaron diariamente con 1 L de agua de la llave.

### **3.11.- Manejo de plagas**

Las plagas más comunes que se presentaron fueron: mosquita blanca (*Bemisia tabaco*, Gennadius), pulgones (*Myzus persicae*, Sulzer) y cochinilla algodonosa (*Icerya purchasii*, Maskell).

Para controlar estas plagas se realizaron aplicaciones de insecticidas caseros a base de chile y ajo, también se realizaron aplicaciones de jabón blanco.

Los productos utilizados fueron los siguientes: Fito neem (Neemex ®), Phytofoam (Vitagro ®) y Biolyd (Vitagro®).

### **3.12.- Cosecha**

La cosecha se realizó una o dos veces por semana, dependiendo del grado de maduración del chile, el cual se cortó cuando éste presentaba un color de verde a amarillo.

### **3.13.- Variables evaluadas**

Las variables evaluadas en el presente trabajo fueron: altura de planta, diámetro basal de tallo, calidad y rendimiento en toneladas por hectárea. La altura se midió con una cinta métrica, en cuanto al diámetro basal del tallo se midió con un vernier; estos datos se tomaron cada 8 días. Para obtener la variable de calidad del

fruto se midió el diámetro polar y ecuatorial, peso, número de lóculos y espesor de pulpa; para esto se utilizó un fruto de cada planta. Para medir dichas variables se utilizaron los siguientes materiales: vernier y báscula de precisión.

### **3.14.- Análisis estadístico**

Para el presente trabajo se aplicó un análisis de varianza considerando cada una de las variables evaluadas, cuando se encontraron diferencias significativas se realizó una comparación entre medias utilizando la prueba diferencia mínima significativa (DMS) al 5%. Estos análisis se llevaron a cabo mediante el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS) versión, 6.12.

## IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1.- Altura de planta

Se registró la altura de las plantas a los 85 días después del transplante. Para los tratamientos evaluados, el análisis de varianza presentó diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) para esta variable (Cuadro 1A). Registrándose una media de 48.2 cm de altura y un coeficiente de variación de 6.7 %. Por su parte, la prueba de comparación de medias permite afirmar que el tratamiento de mayor altura fue T0 (arena + solución nutritiva) con 50.8 cm mientras que los tratamientos de menor altura y estadísticamente iguales fueron T2 (Arena + Vermicompost 2:1) y T4 (Arena + Vermicompost 4:1) con 46.4 y 45.6 cm, respectivamente (Cuadro 4.1).

En este experimento coincide a las alturas de plantas obtenidos por Acosta (2003) evaluando pimiento con vermicompost, para el cual reportó una altura promedio de 49.3 cm. Sin embargo superaron a la altura reportada por Aguilera (2002), evaluando vermicompost en invernadero quien obtuvo una altura de 45 cm (Cuadro 4.1). Y los valores obtenidos resultaron inferiores a lo reportado por Sevilla (2003) quien evaluando chile húngaro en invernadero reporta un promedio de 79.5 cm de altura.

**Cuadro 4.1. Comparación de medias de tratamientos para la variable de altura de planta de chile Húngaro en mezclas de vermicompost y arena en casa sombra. UAAAN-UL. 2011.**

T	Sustratos (v:v)		Altura de planta (cm)
	VC	A	
T0	0	1 + SN	50.8 a
T1	1	1	49.8 ab
T2	2	1	48.4 ab
T3	3	1	46.4 b
T4	4	1	45.6 b
DMS			0.107 **
Media			48.2 cm

#### 4.2.- Diámetro basal del tallo

Para esta variable el análisis de varianza encontró diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre tratamientos (Cuadro 2A) mostrando una media de 1.0 cm de diámetro y un coeficiente de variación de 8 %. El tratamiento con mayor diámetro fue T0 (Arena + Solución nutritiva) con 1.3 cm mientras que el T4 (Arena + Vermicompost 4:1) mostró menor grosor con 0.8 cm (Cuadro 4.2).

