



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO||

---



**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS Y FORESTALES.**

**tesis:**

**Producción de Jitomate (*Lycopersicon esculentum* M.) en hidroponía bajo  
Invernadero.**

Que presenta:

**ING. DINORAH LORENA QUESADA PÉREZ.**

Para obtener el Grado de:

**MAESTRA EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA  
CON OPCION TERMINAL EN EL AREA DE AGRONEGOCIOS.**

Director de tesis

**DR. RAÚL CARDENAS NAVARRO.**

**PROFESOR E INVESTIGADOR TITULAR "C"**

Morelia, Mich., febrero de 2014



---

**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS Y FORESTALES.**

**tesis:**

**Producción de Jitomate (*Lycopersicon esculentum* M.) en hidroponía bajo  
Invernadero.**

Que presenta:

**ING. DINORAH LORENA QUESADA PÉREZ.**

Para obtener el Grado de:

**MAESTRA EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA  
CON OPCION TERMINAL EN EL AREA DE AGRONEGOCIOS.**

Director de tesis

***DOCTOR EN AGRONOMIA RAÚL CARDENAS NAVARRO.  
PROFESOR E INVESTIGADOR TITULAR "C"***

Comité tutelar:

**DRA. MARIA LUISA ESPAÑA BOQUERA**

**DR. LUIS LOPEZ PEREZ**

**DC. MAURICIO PEREA PEÑA**

**DRA. VILMA GUADALUPE CASTELLANOS MORALES**

Morelia, Mich., febrero de 2014

# Nota al Lector

---

El Programa de Maestría en Producción Agropecuaria, sancionado por el H. Consejo Universitario con fecha 15 de Marzo de 2013; establece los lineamientos para su operación en su plan de estudios. Determinando en el artículo 28 de las reglas complementarias los requisitos para la obtención del grado que a la letra dice:

*Artículo 28. Requisitos para la obtención del grado. Se otorgará el grado de "Maestría en Producción Agropecuaria", con cualquiera de las siguientes opciones: "Agrícola", "Pecuaria", "Forestal", "Acuícola" o "Agronegocios" al alumno que cumpla con lo establecido en el artículo 71 del Reglamento General de Estudios de Posgrado y con los siguientes requisitos:*

*a) Haber cubierto la totalidad de los créditos.*

*b) Haber entregado y defendido el proyecto de Tesis el cual se define de la siguiente manera:*

*PROYECTO TERMINAL (TESIS). Es un informe académico que se deriva de los estudios realizados y, de acuerdo con el CONACYT (2006), es de carácter profesional, docente o empresarial, en el que el estudiante debe demostrar el dominio de las competencias adquiridas. Es un informe producto del trabajo que puede ser de carácter profesional, experimental o empresarial, según la modalidad escogida por el estudiante (ver Anexo 2), donde tiene que demostrar el dominio de las competencias adquiridas en el programa de la maestría y deberá responder a una problemática relacionada con el área y relevante en nuestro contexto a la cual contribuya a solucionar.*

A su vez el anexo 2 de dicho plan de estudios es más específico al explicar las alternativas para la realización del proyecto de tesis, como a continuación se describe:

## **ANEXO 2**

### **Alternativas para la realización del proyecto de tesis del PMPA**

*Debido a la diversidad de opciones y a los requerimientos de flexibilización de los planes de estudios de esta maestría, se plantean diferentes modalidades para el desarrollo del Proyecto de Tesis, el cual busca dar respuesta a las demandas del campo productivo, así como a los intereses y aptitudes del estudiante.*

*El objetivo de este anexo es clarificar las características generales de cada modalidad que sirvan de guía para a los Comités Revisores, conformados ad-hoc, quienes delimitarán los requisitos, exigencias, aspectos a abordar y los estándares mínimos de calidad requeridos. El proyecto de tesis podrá realizarse a través de alguna de las siguientes opciones:*

#### **1. ESTUDIO DE CASOS**

*Es un análisis de una entidad, fenómeno o unidad social de naturaleza particularista, descriptiva y heurística, basada en el razonamiento inductivo. Es particularista porque se centra en una situación, evento o fenómeno específico, el cual en sí mismo es importante por lo que revela del fenómeno y lo que pueda representar. Es descriptiva, porque el producto final es una representación rica y densa del fenómeno a investigar y es heurística, porque ilumina la comprensión del lector del fenómeno objeto de estudio, lo que puede llevar a descubrir nuevos significados, ampliar la experiencia o confirmar lo que se sabe (Pérez, 2001). El estudio de casos puede ser de una empresa, de una actividad productiva, etc.*

*Los estudios de casos cualitativos son estudios que involucran la exploración detallada a lo largo de un período de tiempo, lo suficientemente extenso, que permita el entendimiento profundo del objeto de estudio y del contexto en que éste se ubica, por medio de métodos múltiples de recolección de datos y múltiples fuentes de información altamente contextualizadas (Cresswell, 1998). Es aplicable en innumerables campos donde se trate de combinar eficazmente la teoría y la práctica.*

#### **2. ESTUDIOS ECONÓMICOS**

*Los estudios de este tipo son componentes importantes de la investigación acerca de la efectividad y establecimiento de políticas en los niveles federal, estatal y local en diversos tipos de sistemas educativos. Su propósito es entender los efectos de reformas o políticas en relación con sus costos, contribuciones de la educación al crecimiento económico y al desarrollo, así como acerca del entorno no monetario en educación (Coombs, 1994).*

