

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**Efecto de diferentes dosis de vermicomposta sobre la capacidad de  
producción y calidad de fruto en chile tipo mirasol.**

**POR**

**JASSIEL ESAU GARCÍA MACIAS**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO**

**FEBRERO DE 2016**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Efecto de diferentes dosis de vermicomposta sobre la capacidad de  
producción y calidad de fruto en chile tipo mirasol.

POR  
JASSIEL ESÁU GARCÍA MACÍAS.

TESIS

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

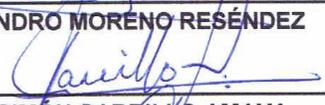
INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR

PRESIDENTE:

  
DR. ALEJANDRO MORENO RESÉNDEZ

VOCAL:

  
M.C. JOSÉ SIMÓN CARRILLO AMAYA

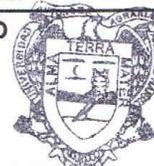
VOCAL:

  
M.C. MERCEDES GEORGINA RAMÍREZARAGÓN

VOCAL SUPLENTE:

  
DR. JOSÉ LUIS REYES CARRILLO

  
ME. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO



COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERA AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA

FEBRERO DE 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Efecto de diferentes dosis de vermicomposta sobre la capacidad de  
producción y calidad de fruto en chile tipo mirasol.

POR  
JASSIEL ESÁU GARCÍA MACÍAS.

TESIS

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

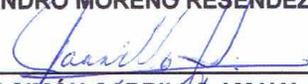
INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR

ASESOR PRINCIPAL:

  
Dr. ALEJANDRO MORENO RESÉNDEZ

ASESOR:

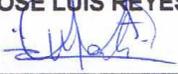
  
M.C. JOSÉ SIMÓN CARRILLO AMAYA

ASESOR:

  
M.C. MERCEDES GEORGINA RAMÍREZ ARAGÓN

ASESOR:

  
Dr. JOSÉ LUIS REYES CARRILLO

  
ME. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO



COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERA AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA

FEBRERO DE 2016

## AGRADECIMIENTOS

**A Dios** por permitirme estar en este momento en el lugar donde hice con mi vida algo productivo he importante para mí, conocí a la gente que supo conducirme, impulsarme y motivarme a estar en el lugar en el cual estoy ahora.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna** por darme la oportunidad de ser alguien en la vida, y prepararme para esta nueva etapa que está comenzando.

De manera partículas: **Al Dr. Alejandro Moreno Reséndez** por aportar y transmitir sus conocimientos, consejos y apoyo brindado para realizar este presente trabajo de investigación, en este nuevo ramo de la agricultura futura: agricultura orgánica.

**Al M.C. José Simón Carrillo Amaya** quien aparte de ser un excelente profesor y asesor de este trabajo también es mi tutor, gracias por el tiempo brindado la paciencia y consejos durante el tiempo transcurrido.

**Al Dr. José Luis Reyes Carrillo** por haber tenido la paciencia de explicarme el funcionamiento del programa EndNoteel cual fue de gran ayuda para realizar este trabajo

**A la M.C. Georgina** de la Universidad politécnica de Gómez Palacio por haber colaborado con este proyecto, ayudándonos a conocer los valores de capsaicina y fenólicos totales de nuestras muestras. Gracias

**Al Sr. Juan De Dios Mota Marín** el cual me apoyo con todo el trabajo de campo y toma de datos para realizar el presente trabajo. Gracias.

A todos los maestro de la universidad los cuales compartieron con migo sus conocimientos los cuales serán muy útiles en mi vida profesional. Gracias.

A todos mis compañeros y amigos con los cuales disfrute de muchos momentos inolvidables.

## **DEDICATORIAS**

A mis padres, Francisco Javier García Avalos y María del Carme Macías Nevares, por guiarme y apoyarme para siempre salir adelante, sé que cuento con ustedes hoy y siempre. Siempre les estaré infinita mente agradecido y nunca tendré con que pagarles todo lo que han hecho por mi lo quiero mucho. Gracias

A todas mis hermanas, en especial a mi hermana Zulma Arely García Macías que siempre me brindó su apoyo incondicional para seguir adelante hasta terminar mi carrera.

A mi novia, Alejandra Arroyo y a mi hija Danna Sofía García Arroyo, quien es el motivo que me impulsa a seguir adelante y tratar de ser el mejor, las adoro.

## ÍNDICE GENERAL

| Contenido                                               | Pág.      |
|---------------------------------------------------------|-----------|
| AGRADECIMIENTOS .....                                   | i         |
| DEDICATORIAS .....                                      | iii       |
| ÍNDICE GENERAL.....                                     | iv        |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....                                 | viii      |
| RESUMEN.....                                            | x         |
| 1. INTRODUCCIÓN.....                                    | 1         |
| II. LITERATURA REVISADA .....                           | 5         |
| <b>2.1 GENERALIDADES DEL CHILE .....</b>                | <b>5</b>  |
| 2.1.2 Origen.....                                       | 6         |
| 2.1.2 Características botánicas .....                   | 6         |
| 2.1.3 Clasificación taxonómica.....                     | 7         |
| 2.1.4 Características del <i>Capsicum annuum</i> L..... | 8         |
| 2.1.5 Estadísticas de la producción mundial .....       | 9         |
| 2.1.6 Estadísticas de la producción nacional .....      | 11        |
| 2.1.6.1 Principales estados productores.....            | 13        |
| 2.1.7 Recolección del mirasol en verde.....             | 13        |
| 2.1.8 Chile mirasol.....                                | 14        |
| 2.1.8.1 Problemática del chile mirasol en México.....   | 15        |
| 2.1.8.2 Factores climáticos .....                       | 15        |
| 2.1.8.3 Manejo agronómico.....                          | 17        |
| 2.1.8.4 Fenología del cultivo .....                     | 19        |
| 2.1.9 Valor nutricional de <i>C.annuum</i> .....        | 20        |
| 2.1.10 Componentes de la calidad del mirasol .....      | 24        |
| <b>2.2 EL VERMICOMPOST .....</b>                        | <b>28</b> |
| 2.2.1 Origen.....                                       | 28        |
| 2.2.2 Generalidades del Vermicompost.....               | 28        |
| 2.2.3 Definición.....                                   | 29        |
| 2.2.4 Características .....                             | 30        |
| 2.2.5 Elementos nutritivos del Vermicompost.....        | 31        |
| <b>2.3 Agricultura orgánica .....</b>                   | <b>31</b> |

|                                                                                  |           |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>                                           | <b>36</b> |
| <b>3.1 Localización geográfica y clima de la región llanera de Durango .....</b> | <b>36</b> |
| <b>3.1.1 Localización del experimento .....</b>                                  | <b>37</b> |
| <b>3.2 Material vegetal .....</b>                                                | <b>37</b> |
| <b>3.3 Abonos Orgánicos .....</b>                                                | <b>37</b> |
| <b>3.4 Diseño experimental .....</b>                                             | <b>37</b> |
| <b>3.5 Preparación del terreno .....</b>                                         | <b>38</b> |
| <b>3.6 Producción de planta.....</b>                                             | <b>41</b> |
| <b>3.7 Trasplante del chile.....</b>                                             | <b>42</b> |
| <b>3.8 Riego .....</b>                                                           | <b>43</b> |
| <b>3.9 Fertilización .....</b>                                                   | <b>43</b> |
| <b>3.10 Control de plagas y enfermedades .....</b>                               | <b>44</b> |
| <b>3.11 Aporques y deshierbes.....</b>                                           | <b>45</b> |
| <b>3.12 Muestro de planta.....</b>                                               | <b>46</b> |
| <b>3.13 Cosechas .....</b>                                                       | <b>46</b> |
| <b>3.14 Muestreo de frutos .....</b>                                             | <b>47</b> |
| <b>3.15 Variables evaluadas .....</b>                                            | <b>48</b> |
| <b>3.16 Análisis estadísticos.....</b>                                           | <b>54</b> |
| <b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>                                          | <b>55</b> |
| <b>4.1 Altura de planta .....</b>                                                | <b>55</b> |
| <b>4.2 Número de hojas por planta.....</b>                                       | <b>57</b> |
| <b>4.3. Inicio de floración.....</b>                                             | <b>59</b> |
| <b>4.4 Flores secas por planta .....</b>                                         | <b>62</b> |
| <b>4.5 Frutos maduros por planta.....</b>                                        | <b>63</b> |
| <b>4.6 Peso de fruto .....</b>                                                   | <b>66</b> |
| <b>4.7 Longitud de Fruto.....</b>                                                | <b>68</b> |
| <b>4.8 Espesor del pericarpio.....</b>                                           | <b>70</b> |
| <b>4.9 Número de lóculos .....</b>                                               | <b>71</b> |
| <b>4.10 Diámetro ecuatorial de fruto.....</b>                                    | <b>73</b> |
| <b>4.11 Rendimiento.....</b>                                                     | <b>74</b> |
| <b>4.12 Contenido fenólico total .....</b>                                       | <b>77</b> |
| <b>4.13 Capsaicina .....</b>                                                     | <b>80</b> |
| <b>V. CONCLUSIÓN .....</b>                                                       | <b>83</b> |

|                                    |           |
|------------------------------------|-----------|
| <b>VI. LITERATURA CITADA .....</b> | <b>84</b> |
|------------------------------------|-----------|

## ÍNDICE DE CUADROS

|                      |                                                                                                                  |                                      |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| <b>Cuadro 1.</b>     | <b>Clasificación taxonómica del <i>Capsicum annuum</i> L.....</b>                                                | <b>8</b>                             |
| <b>Cuadro 2.</b>     | <b>Dosis de vermicompost más un testigo químico utilizados en el cultivo de chile en campo<br/>.....</b>         | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| <b>Cuadro 3.....</b> | <b>- Fertilizantes utilizados en el tratamiento 6 (T6) utilizados en el cultivo de chile campo abierto .....</b> | <b>45</b>                            |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Producción promedio de 2006 al 2013 de los principales países productores de chile ( <i>C. annuum</i> ) fresco en el mundo.(Lucas-Santoyo, 2012).....          | 10 |
| Figura 2. Producción promedio de 2006 al 2013 de los países productores de chile ( <i>C. annuum</i> ) seco en el mundo(FAOSTAT, 2013).....                               | 11 |
| Figura 3. Producción (A) y superficie establecida (B) de chile mirasol en México de 2000 al 2009, según los su finalidad de consumo. Misma simbología ambas gráfica..... | 13 |
| Figura 4. Altura de planta de chile mirasol, bajo condiciones de campo con diferentes dosis de VC.....                                                                   | 56 |
| Figura 5. Número de hojas por planta de chile mirasol, bajo condiciones de campo con diferentes dosis de VC.....                                                         | 59 |
| Figura 6. Flores por planta después de 40 días de trasplante de chile mirasol, bajo condiciones de campo con diferentes dosis de VC.....                                 | 61 |
| Figura 7. Flores por planta después de 55 días de trasplante de chile mirasol, bajo condiciones de campo con diferentes dosis de VC.....                                 | 62 |
| Figura 8. Número de flores secas por planta de chile mirasol, bajo condiciones de campo con diferentes dosis de VC.....                                                  | 63 |
| Figura 9. Frutos maduros por planta después de 78 días de trasplante de chile mirasol, bajo condiciones de campo con diferentes dosis de VC.<br>.....                    | 65 |
| Figura 10. Frutos maduros por planta después de 86 días de trasplante de chile , bajo condiciones de campo con diferentes dosis de VC.....                               | 66 |
| Figura11. Peso de fruto (g) de chile mirasol, bajo condiciones de campo con diferentes dosis de VC.....                                                                  | 68 |
| Figura 12. Longitud de fruto de chille mirasol, bajo condiciones de campo con diferentes dosis de VC.....                                                                | 70 |

|                                                                                                                             |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Figura 13. Espesor del pericarpio de chile mirasol, bajo condiciones de campo con diferentes dosis de VC.....</b>        | <b>72</b> |
| <b>Figura 14. Número de lóculos de chile mirasol, bajo condiciones de campo con diferentes dosis de VC.....</b>             | <b>73</b> |
| <b>Figura 15. Diámetro ecuatorial del fruto de chile mirasol, bajo condiciones de campo con diferentes dosis de VC.....</b> | <b>75</b> |
| <b>Figura 16. Rendimiento (kg) de chile mirasol, bajo condiciones de campo con diferentes dosis de VC.....</b>              | <b>76</b> |
| <b>Figura 17. Contenido fenólicos totales en chile mirasol bajo condiciones de campo con diferentes dosis de VC.....</b>    | <b>79</b> |
| <b>Figura 18. Contenido de capsaicina en chile mirasol, bajo condiciones de campo con diferentes dosis de VC.....</b>       | <b>81</b> |

## RESUMEN

En la actualidad existe gran preferencia entre los consumidores por los alimentos frescos, libres de agroquímicos, inocuos y con alto valor nutricional; una alternativa para su generación es la producción orgánica, sistema que prohíbe el uso de productos sintéticos. La presente investigación se llevó a cabo durante el ciclo primavera-verano del año 2014 a campo abierto en una parcela ubicada en la localidad de J. Agustín Castro Dgo, municipio de Peñón Blanco, la cual forma parte de la región de los llanos. El objetivo del trabajo evaluar el potencial productivo de fruto fresco y seco de chile tipo mirasol y su calidad como el contenido fenólico, aplicando diferentes dosis de vermicompost, se evaluaron seis tratamientos: T1 (6 t ha<sup>-1</sup> VC), T2 (8 t ha<sup>-1</sup> VC), T3 (10 t ha<sup>-1</sup> VC), T4 (12 t ha<sup>-1</sup> VC), T5 (14 t ha<sup>-1</sup> VC) y un testigo T6 (180-100-00). Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones. La parcela experimental fue de 11.4 m<sup>2</sup>, cuatro surcos de 3.0 x 0.95 m de largo y ancho respectivamente, Las plantas se colocaron a hilera sencilla con una separación de 0.5 m entre planta y planta, para tener una densidad de 21,000 plantas•ha. La siembra se llevó a cabo el día 15 de febrero del 2014, en charolas de 200 cavidades, utilizándose como medio de cultivo el sustrato Peatmoss. El trasplante se realizó a los 59 días después de la siembra el martes 15 de abril del 2014. Las variables evaluadas fueron, altura de planta, hojas por planta, número de flores, número de flores abortadas, número de frutos, peso de fruto, rendimiento, longitud de fruto, espesor del pericarpio, diámetro ecuatorial del fruto, número de lóculos, contenido de compuestos fenólicos totales y capsaicina. Para evaluar efecto de los tratamientos sobre las variables en estudio, se aplicaron análisis de varianza y pruebas de comparación de media DMS al 5 por ciento realizado mediante el programa estadístico SAS. Los resultados más altos tanto como para el rendimiento, calidad y contenido total fenólico, se registraron en los tratamientos T4 y T5, que son los que tienen las dosis más altas de vermicompost, superando al testigo en todas las variables evaluadas. Por lo tanto es posible concluir que la VC es capaz de satisfacer las necesidades nutritivas del chile (*C.annuum* L.) tipo mirasol sin la necesidad de aplicar fertilizantes sintéticos.

**PALABRAS CLAVE:** Alimentos Inocuos, *Capsicum annuum*, contenido fenólico, producción orgánica, vermicompost.

## 1. INTRODUCCIÓN

La producción de chile (*Capsicum annuum* L.) en el mundo se extiende a varios países, pero solo en siete de ellos, de distintos continentes, se ha encontrado en los últimos años la mayor parte de la producción, entre los principales países productores de chile fresco en los últimos años destaca China como mayor productor concentrando más del 50 por ciento de la producción mundial..(Olivares, 2013)

El chile es un producto con una tradición milenaria en México. La historia ha permitido conocer que existen restos arqueológicos que datan de 5,000 a 7,000 mil años A.C., en el Valle de Tehuacán; inclusive se especula que pudo haber sido el primer cultivo realizado por el hombre mesoamericano. En varios sitios arqueológicos han sido encontrados evidencias de la existencia de Chile en la época prehispánica como semillas carbonizadas o partes de semillas(ASERCA, 1995)

El chile después del jitomate, es el cultivo hortícola más importante desde el punto de vista socioeconómico y alimenticio en México. En el estado de Durango el cultivo de chile es el más importante que el jitomate. Los cultivos hortícolas y en específico el chile, tienen altos requerimientos de agua y nutrimentos (FAOSTAT, 2013)

En el ámbito nacional la especie de chile tipo mirasol que comprende las especies guajillo, puya y cascabel principal mente, se siembra con cierta

exclusividad en el estado de Zacatecas. No obstante se han reportado superficies en varios estados del país, entre ellos Durango y Coahuila, lo que significa que tiene potencial productivo esta especie (FAO, 2014)

La importancia económica del cultivo de chile de diferentes tipos, radica en que México ocupa el segundo lugar mundial después de China con un volumen de producción de 1.99 millones de toneladas (FAOSTAT, 2013)

El consumo de *C. annumm* proporciona al ser humano minerales, fibras, agua y antioxidantes. Estos elementos contribuyen a conservar una buena salud y calidad de vida en las personas (Nuez *et al.*, 2003). Su fruto se caracteriza por la producción de fenoles como producto de su metabolismo secundario, algunos de los cuales son indispensables para su funcionamiento y otros son útiles en los mecanismos de defensa bajo situaciones de tensión y contra el ataque de organismos patógenos. También se vincula el consumo de estos fotoquímicos con beneficios a la salud debido a sus propiedades antioxidantes y anticancerígenos (Cabrera-Soto *et al.*, 2009).

En la actualidad, debido a los riesgos a la salud derivados por el abuso de los agroquímicos en los cultivos, los consumidores están más interesados en consumir productos más sanos, libres de agroquímicos y con un alto valor nutricional, por lo que es necesario encontrar sistemas de producción los cuales satisfagan estas necesidades, siendo uno de los caminos la agricultura orgánica.

(Parcero, 2014). En relación a la fertilización de los cultivos, está tradicionalmente se ha llevado a cabo con fuentes inorgánicas debido a su mayor solubilidad, sin embargo, estos pueden originar un daño a la salud humana, además de incrementar costos de producción a los cultivos. Debido a lo anterior, hoy en día existe un creciente interés por utilizar fuentes orgánicas para abonar los suelos donde se desarrollan las especies vegetales (Alvarez *et al.*, 2008).

La utilización de abonos orgánicos en el cultivo del mirasol, tiene un gran interés científico y tecnológico para obtener rendimientos satisfactorios en beneficio de los agricultores ya que se ofertarán en los mercados productos más apetecibles y saludables para el consumidor, lo que contribuye a la seguridad alimentaria, además con el empleo de este tipo de materiales se logra un menor costo de producción y aplicación y se mejoran los suelos deteriorados por el uso de agroquímicos (Parcero, 2014, Alvarado-Navarro *et al.*, 2012)

Por otro lado se reconoce que, derivado de las actividades antropogénicas se genera una gran cantidad de residuos orgánicos, que potencialmente pueden ser reutilizados como abonos naturales, en beneficio de las especies vegetales. El empleo de estos materiales, incorporados al suelo puede potencialmente: a) mejorar sus características físicas – químicas y biológicas, b) reducir el uso o sustituir la aplicación de fertilizantes sintéticos, c) aumentar la humedad disponible para las plantas, y d) incrementar el precio de los productos agrícolas, cuando se garantiza su inocuidad. (Moreno, 2011)

Adicionalmente se ha determinado que el vermicompost (VC) o humus de lombriz, generado a partir de diversos residuos orgánicos (estiércoles, residuos industriales y municipales, podas de jardín, lodos de plantas tratadoras de agua, entre otros), posee características, físicas, químicas y microbiológicas, que favorecen no sólo el desarrollo de las especies vegetales, sino que además mejoran las condiciones del medio donde se lleva a cabo el desarrollo de los cultivos, provocando efectos favorables sobre la calidad de los productos agrícolas. Ante esta diversa y compleja problemática resulta de vital importancia, para la humanidad, generar alternativas científicas y tecnológicas, que permitan mantener e incrementar la producción de alimentos de calidad. (Atiyeh *et al.*, 2000)

Por lo anterior se planteó este trabajo de investigación, que tiene como finalidad la evaluación de diferentes dosis de vermicompost en el cultivo de chile mirasol, en base a su rendimiento y calidad, bajo condiciones de campo, que permita generar alternativas para la producción de dicha hortaliza.

### **1.1 Objetivo**

Evaluar el potencial productivo de fruto fresco y seco de chile tipo mirasol y su calidad, aplicando diferentes dosis de vermicompost en los Llanos de Durango.

### **1.2. Hipótesis**

La calidad y capacidad de producción de chile Mirasol, desarrollado a cielo abierto, se verá favorecida al aplicar vermicompost como fuente de fertilización.

### **1.3 Meta**

Obtener la dosis adecuada de VC para satisfacer las necesidades de cultivo de chile tipo Mirasol en la región de los llanos Durango. Además conocer si la cantidad de VC influye en la calidad del fruto de chile.