**Cuadro 4.2. Comparación de medias tratamientos para la variable de Diámetro Basal del Tallo de chile Húngaro en mezclas de vermicompost y arena en casa sombra. UAAAN-UL. 2011.**

T	Sustratos (v:v)		Diámetro Basal del Tallo (cm)
	VC	A	
T0	0	1 + SN	1.26 a
T1	1	1	1.07 b
T2	2	1	0.96 bc
T3	3	1	0.88 cd
T4	4	1	0.83 d
DMS			0.107 **
Media			1.00 cm

Como se puede apreciar en el cuadro 4.2 el tamaño del diámetro basal registrado en las plantas que recibieron la solución nutritiva superaron en al menos un 15 % a los



valores registrados en las plantas que recibieron su fuente nutritiva a partir del vermicompost

#### **4.3.- Calidad de fruto**

##### **4.3.1.- Peso Promedio de frutos**

En esta variable, el análisis de varianza detectó diferencias altamente significativa ( $P \leq 0.01$ ) entre tratamientos (Cuadro 3A) arrojando un peso promedio de 14 gramos y un coeficiente de variación de 11.9 %. El tratamiento que presentó mayor peso de fruto fue T1 (Arena+ vermicompost 1:1) 18 g, mientras que T0 (Arena + Solución nutritiva) registró un peso 12 g (Cuadro 4.3). En el presente experimento, el peso del fruto registrado no superó al peso de los frutos obtenidos por Acosta (2003), quien reportó un peso promedio de 24.5 g en chiles jalapeños, aunque estas diferencias pueden ser debidas a la especie evaluada. El bajo peso del fruto registrado en este experimento, probablemente fue causado por el estrés de la planta debido a altas temperaturas que se presentaron, alrededor de 42 °C, durante el desarrollo del cultivo, las cuales no fue posibles controlar (condiciones no controladas en la casa sombra).

##### **4.3.2.- Diámetro ecuatorial**

En ésta variable no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos (Cuadro 4A) mostrando un valor promedio de diámetro de 2.2 cm con un coeficiente de variación de 8%, (Cuadro 4.4).

**Cuadro 4.3. Comparación de medias de tratamientos para la variable Peso de fruto de chile Húngaro en mezclas de vermicompost y arena en casa sombra. UAAAN-UL.2011.**

T	Sustratos (v:v)		Peso (g)
	VC	A	
T0	0	1 + SN	12.1 c
T1	1	1	18.0 a
T2	2	1	14.7 b
T3	3	1	12.3 b
T4	4	1	12.7 bc
DMS			2.22 **
Media Total			14.0 gr

**Cuadro 4.4. Comparación de medias de los tratamientos para las variables de Diámetro Polar y Ecuatorial en Rendimiento de chile Húngaro en mezclas de vermicompost y arena en casa sombra. UAAAN-UL.2011.**

T	Sustratos (v:v)		Diámetro Polar (cm)	Diámetro Ecuatorial (cm)
	VC	A		
T0	0	1 + SN	2.1	6.8 b
T1	1	1	2.3	8.8 a
T2	2	1	2.4	8.6 a
T3	3	1	2.3	7.8 ab
T4	4	1	2.1	7.6 ab
DMS			NS	1.4 *
Media Total			2.2	7.9 cm

En los resultados obtenidos en este experimento concuerda con los obtenidos por Aguilera (2002) y Sevilla (2003), quienes reportan un diámetro de 2.2 cm. Los valores obtenidos para el diámetro ecuatorial en el tratamiento T2 (Arena + vermicompost 2:1) coincidieron con valores obtenidos por Acosta (2003) quien reportó para chile jalapeño un promedio de 2.56 cm.

#### 4.3.3.- Diámetro polar

En esta variable el análisis presentó diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre los tratamientos (Cuadro 4A), mostrando una media de 7.9 cm y un coeficiente de

variación de 13 %. Los tratamientos que presentaron mayor diámetro polar fueron T1 (Arena + Vermicompost 1:1) y T2 (Arena + Vermicompost 2:1) con 8.8 y 8.6 cm respectivamente mientras que el tratamiento de menor diámetro fue T0 (Arena + Solución nutritiva) con 6.8 cm (Cuadro 4.4). Estos resultados concuerdan con los reportados por Acosta (2003) quien para el testigo (arena sin vermicompost) para chile jalapeño registró un valor de 6.9 cm de longitud. Además, los valores de diámetro polar resultaron inferiores a los que reporta Sevilla (2003) para chile húngaro con un diámetro de 14.6 cm.