#### **3. PROYECTOS DE DESARROLLO TECNOLÓGICO**

*Estos proyectos involucran un proceso de cambio, por medio del cual se intenta alcanzar los objetivos de la actividad productiva con los más altos niveles de logro. Se caracterizan por realizar una descripción especializada de un caso, organizado de acuerdo con las líneas del posgrado. Los aspectos básicos que debe contener el análisis serán: describir el contexto situacional del caso, los principales factores involucrados, los conceptos que se aplican con base en las perspectivas disciplinares actuales, la explicación de los elementos que justifiquen el qué, cómo y cuándo de la problemática, la delimitación de la problemática analizada donde se deben definir sus fronteras e identificar los factores o variables que ocasionan obstáculos en el desarrollo de la institución; así como el análisis de las interrelaciones de los factores o variables seleccionadas.*

#### **4. DISEÑO, DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN Y MEDICIÓN PRODUCTIVA**

*Consiste en el diseño, desarrollo y/o validación de un instrumento, técnica o estrategia de evaluación y/o medición, con sus propiedades, limitaciones y fortalezas reportadas; así como sus indicadores de confiabilidad y validez.*

#### **5. PROGRAMAS DE PREVENCIÓN Y/O INTERVENCIÓN**

*Consisten en el proyecto de atención, solución y/o prevención de problemas productivos, documentados a través de acciones que evidencien la adquisición de conocimientos, habilidades y actitudes durante el programa de estudio. Será necesario implementar el proyecto (aún en fases piloto o preliminares) y evaluar sus resultados.*

#### **6. OTROS**

*Cualquier otro proyecto propuesto del estudiante por el visto bueno de su asesor, aprobado por el Comité tutorial.*

Por tanto este documento podrá ser de la naturaleza descrita con antelación y con ello cumplir con el objetivo y el enfoque profesionalizante del programa.

***La Coordinación Académica del Programa de Maestría en Producción Agropecuaria con opción terminal en la Áreas: Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola y Agronegocios.***

# Índice

|  |           |
|--|-----------|
| Resumen.....   | 1         |
| Abstract.....  | 2         |
| Introducción.....  | 3         |
| Antecedentes: Historia de los cultivos protegidos.....                   | 4         |
| Generalidades del jitomate.....  | 13        |
| Morfología de los órganos de la planta de<br>jitomate.....               | 14        |
| Clasificación taxonómica.....  | 17        |
| El cultivo de jitomate en invernadero.....                               | 18        |
| Sistemas hidropónicos para el cultivo de jitomate.....                   | 23        |
| Objetivo general.....  | 25        |
| Objetivos específicos.....   | 25        |
| Manual para la producción de jitomate en hidroponía, en invernadero..... | 26        |
| Elección de la semilla.....  | 28        |
| Germinación y siembra.....   | 29        |
| Trasplante.....  | 33        |
| Formulación de soluciones nutritivas.....                                | 48        |
| Manejo del cultivo.....  | 52        |
| Podas.....   | 52        |
| Tutoreo.....   | 54        |
| Riego.....   | 58        |
| Polinización.....  | 61        |
| Plagas y enfermedades.....   | 66        |
| <b>Conclusión general.....</b>   | <b>95</b> |
| <b>Recomendaciones.....</b>  | <b>96</b> |
| <b>Literatura.....</b>   | <b>97</b> |

# Lista de figuras

| <b>Figura</b>               | <b>Descripción</b>                                     | <b>Página</b> |
|-----------------------------|--|---------------|
| <b>Figura 1</b>             | Invernaderos de piedra en La isla de Pascua, Chile     | 5             |
| <b>Figura 2</b>             | Invernaderos tipo multitunel simétrico de ojiva        | 11            |
| <b>Figura 3</b>             | Invernaderos tipo multitunel simétrico                 | 11            |
| <b>Figura 4</b>             | Invernaderos tipo dientes de sierra                    | 12            |
| <b>Figura 5</b>             | Planta de jitomate                                     | 13            |
| <b>Figura 6</b>             | Raíces del jitomate                                    | 14            |
| <b>Figura 7</b>             | Tallo de planta de jitomate                            | 15            |
| <b>Figura 8</b>             | Hojas y flores de la planta de jitomate                | 16            |
| <b>Figura 9<sup>a</sup></b> | Principales estados productores de jitomate en México  | 19            |
| <b>Figura 9<sup>b</sup></b> | Principales estados productores de jitomate en México  | 20            |
| <b>Figura 10</b>            | Invernadero expo agroalimentaria 2013 Irapuato Gto.    | 21            |
| <b>Figura 11</b>            | Foamy agrícola   | 30            |
| <b>Figura 12</b>            | Espuma de poliestireno                                 | 30            |
| <b>Figura 13</b>            | Plántulas listas para ser trasplantadas                | 33            |
| <b>Figura 14</b>            | Boli de fibra de coco                                  | 34            |
| <b>Figura 15</b>            | Marcas para perforaciones en el boli a cada 30 cm      | 35            |
| <b>Figura 16</b>            | Marcas circulares el corte de los orificios en el boli | 36            |
| <b>Figura 17</b>            | Corte de los orificios en el boli                      | 36            |
| <b>Figura 18</b>            | Saturación del sustrato con solución nutritiva         | 37            |
| <b>Figura 19</b>            | Corte de T invertida para drenaje                      | 38            |
| <b>Figuras 20a y 20b</b>    | Marcas para dobles en el contenedor                    | 45            |