## **II. LITERATURA REVISADA**

### **2.1 GENERALIDADES DEL CHILE**

### **2.1.2 Origen**

El *C. annuum*L. Es un producto con una tradición milenaria en México. La historia ha permitido conocer que existen restos arqueológicos que datan de 5,000 a 7,000 mil años A.C., en el Valle de Tehuacán; inclusive se especula que pudo haber sido el primer cultivo realizado por el hombre mesoamericano. En varios sitios arqueológicos han sido encontrados evidencias de la existencia de Chile en la época prehispánica como semillas carbonizadas o partes de semillas.(ASERCA, 1995)

El centro de origen y/o domesticación del *C. annuum*L es Mesoamérica, más propiamente México y Guatemala. México es el país que presenta la mayor variabilidad de formas cultivadas y silvestres, la cual se encuentra ampliamente distribuida en todo el país. Esta diversidad ha sido descrita con base a la clasificación comercial de los frutos, realizada dentro de varios tipos de chile (Pozo, 2002)

### **2.1.2 Características botánicas**

El chile es una Solanácea con seis especies principales y diez especies secundarias. Es una planta anual, herbácea, de crecimiento determinado. Su raíz es pivotante con numerosas raíces adventicias, alcanzando una profundidad de 70-120 cm. La altura de las plantas varía de 0.30 a 1.0 m. según las variedades. La flor del chile es frágil. El fruto es una baya generalmente amarilla o roja en su madurez. Las semillas son aplastadas y lisas, pudiendo contarse de 150 – 200 por gramo; ricas en aceite y conservan su poder germinativo durante tres o cuatro años. (Licona, 2006). El género *Capsicum* comprende tipos o variedades como mirasol,

pimiento, jalapeño, serrano, habanero, etc... dependiendo de la variedad y uso. De acuerdo a la clasificación taxonómica del chile, también puede ser sub-clasificado por la especie. (Elizalde, 2008)

### 2.1.3 Clasificación taxonómica

Los frutos de *C. annuum* L. pueden ser de color verde, amarillo, también se presentan varios tonos de café, púrpura y rojo, también varía la intensidad de picante, siendo algunos extremadamente picosos, otros medianamente y otros pueden ser dulces Cuadro 1. La intensidad de lo picante se debe a su principal componente la Capsaicina. Otra característica de valor taxonómico se considera en las variedades chile, incluye el grosor del fruto y la forma de fructificación, ya sea erecta o colgante. El tamaño del fruto, su precocidad y la resistencia a enfermedades constituyen otros importantes aspectos de importancia que varía ampliamente este cultivo. (Lucas-Santoyo, 2012)

**Cuadro 1. Clasificación taxonómica del *Capsicum annuum* L.**

|          |               |
|----------|---------------|
| Reino    | Plantae       |
| División | Magnoliophyta |
| Orden    | Magnoliopsida |

---

|         |                 |
|---------|-----------------|
| Clase   | Solanales       |
| Familia | <i>Capsicum</i> |
| Especie | <i>annuum</i>   |

---

Fuente: Wikipedia.org

#### **2.1.4 Características del *Capsicum annuum* L.**

*Capsicum annuum* es un conjunto de cultivares, de porte y tamaños muy diferentes, desde rastreros hasta arbustivos. Aunque la mayoría de ellos viven menos de un año, algunos cultivares duran varios años y llegan a ser arbustivos. El crecimiento es simpodial; tallos y ramas se forman de sectores en cuyo nudo superior hay por lo general yemas florales y dos ramillas que forman un dicasio, la rama más grande continua el crecimiento y en su nudo superior se repite la secuencia de inflorescencia y ramas. El tamaño y formas de las hojas varían considerablemente aun en una misma planta; la lámina es generalmente elíptica, con el ápice agudo y la base a casi siempre es asimétrica (Nuez *et al.*, 2003)

Las flores son de color blanco, en algunas ocasiones son verdosas y solitarias en cada nudo, ocasionalmente fasciculadas. El cáliz cónico, verde, se divide en el borde superior en cinco dientes agudos, los pedicelos a menudo pendientes en la antesis y la corola blanca lechosa (ocasionalmente purpura), sin manchas difusas en la base de los pétalos, los cuales son usualmente rectos. Las flores de los chiles se abren en las primeras horas de la mañana y poco después las anteras comienzan a descargar polen. La posición del pistilo, situado entre las anteras, hace posible que en la mayoría de los casos haya autopolinización. La

especie *C. annuum* presenta la mayor diversidad de frutos del género *Capsicum*, en cuanto a la forma del fruto, tamaño y color. (Nuez *et al.*, 2003)

El fruto puede alcanzar distintos tamaños, desde poco menos de un centímetro hasta 30 cm de largo, y las formas van de lo redondo a lo alargado, en colores que oscilan de distintos tonos de amarillo y verde en estado inmaduro a rojo y hasta café al madurar. El cáliz de los frutos maduros no presentan constricción anular en la unión con el pedicelo, las venas de los frutos a menudo son prolongadas en dientes cortos, la carne de fruto usualmente firme (blanda en ciertos cultivares), además sus semillas son de color claro. Su número cromosómico  $2n=24$ , con dos pares acrocentricos(Nuez *et al.*, 2003)

### **2.1.5 Estadísticas de la producción mundial**

La producción de *C.annuum* en el mundo se extiende por varios países, pero solo en siete de ellos, de distintos continentes, se concreta la mayoría de la producción. En la Figura 1 se muestra la producción promedio por año de los principales países productores de chile fresco de 2006 al 2013, en la que destaca China como principal productor concentrando más del 50 por ciento del total mundial.

En lo que respecta a la producción de chile seco ( que ha sido procesado para deshidratarlo), según los datos de(FAOSTAT, 2013), en los últimos años, ésta se ha concentrado en los países asiáticos, encabezados por India, China, y Bangladesh ( Figura 2), México se ubica en décimo lugar, trayendo como consecuencia que grandes volúmenes de chile seco sean importados de China y

Perú, vía Estados Unidos con entrada libre de aranceles debido al tratado de libre comercio de América del Norte- TLCAM (Morales and González, 2005)

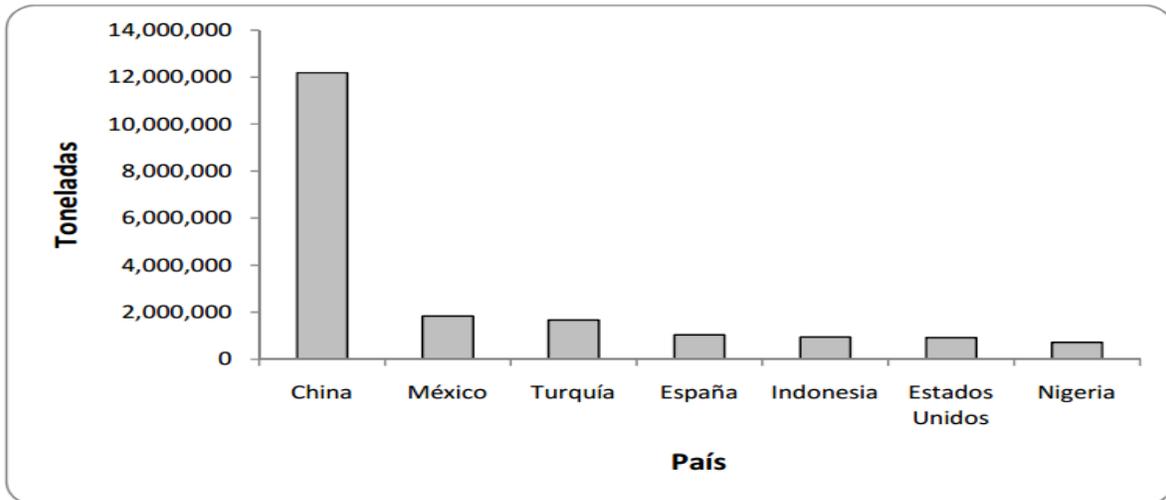


Figura 1. Producción promedio de 2006 al 2013 de los principales países productores de chile (*C. annuum*) fresco en el mundo.(Lucas-Santoyo, 2012)

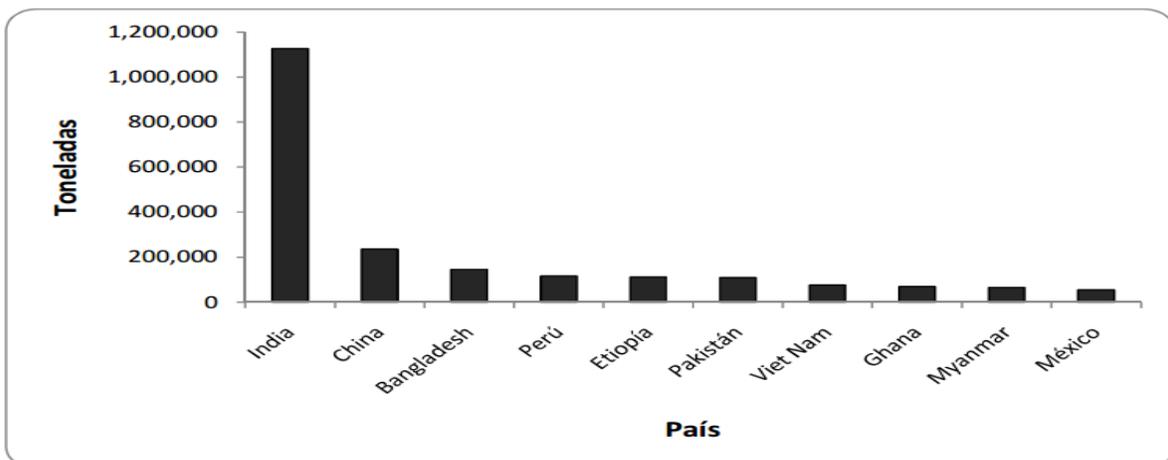


Figura 2. Producción promedio de 2006 al 2013 de los países productores de chile (*C. annuum*) seco en el mundo(FAOSTAT, 2013)

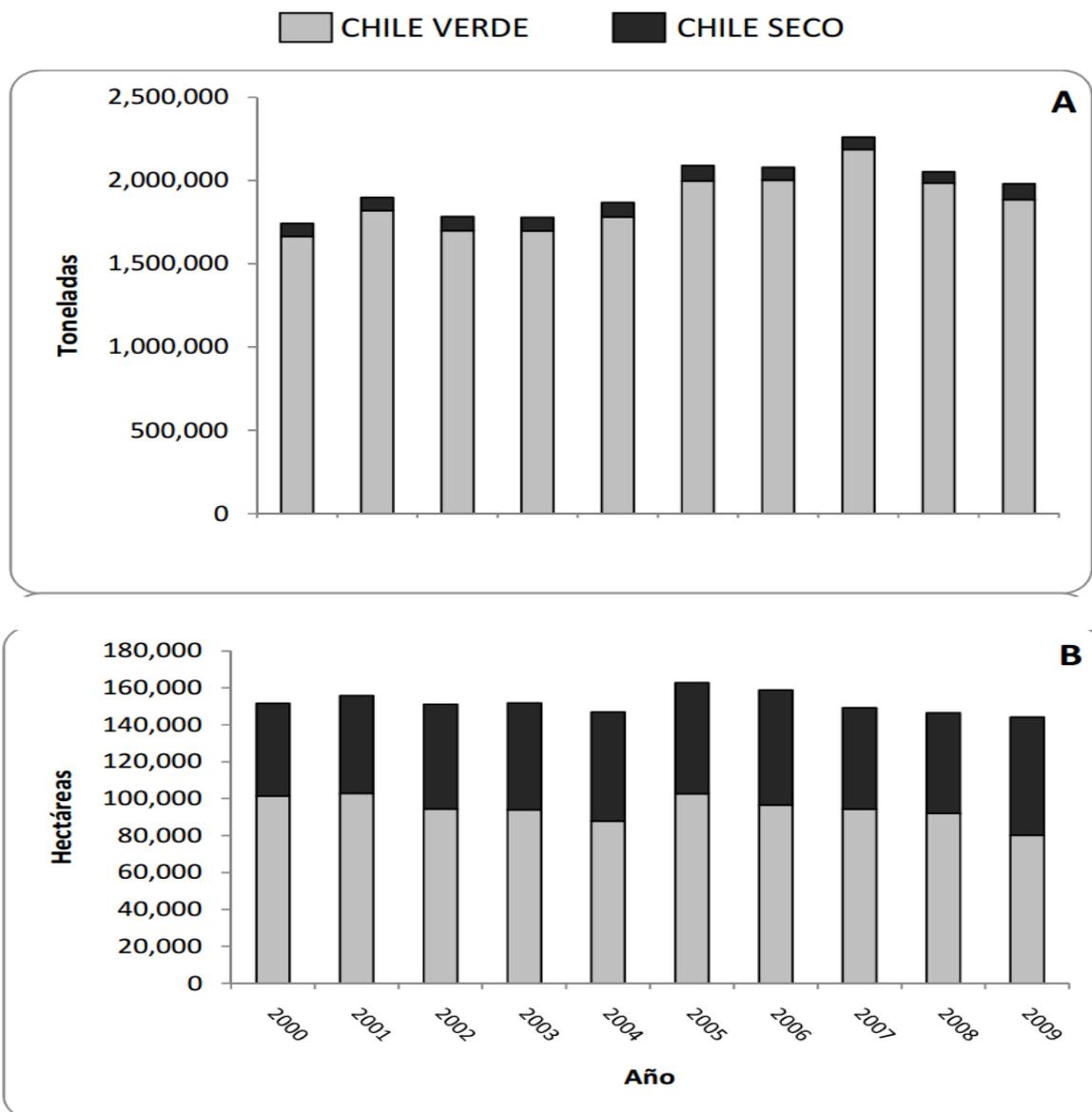
### 2.1.6 Estadísticas de la producción nacional

México destaca a nivel mundial por tener la mayor variabilidad genética de *C. annuum*, lo que ha dado origen a numerosas variedades o tipos de chiles en nuestro país. Actualmente se estima que existen más de 40 tipos de chiles, entre los que destacan el jalapeño, ancho, pasilla, mirasol, serrano y de árbol (Nuez *et al.*, 2003). Debido a la variedad de especies la producción de chile en México se extiende prácticamente por todas las entidades federativas, ya que en algunos estados se produce chile deshidratado, mientras que en otros, la producción se destina para su consumo en fresco. En la actualidad, casi 50 por ciento del chile verde que se consume en México proviene de China, mientras que el chile seco se importa de la India, señaló el presidente del Comité Nacional Sistema Producto Chile, destacó que el chile nacional cuenta con certificado para su exportación a nivel internacional, en tanto que el producto importado no cuenta con las reglamentaciones necesarias para su consumo en el país. (López, 2014).

Aunque México es el principal consumidor de chile en el mundo, ocupa el segundo lugar a nivel mundial en cuanto a producción de chile verde, Los principales importadores de chiles frescos son Estados Unidos, Alemania, Reino Unido, Francia, Canadá y Rusia; en tanto que los mayores importadores de chiles secos son Estados Unidos, Malasia y Tailandia, (FAOSTAT, 2013)

La producción de chile en México se divide según la forma de consumo, ya sea en fresco o en seco (SIAP, 2014). En la figura 3a se muestra la variación que ha

sufrido en los últimos diez años la producción de chile fresco y seco, en ella se aparece que más del 95 por ciento de la producción de chile en México se destina para consumo fresco. En la figura 3b se muestra la superficie establecida con chile en México durante los últimos diez años, donde del total de la superficie en la que se cultiva chile, el 62 por ciento corresponde para su consumo en fresco mientras el 38 por ciento que resta se establece con chile para deshidratar. (Lucas-Santoyo, 2012)



**Figura 3. Producción (A) y superficie establecida (B) de chile mirasol en México de 2000 al 2009, según los su finalidad de consumo. Misma simbología ambas gráficas.**

Fuente (Lucas-Santoyo, 2012)

#### **2.1.6.1 Principales estados productores**

La importancia del chile en México se extiende a cada uno de sus estados y regiones, debido a su diversidad genética, logrando que su producción en diversos climas y topografías (Pozo, 2002).

En México se producen 2 millones 023 mil 399 toneladas de chile verde, siendo los principales estados de producción Sinaloa, Chihuahua, Guanajuato, Zacatecas y Sonora, que concentran 67 por ciento.(López, 2014)

#### **2.1.7 Recolección del mirasol en verde**

La recolección o cosecha del chile tipo mirasol en verde no es una forma común entre los productores, debido al bajo precio que este puede llegar a alcanzar. La mayoría de los productores de chile mirasol lo usan para secado, siendo así económicamente más rentable.

Los precios y demanda por un lado y las temperaturas por otro, son los dos factores que van a determinar el momento y la periodicidad de esta operación, recolectándolo antes de su madures fisiológica la cual es cuanto casi toda la superficie del chile se torna de un color verde, intenso u obscuro.(Parcero, 2014)

### **2.1.8 Chile mirasol**

Se trata de un chile que se utiliza mucho, sobre todo en estado seco. Aunque actualmente se le cultiva comercialmente, es una de las especies que aún conserva una de las características propias de las especies silvestres, la del fruto que crece viendo hacia arriba, aunque en algunas variedades, sobre todo en las de mayor tamaño el fruto puede colgar.(Lucas-Santoyo, 2012)

De esa característica procede precisamente su nombre común, mirasol, y el que se le da en algunas regiones como, miracielo parado. Poseedor de un sabor particular por sus características, como aroma y carnosidad, se le utiliza para elaborar moles, adobos y salsa. Son ligeramente picantes (2,500-5,000 Unidades Scoville) y se usa principalmente seco, entonces recibe el nombre de chile guajillo. La forma del fruto puede ser alargada puntiaguda, de cuerpo cilíndrico. Todos los chiles de este grupo maduran en un color rojo vivo y adquieren un tono guinda transparente al secarse, (López, 2003)

A este chile, se le conoce con otros nombres: en estado fresco como puya, miracielo, mira pal'cielo, real mirasol etc.; deshidratado como guajillo, costeño, puya, cascabel, Catarina. (Alvarado N., 2012)

### **2.1.8.1 Problemática del chile mirasol en México**

La principal limitante del cultivo de chile mirasol en México y específicamente en Zacatecas, líder productor de este chile, es la enfermedad llamada “secadera” como comúnmente se conoce, causada por *Phytophthora capsici*, *Fusarium* spp, *Rhizoctonia* spp, *Verticillium* spp y *Sclerotium* spp. Esta enfermedad prolifera debido a que la mayoría de los productores realizan prácticas que favorecen su aparición, como uso de semillas susceptibles, trasplante de raíz desnuda y el uso de surcos de más de 100 metros de longitud, que favorece el exceso de humedad, entre otras (Cabañas and Galindo, 2008). Otros aspectos que influyen en los bajos rendimientos y mala calidad de los frutos de chile mirasol son: control de plagas y enfermedades, fertilización, riegos, densidad de plantación, control de maleza, época de trasplante, y labores de cultivo (Sandoval, 2012)

### **2.1.8.2 Factores climáticos**

El correcto manejo de los factores climáticos dentro de los cuales cabe destacar, temperatura diurna y temperatura nocturna, humedad relativa y radiación luminosa son aspectos fundamentales a considerar en un adecuado desarrollo vegetativo y generativo del chile mirasol. Conocer sus valores óptimos y críticos además de sus relaciones facilitara un apropiado manejo del cultivo. (López, 2014)

La temperatura influye en la mayoría de los procesos fisiológicos que se realizan para el crecimiento y desarrollo de las plantas están fuertemente ligados a la temperatura; en términos generales, la temperatura ejerce su principal influencia en la absorción de agua y nutrimentos. El chile mirasol tiende a desarrollarse bajo

temperaturas cálidas, idealmente se considera que debe oscilar entre 18 y 28 °C (Nuez *et al.*, 2003).

Los rangos de temperatura predominantes cambian de acuerdo a la etapa fenológica del cultivo; durante la germinación se considera que la temperatura óptima debe estar entre 20 y 25 °C, la mínima 13°C y máxima de 40 °C; durante el crecimiento vegetativo la temperatura óptima debe oscilar de 20-25°C durante el día y 16-18°C en la noche, la mínima de 15 °C y la máxima de 32°C; mientras que en la floración y fructificación , la temperatura optima debe oscilar de 26 a 28 °C en el día y de 18 a 20 °C en la noche, la temperatura mínima debe ser de 18°C y la máxima de 35°C(Berríos *et al.*, 2009).

Las temperaturas nocturnas condicionan, en términos generales, el crecimiento de la planta de pimiento y en particular los procesos de floración y fructificación (Berríos *et al.*, 2009). Ya que con varias noches frías, los frutos resaltan aplanados y deformes, con baja o nula calidad para el mercado, las deformaciones en la flor incluyen pétalos anormales y curvados que no expanden correctamente, estambres más cortos con bajo contenido de polen y baja germinación del mismo, y ovarios agrandados con estilos más cortos comparados con las flores desarrolladas en las temperaturas óptimas. (Parcero, 2014)

El chile en una planta muy exigente en luminosidad, sobre todo en los primeros estados fenológicos y durante la floración, aunque si la intensidad de la radiación solar es demasiado alta, se puede producir partiduras de fruta, golpes de

sol, y la coloración irregular a la madurez, aunque un follaje abundante ayuda a prevenir quemaduras del sol (Berríos *et al.*, 2009). El sombreado tiene un efecto negativo en la floración, ya que propicia a una caída de flores que se ve reflejado en el rendimiento. (Lucas-Santoyo, 2012)

La humedad relativa óptima oscila entre los 50 y 70 por ciento, aunque humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades foliares y dificultan la fecundación. La coincidencia de altas temperaturas y baja humedad relativa puede ocasionar la caída de flores y de frutos cuajados. (Berríos *et al.*, 2009)

### **2.1.8.3 Manejo agronómico**

Además de los factores climáticos, el manejo del cultivo constituye una de las piezas fundamentales para el éxito en la producción de chile, ya que el fenotipo (crecimiento vegetativo, rendimiento, etc.) dependerá del genotipo y su interacción con los factores climáticos, incluyendo el manejo del cultivo. (Cubero, 2008).

El suelo debe tener una buena capacidad de drenaje y una buena estructura física, se recomienda que el suelo donde se cultive el chile mirasol tenga considerables cantidades de materia orgánica, ya que en estas condiciones se logra mayor acumulación de biomasa, mayor número de frutos por planta, así como mayor peso fresco y seco del fruto. El 70 por ciento del volumen radical del chile se encuentra en los primeros 20 cm de profundidad, por lo que se considera que un

suelo con 60 cm de profundidad es el adecuado para la producción de chile (Berríos *et al.*, 2009).