#### **4.3.4.- Número de lóculos**

En esta variable no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos (Cuadro 5A), arrojando una media de 2 lóculos y un coeficiente de variación de 8.5 % (Cuadro 4.5). Los resultados del presente experimento coinciden con Sevilla (2003) quien reporta 2 lóculos para este tipo de chile, y no superan a los de Acosta (2003) el cual reporta para chile jalapeño encontró una media de 3 lóculos.

#### **4.3.5.- Espesor de pulpa**

En esta variable, el análisis de varianza detectó diferencias altamente significativa ( $P \leq 0.01$ ) entre tratamientos (Cuadro 6A). Presentó una media de 0.6 cm de espesor de fruto y un coeficiente de variación de 14.4%. Los tratamientos que presentaron mayor espesor de fruto fueron el T1 (Arena + Vermicompost 1:1), T3 (Arena + Vermicompost 3:1) y T4 (Arena + Vermicompost 4:1) con 0.7 cm el T1 y T3 y 0.6 cm el T4 (Cuadro 4.5).

**Cuadro 4.5. Comparación de medias de tratamientos para las variables de Espesor de pulpa y número de lóculos de chile Húngaro en mezclas de vermicompost y arena en casa sombra. UAAAN-UL. 2011.**

T	Sustratos (v:v)		Espesor de pulpa (cm)	Numero de lóculos
	VC	A		
T0	0	1 + SN	0.2	2
T1	1	1	0.7	2
T2	2	1	0.5	2
T3	3	1	0.7	2
T4	4	1	0.6	2
DMS			0.1 **	NS
Media			0.6	2

#### 4.4.- Rendimiento del fruto

En esta variable, el análisis de varianza detectó diferencia altamente significativa ( $P \leq 0.01$ ) entre tratamientos (Cuadro 7A). Presentó una media de  $12.9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  y un coeficiente de variación de 12.8 %. Los tratamientos que presentaron mayor rendimiento fueron el T0 (Arena + Solución nutritiva) y T1 (Arena + Vermicompost 1:1) con  $16.5$  y  $19.1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  respectivamente mientras que los de menor rendimiento fueron los tratamientos T3 (Arena + Vermicompost 3:1) y T4 (Arena + Vermicompost 4:1) con  $8.03$  y  $7.9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , tal como se muestra en el siguiente (Cuadro 4.6).

Para esta variable en el presente experimento se obtuvieron rendimientos superiores a los obtenidos en otros estudios realizados; Sevilla (2003) quien reporta para chile húngaro  $12.08 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , mientras que Ramos *et al.* (2011), reportaron un rendimiento de  $15.83 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  para chile ancho en abonado con acolchado plástico y riego por goteo. Y no superó los resultados de Acosta (2003) quien reporta rendimientos para chile Jalapeño con vermicompost de  $20.8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

#### 4.5.- Número de frutos

En esta variable, el análisis de varianza detectó diferencia altamente significativa ( $P \leq 0.01$ ) entre tratamientos (Cuadro 7A). Presentó una media de 26 frutos por planta y un coeficiente de variación de 15.5 %. El tratamiento que presentó mayor número de frutos fue el T0 (Arena + Solución nutritiva) con 40 frutos por planta, mientras que los de menor números de frutos fueron los tratamientos T3 (Arena + Vermicompost 3:1) y T4 (Arena + Vermicompost 4:1) con 18 frutos por planta respectivamente, tal como se muestra en el Cuadro 4.6.

Para esta variable en el presente experimento se obtuvieron resultados superiores a los obtenidos por Román *et al.*, (2007) quienes reportaron para chile mulato, con aplicación de ácidos húmicos, un promedio de 16 frutos por planta.