|                    |  |    |
|--------------------|--|----|
| <b>Figuras 21a</b> | Dobleces en el contenedor  | 46 |
| <b>Figura 21b</b>  | Colocación de los sujetadores de canaleta                              | 46 |
| <b>Figura 22</b>   | Canaleta armada  | 47 |
| <b>Figura 23</b>   | Canaleta reforzada   | 47 |
| <b>Figura 24</b>   | Poda de axilas   | 52 |
| <b>Figura 25</b>   | Poda de hojas  | 53 |
| <b>Figura 26</b>   | Plantas de jitomate con “tutor”, como guía de crecimiento              | 54 |
| <b>Figura 27</b>   | Anillo para tutorado   | 56 |
| <b>Figura 28</b>   | Planta de jitomate con tutor   | 57 |
| <b>Figura 29</b>   | Riego localizado   | 58 |
| <b>Figura 30</b>   | Expo agroalimentaria 2013 Irapuato Gto.                                | 61 |
| <b>Figura 31</b>   | Caja con abejorros para polinización                                   | 64 |
| <b>Figura 32</b>   | Colocación de las cajas con abejorros dentro del invernadero           | 65 |
| <b>Figura 33</b>   | Bio-controladores  | 69 |
| <b>Figura 34</b>   | Malla anti-afidos  | 72 |
| <b>Figura 35</b>   | Entrada y salida del invernadero con caseta sanitaria                  | 72 |
| <b>Figura 36</b>   | Estación de limpieza con tapete sanitario para desinfección de calzado | 73 |
| <b>Figura 37</b>   | Trampas con cintas pegajosas de captura dentro color amarillo          | 74 |
| <b>Figura 38</b>   | Trampas con cintas pegajosas de captura dentro color azul              | 74 |
| <b>Figura 39</b>   | Pasillos cubiertos con grand couver                                    | 75 |
| <b>Figura 40</b>   | Medidor de temperatura y humedad relativa                              | 76 |
| <b>Figura 41</b>   | Ventilador para regular la temperatura dentro del invernadero          | 76 |

# Dedicatoria

A Dios que me dio la vida y a Jade Cire que es mi razón de vivir.

A mis papas que siempre me apoyaron, especialmente a mi mamá por ser mi principal pilar.

A mis titos José Luis y Ramiro, que desde el cielo, han sido mis ángeles, me han cuidado y protegido.

Al Dr. Raúl Cárdenas Navarro, que hasta ahora pude entender sus palabras, cuando decía “la rescatamos”, se en este momento que sin su apoyo y acompañamiento, esta alegría y satisfacción no hubiera sido posible.

A Jesús Alonso que en todo momento ha estado a mi lado.

# Agradecimientos

Mi más sincero agradecimiento al Dr. Raúl Cárdenas Navarro por el apoyo que me ha brindado, por la participación en el desarrollo de este trabajo, ser mi guía y transmitirme su experiencia.

A los miembros del comité

Dra. María Luisa España Boquera

Dr. Luis López Pérez

Dc. Mauricio Perea Peña

Dra. Vilma Guadalupe Castellanos Morales

A la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, y al Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, bajo la dirección del Dr. Guillermo Salas Razo, por el apoyo que siempre me brindaron.

Al CONACYT por el financiamiento de la beca, con la cual me fue posible concluir mis estudios.

A la Dra. Rosa Elena Pérez Sánchez, por su amistad incondicional y porque día a día me impulso a seguir adelante y no rendirme.

A los productores que me facilitaron la información para la realización de este trabajo.

# Resumen

La producción de cultivos bajo invernadero es una de las técnicas más empleadas actualmente por los productores agrícolas, ya que separa el cultivo del ambiente externo, lo cual permite protegerlo de vientos, lluvias, animales, plagas y enfermedades. También provee un mayor control sobre la temperatura de las plantas y la cantidad de luz requerida, haciendo posible la producción de manera más eficiente y continua, a diferencia de los cultivos a cielo abierto que dependen de las condiciones climáticas y por lo consiguiente de las temporadas de siembra. En el presente documento se analiza la historia de los cultivos protegidos, desde sus orígenes en Roma y Egipto, hace más de 3500 años, hasta su situación actual. Se proporcionan las características fundamentales de la planta de jitomate, de su cultivo en invernadero y en condiciones de hidroponía. Finalmente se proporciona un manual para el cultivo de jitomate en invernadero, con el objetivo de que sea útil para los productores. Este manual constituye una introducción acerca de las características y el manejo de los diferentes elementos que se deben considerar para producir jitomate en un invernadero, incluyendo las experiencias de los productores de la región. Utiliza un lenguaje simple, con pocos términos técnicos, por lo que es accesible para todos los interesados en este cultivo.

**Palabras claves:** jitomate, hidroponía, invernadero

# Abstract

The crop production using a greenhouse is one of the most used techniques by the farmers nowadays, because it can protect the crops from the outside environment, such as wind, rain, animals, plagues and other diseases. It also allows a better control over plant temperature and the need of light, making the production more efficient and continuous, unlike the open fields that are subjected to the weather and growing season. This document analyzes the history of protected crops from its origins in Rome and Egypt about 3500 years ago, to the modern days situation. We will study the tomato plant, the crop under a greenhouse and using hydroponics. At the end we will provide a manual to grow tomato under a greenhouse, useful to the farmers. This manual is an introduction to the characteristics and how to handle the different elements to consider in the tomato greenhouse production, including the experiences of regional farmers. We use a very simple language, leaving out technical terms so the manual is accessible to all the parties interested in the production of this crop.

**Key words:** tomato, hydroponics, greenhouse.

# Introducción

La necesidad de una mayor producción por unidad de tiempo y superficie, la exigencia de ciertos sectores de consumo tanto nacional como internacional, que demandan calidad, la diversificación del mercado, cuya tendencia se ha caracterizado por una especial atención en el sabor y en el cuidado de la salud, ha demandado frutos que le garanticen sean inocuos Como se mencionó anteriormente los cultivos protegidos son cultivos de plantas bajo estructuras cubiertas por materiales transparentes o semitransparentes, ya sea malla sombra, micro túnel, macro túnel o invernadero, la cual permite obtener condiciones artificiales de microclima, que permiten alcanzar un adecuado crecimiento vegetal, aumentar rendimientos y mejorar la calidad

Los invernaderos son, los elementos de la agricultura protegida que permiten un mejor control de las condiciones ambientales y combinándolos con las ventajas de la hidroponía se logra un control óptimo de las condiciones edáficas para lograr un mejor desarrollo de las plantas, obteniendo así mayores producciones y de mejor calidad. Se trata por tanto de un sistema de cultivo más tecnificado, con una mayor posibilidad de cambios y mejoras.