El pH del suelo debe variar de 6.5 a 7.0, para que sean asimilables todos los elementos nutritivos. La alta salinidad es un factor limitante para el cultivo del chile, considerándolo moderada mente sensible., la cual puede ser causada por un manejo excesivo de fertilizantes, falta de agua para drenar el suelo y/o agua de riego con alta conductividad eléctrica –CE- (Berríos *et al.*, 2009). Para que no se vea afectado el rendimiento potencial del chile, la CE en el extracto saturado del suelo debe ser menor 1.5 dS-/cm y el agua de riego menor 1 dS-/cm.

El manejo apropiado del riego es esencial para asegurar un alto rendimiento y una alta calidad. Al aire libre el mirasol necesita hasta 4,500 m<sup>3</sup> de agua -/ha<sup>1</sup>. La escasez de agua produce un crecimiento reducido en general, y de manera particular una baja absorción de calcio, conduciendo al desequilibrio por la deficiencia de este elemento, causando una pudrición apical en la fruta, la floración también es afectada por la sequía, ya que aumenta la absorción de flores.(Katerji *et al.*, 2003) el estrés por falta de agua hasta las primeras etapas de crecimiento de la planta es el lapso más crítico ya que reduce la cosecha significativamente, pues se reduce el número de hojas por lo tanto el área foliar, por lo tanto la producción de carbohidratos se ve afectada (Katerji *et al.*, 2003).

La densidad de la raíz se reduce un 20 por ciento bajo condiciones de estrés de agua, comparado con plantas suficientemente regadas. El agua de riego

con un pH elevado generalmente contiene altos niveles de bicarbonatos y carbonatos tanto como de calcio como de magnesio. Se recomienda la acidificación del agua para reducir el pH a 5-6 antes que llegue a la planta. Esta práctica contribuirá al mejoramiento de la disponibilidad de ciertos nutrientes, tales como P, Fe, Zn, Cu, Mn Y B, evitando la precipitación de sales insolubles que podrían bloquear el sistema de riego por goteo(Berríos *et al.*, 2009).

El chile es un cultivo que presenta una gran demanda nutricional, principalmente durante las etapas de floración, cuaje y desarrollo de frutos, aunque dicha demanda está en función de la biomasa total que se acumula durante el ciclo del cultivo y del requerimiento interno nutrimental. Este último parámetro se refiere a la concentración del nutrimento de interés en la biomasa aérea total, obtenido al momento de la cosecha bajo una nutrición óptima y es independiente del rendimiento, las curvas de absorción muestran que el orden de extracción de elementos en el cultivo de chile es de: K>N>Ca>Mg>S>Fe>Mn>B>Cu (Villa et al., 2011, Lucas-Santoyo, 2012)

#### **2.1.8.4 Fenología del cultivo**

La fenología del cultivo comienza con la germinación, que es el desarrollo del sistema radical el cual será determinadamente para el resto del ciclo, en chile mirasol ocurre a los 25 días después de la siembra, después ocurre la emergencia que se refiere a la formación o aparición de la parte aérea de la plántula (Berríos et al., 2009, Lucas-Santoyo, 2012), para el chile mirasol se recomienda realizar el trasplante a los 30 días después de la emergencia cuando las plántulas alcancen

aproximadamente 15 cm de altura y de cinco a seis hojas verdaderas. El crecimiento vegetativo comienza con la emergencia y finaliza hasta la cosecha, mostrando mayor vigor durante los primeros 70-75 días después del trasplante (Cabañas and Galindo, 2008).

El chile mirasol el inicio de la floración varía de acuerdo a las condiciones atmosféricas prevalentes, la fructificación inicia días después de la floración, ya que a partir de ese momento ambos procesos estarán ocurriendo a la par en el tiempo restante del ciclo. La primera cosecha se logra a los 85 días después del trasplante (ddt) Los frutos empiezan a desarrollarse y a crecer, y se logra en este periodo la mayor acumulación de materia seca en la fruta a un ritmo relativamente estable, considerándolo como un periodo crítico en el ciclo del cultivo (Berríos *et al.*, 2009).

#### **2.1.9 Valor nutricional de *C.annuum***

El contenido nutricional del chile es alto en comparación con otras hortalizas de amplio consumo, como por ejemplo el jitomate *Solanumlycopersicum*L. (Nuez *et al.*, 2003, Lucas-Santoyo, 2012). Los frutos de chile son ricos en vitaminas A, C, B, B2 y P. El contenido de vitamina A es elevado, encontrándose en forma de provitaminas como  $\alpha$  y  $\beta$ -caroteno y criptoxantina, las cuales son transformadas en vitamina A en el hígado de los humanos, aunque la forma más importante es el  $\beta$ -caroteno ya que se encuentra en mayor proporción, además que cada molécula equivale a dos de vitamina A, mientras que las otras dos formas solo proporcionan una moléculas de vitamina A por molécula de provitamina, se estima que con 3-4 g

de chile rojo se cubren los requerimientos diarios de vitamina A de una persona adulta (Lucas-Santoyo, 2012).

El contenido de vitamina se ve afectado por varios factores de tipo agronómico como lo es el cultivo en condiciones de campo o invernadero, densidad de plantación, riego, estado de madures del fruto, etc. (Nuez *et al.*, 2003). Por ejemplo, el efecto del color del fruto en fresco y en secado al sol fue estudiado por (Molina, 2009) al determinar la actividad antioxidante de compuestos fenólicos libres, de cuatro tipos de pimiento: verde, rojo, amarillo, y anaranjado. La mayor actividad antioxidante en fruto fresco correspondió a pimientos de color amarillo y anaranjado, así mismo encontraron efectos positivos en la actividad antioxidante después de haber sometido los pimientos al secado del sol.

En el chile la mayor parte de los azúcares sencillos están representados por la glucosa (90-98 por ciento), el resto lo compone la sacarosa, y la pectina que está presente en un 3-7 por ciento, además un alto porcentaje de la materia seca correspondiente a la fibra (20-24 por ciento). En el chile también se encuentran ácidos volátiles, lípidos, aminoácidos, proteínas, ácidos orgánicos y sustancias minerales (Lucas-Santoyo, 2012). El contenido de agua en pimientos varía de un 82-92 por ciento, mientras que en los chiles picantes se encuentra alrededor de 70 por ciento (Nuez *et al.*, 2003)

#### **2.1.9.1 Capsaicina**

La capsaicina (ausente en las variedades dulces) es la sustancia en los frutos de chile que produce una fuerte sensación de quemazón en el contacto con los receptores del sentido del gusto, y su contenido determina el picor o agudeza del fruto del mirasol lo cual le confiere su valor cultural y alimenticio. (2003, Berríos et al., 2009). Concretamente se trata de un protoalcaloide, cuya fórmula empírica es  $C_{18}H_{27}NO_3$ , siendo un producto de condensación del ácido decilénico y de la 3-hidroxi-4-metoxibenzilamida. En la actualidad se sabe que la capsaicina no es un compuesto simple, sino que se trata de una mezcla de varias amidas, comúnmente conocidas con el nombre de capsaicinoides, siendo la capsaicina la más importante entre ellas (Nuez et al., 2003, Vallejo and Estrada, 2005).

El chile contiene protoalcaloide como parte de su mecanismo de protección ante depredadores, característica desarrollada por muchas plantas. El contenido en capsaicina es mayor en la placenta en el septo, en donde representa un 2.5 por ciento de la materia seca, mientras que el contenido medio del fruto es del 0.6 por ciento, el de las semillas del 0.7 por ciento y el del pericarpio del 0.03 por ciento (Nuez et al., 2003, Ibañez et al., 2007).

El contenido de capsaicina depende de la variedad, estructura genética, condiciones de crecimiento, la madurez al momento de la cosecha y cualquier estrés que las plantas soporten y de los cambios ambientales muy poca o mucha agua, baja fertilidad de suelo u otras condiciones de estrés pueden aumentar el volumen de la capsaicina significativamente (Berríos et al., 2009).

Existen dos métodos para medir la pungencia de los chiles (Berríos et al., 2009).

- La prueba oral usando como medida la escala Scoville.
- La prueba de cromatografía líquida de alta presión (American SpiceTradeAssociation ASTA).

Existen algunos métodos prácticos, en los cuales se determina indirectamente el contenido de capsaicina en los diferentes chiles. La escala de unidades Scoville es un sistema de medición del picor de los chiles inventada por Wilbur Scoville. Quien empapó cada variedad diferente de chile en alcohol durante una noche; debido a que la capsaicina es soluble al alcohol, la inmersión extrajo los químicos irritantes pungentes del fruto. Posteriormente obtuvo una medida precisa de extracto y agregó agua endulzada hasta que la presencia de pungencia o irritación fuera escasamente perceptible en su lengua (Berríos *et al.*, 2009). Si todos los pimientos o chiles conocidos fuesen medidos utilizando esta técnica, su rango de pungencia iría de cero unidades Scoville para el pimiento verde a 350,000 unidades para el chile habanero (López, 2003).

En la actualidad existen métodos en los que se emplea cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC, por sus siglas en inglés) para medir el contenido de capsaicina de los chiles. American SpiceTradeAssociation (ASTA) usa un equipo de HPLC, mediante el cual la pungencia se expresa en las llamadas unidades ASTA. La pungencia ASTA expresa la cantidad de capsaicina en ppm, a capsaicina pura es igual a 1,000.000 partes por millón (ppm). La conversión de ASTA a unidades Scoville es 1 unidad de ASTA= 15 unidades Scoville (Berríos *et al.*, 2009).

### **2.1.10 Componentes de la calidad del mirasol**

Hoy en día los consumidores comienzan a demandar hortalizas de mayor calidad y precios razonables. Dentro del concepto de calidad, se incluye la presentación del producto, la calidad gustativa, las formas, los colores, la ausencia de residuos de pesticidas y la producción no agresiva con el ambiente (Abo-Aiia *et al.*, 1995).

El calibre, el color, la firmeza, como indicadores de la madurez y las formas de transporte. Con los análisis de los parámetros de calidad de firmeza, grosor de la pared y de contenido de sólidos solubles se pueden relacionar con el grado de aceptación de los consumidores (Parcero, 2014).

Los múltiples usos del mirasol, permiten considerar un gran número de atributos como indicadores de su calidad. No obstante, en las normativas utilizadas destacan

#### **✓ Textura del fruto del mirasol**

La textura es un atributo de calidad importante para los consumidores (Sethu *et al.*, 1996). Por lo que se puede definir a las propiedades texturales de un alimento como: al grupo de características físicas que son detectadas por la sensación del tacto. Este atributo está relacionado con la deformación, la desintegración y el flujo de alimento bajo la aplicación de una fuerza, el tiempo y la distancia. Además se ha establecido que la textura se compone de varias propiedades, que implican una serie de parámetros, estas propiedades pueden ser mecánicas (dureza, masticabilidad y viscosidad), geométricas (tamaño de partícula y la forma) o químicas ( contenido de humedad y grasa), (Sams, 1999).

✓ **Firmeza del fruto del mirasol**

La firmeza es un indicador de calidad que está claramente relacionado con el tiempo de conservación de los alimentos, principalmente en frutas y hortalizas. Por esta razón, valores elevados de firmeza son deseables para productos que tienen que viajar largas distancias antes de llegar a los consumidores. La pared externa de un pimiento cubre grandes espacios locales y con el apoyo de tres o cuatro paredes carpetales de todo el eje ecuatorial, el tejido placentario y las semillas se encuentran en el centro de la fruta y contribuyen poco al soporte de la pared (Urrestarazu *et al.*, 2002)

✓ **Color de cosecha del fruto del mirasol**

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

✓ **Grosor de la pared de fruto (pericarpio)**

Una de las características que también provee de calidad al mirasol es el grosor de la pared del fruto (pericarpio), ya que el chile de carne gruesa responde a los incrementos de radiación, mejorando su tamaño y peso en consecuencia el grosor de la pared de la hortaliza. Esta variable se encuentra determinada por la concentración del calcio, que es el elemento nutritivo de las plantas, frecuentemente asociado con el desarrollo del fruto en general, y la firmeza en particular. La influencia de calcio en una amplia gama de trastornos relacionados con la calidad de frutas y hortalizas está bien establecida (Shear, 1975).

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

✓ **Antioxidantes del fruto del mirasol**

Las hortalizas son una fuente de compuestos bioactivos, entre estos se pueden encontrar los que poseen actividad como antioxidantes, los cuales tienen aplicación en la industria alimentaria, la cosmética y la medicinal (Howard *et al.*, 2000). Los antioxidantes son sustancias químicas que se caracterizan por impedir o retrasar la oxidación de diversas sustancias principalmente de los ácidos grasos cuyas reacciones se producen tanto en los alimentos como en el organismo humano, en el cual puede provocar alteraciones fisiológicas importantes desencadenantes de diversas enfermedades. Estas características hacen que algunos frutos vegetales se reconozcan por ser agentes protectores de la salud debido a estas propiedades funcionales, las cuales están relacionadas con la prevención de enfermedades

crónico-degenerativas, como las cardiovasculares, distintos tipos de cáncer y problemas neurológicos (Serrano-Maldonado *et al.*, 2011)

Los alimentos vegetales proporcionan una mezcla óptima de antioxidantes naturales. Entre estos destacan los compuestos fenólicos, tocoferoles y carotenoides, entre otros compuestos bioactivos, dentro de las especies vegetales, los chiles del genero *Capsicum* especie *annuum* son una fuente excelente de sustancias promotoras de la salud, particularmente antioxidantes, tanto de la fase hidrofóbica. Tales como la vitamina C y E, pro-vitamina A, carotenoides así como fenoles y flavonoides (Aza-González *et al.*, 2011).

Además, los chiles producen y acumulan fenoles o compuestos fenólicos, estos son compuestos químicos con al menos un anillo aromático que contiene uno o más hidroxilos. Muchos de estos compuestos derivados de reacciones de condensación y de adición, dando así lugar a una gran variedad de compuestos químicos en la planta, contribuyen a la coloración de las flores y los frutos, protegen contra patógenos y herbívoros, tienen una gran efectividad protegiendo los tejidos frente a la radiación UV, de igual manera con beneficios a la salud, debido a sus propiedades antioxidantes y anticancerígenas (Parcero, 2014)

Sin embargo en ocasiones los vegetales se someten a procesos de conservación con la finalidad de extender su vida de anaquel. En el caso de los chiles *C.annuum*, comúnmente se les puede encontrar como productos encurtidos o secos. Estos procesos pueden causar un impacto en la calidad fisicoquímica, el

contenido de compuestos fotoquímicos y en las propiedades antioxidantes benéficas para la salud que poseen los frutos en su estado fresco pueden desaparecer (Parcero, 2014)

## **2.2 EL VERMICOMPOST**

El vermicompost, es el producto de la descomposición de la materia orgánica realizado únicamente por la actividad de ciertas especies de lombrices principalmente las del género *Eisenia*.(Moreno, 2011)

### **2.2.1 Origen**

La producción de VC, denominada lombricultura, inicio en 1988 cuando se comenzó a utilizar la especie de *E. foetida* para el establecimiento de criaderos de lombrices debido a su capacidad superior en la obtención de humus. En dichos criaderos se ha estimado que, si 1m<sup>2</sup> de superficie contiene 50,000 lombrices, de las cuales entre 20 y 25 mil son adultas cuyos diámetros son de 3 a 5 mm, y la longitud entre 5 y 9 cm, y si cada lombriz demanda 0.5 g de alimentos y produce 0.3 g de humus al día, entonces en 1,000 m<sup>2</sup> se obtienen 7,500 kg de vermicompost ·día<sup>-1</sup> (Bravo-Varas, 1996)

### **2.2.2 Generalidades del Vermicompost**

El VC o humus de lombriz se genera en el tubo digestor de este organismo y de acuerdo al uso que se destine, se puede clasificar como: fertilizantes orgánicos,

mejorador del suelo y medio de crecimiento para especies vegetales desarrollados en invernaderos (Moreno-Reséndez and Pedro-Cano, 2004).

El VC es un tipo de compost en la cual cierto tipo de lombrices de tierra como: *Eisenia foetida*, *Eisenia andrei*, *Lumbricus rubellus*; transforman los residuos orgánicos en un subproducto estable denominado “vermicompost” (Soto and Muños, 2002). Los residuos de la ganadería son una fuente de alimento común para las lombrices, pero los residuos de los supermercados, los biosólidos (lodos de aguas negras) la pulpa de papel, y de la industria de la cerveza también se han utilizado en el proceso de vermicompostaje (Mcginnis *et al.*, 2008).

El VC tiene un amplio potencial para los sistemas de producción agrícola: tanto bajo condiciones de invernadero, como a campo abierto, especialmente dentro de la industria hortícola y ornamental. Ya que el VC, como se ha señalado, tiene efectos importantes sobre el crecimiento y el rendimiento de las especies vegetales y en un momento determinado puede sustituir la aplicación de fertilizantes sintéticos y ayudar a reducir la presencia de enfermedades fungosas y de organismos patógenos (Moreno-Reséndez, 2007).

### **2.2.3 Definición**

Se nombra lombricompost o vermicompost (Humus de lombriz) al producto resultante de la transformación digestiva de la materia orgánica por medio de la crianza de lombrices de tierra, denominada Lombricultura (NOM, 2008). La producción de lombrices tiene grandes perspectivas a futuro, ya que ofrece una

excelente alternativa para el manejo de desechos que se vuelven contaminantes tales como la basura de las ciudades, los desperdicios de restaurantes, los excedentes de los establos, etc. Además de ser un excelente fertilizante que podemos utilizar no solo en la agricultura orgánica también en la agricultura convencional (Bravo-Morales, 2012)

#### **2.2.4 Características**

El VC posee características de ser un material de color oscuro, con un agradable olor a mantillo de bosque, su gran biodigestibilidad evita su fermentación o putrefacción, contienen una elevada carga enzimática y bacteriana que incrementa la solubilidad de los elementos nutritivos, liberándolos en forma paulatina, y facilita su asimilación por las raíces e impide que estos sean lixiviados con el agua de riego manteniéndolos disponibles por más tiempo en el suelo y favorece la germinación de las semillas y el desarrollo de las plantas. Incrementa la superficie activa de las partículas minerales favoreciendo la CIC de los suelos. (Moreno, 2011)

Adicionalmente, el VC favorece e incrementa la actividad biótica del suelo. Su acción antibiótica aumenta la resistencia de las plantas en contra de plagas, enfermedades y organismos patógenos. Se puede utilizar sin inconvenientes en estado natural y se encuentra libre de nematodos. Los ácidos húmicos y fulvicos que contiene regeneran las características químicas del suelo y, al igual que cierto tipo de hormonas de crecimiento, favorecen el desarrollo de las especies vegetales. Posee un pH neutro. Mejora las características estructurales del terreno, desliga

suelos arcillosos y agrega suelos arenosos. Durante el trasplante previene enfermedades y evita el choque por heridas o cambios bruscos de temperatura y humedad. Amortigua el efecto de los compuestos químicos aplicados al suelo. Aumenta la retención hídrica de los suelos (4-27 por ciento) disminuyendo el consumo de agua por los cultivos (Moreno-Reséndez, 2007).

El VC se caracteriza por estar conformado por materiales finalmente divididos como el Peatmoss, con gran porosidad, aireación, drenaje, capacidad de retención de humedad. Además presenta una gran área superficial, la cual le permite absorber y retener fuertemente los elementos nutritivos. Los cuales se encuentran en formas que son fácilmente asimilables para las plantas tales como los nitratos, el fosforo intercambiable, potasio, calcio y magnesio solubles. En consecuencia, la VC puede tener un gran potencial en las industrias hortícolas y agrícolas como sustrato para el crecimiento de la planta (Atiyeh *et al.*, 2000)

### **2.2.5 Elementos nutritivos del Vermicompost**

En el proceso de vermicompostaje, si el alimento que las lombrices consumen es pobre en nutrientes, así será el producto final. De igual manera, el tipo de estiércol empleado para la alimentación de las lombrices determina el contenido de elementos nutritivos, conductividad eléctrica y el pH del VC. (Hidalgo and Marin, 2009)

## **2.3 Agricultura orgánica**

Recibe diversos nombres: Orgánica, biodinámica, natural, alternativa, regenerativa ó biológica, es un sistema de producción que trata de utilizar al máximo los recursos de la finca, dándole énfasis a la fertilidad del suelo y la actividad biológica y al mismo tiempo a minimizar el uso de recursos no renovables reduciendo o eliminando el uso de fertilizantes y plaguicidas sintéticos para proteger el medio ambiente y la salud humana.(SAGARPA, 2015)

Adicional mente, se ha establecido que la agricultura orgánica es un sistema de producción que mediante el manejo racional de los recursos naturales, sin la utilización de productos de síntesis química, brinda alimentos sanos y abundantes, mantiene o incrementa la fertilidad del suelo y la diversidad biológica.(FAOSTAT, 2013)

### **2.3.1 Generalidades**

La agricultura orgánica ha despertado gran interés en los últimos años, no solo en los sectores que están relacionados con el sector agropecuario y la economía rural en su conjunto, sino también en amplios sectores de la sociedad. Este gran interés comenzó en los países desarrollados hace más de 2 décadas. La reconversión progresiva hacia la agricultura orgánica, la investigación, las actividades de transformación, comercialización y consumo de productos orgánicos ha registrado un comportamiento muy dinámico, sobre todo en los países desarrollados. La explicación está en la preocupación de la gente por consumir alimentos más sanos e inocuos de los cuales se conozca su origen y trayectoria real. (Morales, 2012)

### **2.3.3 Objetivos de la agricultura orgánica**

Restrepo, (2007) plantea los siguientes objetivos de la agricultura orgánica:

- ✓ Fomentan y retienen la mano de obra rural ofreciendo una fuente de empleo permanente.
- ✓ Eliminan el uso y dependencia de plaguicidas, fertilizantes, funguicidas y otros productos sintéticos cuyos residuos contaminan las cosechas, el suelo y el agua.
- ✓ Favorecen la salud de los agricultores, los consumidores y el entorno natural, al eliminar los riesgos asociados con el uso de agroquímicos artificiales y bioacumulables.
- ✓ Dan importancia preponderante al conocimiento y manejo de los equilibrios naturales encaminados a mantener los cultivos sanos, trabajando con las causas por medio de la prevención y no con los síntomas.
- ✓ Entienden y respetan las leyes de la ecología, trabajando con la naturaleza.
- ✓ Protegen el uso de los recursos renovables y disminuyen el uso de los no renovables.
- ✓ Reducen la lixiviación de los elementos minerales e incrementan la materia orgánica en el suelo.
- ✓ Trabajan con tecnologías apropiadas aprovechando los recursos locales de manera racional.