**Cuadro 4.6. Comparación de medias de tratamientos para las variables de Rendimiento y Número de Frutos de chile Húngaro en mezclas de vermicompost y arena en casa sombra. UAAAN-UL.2011.**

T	Sustratos (v:v)		Rendimiento ( $t \cdot ha^{-1}$ )	Número de frutos
	VC	A		
T0	0	1 + SN	16.50 a	40 a
T1	1	1	19.10 a	32 b
T2	2	1	13.10 b	24 c
T3	3	1	8.03 c	18 d
T4	4	1	7.90 c	18 d
DMS			3.14 **	5.4 **
Media Total			12.9	26.0

## V.- CONCLUSIONES

De acuerdo al análisis de varianza en el desarrollo del experimento, se pueden generar las siguientes conclusiones:

1. En altura de planta y diámetro basal del tallo el tratamiento con mayor crecimiento y grosor de tallo fue el testigo (Arena + Solución nutritiva), con 50.8 cm de altura y 1.26 cm de grosor respectivamente.
2. En cuanto a rendimiento el tratamiento T1 (Arena + Vermicompost 1:1) presentó mayor rendimiento con  $19.1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , seguido del Testigo (Arena + Solución nutritiva) con  $16.5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Teniendo 32 y 40 frutos por planta respectivamente.
3. Para las variables de calidad se encontraron diferencias altamente significativas en: peso y espesor de pulpa, diferencias significativa en diámetro polar y no se encontraron diferencias significativas para diámetro ecuatorial y número de lóculos.

4. De acuerdo a estos resultados el T1 (Arena + Vermicompost 1:1) en volumen resultó el nivel más adecuado para el desarrollo del cultivo de chile tipo Húngaro, pues esta dosis cubrió las necesidades nutritivas, sin afectar la calidad del cultivo y sin la necesidad de aplicar fertilizantes sintéticos. Por lo tanto, se fortalece la hipótesis de que el vermicompost puede ser utilizado en sustitución de los fertilizantes sintéticos durante el desarrollo de las especies vegetales.





## VII.- LITERATURA CITADA

- Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria. (ASERCA) 2011. Claridades Agropecuarias. Disponible en: <http://www.aserca.gob.mx/> [Fecha de consulta: 20 de agosto de 2011].
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2011. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola "Chile Verde". Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA). México. Disponible en: [http://www.siap.gob.mx/aagricola\\_siap/icultivo/index.jsp](http://www.siap.gob.mx/aagricola_siap/icultivo/index.jsp). [Fecha de consulta: 11 de octubre de 2011].
- Abad, M. 1993. Sustratos. Características y propiedades. pp. 47-62. In: Cultivo sin suelo. F. Canovas y J. Díaz. (ed). Instituto de Estudios Almerienses. FIAPA.
- Acosta B., B. 2003. Producción orgánica de hortalizas con vermicomposta bajo condiciones de invernadero en la Comarca Lagunera. Tesis de licenciatura. UAAAN-UL. Torreón Coah. Méx. 93 p.
- Aguilera G. S. 2002. Efectos de la vermicomposta en Chile Chilaca (*Capsicum annuum* L.) bajo condiciones de invernadero. Tesis de Licenciatura. UAAAN - UL.
- Bansal, S., and K. K. Kapoor. 2000. Vermicomposting of crop residues and cattle dung with *Eisenia foetida*. Biores. Technol. 73, 95-98
- Bastida, T., A. 2001. El Medio de Cultivo de las Plantas (Sustratos para la Agricultura Moderna). Universidad Autónoma de Chapingo. Pp. 15-19, 72-73.
- Bravo L., A. G.; B. Cabañas C.; J. Mena C.; R. Velásquez V.; S. Rubio D.; F. Mojarro D. y G. Medina G. 2002. Guía para la producción de chile seco en el Altiplano de Zacatecas. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Zacatecas. Calera de V. R., Zacatecas, México. p. 2 (Publicación Técnica Núm. 1).