Un sistema de cultivo de jitomate hidropónico bajo invernadero, se basa en un mayor control de los factores que influyen en el desarrollo de las plantas. De este modo se consigue que la nutrición y las condiciones ambientales, se aproximen más a las necesidades del cultivo y del consumidor.

Los productores necesitan una guía práctica que les permita la producción de jitomate hidropónico bajo invernadero, permitiéndoles la obtención de mejores ganancias al aprovechar al máximo las condiciones meteorológicas así como de fácil acceso de los materiales e insumos para un buen funcionamiento del invernadero y de esta manera hacer del cultivo de jitomate en hidroponía bajo invernadero un cultivo seguro para la salud y además rentable, ya que debido a las características con las que cuenta la producción en cuanto a su valor nutricional, tamaño, apariencia, sabor, diversificación de consumo, etc... es factible exportar y así obtener mayores ganancias además de la ubicación geográfica de nuestra región la cual nos pone en ventaja respecto a otros estados. La importancia de este trabajo, es que el manual Producción de Jitomate

(*Lycopersicon esculentum* M.) en hidroponía bajo Invernadero, está redactado con un lenguaje coloquial, basado en una revisión de la bibliografía existente así como experiencias de los propios productores de la región.

## **Antecedentes: Historia de los cultivos protegidos**

La agricultura protegida se define como el cultivo de plantas bajo toda estructura cubierta por materiales transparentes o semitransparentes, ya sea malla sombra, micro túnel, macro túnel o invernadero, la cual permite obtener condiciones artificiales de microclima, que permiten alcanzar un adecuado crecimiento vegetal, aumentar rendimientos y mejorar la calidad. Una función básica del invernadero, es proporcionar condiciones ambientales que hacen posible, o aceleran, el proceso de la fotosíntesis.

Origen de los invernaderos.

En la antigüedad no existían invernaderos como los conocemos hoy día, aunque sí se conocían diferentes prácticas para cultivar hortalizas y flores fuera de temporada. Fueron Enoch *et al.* (1999) realizaron una revisión sobre la historia de los invernaderos con referencias a las técnicas de cultivo de más de 3.000 años, como los textos encontrados en la Biblia: “nunca faltaba de nada en la mesa del Rey Salomón, ni rosas durante la época de calor ni calabacines durante el periodo lluvioso”. El cultivo intensivo de plantas fue estudiado también en Atenas y Roma en el 372-287 AC, donde se mencionaba que las plantas se movían hacia patios cubiertos durante la noche y se calentaba el suelo mediante estiércol o composta. Agricultores en China, Egipto, Israel, Grecia y Roma cultivaron plantas en macetas que trasladaban durante la noche o periodos fríos a zonas protegidas.

No se registra con exactitud a quién se le debe el mérito de haber inventado el cultivo protegido de plantas. Algunos historiadores afirman que fueron los egipcios mientras que otros lo atribuyen a los romanos, aunque también existen referencias a estructuras y prácticas para proteger cultivos entre los griegos, los judíos, los chinos y otros pueblos de la antigüedad (López, 1998; Pinske, 1998; Enoch and Enoch, 1999; García y Serrano, 2005).

Algunas referencias señalan que hace más de 3500 años en el antiguo Egipto se construían especies de invernaderos o estructuras para proteger plantas cultivadas,

cuando las condiciones ambientales exteriores eran adversas a su desarrollo. Otras fuentes apuntan que los romanos, durante el primer siglo de la era actual, cultivaban pepinos (bajo placas de mica (*Lapis Specularis* o “piedras transparentes”). En este caso el cultivo se hacía en macetas montadas sobre plataformas con ruedas, para trasportarlas fácilmente al sol; las *Lapis Specularis* permitían el paso de una luz tenue en vez del sol directo. Durante la noche o en los días invernales las protegían con una cubierta transparente (López, 1998; Pinske, 1998; Tesi, 2001; García y Serrano, 2005).

Los egipcios ya sabían cómo fabricar vidrio unos 1500 años antes de nuestra era, tecnología que se conoció en Europa hasta unos 1500 a 2000 años después, en las postrimerías de La Edad Media. Por esta razón es probable es que los actuales invernaderos sean resultado de una de las tantas aplicaciones encontradas al vidrio, una vez que éste se difundió en Europa, como una extensión de su empleo en los grandes ventanales de los palacios de reyes y monarcas, en donde observaron que las plantas de las macetas colocadas tras esos ventanales crecían mejor que otras que no tenían las mismas condiciones de iluminación (Jensen, 1997; Pinske, 1998).

Las fuentes consultadas indican que en el siglo XVI ya se utilizaban en América técnicas para proteger los cultivos contra el frío, tal es el caso de los “mana-vai” (invernaderos de piedra en La isla de Pascua en Chile), cuya función era mantener resguardada las plantas del viento, del sol extremo, mantener el calor, la humedad y facilitar la producción de material fertilizante. *Figura 1* <http://www.gns.cri.nz>).



*Figura 1. Invernaderos de piedra en La isla de Pascua, Chile*

La eficacia de estas estructuras se manifestaba por el buen desarrollo que las plantas alcanzaban en estos recintos, comparadas con las que existían a campo abierto. Muchos mana-vai conservan hasta el día de hoy plantas autóctonas como toa, malka, mahute, taro y otras especies, derivadas de antiguos cultivos.