### **2.3.5 Agricultura orgánica mundial**

Con tasas de crecimientos crecientes los productores orgánicos conquistan cada vez más rápidamente las estructuras de los mercados de alimentos a nivel

mundial. El dinámico y atractivo mercado de los alimentos orgánicos está estimulado poderosamente por la conversión de la agricultura convencional a la agricultura orgánica.(Morales, 2012) En el mundo se registran más de 37 millones de hectáreas cultivadas orgánicamente y más de 1.8 millones de productores certificados.(Cussianovich, 20013)

Entre las regiones con mayor superficie orgánica cultivada se encuentra en primer lugar Oceanía con 12,1 millones de hectáreas cultivadas, Europa con 10 millones de hectáreas, y América latina con 8.4 millones de hectáreas. Los países con las que tienen la mayor producción orgánica son Australia, Argentina y el Reino Unido. (IFOAM, 2014). A estos países les siguen en importancia Estados Unidos, Brasil, Uruguay, Gran Bretaña, Alemania, Italia y Francia (Morales, 2012)

### **3.6 Agricultura orgánica en México**

La producción orgánica en México es relativamente nueva, sin embargo, el sistema de producción de alimentos antepasados era un sistema de producción orgánico ya que no se aplicaban fertilizantes se síntesis química, plaguicidas o pesticidas para el manejo de los cultivos. (Parceró, 2014)

La agricultura orgánica en México representa una superficie cultivada de 216 mil hectáreas y genera 380 millones de dólares de divisas, lo cual tiene un valor mayor que la agricultura tradicional ya que la orgánica genera más empleos, aproximadamente 34.5 millones de jornales al año, y mayores ingresos para los

productores, bajo un modelo de producción sustentable, sin deterioro del ambiente ni causar daño a la salud humana. (Ramos et al., 2011, Parcero, 2014)

En los últimos diez años el número de cultivos orgánicos en México tuvieron un crecimiento en superficie al pasar de 85,676 ha a 351, 904 ha. Las cuales involucran a más de 169,570 agricultores y el 85 por ciento de la producción orgánica en México se destina a la exportación, principalmente a los mercados europeos y estadounidenses.(Parcero, 2014)

Los principales estados productores de alimentos orgánicos son Chiapas, Oaxaca, Michoacán, Chihuahua y Guerrero, que concentran 82.8 por ciento de la superficie orgánica total. Tan sólo Chiapas y Oaxaca cubren 70 por ciento del total. En el país se cultivan más de 45 productos orgánicos, de los cuales el café es el más importante por superficie cultivada, con 66 por ciento del total (90 838 ha) y una producción de 77 461 toneladas; en segundo lugar se ubica el maíz azul y blanco, con 4.5 por ciento de la superficie (8 670 hectárea ) y una producción de 14 800 ton, y en tercer lugar está el ajonjolí, con 4 por ciento de la superficie (9 124 hectáreas ) y una producción de 7 433 toneladas; a estos cultivos les siguen en importancia las hortalizas con 13 831 ha; el agave, con 9 047 hectáreas las hierbas, con 9 510 ha; el mango con 9 075 ha; la naranja, con 11 849 ha; el frijol, con 11 597 ha; la manzana, con 1 444 ha; la papaya, con 1 171 ha, y el aguacate con 911 ha. También, aunque en menor superficie, se produce soya, plátano, cacao, vainilla, cacahuete, piña, jamaica, limón, coco, nuez, lichi, garbanzo, maracuyá y durazno(SAGARPA, 2015)

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Localización geográfica y clima de la región llanera de Durango**

La región de los llanos del estado de Durango, está conformada principalmente por el municipio de Guadalupe Victoria. Este municipio se localiza aproximadamente a 24° 27' latitud norte, y a los 104° 07' longitud oeste del Meridiano de Greenwich, tiene una altura de 2,000 metros sobre el nivel del mar; es uno de los principales municipios de Durango y se encuentra al oriente del estado, sus límites son los siguientes; al norte con Peñón Blanco, al oriente con el municipio de Cuencamé; al sur con el municipio de Poanas y al poniente con los municipios de Pánuco de Coronado, se divide en 25 localidades. El clima del municipio es semicálido-seco, agradable sin ser extremo con una temperatura máxima de 38°C y una mínima de 4°C. La temperatura media es de 17°C y la media extrema de 30°C, las precipitaciones varían de 250 a 575 mm anuales, con una media de 400 mm al año.(INAFED, 2013. )

El régimen de lluvias comprende los meses de julio a septiembre, con heladas en invierno. La región y el municipio se ven afectados por fuertes vientos

del sudoeste, durante los meses de febrero y marzo, con velocidad entre 25 y 40 k/h en raras ocasiones se han registrado vientos de más de 65 k/h.(INAFED, 2013. )

### **3.1.1 Localización del experimento**

La presente investigación se llevó a cabo durante el ciclo primavera verano del año 2014 en una parcela ubicada en la localidad de J. Agustín Castro Dgo, municipio de Peñón Blanco, la cual forma parte de la región de los llanos.

### **3.2 Material vegetal**

La semilla de chile mirasol usada para el experimento, es nativa de la localidad conocida como Nazas. Dicha variedad puede ser cosechada en para su mercado en verde a los 75-80 días después del trasplante.

### **3.3 Abonos Orgánicos**

Para la realización de este trabajo de investigación se utilizó como abono orgánico el VC para cubrir la demanda total nutritiva de la planta de chile. El VC, lombricompost o estiércol procesado por lombrices californianas (*Eiseniafetida*) fue procesado en la misma localidad donde se realizó la siembra, el material empleado para la preparación de VC fueron dos tipos de estiércoles bovino y equino en una relación de 1:1 se mantuvo en contacto con las lombrices con un 30 por ciento de humedad durante un periodo de tres meses. (Naturland, 2011).

### **3.4 Diseño experimental**

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones. La parcela experimental fue de 11.4 m<sup>2</sup>, cuatro surcos de 3 x .95 m de largo y ancho respectivamente, Las plantas se colocaron a hilera sencilla con una separación de 0.5 m entre planta y planta, para tener una densidad de población de 21, 000 plantas•ha<sup>-1</sup> , para la parcela útil se consideraron cuatro plantas de cada surco las orilleras se descartaron, esta parcela midió 7.6 m<sup>2</sup>, es decir 3.8 x 2 m de largo y ancho respectivamente, sobre estas plantas y sus frutos se registraron las variables fisiológicas, calidad, y rendimiento posterior mente el peso total de los frutos se extrapolo a una hectárea.

### **3.5 Preparación del terreno**

La preparación del terreno comenzó con retirar todas las piedras existentes en el terreno o un despiedre como lo llaman los campesinos general mente, el día 15 de marzo del 2014, después se llevó a cabo del barbecho fitosanitario el día 19 de marzo del 2014, posteriormente se realizó un rastreo doble, con el fin de obtener una mejor condición de suelo y facilitar el levantamiento de bordos.

El día 2 de abril del 2014 se levantaron los 16 bordos con un espacio de 0.95 m entre bordo y bordo utilizando 12 y dejando dos en cada lado para usarlos como barrera de protección.

El día 4 de abril 2014 se colocó el sistema de riego utilizado, que fue riego por goteo.

El día 12 de abril del 2014 se marcaron las parcelas, se dejó un metro libre de separación entre las parcelas y 1.5 m entre cada repetición con la finalidad de dejar un espacio libre para poder caminar con facilidad y así poder tomar los datos que sean necesarios para la tesis, se dio el primer riego para aplicar los tratamientos de VC en tierra venida, utilizando pala y azadón para poder espaciar el abono orgánico a una profundidad de 10 cm.

En el caso del tratamiento con fertilización química, ésta se aplicó en tres etapas, en el caso del fósforo (P) se aplicó todo al momento del trasplante, mientras que el nitrógeno (N) el 60 por ciento se aplicó al inicio de floración dejando el resto para aplicarlo un mes después.

**Cuadro 2. Dosis de vermicompost más un testigo químico utilizados en el cultivo de chile en campo**

| <b>Tratamientos</b>                    | <b>Dosis•ha<sup>-1</sup></b> |
|----------------------------------------|------------------------------|
| T1 Vermicompost                        | 6.0 t                        |
| T2 Vermicompost                        | 8.0 t                        |
| T3 Vermicompost                        | 10.0 t                       |
| T4 Vermicompost                        | 12.0 t                       |
| T5 Vermicompost                        | 14.0 t                       |
| T6 fertilización convencional NPK (kg) | 180-100-00                   |

El día 14 de abril se pesaron los kilogramos de VC correspondientes a cada surco de cada tratamiento, se pesó y se colocó en bolsas.

De la siguiente manera se realizó el cálculo para determinar lo que se iba a aplicar a cada parcela en función de los tratamientos:

**T1: 6.0t/ha** = 100m/ 95 cm (distancia entre surcos)

=se tienen 105 surcos de 100m •/ha<sup>-1</sup>

6000 kg/ 105 surcos= 57.14kg x surco de 100 m

Son 0.571 kg/m o 571 g•m<sup>-1</sup>

Entonces el tratamiento T1= 6 t•ha<sup>-1</sup>, requirió de 6.852 kg de VC•parcela<sup>-1</sup> y para los surcos de 3 metros requirieron1.713kg•surco<sup>-1</sup>

**T2: 8.0 t/ha**

8000 kg/ 105 surcos= 76.19kg x surco de 100 m•ha<sup>-1</sup>

Son 0.761 kg/m o 761 g•m<sup>-1</sup>

Entonces el tratamiento T2= 8 t•ha<sup>-1</sup>, requirió de 9.132 kg de VC•parcela<sup>-1</sup> y para los surcos de 3 metros requirieron2.283 kg•surco<sup>-1</sup>

**T3: 10.0 t/ha**

10,000 kg/ 105 surcos= 95.23 kg x surco de 100 m

Son 0.952 kg/m o 952 g•m<sup>-1</sup>

Entonces el tratamiento T3= 10 t•ha<sup>-1</sup>, requirió de 11.424 kg de VC•parcela<sup>-1</sup> y para los surcos de 3 metros requiere 2.856 kg•surco<sup>-1</sup>

**T4: 12 t/ha**

12,000 kg/ 105 surcos= 114.28 kg x surco de 100 m

Son 1.142 kg/m o  $1142 \text{ g}\cdot\text{m}^{-1}$

Entonces el tratamiento T4=  $12 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , requirió de 12.704 kg de VC·parcela<sup>-1</sup> y para los surcos de 3 metros requirieron 3.426 kg·surco<sup>-1</sup>

#### **T5: 14.0 t/ha**

14.000 kg/ 105 surcos= 133.33 kg x surco de 100 m

Son 1.333 kg/m o  $1333 \text{ g}\cdot\text{m}^{-1}$

Entonces el tratamiento T5=  $14 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , requirió de 15.996 kg de VC·parcela<sup>-1</sup> y para los surcos de 3 metros requiere 3.999 kg·surco<sup>-1</sup>

#### **T6: Testigo 180-100-00**

Se aplicara todo el fósforo (P) al inicio del cultivo y el N se dejo para cuando ya esté establecido.

MAP (11-52-00)

$100/ 52 \times 100 = 192.30 \text{ kg MAP} \cdot\text{ha}^{-1}$

$192/105 = 1.828 \text{ kg}\cdot\text{surco}^{-1}$

- .018 kg·m<sup>-1</sup>
- 0.54 kg·surco<sup>-1</sup>
- 0.219 kg·parcela<sup>-1</sup>

### **3.6 Producción de planta**

La plántula fue producida en un invernadero de LA UAAAN-UL, sembrándose el día 15 de febrero del 2014, en charolas de 200 cavidades, utilizándose como medio de cultivo el sustrato Peatmoss, cubriéndose las charolas después de sembradas con unas bolsas de hule negro para generar más calor en las plantas y su germinación sea mejor, después de la germinación se retiró la bolsa para darle cuidado hasta su trasplante. Se requiere un cuidado más intenso para la producción en campo, ya que las raíces están expuestas a fluctuaciones rápidas y, algunas veces grandes en los factores ambientales, principal mente de temperatura. (Ingram *et al.*, 2003)

### **3.7 Trasplante del chile**

Después de 55 a 65 días de la siembra, las plantas estuvieron listas para trasplantarse. Los mejores resultados se obtienen realizando el trasplante con las plántulas de seis a ocho hojas verdaderas y de 15 a 20 cm de altura (Inifap, 2015)

Debido a que surgieron algunos problemas en el invernadero de la UAAAN y la planta se perdió se compraron plántulas de chile ya listas para ser trasplantadas en una producción de plántulas ubicada en el municipio de Nazas Dgo. de la variedad Lg-1-14.

El trasplante de las plántulas se realizó a los 59 días después de la siembra que fue el martes 15 de abril del 2014, estableciendo en forma manual a una distancia de 50 cm entre planta y planta, el trasplante se llevó a cabo en la tarde en un suelo húmedo para de esta manera evitar el estrés de la planta, se hizo con

mucho cuidado para no lastimar el sistema radical de las plántulas. Como las plantas venían en charolas primero se humedecieron para facilitar la extracción, en seguida se utilizó un palo de escoba puntiagudo con el cual se fue haciendo el hoyo donde se colocaría la planta.

### **3.8 Riego**

Al siguiente día después del trasplante se aplicó el primer riego de auxilio con una duración de 3 horas, gastando 3 litros por gotero, de allí los riegos fueron aplicados dependiendo de las necesidades del cultivo, debido a que los cambios climáticos cambiaban las necesidades hídricas, ya que se presentaban lluvias con frecuencia.

### **3.9 Fertilización**

En el caso de los tratamientos con vermicompost, este producto se aplicó previo al trasplante

Mientras que la fertilización sintética, esta se aplicó en tres etapas, en el caso del fósforo (P) se aplicó todo al momento del trasplante, el nitrógeno (N) el 60 por ciento se aplicó al inicio de floración dejando el resto para aplicarlo un mes después.

**Cuadro 3. Fertilizantes utilizados en el tratamiento 6 (T6) en el cultivo de chile a campo abierto.**

| Elemento nutritivo | Fertilizantes     | Primer etapa (g) parcela | Segunda etapa (g) | Tercera etapa (g) |
|--------------------|-------------------|--------------------------|-------------------|-------------------|
| Nitrógeno          | MAP               | 217                      | 0                 |                   |
| Fosforo            | Sulfato de amonio | 0                        | 530               | 354               |
| Potasio            |                   | 0                        |                   |                   |

### 3.10 Control de plagas y enfermedades

La rentabilidad del cultivo ha sido seriamente amenazada por diversos factores entre ellos los problemas fitosanitarios, que reducen los rendimientos y por ende la economía de los agricultores. Entre los problemas fitosanitarios más comunes en la región de los llanos son las plagas como la paratrioza (*Bactericeracockerelli.*), acaro blanco (*Poliphagotarsonemuslatus*), trips (*Frankliniellaoccidentalis*), mosca blanca (*Bemisiatabaci*), pulgón (*Myzuspersicae*), y larvas como el minador (*Liriomyzasp*), gallina ciega (*phyllophaga*) etc. Y entre las enfermedades están la secadera del chile, la cenicilla, bacteriosis causada por humedad y el virus el permanente del chile. (Macias *et al.*, 2008)

Como todos los cultivos el chile es susceptible de presentar daño por enfermedades bióticas y no bióticas en cualquier etapa de su desarrollo. Las

enfermedades bióticas son causadas por hongos, bacterias, nematodos y virus. (Enriquez, 2013)

Durante el ciclo del cultivo se presentaron algunas plagas como mosquita blanca (*Bemiciatabaci*), y el pulgón saltador o paratrioza (*Paratrioza cockerelli*), respecto a las enfermedades se presentaron virosis causadas por mosca blanca Después cuando se comenzó a pisar el fruto se presentó una enfermedad común en los cultivos de chile en la región marchitez o secadera.

Para el control de las plagas antes mencionadas se utilizaron los siguientes productos: una mezcla de, jabón (Salvo) de preferencia que no tenga extracto de algún cítrico al 5 por ciento, extracto de chile y dos cabezas de ajo, todo esto disuelto en 20 L de agua, aplicándose un total de cinco veces cada tercer día, la aplicación se realizó durante las mañanas o en las tardes, con una bomba de aspersión mecánica de 20 L. esta receta o mezcla fue de origen casero ya que no se contó con los recursos para la compra de insecticidas orgánico como el Pirecris, Cridor, Entrus etc. Queson insecticidas orgánicos. También se aplicó extracto de Neem al 2 por ciento para el control de la mosquita blanca (*Bemiciatabaci*), aplicando de igual manera por las tardes y mañanas con la ayuda de una bomba mecánica de aspersión.

### **3.11 Aporques y deshierbes**

Se realizaron tres aporques y cinco deshierbes el primero tres semanas después del trasplante y los demás conforme reaparecían las malezas, fue importante retirar las malezas que aparezcan en cualquier parcela ya que estas

compiten con el cultivo por luz, agua y elementos nutritivos , en el primer y el segundo deshierbe se realizaron al mismo tiempo los aporques, esto con la finalidad de darle mayor fortaleza a los tallos y estimular su desarrollo, estas prácticas se realizaron manual mente utilizando las siguientes herramientas: Azadón, pico y pala.

### **3.12 Muestro de planta**

Después de haber hecho el trasplante la planta se fue evaluando semanal mente para llevar un control sobre el desarrollo fenológico de cada tratamiento. Las evaluaciones consistieron en medir cada semana cuatro plantas de cada tratamiento y repetición, considerando únicamente las plantas que estaban dentro de la parcela útil (altura de planta, número de hojas, inicios de brotación, amarre de flor y amarre de fruto), estas fueron partes de las variables evaluadas.

### **3.13 Cosechas**

Las cosechas o piscas se realizaron manualmente cuando los frutos alcanzaron su madurez fisiológica es decir presentaban un color verde oscuro y han alcanzado su tamaño normal. Misma que se realizó a los 75 días después del trasplante en algunas parcelas.

Se realizaron tres cortes aproximadamente cada 8 días, los frutos de la parcela útil se colocaron en bolsas de plástico, cada bolsa fue identificada con los siguientes datos: número de tratamiento y número de repetición para no alterar las condiciones de las muestras durante el traslado a donde se encontraba la báscula

digital con la que se pesarían, para después determinar el rendimiento por hectárea de cada repetición.

Cabe aclarar que algunos productores de chile mirasol en la región lo utilizan para secado, es decir dejan colorear la mitad de la producción o tres cuartas partes según lo decida cada agricultor. En el caso de los productores que no les interesa el secado del chile le dan todos los cortes en verde, el número de cortes depende de la temporada en la que se presente la primer helada, cuando esto sucede la planta deja de producir, se le pueden dar de seis a ocho cortes según el tiempo en que se presente la primer helada, y sin presentarse ningún otro factor climático que lo impida.

En el caso del experimento se realizaron solo tres cortes, debido a que se registró una granizada que acabo con el cultivo.

### **3.14 Muestreo de frutos**

Durante el experimento se realizaron los muestreos, estos se llevaron a cabo con los frutos del segundo corte el día 8 julio del 2014, se realizó una evaluación de los frutos (peso, largo y ancho de fruto, grosor del pericarpio, número de lóculos, diámetro) una vez evaluados, se obtuvieron cinco frutos por tratamiento los cuales fueron lavados con agua potable durante 5 min, dejándose secar extendido en papel secante a la sombra a temperatura ambiente durante un mes perfectamente

identificados para evitar que se mezclaran y no alterar las condiciones de las muestras.

Cuando los frutos estaban completamente secos se colocaron en bolsas de papel (glassines) una vez colectadas las muestras de los frutos secos se identificaron con los siguientes datos: número de tratamiento y número de repetición, se trasladaron las muestras a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro al laboratorio de Ciencia Animal para pulverizar cada una de las muestras y posteriormente fueron trasladadas al Laboratorio de Investigación de la Universidad Politécnica de Gómez Palacio, Durango, donde se analizaron y se obtuvieron los siguientes datos: contenido fenólico total, capsaicina y pungencia.

### **3.15 Variables evaluadas**

Para las variables de la fenología de la planta, se utilizaron cuatro plantas por repetición única mente de la parcela útil, midiéndolas semanal mente, las variables evaluadas fueron: Altura de planta, Número de hojas, Frutos grandes, frutos pequeños, Número de botones, Número de Flores, Número de flores secas. Para estas actividades se utilizó solo una cinta métrica, papel y lápiz. Desde el inicio del cultivo se registraron los datos para observar las diferencias entre los tratamientos evaluados.

Para las variables de rendimiento y calidad, se utilizaron cuatro frutos por repetición, las variables evaluadas fueron: peso de fruto, largo y ancho de fruto, grosor del pericarpio, número de lóculos, diámetro, fenoles, capsaicina. Para estas

actividades se realizaron los siguientes materiales: báscula digital, vernier (pie de rey), cintra métrica flexible..

✓ **Altura de planta**

Se midieron cuatro plantas de cada tratamiento, se tomó como punto de referencia el meristemo más alto hasta la base del tallo, esta actividad se realizó con una cintramétrica flexible, reportando su valor en centímetros con un decimal, esto se realizó semanalmente.

✓ **Número de hojas**

La determinación del número de hojas se realizó contándolas manualmente para facilitar la operación, se contabilizaban las hojas jóvenes, recién maduras y maduras.

✓ **Número de Flores**

La cuantificación del número de flores se realizó con un contador manual y se consideró como una unidad cuando la apertura de los pétalos era evidente, y se consideró viable hasta el momento en que sus pétalos mostraron una tonalidad blanquecina, y las anteras se mostraron turgentes.