- Cadahia, L.C. 1998. Fertirrigación. Cultivos hortícolas y ornamentales. Ediciones MundiPrensa. 475p.
- Cano A., F.M. 1998. Potencial exportable de chiles en fresco, de una zona libre de plagas. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos/cultivochiles/cultivochiles.shtml>. Fecha de recuperación: 15 de octubre de 2011.
- Castellanos Z.J., Uvalle B.J.X., Aguilar S.A. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. INCAPA. México.
- Castellanos, Z., J. 2009. Estructuras de invernaderos y cubiertas de protección. *In*. Manual de producción de tomate en invernadero.
- Centro Nacional de Investigaciones - Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera (CENID-RASPA). 2000. Datos climatológicos históricos de 1975 al 2000. Centro Nacional de investigaciones, Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera, Gómez Palacio, Durango. México.
- Cepeda, J. M. 1999. Química de Suelos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. México. Pp. 35-63
- Corlay Ch. L., Ferrera C. R., Etcheves B. J. D., Echegaray A. A., y Santizo R. J. A. 1999. Cinética de grupos microbianos en el proceso de producción de composta y vermicomposta. *Agrociencia* 33: 375-380.
- Delate, K., Friedrich, H. and Lawson, V. 2003. Organic pepper production systems using compost and cover crops. *Biol. Agric. Hortic.*, 21 (2): 131-150.
- Delgado M, A., Lara H., A. 2001. Producción de chile (*capsicum annum* L.) con cubrimiento plástico del suelo y frecuencia de riego por goteo. In: 5as Jornadas de Investigación. Universidad Autónoma de Zacatecas.
- Esteban A. H., 2007. Evaluación de diferentes genotipos de tomate con fertilización orgánicos bajo invernaderos. Tesis Licenciatura UAAAN-UL. Torreón, Coahuila, Mexico.
- Favela, C. E., Preciado, R. P., Benavides, M. A. 2006. Manual para la preparación de soluciones nutritivas. Departamento de Horticultura. UAAAN –UL. Torreón, Coahuila, México.
- Fernández, L. 1998. Sustratos para la Agricultura. Pp. 1 – 15. Disponible en: <http://www.humus.net/sus.htm>. Fecha de consulta: 22 de octubre de 2011.

- García-Hernández, J.L.;Valdez Cepeda, R.D.;Servín-Villegas, R.;Murillo-Amador, B.;Rueda-Puente, E.O.;Salazar-Sosa, E.;Vázquez-Vázquez, C.;Troyo-Diéguez, E. 2009. Manejo de plagas en la producción de hortalizas orgánicas. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, Vol. 10, Núm. 1, sin mes, pp. 15-28. Universidad Autónoma de Yucatán México.
- Gómez, A.; Gómez, L.; Lobato, A.; Schwentesius, R. y Meráz, M. 2003. Producción, comercialización y certificación de la agricultura orgánica en América Latina. U. A. Chapingo. Chapingo, México. pp. 92-115, 118-172 y 175-192.
- Gómez, A.; Gómez, L.; Lobato, A.; Schwentesius, R. y Meráz, M. 2003. Producción, comercialización y certificación de la agricultura orgánica en América Latina. U. A. Chapingo. Chapingo, México. pp. 92-115, 118-172 y 175-192.
- Gómez, M. A.; Schewentesius R., y Gómez L. 2001. Agricultura orgánica de México: Datos básicos. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, pesca y Alimentación. Segunda edición. México. pp.9-3
- Gómez, M.A. 2004. La agricultura orgánica en México y en el mundo. CONABIO. *Biodiversitas* 55: 13-15.
- Gómez, R. y Castañeda, R. 2000. —La agricultura orgánica, calidad integral de la producción|| . En Revista Agro Tiempo. Tabasco, México. No. 89. Agosto.
- Guadarrama R. O. y Taboada S. M. 2004. La Lombricultura, una Propuesta al Medio Rural. Memorias del Primer Congreso Internacional de Lombricultura y Abonos Orgánicos. Guadalajara, Jalisco, México.
- Guantes-Ruiz, J. 2006, El Mercado de los Invernaderos en México, Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en México. Disponible en:  
[http://www.icex.es/icex/cda/controller/page/0,2956,35582\\_10145\\_18362\\_41\\_8913,00.html](http://www.icex.es/icex/cda/controller/page/0,2956,35582_10145_18362_41_8913,00.html). Fecha de consulta: 15 de octubre de 2011.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2005. Guía para la Asistencia Técnica agrícola, área de influencia del Campo Experimental Valle del Guadiana, 3ra edición. Centro de Investigación Regional del Norte Centro. 74 p.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2000. Producción de Chile Jalapeño. Campo Experimental Delicias, Chihuahua, México. Pag. 5
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2001. Programa nacional de investigación en chile (*Capsicum annum* L.). México, D.F., p.2.

- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2006. Tecnología de Producción de Chile Seco. Campo Experimental Zacatecas. México, D.F., pp. 5-7.
- Jiménez G. 1992. Fertilizantes de lenta liberación. Editorial Trillas. Pp. 70-74.
- Juárez L P., Bugarín M R., Castro B R., Sánchez M A., Cruz C E., Juárez R C., Alejo S G., Balois M R. 2011. Estructuras utilizadas en agricultura protegida. Revista Fuente. 3 (8).
- Lampkin, Nicolas. 1999. Organic farming in the European Union. Overview, policies and perspectives. Ponenciapresentada en la conferencia "Farming in the European Union. Perspectives for the 21st century". Baden, Austria, 6 pp.
- Long S., J. y A. Lomelí. 2000. El chile. fruto/especial nacional. Fondo y Cultura Económica. México. Disponible en: [http://lectura.ilce.edu.mx:3000/sites/fondo2000/vol2/20/htm/SEC\\_13.html](http://lectura.ilce.edu.mx:3000/sites/fondo2000/vol2/20/htm/SEC_13.html). Fecha de recuperación: 10 de noviembre de 2011.
- Manjarrez-Martínez, M.J., Ferrera-Cerrato R. y González-Chávez M.C. 1999. Efecto de la vermicomposta y la micorriza arbuscular en el desarrollo y tasa fotosintética de chile serrano. Terra. 17(1): 9-10.
- Martínez G., M. A.; C. Jasso Ch. y Á. G. Bravo L. 2004. Memoria del curso: "Fertirrigación en hortalizas". Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental San Luis Potosí, SLP., México.
- Martínez, C. 2004. Curso-Taller de Lombricultura y abonos orgánicos. Primera semana internacional agropecuaria. U. A. A. Antonio Narro. U. L. Torreón, Coahuila. pp.2-34.
- Melo, J., 2007. Fertilización Orgánica e Inorgánica en Tomate bajo condiciones de Invernadero. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coah. México.
- Molina Q., D. 2009. Contenido de compuestos fitoquímicos y su relación con la capacidad antioxidante de extractos de pimientos (*Capsicum annuum* L.) cultivados en el noroeste de México. Tesis Maestría. Universidad de Sonora. Sonora, México.
- Moreno R. A., Cano R. P., 2004. La vermicomposta y su potencial para el desarrollo de especies vegetales. Memorias del IV Simposio Nacional de Horticultura. Invernaderos: Diseño, Manejo y Producción. Torreón, Coahuila, México.