Las referencias sobre el empleo de los invernaderos difieren. García y Serrano (2005), escriben que alrededor del año 1550 D.C. se modificó la estructura del jardín botánico de Papua, Italia para construir algunas partes de cristal, lo que indica que dicho jardín contó con un invernadero al menos a partir de esa fecha. Otros autores indican que el primer invernadero con cubierta de vidrio, se construyó en el año 1700 D.C. y sólo usó vidrio en uno de los costados, a modo de techo inclinado. Así mismo se describe que los primeros techos de cristal que dejaban pasar la luz hicieron su aparición en Inglaterra hacia 1717 D.C. y se fueron transformando hasta llegar a convertirse en los invernaderos victorianos, exuberantes y extravagantes. A finales de ese siglo el vidrio ya se usaba en estructuras que se empleaban para el cultivo de melón, uvas, duraznos, fresas y cítricos. Algunos de ellos fueron verdaderos palacios de cristal, como el que se presentó en la Exposición Universal de 1851 en Inglaterra. (Jensen, 1997; Pinske, 1998; García y Serrano, 2005).

A finales del siglo XIX e inicio del siglo-XX, los invernaderos se empezaron a utilizar en la producción comercial de cultivos como plantas ornamentales, flores de corte y hortalizas. Holanda fue el exponente más representativo de las nuevas tecnologías sobre la construcción de invernaderos empleando acero y cristal. En el año de 1904, este país, contaba con 30 hectáreas de invernaderos cubiertos de vidrio y para el año de 1970 existían unas 7 000 hectáreas con estas características (López, 1998; Tesi, 2001). Sin embargo, los altos costos de los invernaderos de acero con cubierta de vidrio no permitieron un desarrollo mayor de la superficie con agricultura protegida, situación que frenó su expansión en regiones del mundo poco desarrolladas. El uso más común de los primeros invernaderos comerciales fue el cultivo de plantas ornamentales, posteriormente, en las décadas de 1920 a 1940, se establecieron las bases de producción hidropónica bajo invernadero. Sin embargo, la producción masiva de alimentos bajo invernaderos no se estableció totalmente hasta la introducción de los plásticos flexibles como cubiertas, lo cual ocurrió después de la Segunda Guerra Mundial (Jensen, 1997; Resh, 1997; López, 1998). El primer invernadero con cubierta de plástico se estableció en 1948, cuando el profesor Emery Myers Emmert de la Universidad de Kentucky, usó celofán para cubrir un pequeño invernadero, dando origen al uso de los plásticos en la agricultura. Por ello se le considera como el padre de la plasticultura, ya que fue el primero que desarrolló

mucho de los principios de las tecnologías plásticas con propósitos agrícolas a través de sus invernaderos de investigación (Jensen, 1997; Jensen, 2003).

A mediados del siglo XX, surgen materiales más ligeros y resistentes para la construcción de estructuras en general e invernaderos en particular, desarrollo que da como resultado construcciones ligeras, resistentes y más económicas. Esta situación que se complementó con la existencia de materiales plásticos, mismos que se empezaron a emplear en las cubiertas de los invernaderos.

Los plásticos y los perfiles estructurales, permitieron la construcción de estructuras más baratas que las de acero y cristal e hicieron posible que las nuevas tecnologías de la agricultura protegida y los invernaderos estuvieran al alcance de un mayor número de productores, fomentando un rápido desarrollo de los cultivos protegidos en varias regiones del mundo.

Tipos de Invernaderos.

Un invernadero se puede definir como un sistema semi-cerrado, donde hay intercambio con la atmósfera del exterior. Los invernaderos se pueden clasificar según: a) estructura, b) recubrimiento y c) forma.

a) Según su estructura se clasifican en:

- Invernaderos artesanales del mediterráneo: son estructuras de tipo parral. Para su construcción los materiales empleados son de madera o de acero, con cubierta de malla o plástico, que no son lo suficientemente herméticos.

-Invernaderos de fabricación industrial o comercial: son estructuras modulares, estables y duraderas por ser los materiales de recubrimiento que conservan la hermeticidad y energía. Estos permiten la instalación de accesorios de control ambiental. Existen distintos modelos de estructuras metálicas prefabricadas, tipo venlo holandés con cubierta de paneles de vidrio el cual es considerado como de alta tecnología, ya que en estos se maneja un control muy riguroso del clima, y el tipo multitunel con cubierta de plástico flexible.

b) Según sus materiales de recubrimiento se clasifican en:

- Cubiertas de plástico: son de material sintético, flexibles, generalmente compuestos por moléculas orgánicas de elevado peso molecular. Son termoplásticos, ligeros, de fácil transporte y manipulación. Dependiendo de su composición existen de distintos tipos de materiales plásticos, con las siguientes características:

1) Filmes de polipropileno: poseen rigidez y alta resistencia, son indicados para lugares en donde la temperatura es baja; resisten el impacto y el rasgado,

2) Policloruro de vinilo (PVC): la resistencia al rasgado es baja, se le añaden antioxidantes, estabilizantes y absorbentes de UV. Su principal defecto es su elevada electrostática la cual permite la adherencia fácilmente del polvo, por lo que disminuye considerablemente la trasmisibilidad de la luz, y

3) Copolimero de etileno y acetato de vinilo (EVA): tiene mayor trasmisibilidad de la radiación de onda corta y menor en onda larga respecto al polietileno de baja densidad, dependiendo del porcentaje que se añade de acetato de vinilo en su superficie; presenta elevadas cargas electroestáticas por lo que se dificulta su mantenimiento así como reducir las temperaturas al interior del invernadero y la trasmisibilidad de la radiación solar,

4) Polietileno: este material presenta una buena flexibilidad y bajo costo. Se clasifican por su densidad en: baja, media y alta con valores de  $<930, 930 - 940$  y  $> 940 \text{ kg/m}^3$ . A diferencia de los otros plásticos estos son más sensibles al contacto con el oxígeno y los rayos ultravioleta, por ello es necesario reemplazarlos periódicamente o añadir un aditivo para que limiten la acción de la radiación UV.

c) Según su forma se clasifican en: plano, capilla y curvo.