Se contaba visualmente las flores presentes en la planta, para así tener un aproximado de los frutos que a futuro tendría la planta.

✓ **Número de flores abortadas**

Se contabilizaron visual mente las flores secas o abortadas como normal mente le llaman los agricultores por la planta para saber cuál tratamiento presento mayor aborto de sus flores.

✓ **Frutos maduros**

Se contaron visualmente los frutos que estaban a punto de cortarse para estimar la producción.

✓ **Peso de fruto**

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

✓ **Rendimiento**

Para esta variable se recolectaron todos los frutos maduros de la parcela útil estos se colocaron en bolsas de plástico y se marcaban para evitar la confusión, después de recolectar todos los frutos de todas las parcelas, se pesaba con la ayuda de una báscula digital cada bolsa y se anotaban los valores, esto se realizó cada vez que se realizó un pisca, al final solo se efectuaron tres piscas debido a una fuerte granizada que acabo con el cultivo.

Después de tener todos los datos registrados se sumaron los valores resultantes de cada pisca para así tener un rendimiento estimado de cada tratamiento el resultado registrado en kilogramos por parcela útil fue extrapolado a kilogramos por hectárea.

✓ **Largo y ancho de fruto**

Para medir el largo del fruto antes pesado, se midió con una cinta métrica flexible desde la punta hasta la base registrándose su valor en centímetros.

✓ **Espesor del pericarpio**

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

✓ **Número de lóculos**

Para esta característica se partió el fruto contando el número de lóculos que presento cada chile.

✓ **Diámetro ecuatorial del fruto**

Para esta característica después de haber contado el número de lóculos existentes en el fruto, con el vernier se midió de polo a polo cada uno de los frutos y se registraron los datos en centímetros con un decimal.

✓ **Preparación de muestras para la determinación de fenólicos totales**

Cada chile cosechado y seleccionado para su análisis, fue lavado con agua potable durante 2 min para remover residuos de los sustratos, dejando secar en un papel secante a la sombra a temperatura ambiente durante un mes. Posteriormente

el material fue pulverizado en un molino del Laboratorio de Ciencia Animal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, el material molido se colocó en bolsas de plástico perfectamente identificadas para ser trasladado a la Universidad Politécnica de Gómez Palacio. Dgo.

✓ **Obtención de extractos**

Se mezclaron 50 mg de muestra seca en 5 mL de metanol al 80 por ciento en tubos de plástico con tapa de rosca, los cuales fueron colocados en agitador Test TubeRocker a 20 rpm (marca UNICO modelo L-TTR-200) durante 3 h a 5°C. Los tubos fueron centrifugados luego a 3000 rpm durante 5 min, y el sobrenadante fue extraído para su análisis.

✓ **Contenido fenólico total**

El contenido de compuestos fenólicos totales en extracto metanólico fue determinado con base en el método Folin-Ciocalteu (Singleton, *et al*, 1999). Se tomaron 300µL de la dilución de la muestra y se agregaron 1080 µL de agua destilada y 120 µL de reactivo de Folin-Ciocalteu, se mezcló vigorosamente en vortex a 1500 rpm durante 10 segundos, después se dejó reposar durante 30 minutos exactos. Transcurrido ese tiempo, se agregaron 0.9 ml de carbonato de sodio al 7.5 por ciento (p/v) y se mezcló vigorosamente en vortex a 2500 rpm durante 10 segundos, luego se dejó reposar a temperatura ambiente durante 30 minutos y se leyó la absorbancia a 765 nm en espectrofotómetro Génesis.

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

#### ✓ **Capsaicina**

El consumo de chile se debe principalmente a su sabor pungente (picante), causado por la presencia de capsaicinoides, los cuales son un grupo de amidas ácidas derivadas de la vainillilamina, que se sintetizan y acumulan en el tejido de la placenta.(Molina, 2009)

#### ✓ **Cuantificación de capsaicina por HPLC**

Las muestras se analizaron en un cromatógrafo de líquidos de alta resolución (HPLC) Hewlett Packard □ serie 1100, se acondicionó una columna C18 con partículas de 25  $\mu\text{m}$  de diámetro (WatersSpherisorb ODS □, Sigma Co.), 50 mm de longitud y 4.7 mm de diámetro. El aparato se calibró a 290 nm de absorbancia, ya que el análisis previo del espectro de absorbancia del estándar capsaicina: dihidrocapsaicina, 65:35 (Natural Capsaicin □, Sigma Co.) detectó con esta longitud de onda el pico máximo. Se inyectaron 5  $\mu\text{L}$  de cada muestra, filtrados a través de una membrana de nylon con poro de 0.45  $\mu\text{m}$  y 47 mm de diámetro (Millipore □ Co.).

El tiempo de análisis fue 8 min y la fase móvil consistió en acetonitrilo y solución amortiguadora de fosfato de potasio monobásico 35 mM en proporción 65:35, con flujo isocrático de 0.5  $\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$  a 30 °C.

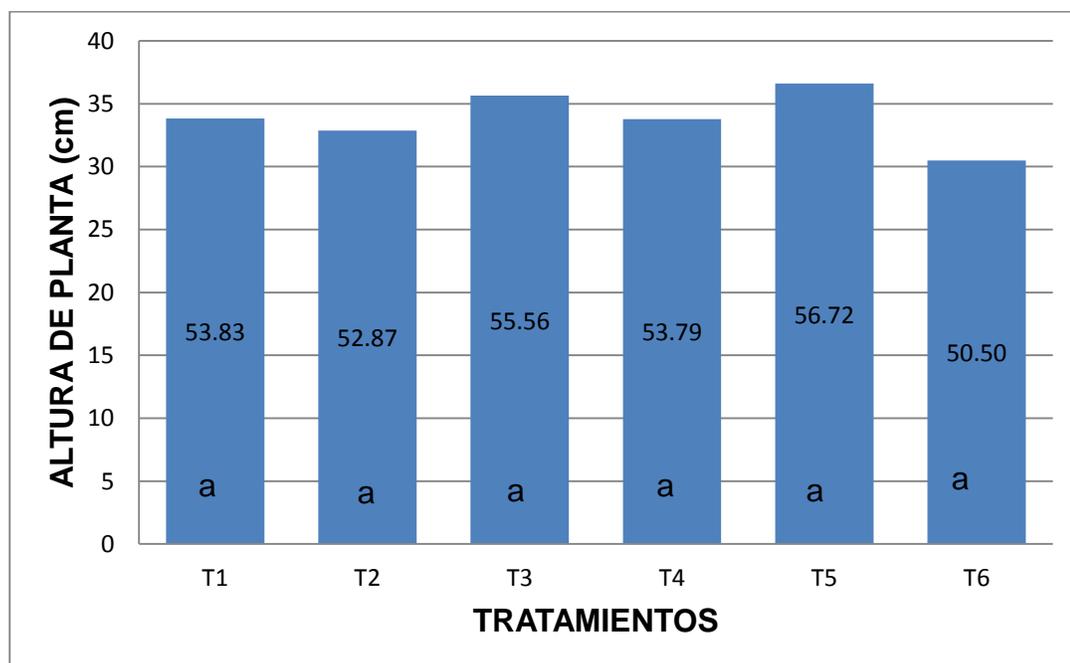
### **3.16 Análisis estadísticos**

Para evaluar los resultados obtenidos en cada una de las variables en estudio, se aplicaron análisis de varianza y pruebas de comparación de medias DMS al 5 por ciento estos se realizaron mediante el programa estadístico SAS.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Altura de planta

Para esta variable se tomaron en cuenta los resultados de la medición realizada a los 75 días después del trasplante cuando la planta de chilemirasol registro su mayor vigor Cabañas y Galindo,(2008). El análisis de varianza no presentó diferencia alguna entre los tratamientos evaluados, y presento un coeficiente de variación de 9.86 por ciento y una media de 54.04 cm, el tratamiento que registro las plantas con mayor altura fue el T5 (14 t VC •ha<sup>-1</sup>) (figura 4) con una altura por planta de 56.72 cm, seguido por el T3 (10 t VC•ha<sup>-1</sup>) con 55.66 cm, mientras que el tratamiento que tubo las alturas más pequeñas fue el T6 (180-100-00) con 50.50 cm.



**Figura 4. Altura de planta de chile mirasol, bajo condiciones de campo con diferentes dosis de VC.**

\* Letras iguales entre columnas con estadísticamente iguales.

Aunque todos los tratamientos resultaron estadística mente iguales, el T5 que contenía el mayor porcentaje de VC fuel el que obtuvo la mayor altura en las plantas, en todos los tratamientos evaluados, 75 ddt, los valores que oscilaron de 50.50 a 55.72 (figura 4) fueron inferiores a la altura promedio de 60 cm reportada por (Moreno *et al.*, 2014), para las principales variedades de chile del estado de Nayarit, México.

Como se puede apreciar en la figura 4 todos los tratamientos con VC resultaron con mayor altura de planta que el testigo, los cual se contrapone a lo establecido por Moreno-Reséndez *et al.*,(2005) quienes mencionan que la altura de planta, para el caso de tomate, no varía a diferentes porcentajes de vermicompost mezclados con arena. Sin embargo Díaz *et al.*,(2012) determinaron que las plantas más altas resultaron de los tratamientos que tenían las dosis más bajas de VC al mezclarlos con arena las plantas más altas fueron las de la mezcla VC:A 25:75. El vermicompost tiene un efecto directo sobre el crecimiento de las plantas, por su contenido de micro y macronutrientes asimilables por las plantas de acuerdo a o mencionado por Capistrán *et al.*,(2001)

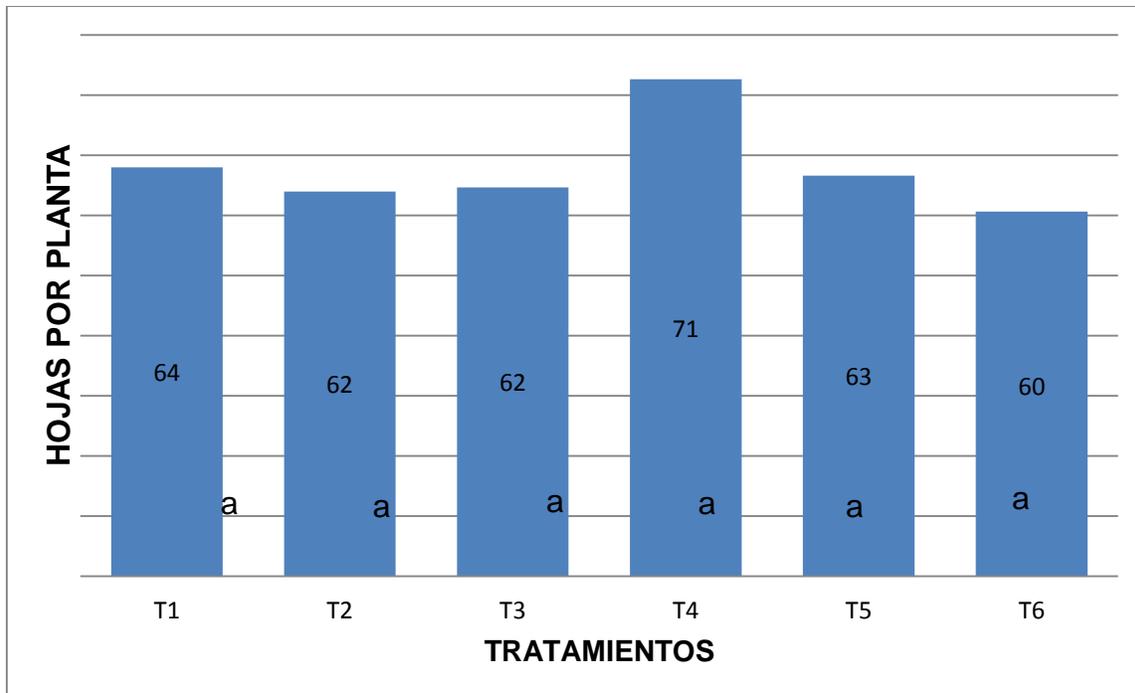
Por otro lado, al comparar los efectos de la aplicación de fertilizantes sintéticos *versus* aplicación de abonos orgánicos - vermicompost, compost y

Bocashi - sobre la altura de planta del chile jalapeño se determinó que las plantas que recibieron los abonos orgánicos resultaron iguales o superaron en altura a las plantas con fertilizantes sintéticos, con valores que oscilaron entre 44.9 y 55.0 cm de altura según Moreno *et al.*, (2014) lo cual quiere decir que los valores resultantes en el experimento para AP fueron similares.

#### **4.2 Número de hojas por planta**

Para esta variable se tomó en cuenta el último dato registrado del número de hojas que la planta permitió realizar debido a que esta ya presentaba un amplio follaje y era casi imposible contarlas con claridad, esto fue el 25-mayo-2014.

No se encontró diferencia estadística significativa entre los tratamientos evaluados, y se registró un coeficiente de variación de 14.16 por ciento y una media de 68 hojas por planta, el tratamiento que presentó el valor más alto fue el T4 (12 t VC•ha<sup>-1</sup>) (figura 5.) con 71 hojas por planta, seguido por el T5 (14 t VC•ha<sup>-1</sup>) con un valor de 63 hojas, mientras que el tratamiento que tuvo el valor más bajo fue el T6 (180-100-00) con un valor estimado de 60 hojas por planta.



**Figura 5. Número de hojas por planta de chile mirasol, bajo condiciones de campo con diferentes dosis de VC.**

\* Letras iguales entre columnas con estadísticamente iguales.

Se observó que aunque los tratamientos fueron estadísticamente iguales todos los que se fertilizaron con VC fueron los que presentaron la mayor cantidad de follaje en las plantas esto puede deberse a que de los principales nutrientes del vermicompost es el nitrógeno encontrándose también una gran cantidad de microorganismos que le dan más vigor a la planta y la hacen que aumente el follaje, la principal función del nitrógeno es la producción de clorofila la cual le da el color verde a las hojas, este elemento participa en el aumento del follaje.

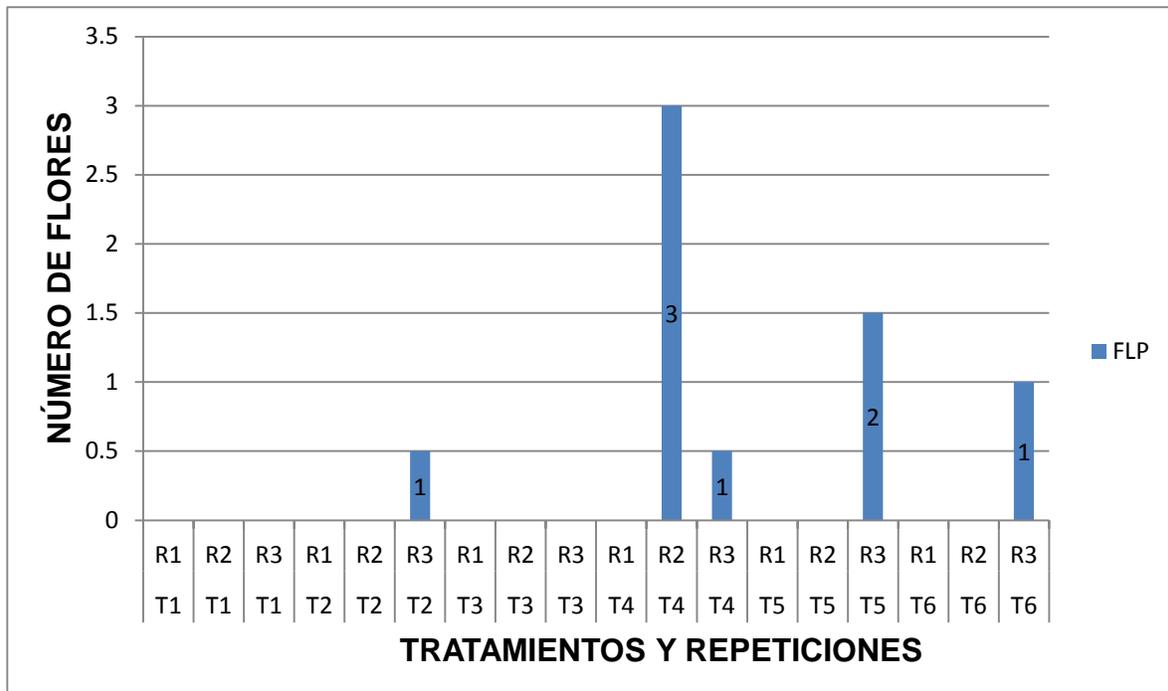
En relación con el empleo de los abonos orgánicos como parte de la nutrición de los cultivos, Atiyeh *et al.* (2009) determinaron que las plántulas de tomate,

desarrolladas en mezclas de crecimiento conteniendo 50% de VC, presentaron mayor número de hojas.

### **4.3. Inicio de floración**

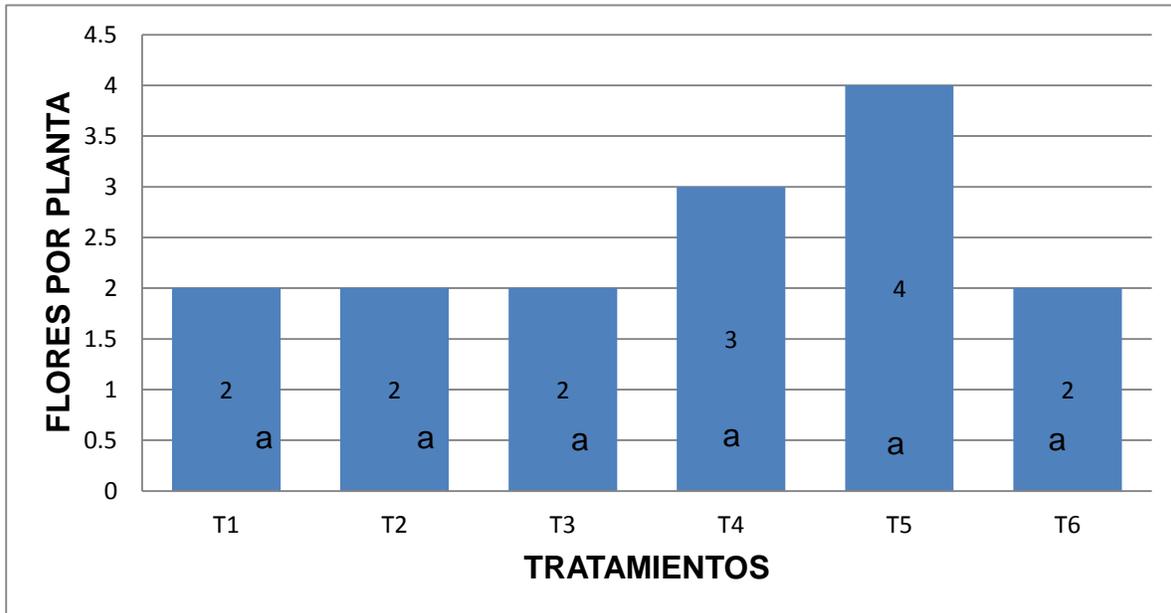
Para esta variable se tomaron en cuenta los días que trascurrieron desde el trasplante de la plántula hasta que comenzaron aparecer las primeras flores en ellas, esto con el objetivo de determinar cuál tratamiento presentó mayor precocidad.

El inicio de floración comenzaron a los 40 días después del trasplante el tratamiento que presentó las plantas con mayor cantidad de flores fue el T4, R2 (12 t VC•ha<sup>-1</sup>) (figura 6) con tres flores en cada planta, seguido por el tratamiento T5, R3 (14 t VC•ha<sup>-1</sup>) con dos flores por planta, mientras que los tratamiento que no presentaron inicio de floración fue el T1 y T3 (6 y 10 t VC•ha<sup>-1</sup>)



**Figura 6. Flores por planta después de 40 días de trasplante de chile mirasol, bajo condiciones de campo con diferentes dosis de VC**

Después de 55 días del trasplante todos los tratamientos presentaron inicio de floración sin embargo unos más que otros, el T5 ( $14 \text{ t VC} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) fue el que registro el mayor número de flores en las plantas con un total de cuatro flores por planta mientras que el tratamiento T6 (180-100-00) presentó las plantas con menos flores con un total de 2 flores (figura 7).



**Figura 7. Flores por planta después de 55 días de trasplante de chile mirasol, bajo condiciones de campo con diferentes dosis de VC.**

\* Letras iguales entre columnas con estadísticamente iguales.

Como se ha venido mencionando en las variables evaluadas anterior mente en la figura 7 se observa que los tratamientos T4 y T5 que son los que contenian las dosis más altas de VC son los que presentaron la mayor cantidad de frutos maduros esto influye directamente en la economía ya que entre más rápido salga el producto al mercado más alto es el precio.

Según a lo reportado por TotCompost.,(2014)El vermicompost es un abono rico en fitohormonas, sustancias producidas por el metabolismo de las bacterias, que estimulan los procesos biológicos de la planta. Uno de estos agentes reguladores del crecimiento como es la Auxina, que provoca el alargamiento de las células de los brotes, incrementa la floración y la cantidad y dimensión de los frutos,

esto influye en la precocidad de las plantas debido a lo anterior los tratamientos con VC presentaron mayor número de flores.

#### 4.4 Flores secas por planta

Las flores secas en la planta de chile o el aborto de frutos es un problema muy común en este cultivo y económicamente importante ya que afecta directamente el rendimiento.

Para esta variable el análisis de varianza no presentó diferencia entre los tratamientos evaluados, y registro un coeficiente de variación de 18.86 por ciento y una media 6.6 flores secas por planta, los tratamientos que presentaron los valores más altos fue el T3 y T4 (10 y 12 t VC•ha<sup>-1</sup>) con un valor de 7 flores secas por planta (figura 8), mientras que el tratamiento que tuvo el valor más bajo fue el T5 (12 t VC•ha<sup>-1</sup>) con un valor de 6 hojas secas por planta.