- Moreno, I. T. 2002. Cultivo de hortalizas sin suelo. Instituto Nacional del Empleo Centro de Formación Profesional Ocupacional de Horticultura. C/Remata s/n – CP. 04407/Almería, España.
- Nieto G. A., Murillo A. B., Troyo D. E., Larringa M. J., García H. J. 2002. El uso de compost como alternativa ecológica para la producción de chile (*Capsicum annuum* L.) en zonas áridas.
- Nuez F., R., G. Ortega y J. Costa. 1996. El cultivo de pimientos, chiles y ajíes. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 94-105; 117-122; 156-177; 409-414; 438-441.
- Oldeman, LR. 1992. The global extent of soil degradation. In Greenland, DJ. Szabolcs, Soil Resilience and Sustainable Land Use. Symposium. Budapest, HU. CAB Internacional UK. p. 99-118.
- Olvera G., J.; R. Sánchez R.; R. Ochoa B. y F. Rodríguez C. 1998. Una hortaliza de México para el mundo. Claridades Agropecuarias 56:3-5.
- Ortíz, J.N.; I. Nikolskii; O. Palacios y R. Acosta. 1999. Pérdidas de agua de riego por percolación profunda durante el proceso de infiltración. Terra. 17: 115 - 124.
- Pastor, S., J., N. 1999. Utilización de sustratos en viveros. Revista TERRA Latinoamericana, año/vol. 17. Número 003. Chapingo México. Pp. 231-235.
- Pérez G., M., F. Márquez S. y A. Peña L. 1998. Mejoramiento Genético de Hortalizas. Editorial Mundi-Prensa. México. pp. 113-117.
- Ramírez J. 2002. El Chile. Disponible en\_  
[http://www.conabio.gob.mx/institucion/conabio\\_espanol/doctos/chile.htm](http://www.conabio.gob.mx/institucion/conabio_espanol/doctos/chile.htm)  
]. Fecha de consulta: 15 de octubre de 2011.
- Ramírez, C. 1996. Efecto de las prácticas agrícolas sobre la microflora del suelo: oportunidades en la fotoprotección. In Agronomía y recursos naturales. Bertsch, F; Badilla, W; García, J. eds. ACCS. San José, CR. p. 81- 85.
- Ramos Gourcy F., Aguilar Rubalcava J. A., López Gutiérrez M. A., Ochoa Fuentes Y. M., Vázquez Martínez O. 2011. Efecto de abonos orgánicos en el rendimiento del cultivo de chile ancho (*Capsicum annuum* L.), y sobre las características química del suelo de la parcela experimental, *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. 51, 3-9.
- Riechmann, J. 2003. Cuidar la Tierra: Políticas agrarias y alimentarias sostenibles para entrar en el siglo XXI. Icaria. España. 623 p.

- Robledo. T. 2002. Producción de Hortalizas en Invernadero con Enfoque Orgánico. Memorias de la XIV Semana Internacional de Agronomía FAZ – UJED. Pp. 47,48.
- Rodríguez, N., Cano, P., Figueroa, U., Palomo, A., Favela, E., Álvarez, V., Márquez, C., y Moreno, A. 2008. Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. Revista Fitotecnia Mexicana, año/vol. 31, número 003. Chapingo, México. Pp 265-272.
- Rodríguez, N.; Cano, P.; Favela, E.; Figueroa, U.; De Paúl, V.; Palomo, A.; Márquez, C. y Moreno, A. 2007. —Vermicomposta como alternativa orgánica en la producción de tomate en invernadero. En Revista Chapingo serie Horticultura. México Vol. XIII. Núm. 2. pp. 195-192.
- Román G. F. y Gómez D. P., De la Cruz R. L. A., Arellano C. J. A. 2007. Producción de chile mulato con uso de ácidos húmicos. In: XII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas. Zacatecas, Zac. México. 164 p.
- Romero H., A. 1999. El chile. Disponible en: <http://campus.fortunecity.com/auburn/868/elchile/>. Fecha de acceso: 14 de octubre de 2011.
- Ruiz, F. 1996. Horticultura Orgánica, Perspectivas para México. Departamento de Suelos, UACH. Pp. 1-15.
- Ruiz de la R. J. 2010. Producción forzada de hortalizas. Apuntes de curso de Programa de Ingeniero Agrónomo en Horticultura. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila, México.
- Sade, A. 2001. Sustratos y nutrición artificial, sistemas para establecer cosechas sin emplear suelo en los invernaderos||. En Revista Agricultura de las Américas. Limburgerhof, Alemania. Año 50, No 4. Agosto. pp. 24-31.
- Salinas y Rojas. 2000. Aspectos técnicos y básicos en la producción de compost. Pp. 4-10. Disponible en: <http://www.nada50.org/word/dworch>. Fecha de recuperación: 23 de octubre de 2011.
- Sánchez del C., F. 2008. Perspectivas de horticultura protegida en México. *In*. Módulo I. Introducción y fundamentos de la horticultura protegida. Primer curso de especialización en horticultura protegida. UACH. Departamento de Fitotecnia.
- Sánchez V., Javier. 2001. Fertirrigación: Principios, Factores, Aplicaciones. Seminario de Fertirrigación: Apukai-Comex Perú Lima.

Santibáñez, E. 1992. La Comarca Lagunera, Ensayo Monográfico. Tipográfica Reza S.A. Torreón Coahuila México. Pg. 14.