**-Plano con pendiente o tipo parral.** Presentan diferentes formas: planos, semi circulares, "amagado y raspa", asimétricos y a dos aguas. Los invernaderos planos tienen una altura de cubierta que varía entre 2.5 y 3.5 m y la altura de las bandas oscila entre 2.0 y 2.7 m. Los soportes del invernadero se apoyan en bloques troncopiramidales prefabricados de hormigón, colocados sobre pequeños pozos de cimentación. Estos tipos de invernaderos presentan algunas ventajas como son: se adaptan fácilmente a la topografía del terreno y es posible aprovechar el agua de lluvia, por lo que se construyen principalmente en zonas poco lluviosas; son resistentes al viento, aportan uniformidad luminosa y son económicos en su construcción. Las desventajas que presenta son: las ventanas en el cenit son bastante difíciles de instalar, no es aconsejable su construcción en lugares con elevada precipitación, la construcción y conservación requieren de personal con alta especialización, presentan mala ventilación así como poco volumen de aire, la instalación se deteriora rápidamente, existe riesgo de hundimiento por las bolsas de agua de lluvia que se forman en la lámina de plástico, además de peligro de destrucción del plástico y de la instalación por su vulnerabilidad al viento, difícil mecanización y dificultad en las labores de cultivo por el excesivo número de postes, alambre de los vientos, piedras de anclaje, etc. La estructura de estos invernaderos se encuentra constituida por dos partes claramente diferenciadas, una estructura vertical

y otra horizontal. La estructura vertical está constituida por soportes rígidos que se pueden diferenciar según sean perimetrales (soportes de cerco situados en las bandas y los esquineros) o interiores (pies derechos). Los pies derechos intermedios suelen estar separados unos 2m en sentido longitudinal y 4m en dirección transversal, aunque también se presentan separaciones de 2x2 y 3x4. Los soportes perimetrales tienen una inclinación hacia el exterior de aproximadamente 30° con respecto a la vertical y junto con los vientos que sujetan su extremo superior sirven para tensar las cordadas de alambre de la cubierta. Estos apoyos generalmente tienen una separación de 2m aunque en algunos casos se utilizan distancias de 1.5m. Tanto los apoyos exteriores como interiores pueden ser rollizos de pino o eucalipto y tubos de acero galvanizado. La estructura horizontal está constituida por dos mallas de alambre galvanizado superpuestas, implantadas manualmente de forma simultánea a la construcción del invernadero y que sirven para portar y sujetar la lámina de plástico.

- **Capilla.** Se clasifican en invernaderos de capilla simple y doble capilla. El invernadero de capilla simple es muy común ya que presenta las siguientes ventajas: permite la construcción de varias naves en batería, no es necesario personal altamente especializado para su construcción y conservación, los plásticos de todo tipo para la cubierta se colocan fácilmente, ventilación vertical en paredes fácil y se puede hacer de grandes superficies, con mecanización sencilla, instalación de ventanas cenitales sencillas, lo cual facilita sacar el agua de lluvia. La anchura que suele darse a estos invernaderos es de 12 a 16 metros. La altura en cumbrera está comprendida entre 3.25 y 4 metros. Si la inclinación de los planos de la techumbre es mayor a 25° no ofrecen inconvenientes en la evacuación del agua de lluvia. La ventilación es por ventanas frontales y laterales. Cuando se trata de estructuras formadas por varias naves unidas la ausencia de ventanas cenitales dificulta la ventilación. Los invernaderos de capilla simple tienen el techo formando uno o dos planos inclinados, según sea a un agua o a dos aguas. Sus principales formas son: capilla simétrica, capilla asimétrica, multicapilla y diente de sierra.

Los invernaderos de doble capilla están formados por dos naves yuxtapuestas, poseen ventilación vertical en las paredes frontales y laterales. Debido a la ventilación cenital que tienen en cumbrera de los dos escalones que forma la yuxtaposición de las dos naves; su ventilación es mejor que en otros tipos de invernadero; estas aberturas de ventilación permanecen abiertas constantemente y generalmente se les pone malla para mosquitero.

**-Curvo.** El empleo de este tipo de invernadero esta sienta de gran popularidad por su mayor capacidad para el control de los factores climáticos: gran resistencia a fuertes vientos y la rapidez de instalación al ser estructuras prefabricadas. La ventilación es mediante ventanas colocadas en el cenit que se abren hacia el exterior del invernadero. Los soportes son de tubos de hierro galvanizado y tienen una separación interior de 5x8 o 3x5 m. La altura máxima de este tipo de invernaderos va de 3,5 y 5 m. En las bandas laterales se utilizan alturas de 2,5 a 4 m.

El ancho de estas naves está comprendido entre 6 y 9 m y permiten el acoplamiento de varias naves en batería. Los invernaderos tipo túnel presentan ventajas como son: buena estanqueidad a la lluvia y al aire, buena ventilación además de que permite la instalación de ventilación cenital a sotavento y facilita su accionamiento de manera mecanizada, fácil instalación, su estructura presenta pocos obstáculos, la distribución de la luminosidad en el interior del invernadero es adecuada. Los inconvenientes que presentan este tipo de invernaderos son: no aprovecha el agua de lluvia y tiene un elevado costo de construcción. El tipo de estructuras a instalar está asociada con la rentabilidad del cultivo a establecer y se caracteriza por la forma de su cubierta y por su estructura totalmente metálica. Sus principales formas son: túnel y multitúnel, que a su vez se clasifica en simétrico, asimétrico y apuntado o de ojiva. Figuras 2, 3 y 4, (Foto: Dinorah Quesada, 2013).