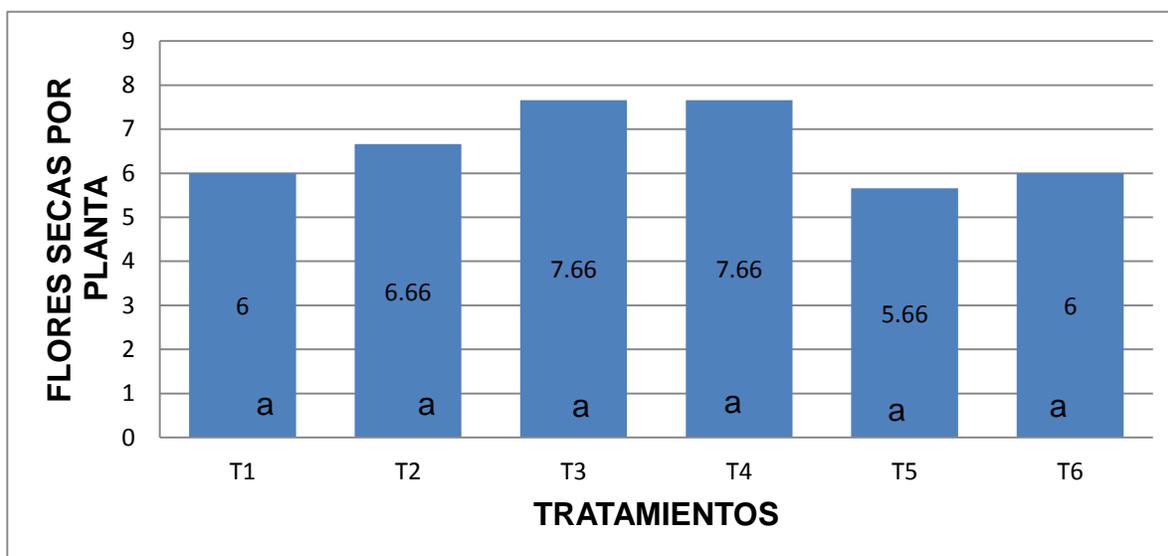


Figura 8. Número de flores secas por planta de chile mirasol, bajo condiciones de campo con diferentes dosis de VC.

\* Letras iguales entre columnas con estadísticamente iguales.

Los tratamientos resultaron estadística mente iguales sin embargo, el T5 que tiene el mayor porcentaje de VC fue el que obtuvo el menor aborto de flores. El aborto de las flores lo pueden causar diferentes factores como la falta de polinización por la deficiencia en la planta de algunos nutrientes como el B, Ca y K. ausencia de polinizadores, por alguna enfermedad causada por bacteria u hongos, por estrés provocado por altas temperaturas etc.

El vermicompost tiene un efecto directo sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas, por su contenido de micro y macronutrientes asimilables por las plantas de acuerdo a lo mencionado por Capistrán *et al.*,(2001) esto explica por qué el tratamiento T5 que es el que tiene la dosis más alta de VC presentó el menor aborto de flores. El VC tiene un alto contenido de potasio (K) y micronutrientes como boro (B) y calcio (Ca) los cuales son los nutrientes que participan en la viabilidad del polen lo cual hace que las flores sean polinizadas con más rapidez y no las aborte la planta.

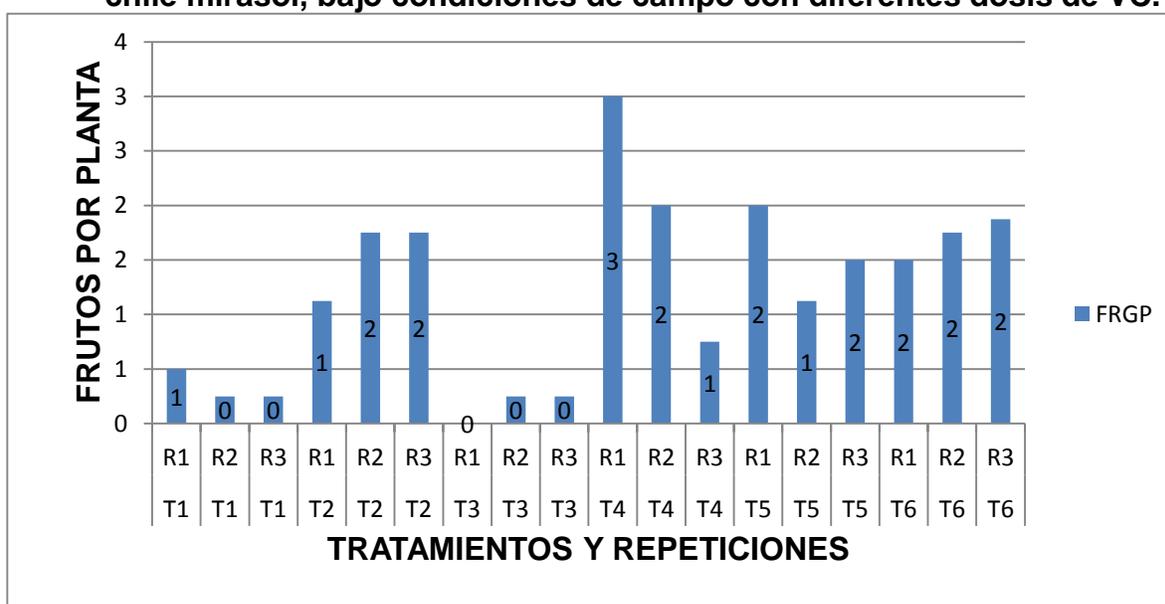
#### **4.5 Frutos maduros por planta**

Para esta variable se tomaron en cuenta los días que transcurrieron desde el trasplante de la plántula hasta que comenzó la aparición de los primeros frutos maduros en ellas, esto con el propósito de saber cuál tratamiento presentó mayor

precocidad, lo cual ayuda a que el producto salga antes al mercado y de esta manera pueda tener un mejor precio.

Los primeros frutos maduros se presentaron a los 78 ddt, el tratamiento que presentó la mayor cantidad de frutos maduros fue el T4, R1 (12 tVC•ha<sup>-1</sup>) con tres frutos maduros en cada planta, mientras que el tratamiento que no presentó ningún fruto maduro a los 78 ddt fueron T1 y T3 (6 y 10 t VC•ha<sup>-1</sup>) (figura 9)

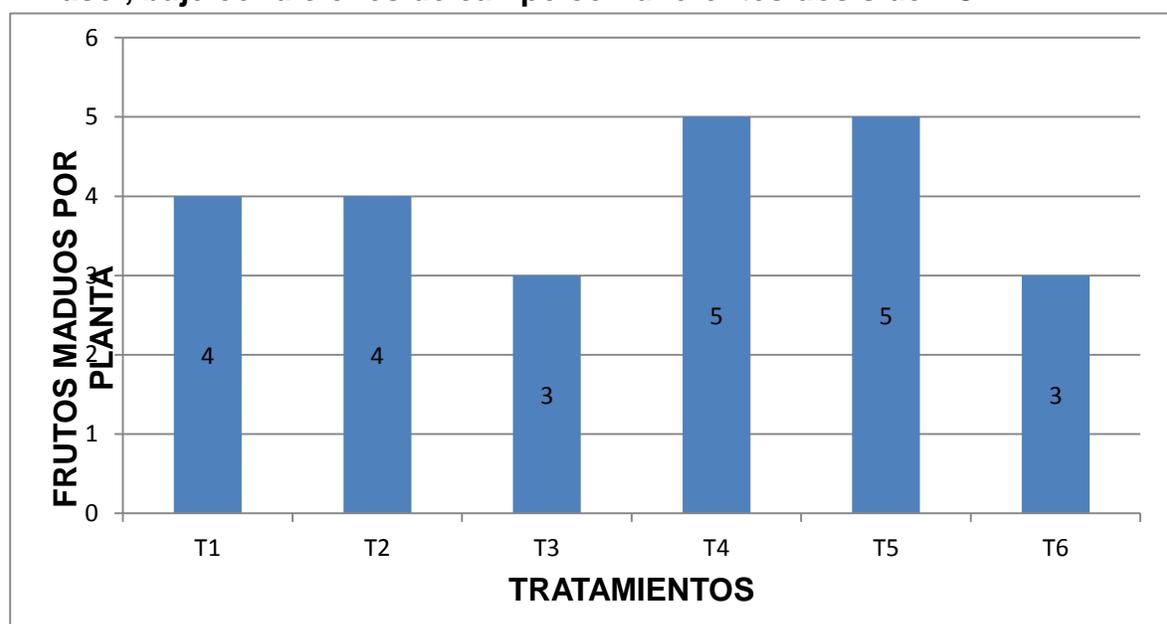
**Figura 9. Frutos maduros por planta después de 78 días de trasplante de chile mirasol, bajo condiciones de campo con diferentes dosis de VC.**



Como se observa en la figura 9 los tratamientos T4 y T5 que son los que contenían las dosis más altas de vermicompost fueron los que presentaron los primeros frutos maduros pues fueron los que habían presentado las primeras flores. Mientras que los tratamientos T1, T2 y T3 fueron los que presentaron la menor cantidad de frutos maduros y el testigo se mantuvo estable con dos frutos maduros por planta que fue la media.

Después de 86 días del trasplante todos los tratamientos presentaron frutos maduros aunque unos más que otros, los tratamientos T4 y T5 (12 y 14 t VC•ha<sup>-1</sup>) fueron los que presentaron el mayor número de frutos maduros por planta con un total de cinco frutos, mientras que los tratamientos T3 y T6 (14 t VC•ha<sup>-1</sup>, 180-100-00) (figura 10) fueron los que presentaron las plantas con menos frutos maduros con un total de tres frutos por planta.

**Figura 10. Frutos maduros por planta después de 86 días de trasplante de chile mirasol, bajo condiciones de campo con diferentes dosis de VC.**



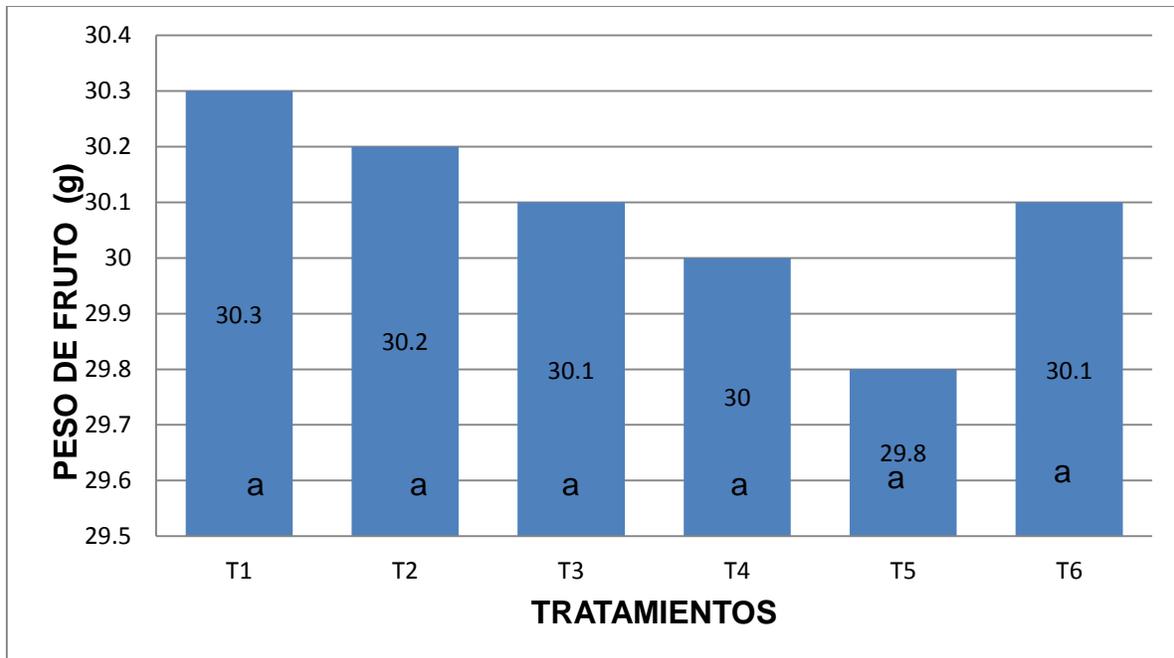
Como se ha venido mencionando en las variables evaluadas anterior mente en la figura 10 se observa que los tratamientos T4 y T5 con las dosis más altas de VC se obtuvo con mayor anticipación la madurez fisiológica de los frutos esto influye directamente en la economía ya que entre más rápido salga el producto al mercado mayor es el precio.

Lo anterior coincide con lo reportado por Roblero *et al.*,(2014) quienes señalaron que el número de frutos de tomate por planta con concentraciones 4 000 kg VC ha<sup>-1</sup> fue 20 por ciento mayor que el tratamiento de 0 kg VC ha<sup>-1</sup>, lo que indica que entre mayor fue la concentración de VC en el suelo los frutos alcanzan su madurez fisiológicamásrápidamente, además a mayor contenido de VC en el suelo mayor cantidad de frutos en las plantas esto indica que con elVCse logrósatisfacer correctamente las necesidades de plantas.

Por otro lado los resultados concuerdan con los publicado por Roblero *et al.*,(2014) quienes evaluaron cinco dosis de VC en el cultivo de tomate y determinaron que durante los muestreos se observó que los primeros frutos aparecieron en la dosis de 4 000 kg VC ha<sup>-1</sup> que fue la dosis más alta que aplicaron.

#### **4.6 Peso de fruto**

Para esta variable el análisis de varianza no encontró diferencia significativa entre los tratamientos evaluados, con un coeficiente de variación de 1. 36 por ciento y una media de 30.1 g. El tratamiento que presentó el mayor peso en los frutos fue el T1 (6 t VC ha<sup>-1</sup>) con un peso de fruto de 30.3 g, seguido por el T2 (8 t VC ha<sup>-1</sup>) con un peso por fruto de 30.2 g. (figura 11)



**Figura11. Peso de fruto (g) de chile mirasol, bajo condiciones de campo con diferentes dosis de VC.**

\* Letras iguales entre columnas con estadísticamente iguales.

Los resultados obtenidos en este experimento superaron a los reportados por Moreno *et al.*,(2014) para chile húngaro con diferentes mezclas de VC:A que van de 12.7 a 18 g.

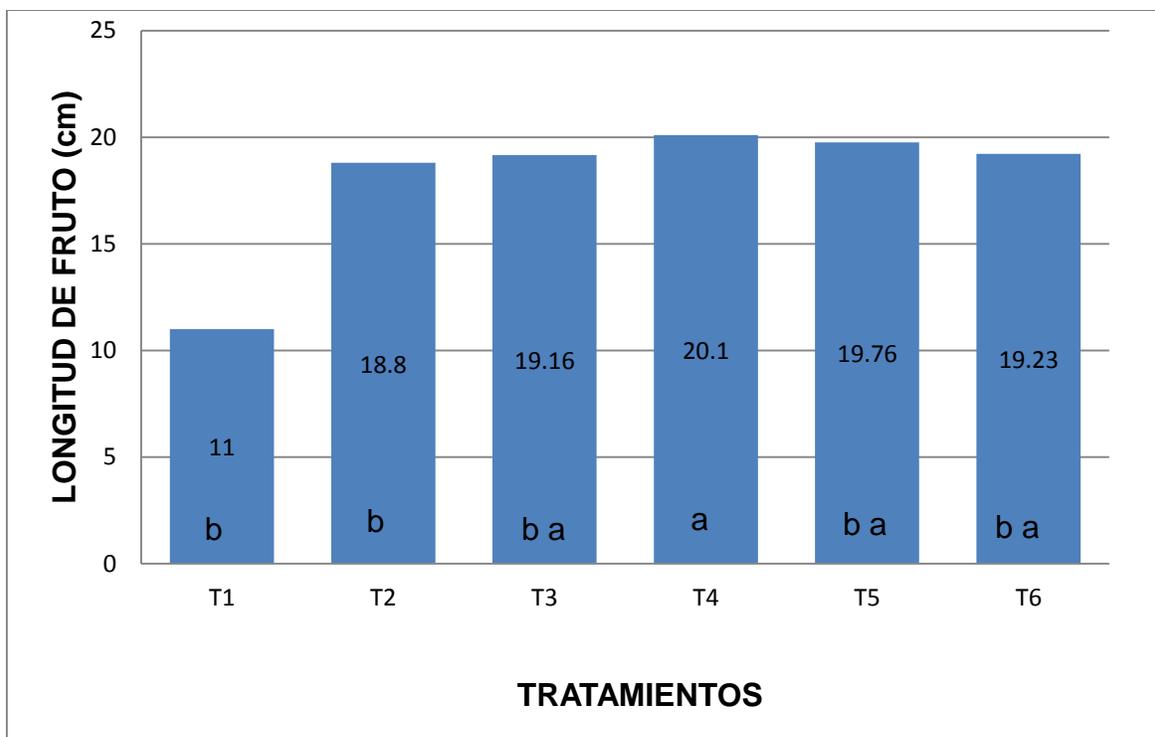
Los resultados obtenidos no concuerdan por los reportados por (Moreno *et al.*, 2014) quienes buscaron la mezcla ideal para el cultivo de chile húngaro con las siguientes relaciones en volumen de VC:A 1:1, 1: 2, 1:3, 1:4 registrando el T1 los frutos con más peso superando al resto de los tratamientos. Esto concuerda con lo reportado por Roblero *et al.*,(2014) quien dijo que las cantidades de nutrientes dispuestos en el vermicompost favorecen el peso y volumen de los tomates, los frutos de tomate fertilizados con vermicompost alcanzan un peso individual

promedio de ~120g, ya que los nutrientes disponibles para la planta provenientes de la vermicompost favorecen la producción de frutos de mayor peso y tamaño.

Por otro lado los resultados obtenidos concuerdan con los determinados por Roblero *et al.*,(2014) quienes determinaron que existe una relación entre el número de frutos por planta y el peso del fruto a mayor numero frutos por planta menor será el peso de cada fruto.

#### **4.7 Longitud de Fruto**

Para esta variable el análisis de varianza presentó diferencia estadística ( $P \leq 0.05$ ) entre los tratamientos evaluados, con un coeficiente de variación de 2.02 por ciento y una media de 19.34 cm, el tratamiento que presentó los frutos más largos fue el T4 (12 t VC) con 20.10 cm (figura 12) seguido por el T5 (14 t VC) con un largo de fruto de 19.76 cm, mientras que el tratamiento que tubo los frutos más pequeños fue el T2 (8 t VC ha<sup>-1</sup>) con 18.80 cm. El largo de fruto obtenido en todos los tratamientos evaluados, según datos de la NMX-FF-025-SCFI-2007.,(2007) entra una categoría aceptada y se clasifica como mediano, dicha categoría oscila de 15-24.9 cm de largo.



**Figura 12. Longitud de fruto de chile mirasol, bajo condiciones de campo con diferentes dosis de VC.**

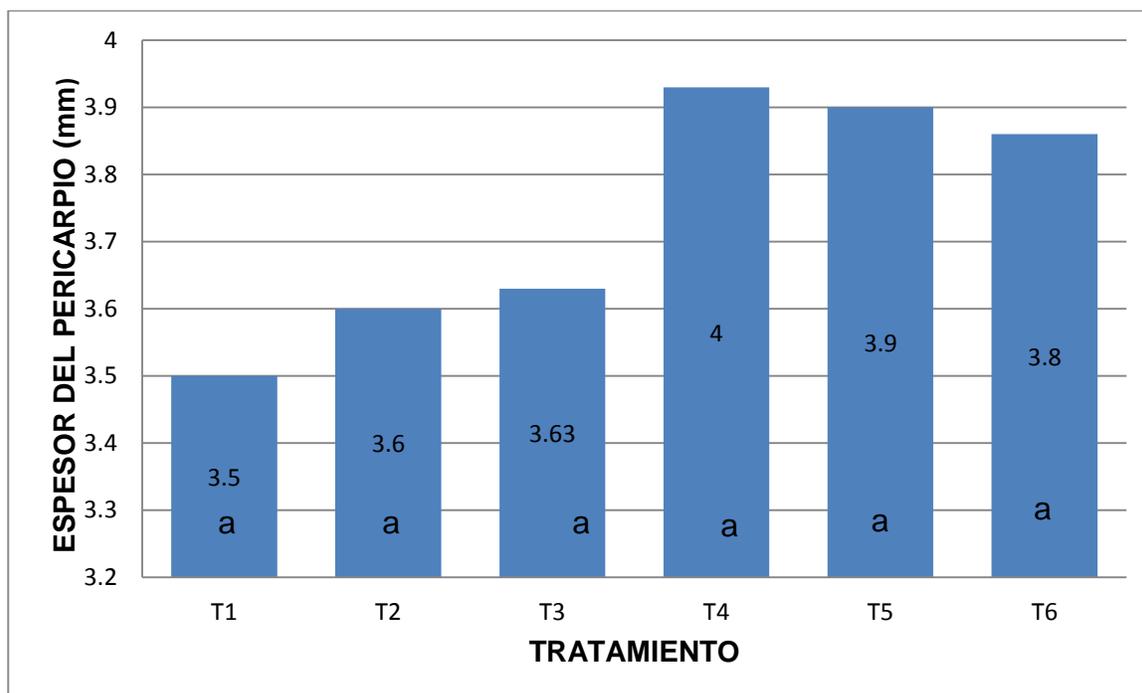
\* Letras iguales entre columnas con estadísticamente iguales.

En la figura 12 también es factible observar que la respuesta de chile mirasol respecto al largo de fruto, el valor más pequeño se registró en el tratamiento que tenía menor cantidad de VC, los otros tratamientos fueron ligeramente iguales, sin embargo el tratamiento con mayor dosis de VC fue el que presentó mayor largo de fruto debido a que, el VC es un abono rico en hormonas, sustancias producidas por el metabolismo secundario de las bacterias, que estimulan los procesos biológicos de la planta. Uno de estos agentes reguladores del crecimiento es: La Auxina, que provoca el alargamiento de las células de los brotes, incrementa la floración y la cantidad y dimensión de los frutos. (Restrepo, 2007)

Los resultados obtenidos para el largo de fruto, los tratamientos T2 a T6 están dentro del rango establecido por la NMX-FF-025-SCFI-,(2007 ) que va de 12 a 35 cm. El T1 no entra dentro de este rango ya que reporta una longitud de fruto de 11 cm.