Statistical Analysis System (1998). SAS Institute inc V.6.12 Edition Cary N: C: U.S. A..

Schwentesi R. R., Gómez, M. A., y Gómez T. L. 2006. Agricultura orgánica de México. Edit. CIESTAAM. México. pp. 19-44.

Sevilla, E., M. Rendimiento y calidad del fruto de nueve genotipos de chile (*Capsicum annuum* L.) bajo condiciones de invernadero. Tesis Licenciatura. Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila.

Steiner, A.A. 1966. The influence of chemical composition of a nutrient solution on the production of tomato plants. *Plant Soil*. 24: 454-466.

Tejeda, M. and J. L. González. 2007. Application of different organic wastes on soil properties and wheat yield. *Agron J.*, 99, 1597-1606,.

Valenzuela, C. 2005. Elaboración de compost a partir de residuos orgánicos. INIFAP, Campo Experimental Costa de Ensenada. Baja California, México. pp. 1-16.

## VIII.- APÉNDICE

**Cuadro 1A.** Cuadrados medios y significancia de la altura de planta de chile Húngaro en mezclas de vermicompost y arena en casa sombra. UAAAN-UL.2011.

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Altura DDT</b>
Tratamientos	4	0.1036 NS
Repetición	4	0.2950 NS
Error	16	
Total	24	
C. V. (%)		6.7
Media		48.2 cm

\*,\*\* = Significativo al 5% y 1%, respectivamente.  
NS = No significativo

**Cuadro 2A** Cuadrados medios y significancia para diámetro basal de tallo de chile Húngaro en mezclas de vermicompost y arena en casa sombra. UAAAN-UL. 2011.

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Diámetro Basal de tallo</b>
Tratamientos	4	0.0001 **
Repetición	4	0.6167 NS
Error	16	
Total	24	
C. V. (%)		8
Media		1 cm

\*,\*\* = Significativo al 5% y 1%, respectivamente.  
NS = No significativo



**Cuadro 3A** Cuadrados medios y significancia para peso de fruto de chile Húngaro en mezclas de vermicompost y arena en casa sombra. UAAAN-UL. 2011.

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Peso</b>
Tratamientos	4	0.0002 **
Repetición	4	0.6097 NS
Error	16	
Total	24	
C. V. (%)		11.9
Media		14 gr

\*,\*\* = Significativo al 5% y 1%, respectivamente.  
NS = No significativo

**Cuadro 4A** Cuadrados medios y significancia para diámetro ecuatorial y diámetro polar de chile Húngaro en mezclas de vermicompost y arena en casa sombra. UAAAN-UL. 2011.

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrados medios</b>	
		<b>Diámetro ecuatorial</b>	<b>Diámetro polar</b>
Tratamientos	4	0.0674 NS	0.0475 *
Repetición	4	0.0204 NS	0.6804 NS
Error	16		
Total	24		
C. V. (%)		8	13
Media		2.2 cm	7.9 cm

\*,\*\* = Significativo al 5% y 1%, respectivamente.  
NS = No significativo

**Cuadro 5A** Cuadrados medios y significancia para número de lóculos y espesor de pulpa de chile Húngaro en mezclas de vermicompost y arena en casa sombra. UAAAN-UL. 2011.

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrados medios</b>	
		<b>Número de lóculos</b>	<b>Espesor de pulpa</b>
Tratamientos	4	0.1034 NS	0.2474 **
Repetición	4	0.3940 NS	0.0019 NS
Error	16		
Total	24		
C. V. (%)		8.5	14.4
Media		2	0.6 cm

\*,\*\* = Significativo al 5% y 1%, respectivamente.  
NS = No significativo

**Cuadro 6A** Cuadrados medios y significancia para rendimiento y número de frutos de chile Húngaro en mezclas de vermicompost y arena en casa sombra. UAAAN-UL. 2011.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios	
		Rendimiento	Número de frutos
Tratamientos	4	0.0001 **	0.0001 **
Repetición	4	0.0643 NS	0.0637 NS
Error	16		
Total	24		
C. V. (%)		18.2	15.5
Media		13 gr	26

\*, \*\*, NS = Significativo al 5% y no significativo respectivamente.