*Figura 2 invernadero tipo multitunel simétrico de ojiva.*



*Figura 3 invernadero tipo multitunel simétrico.*



*Figura 4 invernadero tipo dientes de sierra.*

# Generalidades del jitomate

El jitomate (*Lycopersicon esculentum* M.) Figura 5, (Foto: Dinorah Quesada, 2013). Solanácea cuyo cultivo tuvo su origen en el nuevo mundo, ya que las especies silvestres relacionadas con él son provenientes de la región andina en Sudamérica (Perú, Chile, Ecuador, Colombia y Bolivia), posteriormente el jitomate tuvo un proceso de domesticación antes de ser conocido en Europa.



Figura 5, Planta de jitomate. (Foto: Dinorah Quesada, Expo Agroalimentaria Irapuato Gto. 2013).

# Morfología de los órganos de la planta de jitomate

Las plantas de jitomate en invernadero requieren de manejo especializado, por esta razón es primordial conocer su morfología.

## Raíz.

El sistema radical del jitomate está conformado de una raíz principal y gran cantidad de ramificaciones secundarias. Figura 6, (Foto: Dinorah Quesada, 2013) En los primeros 20 cm. de la capa del suelo se concentra cerca del 70% del total de la biomasa radicular; sin embargo, bajo condiciones de cultivo sin suelo se concentra en contenedores de volúmenes que vanean en cuanto a su geometría y disposición. Usualmente se utiliza un volumen de sustrato de 30 litros.



*Figura 6 raíces del jitomate.*

*<http://unamiradalacampo.blogspot.mx/2012/03/una-mira-las-plantas.html>*

## Tallo.

El tallo es el eje sobre el cual se desarrollan las hojas, flores y frutos, de ahí la importancia de vigilar su vigor y sanidad. Figura 7, (Foto: Dinorah Quesada, 2013) La planta de jitomate es herbácea, perenne y el porte puede ser de crecimiento determinado e indeterminado, es ramificada de tallos sarmentosos pubescentes en toda su superficie, semileñosos, sin dominancia apical, con crecimiento determinado o indeterminado por un racimo floral, predominando el primero.



*Figura 7. Tallo de planta de jitomate, (Foto: Dinorah Quesada, 2013)*

## Hojas.

Las hojas son simples, con folíolos peciolados de limbo muy hendido, de folíolos lobulados, ovales y acuminados, con bordes dentados, en número de 7 a 9 y recubiertos de pelos glandulares, de color verde intenso en el haz y verde claro en el envés. Figura 8, (Foto: Dinorah Quesada, 2013). El tejido parenquimatoso está recubierto por una epidermis superior e inferior, ambas con cloroplastos, debido a que las hojas son responsables de la fotosíntesis, por lo que normalmente aparecen tres hojas entre ramilletes, es decir por simpodio.



*Figura 8, hojas y flores de la planta de jitomate. (Foto: Dinorah Quesada, 2013)*

## **Flores.**

Las flores son pequeñas, pedunculadas de color amarillo, formando corimbos axiales; el cáliz tiene 5 pétalos, corola soldada inferiormente, con 5 pétalos que conforman un tubo pequeño, los 5 estambres están soldados en un estilo que a veces sobresale de los estambres, el ovario contiene muchos óvulos. Figura 8, (Foto: Dinorah Quesada, 2013) El número de flores por ramillete depende del tipo de tomate, que va de 4-6 flores para jitomates de grueso calibre, para jitomates de calibre mediano de 10-12 flores, y en los tomates tipo cereza llegan a formarse hasta 100 flores por ramillete. Hay la tendencia a comercializar los jitomates en ramillete. Es conveniente conocer la tasa de formación de los ramilletes, ya que varía según las condiciones ambientales, para así poder determinar cuándo se requiere entrar los frutos en el mercado. Una referencia es que cada 8 días aparece un ramillete, aproximadamente podemos estimar que a los 70 días se alcanzaría la maduración.

## **Semillas.**

La semilla del jitomate tiene dimensiones aproximadas de 5x4x2 mm es de forma lenticular, está constituida por el embrión, el endospermo y la testa o cubierta seminal, el embrión está formado por una yema apical, dos cotiledones, el hipocotilo y la radícula. La cubierta seminal es de un tejido duro e impermeable y su germinación es relativamente simple.

## Frutos

Los frutos del jitomate son bayas bi o plurilocular, carnosas. La forma, el tamaño y el peso de los frutos dependerán de la variedad, nutrición y factores ambientales. Con diferencias en cuanto a su forma e intensidad de coloración que puede ir de amarilla a roja según sea la variedad, con cavidades o lóculos internos variables, en donde las semillas se desarrollan de forma aplanada y reniforme. Una vez las flores han sido polinizadas, los frutos tardan en alcanzar la madures alrededor de los 58 días, esto dependerá de la variedad y de las condiciones ambientales del cultivo. El peso que alcanzan los jitomates varía según sea la variedad.

## Clasificación taxonómica

*Lycopersicon sculentum* Mill (Garzón et al 2005), es el nombre científico del que hoy conocemos como jitomate. Fruto que posee nutrientes indispensables en nuestra dieta y constituye la principal hortaliza cultivada actualmente (Martínez, B. 2003). Esta hierba común en lugares perturbados de las regiones tropicales de México es el ancestro del jitomate (o tomate rojo) domesticado.

Reino: *Plantae*

Subreino: *Traqueobionta* (plantas vasculares).

Superdivisión: *Spermatophyta* (plantas con semillas).

División: *Magnoliophyta* (plantas con flor).