#### 4.8 Espesor del pericarpio

Para esta variable el análisis de varianza no presentó diferencia alguna entre los tratamientos evaluados, y con un coeficiente de variación de 6.02 por ciento y una media de 3.7mm, el tratamiento que registró los frutos con mayor grosor del pericarpio fue el T4 (12 t VC ha<sup>-1</sup>) con 3.9 mm (figura 14), seguido por el T5 (14t VC ha<sup>-1</sup>) con un espesor de pericarpio de 4 mm, mientras que el tratamiento que alcanzó los valores más bajos para esta variable fue el T1 (6 t VC) con 3.5 mm.



### **Figura 13. Espesor del pericarpio de chile mirasol, bajo condiciones de campo con diferentes dosis de VC.**

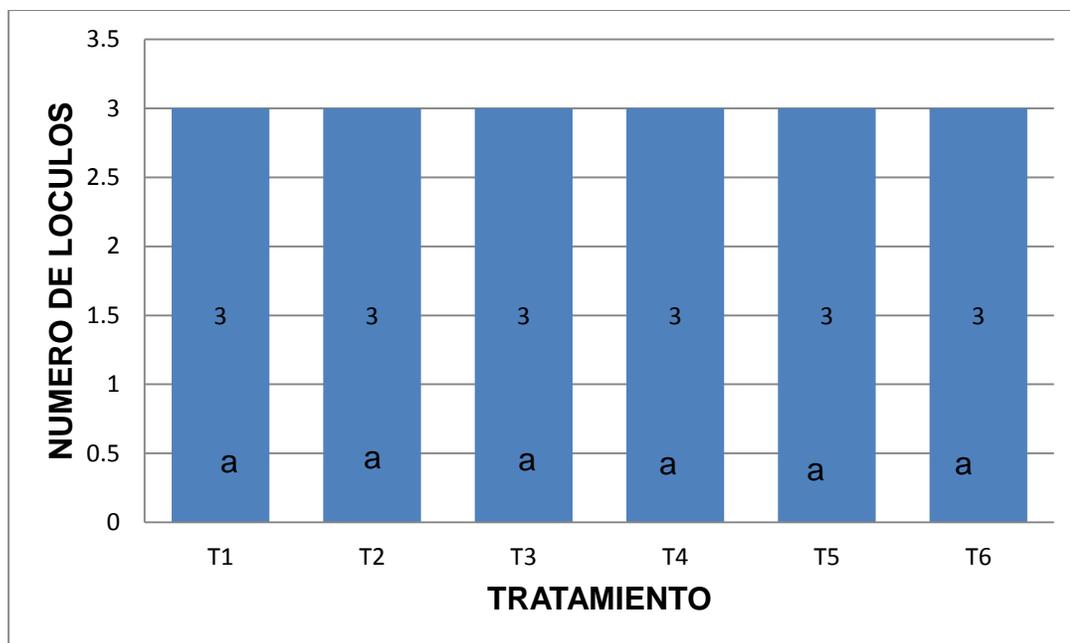
\* Letras iguales entre columnas con estadísticamente iguales.

El grosor del pericarpio es relevante para la calidad de los frutos de chile, de tal modo que las especies cultivadas para consumo como verdura, debe tener un pericarpio carnosos. En este sentido, se destaca que los valores promedio del EP para los frutos de los tratamientos T4 y T5, donde se aplicó el VC en mayor cantidad, presentaron mayor carnosidad del pericarpio. Los resultados de esta investigación para el EP resultaron más bajos a los reportados por Moreno *et al.*, (2014) quienes evaluaron diferentes mezclas de VC y arena y para la mezcla con una relación de 1:1 reportaron un EP de 7 mm.

Por otro lado los resultados obtenidos concuerdan con los de Enríquez *et al.*, (2012) quienes para chile jalapeño reportaron valores que oscilan de 4 a 6 mm.

#### **4.9 Número de lóculos**

Para esta variable el análisis de varianza no presentó diferencia alguna entre los tratamientos evaluados, con un coeficiente de variación de 0 por ciento y una media de 3.00, todos los tratamientos en estudio registraron el mismo número de lóculos en los frutos (figura15)



**Figura 14. Número de lóculos de chile mirasol, bajo condiciones de campo con diferentes dosis de VC.**

\* Letras iguales entre columnas con estadísticamente iguales.

El número de lóculos obtenido en los tratamientos evaluados según datos de la norma NMX-FF-025-SCFI-2007.,(2007)resulto estar dentro de lo aceptable para el consumo de chile verde que va de 2 a 4 lóculos.

Los resultados obtenidos por esta investigación para el numero de lóculos coincide con lo reportado porMoreno *et al.*,(2014) quien en la evaluación de diferentes mezclas de VC y arena, en los resultados obtuvieron de 2 y 3 lóculos en todos sus tratamientos.

Una de las causas por las cuales el número de lóculos en los frutos se puede ver afectado en por una polinización inadecuada, esto afecta de manera directa la calidad del producto, una polinización incorrecta puede ocurrir por una deficiencia de potasio, el VC está compuesta del 1.5 a 2 % de K esto influye directamente en

cuanto al comportamiento normal que se obtuvo en el experimento en cuanto a la variable número de lóculos por fruto.

#### 4.10 Diámetro ecuatorial de fruto

Para esta variable en el análisis de varianza se determinó diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) entre los tratamientos evaluados, con un coeficiente de variación de 4.77 por ciento y una media de 3.35 cm. El tratamiento que registró mayor diámetro en los frutos fue el T5 (14 t VC ha<sup>-1</sup>) con un diámetro de fruto de 3.60 cm, seguido por el T1 (6 t VC ha<sup>-1</sup>) con un valor de 3.10 cm. (figura 16)

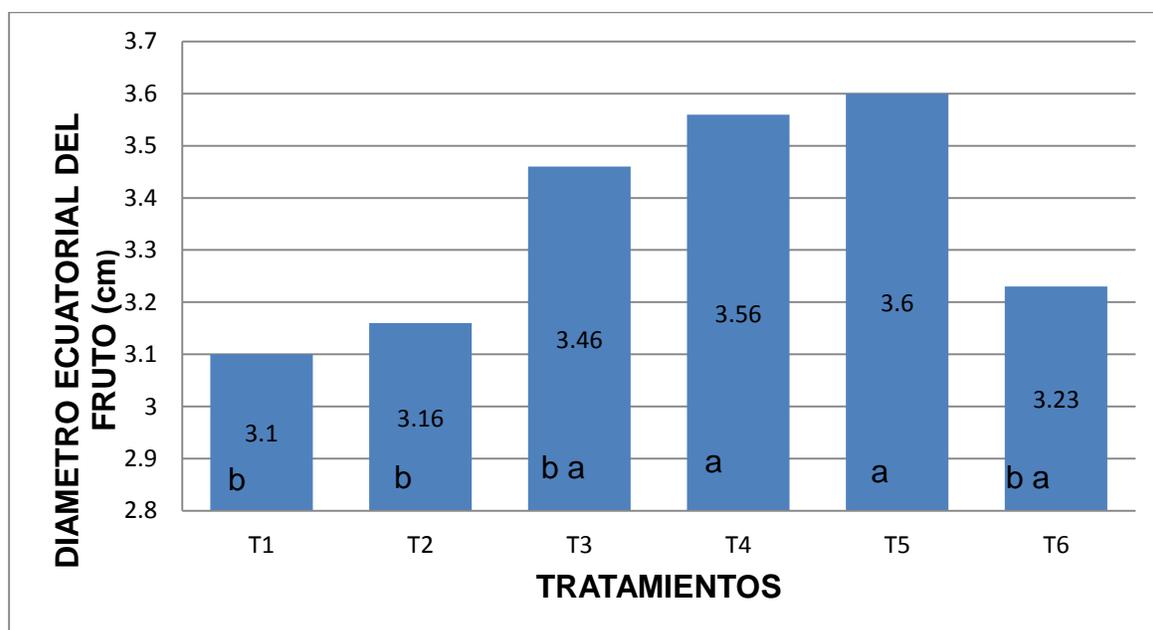


Figura 15. Diámetro ecuatorial del fruto de chile mirasol, bajo condiciones de campo con diferentes dosis de VC.

\* Letras iguales entre columnas con estadísticamente iguales.

El diámetro ecuatorial del fruto obtenido en los tratamientos evaluados según datos de la NMX-FF-025-SCFI-2007.,(2007) está dentro de lo aceptable para el chile verde que oscila de 2 a 4 cm, ya que todos los tratamientos evaluados registraron valores con aproximadamente 3 cm. Siendo el T4 y T5 los que registraron valores más altos con 3.6 cm.

En todos los casos los valores del DEF, que oscilaron de 3.1 a 3.6 cm (figura 16), fueron similares a los reportados por Hernández *et al.*,(2011) quienes para chile húngaro reportaron un diámetro promedio de 3.3 cm

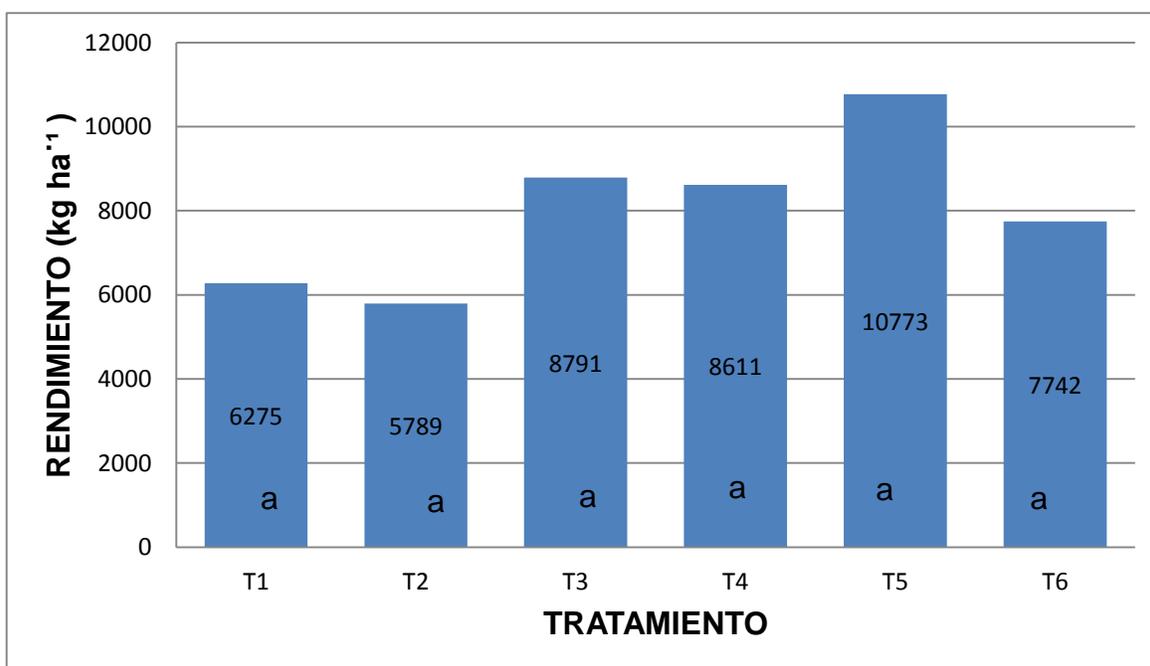
Por otro lado los resultados obtenidos resultaron inferiores al intervalo de DEF, de 2.68 a 3.09 cm, determinado por Enríquez *et al.*,(2012) en ocho materiales de chile jalapeño.

#### **4.11 Rendimiento**

Para esta variable el análisis de varianza no presentó diferencia estadística entre los tratamientos evaluados, y se registró un coeficiente de variación de 32.53 por ciento y una media de 7795.90  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , el tratamiento que presentó el mayor rendimiento fue el T5 (14 t VC  $\text{ha}^{-1}$ ) (figura 17) con 8.18 kg por parcela útil, esto extrapolado a kilogramos por hectárea generó un total de 10773  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , seguido por el T3 (10 t VC  $\text{ha}^{-1}$ ) con un rendimiento estimado de 8,791  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , mientras que el tratamiento que registró el rendimiento más bajo fue el T2 (8 t VC  $\text{ha}^{-1}$ ) con 5,784  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

**Figura 16. Rendimiento (kg) de chile mirasol, bajo condiciones de campo con diferentes dosis de VC.**

\* Letras iguales entre columnas con estadísticamente iguales.



Se observó que los tratamientos fueron estadísticamente iguales, sin embargo los tratamientos T3, T4 y T5 superaron al testigo (T), mientras que el T1 y T2 fueron superados por el testigo.

El efecto de la vermicompost sobre el desarrollo del chile influyó de manera importante sobre el rendimiento de las plantas incrementando el número de frutos y su peso. Las plantas con la dosis de 14 000 kg•ha<sup>-1</sup> de VC tuvieron un comportamiento superior a las plantas de los otros tratamientos evaluados.

Este resultado coincide con lo reportado por Roblero *et al.*, (2014) quienes mencionan que el número de frutos de tomate por planta con concentraciones 4 000 kg VC ha<sup>-1</sup> fue 20 por ciento mayor que el tratamiento de 0 kg VC ha<sup>-1</sup> lo cual indica que entre mayor cantidad de VC en el suelo se favorecerá mayor rendimiento de las plantas.

Por otro lado el tratamiento que registró el rendimiento más alto fue T5 con un valor de 10,773 t•ha<sup>-1</sup>, en tres cortes, suponiendo que se hubieran dado 6 cortes el rendimiento aproximado sería de 21, 500 t•ha<sup>-1</sup>, el cual supera en 31.32 por ciento al rendimiento promedio, de 14,760 t•ha<sup>-1</sup>, que para chile verde se registró en México durante el año 2011.(Moreno *et al.*, 2014). En el mismo sentido, este rendimiento superó en 25.5 por ciento al valor reportado por Ramos-Gourcy y Aguilar-Rubalcava.,(2007)para el chile ancho de 16,600 t•ha<sup>-1</sup>, desarrollado a campo abierto con abonos orgánicos, acolchado plástico y con riego por cintilla. El rendimiento obtenido en el tratamiento T3 y T4, con valores de 17,582 y 17,222t•ha<sup>-1</sup>

<sup>1</sup>, resultó similar al rendimiento reportado por Ramos-Gourcy y Aguilar-Rubalcava.,(2007) quienes determinaron valores de 15,839 y 18,694 t•ha<sup>-1</sup>, al fertilizar con vermicompost y estiércol de bovino, respectivamente, el cultivo de chile ancho en campo abierto.

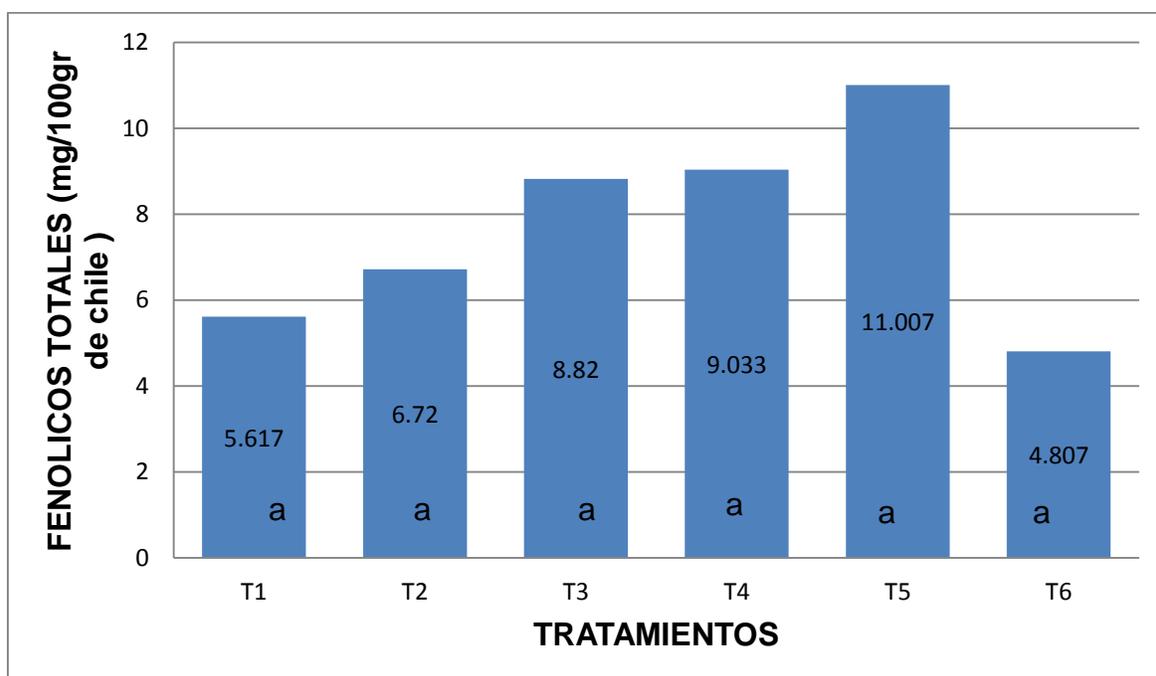
Sin embargo los resultados registrados fueron más bajos a los obtenidos por los productores de la región, los cuales son de 25 a 28 t•ha<sup>-1</sup> dándole 6 o 7 cortes los que permita el temporal, esto debido a que después del tercer corte una fuerte granizada acabo con gran parte del cultivo, después de lo ocurrido se dejaron de tomar datos.

#### **4.12 Contenido fenólico total**

El contenido de fenoles totales forman parte de un sistema de señales a las que la planta que son activadas por las diferentes condiciones de estrés a las que la planta ha sido expuesta, como los son ataque de patógenos, irradiación UV, lesiones, deficiencia de nutrientes, la temperatura etc. (Molina, 2009)

Para esta variable el análisis de varianza no presentó diferencia estadística entre los tratamientos evaluados, con un coeficiente de variación de 53.63 por ciento y una media general de 7.50 miligramos de ácido gálico equivalente por 100 g de muestra base seca de chile, el tratamiento que registró el mayor contenido fenólico fue el T5 (14 t VC ha<sup>-1</sup>) (figura 18) con valores de 11.007(mg equiv AG-/ 100 g BS),

seguido por el T4 (12 t VC ha<sup>-1</sup>) con valores registrados de 9.033 (mg equiv AG-/ 100 g BS), mientras que el tratamiento que registró los valores más bajos fue el T6 (180-100-00) con valores de 4.807 (mg equiv AG-/ 100 g BS).



**Figura 17. Contenido fenólicos totales en chile mirasol bajo condiciones de campo con diferentes dosis de VC.**

\* Letras iguales entre columnas con estadísticamente iguales.

Como se observa en la figura 18 aunque los tratamientos fueron estadísticamente iguales, sin embargo todos los tratamientos que se fertilizaron con VC fueron superiores al testigo que se fertilizó con productos sintéticos, también se determinó que a mayor cantidad de VC aplicada al suelo mayor fue el contenido fenólico en los frutos.

Los resultados concuerdan con los reportados por (Mohammad *et al.*, 2013) quienes determinaron el mayor contenido fenólico total en el más alto nivel de VC aplicado al suelo ( $15 \text{ tVC ha}^{-1}$ ) con  $95.2 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ , y por consecuencia la actividad antioxidante se incrementó con el aumento de los niveles de VC, la más alta actividad antioxidante en la fruta se obtuvo en ( $15 \text{ t VC ha}^{-1}$ ), mientras el tratamiento sin aplicación de VC tuvo la actividad antioxidante más baja en las frutas esos resultados fueron reportados por (Mohammad *et al.*, 2013)

En el cultivo de fresa el contenido fenólico total aumenta significativamente al cultivar con métodos agrícolas orgánicos en comparación con el método convencional. (Mohammad *et al.*, 2013) demostrando que las fresas cultivadas orgánicamente registraron niveles más altos de todos los antioxidantes que incluyen fenoles totales, ácido gálico y flavonoides, que al cultivarla convencionalmente. Lo anterior coincide con lo determinado en el presente experimento, ya que se determinó que, la aplicación de VC, a mayores cantidades favoreció el contenido de compuestos fenólicos totales en Chile Mirasol bajo condiciones de campo.

Por otro lado (Medina *et al.*, 2013) estudiaron la capacidad antioxidante de diferentes extractos de chiles (*C. annuum*) y su contenido fenólico reportando los resultados en miligramos de ácido gálico equivalente por 100 g de muestra al igual que los resultados de este experimento donde también se utilizó la técnica del ácido gálico para determinar la cantidad de fenólicos totales.

- Anaheim  $97.99 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  de muestra: Fenoles totales (GAE)
- Bell  $103.26 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  de muestra: Fenoles totales (GAE)

- Caribe 154.30 mg•100 g<sup>-1</sup> de muestra: Fenoles totales (GAE)
- Jalapeño 59.34 mg•100 g<sup>-1</sup> de muestra: Fenoles totales (GAE)
- Serrano 94.85mg•100 g<sup>-1</sup> de muestra: Fenoles totales (GAE)

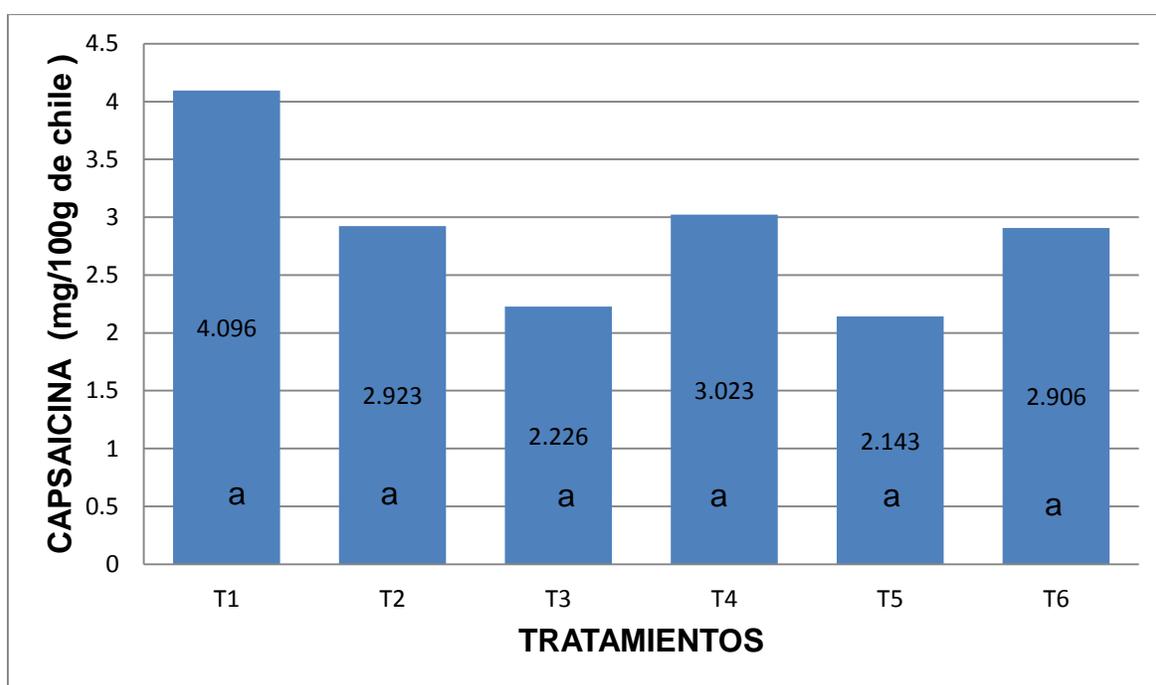
Los resultados para el contenido fenólico total utilizando la técnica del ácido gaélico para estas variedades de chile resultaran mayores a las obtenidas en el experimento para el chile Mirasol.

Por otro lado (Rochin *et al.*, 2013) estudiaron el efecto de los procesos de secado y encurtido sobre el contenido fenólico del chiltepín rojo seco y determinaron un contenido total de fenoles de 31.99 (mg / 100g) Fenoles totales (GAE) este valor supero ampliamente al contenido fenólico total determinado en las muestras de chile Mirasol en el presente experimento. Los bajos niveles de contenido fenólico total en chile Mirasol pudieron deberse a la maduración alcanzada de los frutos, pues tal y como lo determinó Molina (2009) en chile Padrón, este contenido se redujo conforme los frutos presentaron mayor grado de maduración

#### **4.13 Capsaicina**

Para esta variable el análisis de varianza no presentó diferencia estadística entre los tratamientos evaluados, con un coeficiente de variación de 27.97 por ciento y una media general de 2.89 mg de capsaicina•100 g<sup>-1</sup> de chile, el mayor contenido

de capsaicina se registró en el tratamiento T1 (6 t VC ha<sup>-1</sup>) (figura 19) con valores de 4.096 mg de capsaicina•100 g<sup>-1</sup>de chile, seguido por el T4 (12 tVC ha<sup>-1</sup>) con valores registrados de 3.063 mg de capsaicina •100 g<sup>-1</sup>de chile, mientras que el tratamiento que registróel menor valor fue el T5 (14 t VC ha<sup>-1</sup>) con 2.143 mg de capsaicina •100 g<sup>-1</sup>.



**Figura 18. Contenido de capsaicina en chile mirasol, bajo condiciones de campo con diferentes dosis de VC.**

\* Letras iguales entre columnas con estadísticamente iguales.

Se observa que los tratamientos son estadísticamente iguales no presentaron significancia, el T1 es el que presento mayor cantidad de capsaicina en los frutos seguido por el T4, el T3 y el T5 fueron los que presentaron los valores más bajos.

El chile mirasol se considera como una de las variedades con menor pungencia después del pasilla y el mulato. (NMX-FF-107/1-SCFI, 2006) con un valor que oscila entre 3 000 – 5 000 (°Scoville), sin embargo los resultados obtenidos en el experimento son superados ampliamente por esta lo que reporta dicha norma pues se registraron valores de 655.4 (°Scoville), el valor registrado mas alto.

## V. CONCLUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos en el experimento para determinar la capacidad de producción y calidad de fruto en chile tipo mirasol, se concluye que los abonos orgánicos en este caso el vermicompost favorecen el rendimiento y la calidad del fruto en el chile mirasol bajo condiciones de campo y al haber un testigo con fertilización sintética que presenta valores más bajos tanto en rendimiento como en calidad del fruto. La dosis óptima para que el cultivo de chile mirasol satisfaga sus necesidades nutrimentales y cumpla con todos los procesos fisiológicos fue con una dosis aproximada de  $12 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Por lo tanto se fortalece la idea de que los abonos orgánicos tienen potencial para soportar el desarrollo de las especies vegetales, cuando se emplea sustituyendo la fertilización sintética. Los resultados obtenidos serán un gran apoyo para los productores de la región de los llanos Durango interesados en la agricultura orgánica, y por ende para los consumidores que cada vez están más interesados en consumir productos más saludables libres de agroquímicos. El VC puede ser un excelente fertilizante ya que permite obtener un mayor rendimiento y frutos de mayor calidad tanto para el mercado nacional como internacional, aunque haría falta hacer un análisis económico para considerar al vermicompost como un producto viable al cultivo del chile.

## VI. LITERATURA CITADA

- ABO-AIIA, I., MODERNIDAD, M. & ZAKI, S. (1995) Effect of Nitrogen and Phosphorus Fertilization on Growth of Pepper (*Capsicum annuum* L.) *Hort. Science*, 20, 353.
- ALVARADO-NAVARRO, M. D., VELÁSQUEZ-VAZQUEZ, R. & MENA-CORTÉZ, J. (2012) Cosecha, postcosecha y productos de chile seco. *Tecnología de producción de chile seco.*, 221p.
- ALVARADO N., M. D., R. VELÁSQUEZ V. Y J. MENA C. (2012) Cosecha, postcosecha y productos de chile seco. *tecnología de producción de chile seco.*, 221p.
- ALVAREZ, R., DIAZ, J. & LOPEZ, J. (2008) Agricultura orgánica vs agricultura moderna como factores en la salud pública. *¿Sustentabilidad? Horizonte sanitario.* , 28-40.
- ASERCA (1995) Empresas comercializadoras regionales agropecuarias México.
- ATIYEH, R. M., S. , SUBLER, C. A., EDWARDS, G., BACHMAN, J. D. & ., M. Y. W. S. (2000) "Effects of vermicomposts and composts on plants growth in horticultural container media soil." *Pedobiología.*, 44: 579-590.
- AZA-GONZÁLES, C., NUÑEZ-PALENIUS, H. G. & OCHOA-ALEJO, N. (2011) Molecular biology of capsaicinoid biosynthesis in chil pepper (*Capsicum spp.*) *PlantcellReport*, 30, 695-706.
- BERRÍOS, U. M., ARREDONDO, B. & TJALLING, H. (2009) Guía de manejo de nutrición vegetal de especialidad : pimiento SQM. *México Df.*, 103p.
- BRAVO-MORALES, A. D. (2012) Aplicación de vermicompost al cultivo de tomate bajo condiciones de campo *División de carreras agronómicas* Torreón, Coahuila., Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro U-L.
- BRAVO-VARAS, A. (1996) Técnicas y aplicación del cultivo de la lombriz roja californiana. *E foetida Facultad de humanidades* Venezuela Universidad yacambu
- CABAÑAS, C. B. & GALINDO, G. (2008) Nivel tecnológico de los productores de chile seco (*capsicum annuum* L.) Del altiplano de Zacatecas. . *Primera Convención Mundial del Chile. Leon Guanajuato.*, Consejo nacional de productores de chile., pp. 269-277.
- CABRERA-SOTO, M., SALINA-MORENO, L. & VELÁZQUEZ-CARDELAS, G. A. (2009) Contenido de fenoles solubles e insolubles en las estructuras del grano de maíz y su relación con propiedades físicas *Agrociencia* Colegio de posgraduados, México.
- CAPISTRÁN, F., ARANDA, E. & ROMERO, J. C. (2001) Manual de reciclaje, compostaje y lombricompostaje *Instituto de ecología* 1ra edición, 1ra reimpresión., pp.98-107.
- CUBERO, J. L. (2008) Introducción a la mejora genética vegetal. . *Mundi-Prensa*. Barcelona, España.
- CUSSIANOVICH, P. (20013) La situación actual de la agricultura orgánica en Latinoamérica y el Caribe. *Seminario internacional de agricultura orgánica: desafíos, alternativas y experiencias en América Latina* 20p.
- DÍAZ, M., H. A., PRECIADO, R., P., ÁLVAREZ, R., V. P., FORTIS, H., M. , GARCÍA, H., J. L. & SÁNCHEZ, C., P. (2012) Producción orgánica y capacidad antioxidante de frutos de pepino. *Departamento de suelos*. Torreón, México, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro- Unidad Laguna.
- ELIZALDE, O. (2008) Solubilidades de la capsaicina y pigmentos insolubles (carotenoides) del chile poblano CO<sub>2</sub> supercrítico. *Doctor en ciencias* México Instituto Politécnico Nacional
- ENRÍQUEZ, H., G., VELÁSQUEZ-VALLE, R. & REVELES, H., M. (2012) Comportamiento de híbridos y variedades de chile jalapeño en Zacatecas. *Convención Mundial de Chile.*, IX, 377-382.

- ENRIQUEZ, R., J. (2013) Capacidad de producción de fruto rojo seco de poblaciones avanzadas de Chile (*Capsicum annuum* L.) tipo mirasol en la región lagunera *División de carreras agronomicas* Torreón, Coahuila Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna
- FAO (2014) Estadísticas de países productores y comercializadores de productos agrícolas. *FAOSTAT*, Informe estadístico
- FAOSTAT (2013) Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (en línea). Consultado: 19 mar. 2015. Disponible en (<http://faostat3.fao.org>).
- HERNÁNDEZ, P., M., LÓPEZ, B., A., RODRÍGUEZ, H., S. A., BORREGO-ESCALANTE, F., RAMÍREZ, M., M. & LÓPEZ, B., S. R. (2011) Análisis conglomerado de 15 cruces de Chile para variables fenológicas y de rendimiento. *Agronomía mesoamericana.*, 44-50.
- HIDALGO, P. M. & MARIN, C. (2009) Evaluación de sustratos a base de vermicompost y enmiendas orgánicas líquidas en la propagación de parchita (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) en vivero. *Revista UDO. Agrícola* 9.
- HOWARD, L. R., TALCOTT, S. T., BRENES, C. H. & VILLALOS, B. (2000) Changes in phytochemical and antioxidant activity of selected pepper cultivars (*Capsicum* species) as influenced by maturity. *Agricultural and Food Chemistry* 48, 1713-1720.
- IBAVE, G., J. LO., OJEDA, B., T., RUÍZ, A., J., NUÑEZ, B., A. & MARTÍNEZ, T., J. (2007) Perspectivas de comercialización y valor agregado del Chile. *Claridades Agropecuarias*, 163: 21-31.
- IFOAM (2014) Encuesta sobre la agricultura orgánica en todo el mundo. *International Federation of Organic Agriculture Movements*, [www.ifoam.com](http://www.ifoam.com).
- INAFED (2013.) "Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México". *Enciclopedia 3*.
- INGRAM, D. L., HERNLEY, R. W. & H., T. (2003) Growth media for container grown ornamental plants. *University of Florida*.
- INIFAP (2015) Paquete tecnológico del Chile puya (*Capsicum annuum* L.) en el estado de Durango *Paquete tecnológico*.
- KATERJI, N., MASTRORILLI, M. & HAMDY, A. (2003) Effects of water stress at different growth stages on pepper yield. *Acta Horticulturae.*, 121:1-6.
- LANCASTER, J. E., LIATER, C. E., REAY, P. F. & TRIGGA, C. M. (1997) Influence of pigment composition on skin color in a wide range of fruit and vegetables. *Journal of the American Society Horticultural Science* 122:594-598.
- LICONA, J. (2006) Agrobiotecnología *Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense*.
- LÓPEZ, R., G. O. (2003) Chili: la especia del nuevo mundo *Ciencias* 69: 66-75.
- LÓPEZ, S. (2014) China principal proveedor de Chile en México; en el país se produce sólo el 50% del consumo. *La jornada*
- LUCAS-SANTOYO, L. G. (2012) FERTILIZACIÓN FOSFATADA EN CHILE GUAJILLO (*Capsicum annuum* L.) Y SU INTERACCIÓN CON HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES *Posgrado de edafología* Montecillo, Texcoco, Estado de México Colegio de postgraduados.
- MACIAS, H., CHAVEZ, E., GONZALEZ, G., VELASQUEZ, M. A. & POTISEK, M. A. (2008) Evaluación de cultivares de Chile para deshidratar tipo mirasol en la región Lagunera Durango. *Agrofaz. Producción agrícola*
- MCGINNIS, M., WARREN, S. & BILDERBACK, T. (2008) Vermicompost - Potential as Pine Bark Amendment for the Nursey. *In: Nursey Short Course. North Carolina State University.*, 810pp.
- MEDINA, J., LUIS. ÁNGEL., MOLINA, Q., DULCE. M. A., DEL TORO, S., CARMEN. L., GONZÁLEZ, A., GUSTAVO. A. & GÁMEZ, M., NOHEMÍ. (2013) Antioxidant activity of peppers (*Capsicum annuum* L.) extracts and characterization of their phenolic constituents. *Interciencia*, 37, 588-593.

- MOHAMMAD, H., AMINIFARD., HOSSEIN, A., MAJID, A., HOSSEIN, N. & HAWA, Z. E. (2013) Effect of compost on antioxidant components and fruit quality of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) *Journal of Central European Agriculture*, 525-534.
- MOLINA, Q., D. M. (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. *POSGRADO EN BIOCENCIAS*. Hermosillo, Sonora. , UNIVERSIDAD DE SONORA.
- MORALES, B., A. D. (2012) Aplicación de vermicompost al cultivo de tomate bajo condiciones de campo. *División de carreras agronómicas Torreón, Coahuila.*, Univercidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- MORALES, C., N. & GONZÁLEZ, N. (2005) Competitividad de la páprika peruana y el chile guajillo zacatecano. *Secretaria de desarrollo agropecuario- Univercidad Autónoma Chapingo. Zacatecas, México* No. 1
- MORENO-RESÉNDEZ, A. (2007) Origen, importancia y aplicación de la vermicomposta para el desarrollo de especies vegetales. *Revista Agraria Nueva epoca*
- MORENO-RESÉNDEZ, A. & PEDRO-CANO, P. (2004) La vermicomposta y su potencial para el desarrollo de especies vegetales. *Memorias del IV Simposio Nacional de Horticultura*
- MORENO, R., ALEJANDRO. (2011) Origen, importancia y aplicación de vermicomposta para el desarrollo de especies hortícolas y ornamentales. *Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – UL.*
- MORENO, R., ALEJANDRO., RODRÍGUEZ, D., NORMA., REYES, C., JOSÉ, LUÍS., MÁRQUEZ-QUIROZ, C. & REYES, G., JOVAN. (2014) Comportamiento del chile Húngaro (*Capsicum annuum*) en mezclas de vermicompost-arena bajo condiciones protegidas. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, XLVI, pp. 97-111.
- MORENO RESÉNDEZ, A. Y. V. P., MA. T. (2005) Desarrollo de tomate en sustratos de vermicompost/arena bajo condiciones de invernadero. *Agric. Téc. Méx*, 65:26-34.
- NATURLAND (2011) Vermicomposta un abono de alta calidad para mejorar la fertilidad del suelo *Revista 4.*
- NMX-FF-025-SCFI-2007. (2007) Productos alimenticios no industrializados para consumo humano - chile fresco (*Capsicum annuum* ). *Norma oficial Mexicana.*
- NMX-FF-025-SCFI- (2007 ) PRODUCTOS ALIMENTICIOS NO INDUSTRIALIZADOS PARA CONSUMO HUMANO - CHILE FRESCO (*Capsicum spp*)
- NMX-FF-107/1-SCFI (2006) PRODUCTOS ALIMENTICIOS - CHILES SECOS ENTEROS (GUAJILLO, ANCHO, MULATO, DE ÁRBOL, PUYA Y PASILLA) *ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE PRUEBA* 1.
- NUEZ, F. R., GIL, M. & COSTA, J. (2003) El cultivo de pimientos, chiles y ajíes. *Ediciones Mundi-Prensa Reimpresión* 611 p.
- OLIVARES, M., PERLA. XOCHITL . (2013) IDENTIFICACIÓN FILOGÉTICA DE *Candidatus Liberibacter solanacearum* Y SU EFECTO EN LA CALIDAD FISIOLÓGICA DE LA SEMILLA DE CHILE JALAPEÑO *POSTGRADO EN RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD DE PRODUCCIÓN DE SEMILLAS*. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. , Colegio de posgraduados
- PARCERO, S., R. (2014) CAIDAD Y POTENCIAL ANTIOXIDANTE DEL PIMIENTO MORRÓN DESARROLLADO CON ABONOS ORGÁNICOS Y ARENA EN INVERNADERO *Departamento de agronomia* Torreón, Coahuila, México Univercidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna
- POZO, C., O. (2002) Current status of pepper production and resarch in México. . IN CHILE, C. N. D. P. D. (Ed.) *Proceedings of the 16 international paper conference* Tampico, Tamaulipas, México 10 al 12 de noviembre de 2002

- RAMOS-GOURCY, F. & AGUILAR-RUBALCAVA., J., A (2007) Evaluación de abonos orgánicos y su respuesta en chile ancho bajo acolchado plástico y cintilla. *Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas*. Zacatecas, Zac. México.
- RAMOS, G. F., RUVALCABA, A., J. A., LÓPEZ, G., M. A. & VÁZQUEZ, M. O. (2011) Efecto de abonos orgánicos en el rendimiento del cultivo del chile ancho (*Capsicum annuum* L.) y sobre las características químicas del suelo de la parcela experimental. *Revista: productores de hortalizas*. Investigación y ciencia de la universidad autónoma de Aguascalientes.
- RESTREPO, R. (2007) Manual práctico El A, B, C de la agricultura orgánica y harina de rocas. *Managua* 1a ed., 262 p.
- ROBLERO, R., HUGO, RUBILI., NAVA, P., EUSEBIO., VALENZUELA, Q., WENCESLAO., CAMACHO, B., JESÚS, RICARDO. & RODRÍGUEZ-QUIROZ, G. (2014) Evaluación de cinco dosis de vermicomposta en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) en Sinaloa, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.*, 8, pp. 1495-1500.
- ROCHIN, W., C.S. , GAMEZ, M., N. , MONTOYA, B., L.C. & MEDINA, J., L.A. (2013) EFECTO DE LOS PROCESOS DE SECADO Y ENCURTIDO SOBRE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LOS FITOQUÍMICOS DEL CHILTEPÍN (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*). *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 12, 227-239.
- SAGARPA (2015) Tecnologías de mitigación. *Secretaría de Energía: Energías Renovables para el Desarrollo Sustentable en México*.
- SAMS, C. E. (1999) Preharvest factors affecting postharvest textur. *Postharvest Biology and Technology.*, 15: 249-254.
- SANDOVAL, S. A. (2012) Caracterización del programa de extensión y servicios profesionales que asisten a los productores del chile del altiplano de Zacatecas. *Tesis de licenciatura* Fresnillo, Zacatecas, México. , Instituto Tecnológico Superior de Fresnillo.
- SERRANO-MALDONADO, M. J., GUERRERO-LEGARRETA, I., DE LA PAZ PEREZ-OLVERA, C. & SORIANO-SANTOS, J. (2011) Actividad antioxidante y efecto citotóxico de *Cladocolealoniceroides* (van Tieghem) Kujit (Loranthaceae). *Revista Mexicana de ingeniería química* 10, 10,161-170.
- SETHU, K. M., PRABHA, T. N. & THARANATHAN, R. N. (1996) Postharvest biochemical changes associated with the softening phenomenon *Capsicumm anuumm* fruis. . *Phytochemistry*, 42: 961-966.
- SHEAR, C. B. (1975) Calcium-related disorders of fruits and vegetables *Hort. Science*, 10:361-365.
- SHOWALTER, R. K. (1973) Factors affecting pepper firmness. *Florida etate horticultural society.* , Hnabling and processing section., 1:309-382.
- SIAP (2014) (Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera) Estadísticas de la producción nacional de chile verde y seco [www.siap.gob.mx](http://www.siap.gob.mx), [consulta: 27 abril 2015].
- SOTO, G. & MUÑOS, C. (2002) Consideraciones teóricas y prácticas sobre el compost y su empleo en la agricultura orgánica. *Manejo integrado de plagas (Costa Rica)* 65:123-129.
- TOTCOMPOST. (2014) Aprovechamiento de residuos orgánicos, propiedades físico-químicas y biológicas del vermicompost 1-3 pp.
- URRESTARAZU, M. L., CASTILLO, J. E. & SALAS, M. C. (2002) Técnicas culturales y de calidad del pimiento. . *Departamento de producción vegetal* Alemania Universidad de Alemería.
- VALLEJO, C., F. A. & ESTRADA, S., E.I. (2005) Producción de hortalizas de clima cálido. *Sede palmaria*. Cali, Colombia Universidad Autónoma de Colombia.
- VILLA, C., CATALAN, V., INSUNZA, I., ROMAN, L. & VALDEZ, A. (2011) Cultivares y nutrición de chile pimiento (*Capsicum annuum*) en invernadero de clima controlado. *Biotecnia.*, 11: 13-20.