Clase: *Magnoliopsida* (dicotiledóneas).

Subclase: *Asteridae*.

Orden: *Solanales*.

# El cultivo de jitomate en invernadero

## Importancia del cultivo de jitomate en invernadero.

Hoy en día, los supermercados ofrecen una gran variedad de jitomates. Adicionalmente al tradicional jitomate cultivado a campo abierto, los consumidores disponen de jitomate Beefstake (round), Roma (plum), TOV y jitomates cherry y grape. Inicialmente, esta oferta diferenciada de productos se inició con importaciones desde Holanda. Sin embargo, la oferta local por medio de la producción bajo ambiente controlado comenzó a tomar ventaja de este nicho de mercado. Hoy en día, la producción de jitomate bajo condiciones controladas para el mercado de EEUU está más diversificado (México, Canadá, República Dominicana, etc.) Fuente: Perishables Group (2011).

La producción de tomate fresco bajo condiciones de invernadero en México ha tomado gran parte del mercado de EEUU, dado las grandes inversiones en infraestructura en este país como producto de la interesante oportunidad de mercado en EEUU.

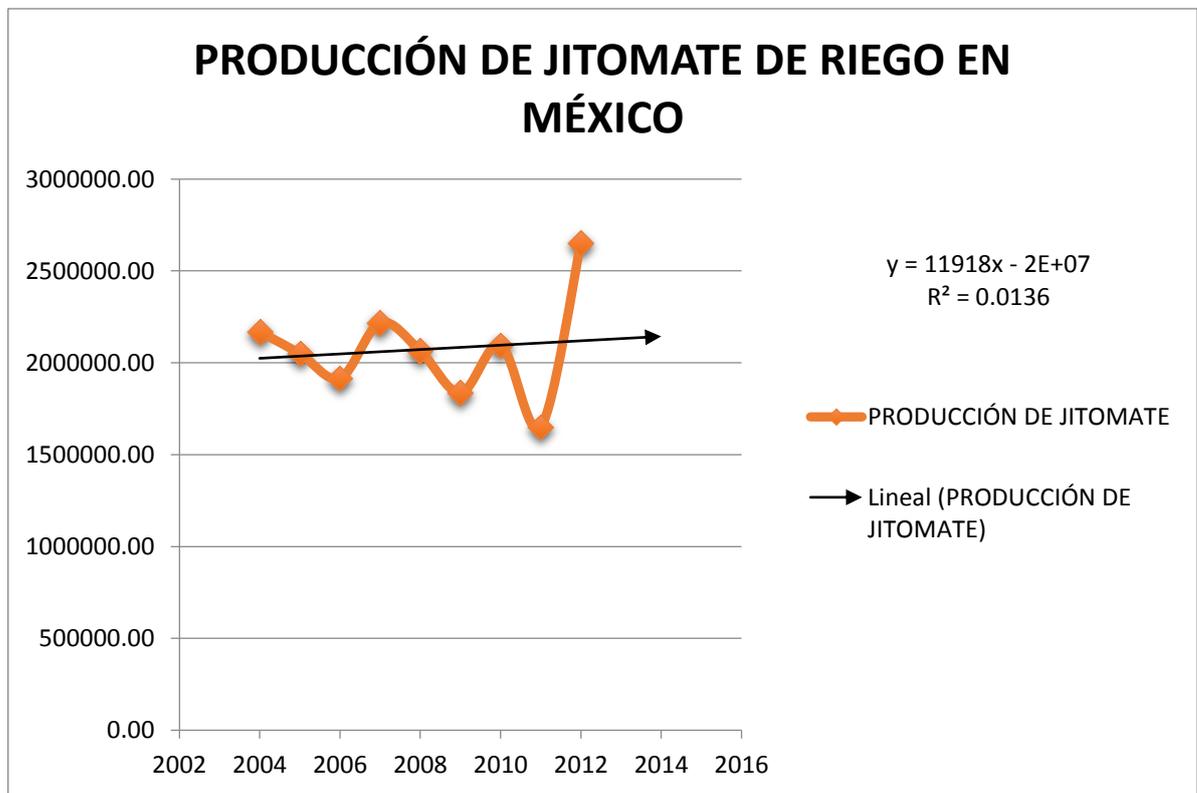
## Producción mundial de jitomate

A nivel mundial según la FAO 2012, son 20 países los principales productores de jitomate en el mundo, los cuales en el 2010 produjeron 132 Millones de TM (2010) los cuales representan 283 millones de toneladas. Dentro de los países del hemisferio sur. Sudamérica contribuye con 4.3 millones de toneladas y África con 1.3 millones de toneladas, mientras que los países del hemisferio norte 126.4 millones de toneladas de los cuales Asia aporta a la producción 56.4 millones de toneladas, Europa 31.4 millones de toneladas, el Mediterráneo 21.9 millones de toneladas y América del Norte 16.7 millones de toneladas de las cuales Estados Unidos produce 14 millones de toneladas y México 2.7 millones de toneladas.

En los últimos años, la producción de jitomate fresco bajo ambiente controlado se ha incrementado sustancialmente. Primero fue Canadá y hoy en día, México juega un

papel importante en la oferta de jitomate bajo ambiente controlado. Se estima que México representa más del 70% de las importaciones de tomate fresco a EEUU y el resto es compartido por Canadá. Figura 9a, SIAP 2012)

En México los estados de Sinaloa, Michoacán y Baja California son los principales productores de jitomate. Para los cuales el valor de la producción en Sinaloa es de \$3,037,051.95 millones de pesos, Michoacán de \$391,213.58 millones de pesos y Baja California de \$1,475,892.93 millones de pesos (SIAP 2012). Figura 9b, SIAP 2012).



*Figura 9a, principales estados productores de jitomate en México. SIAP 2012)*

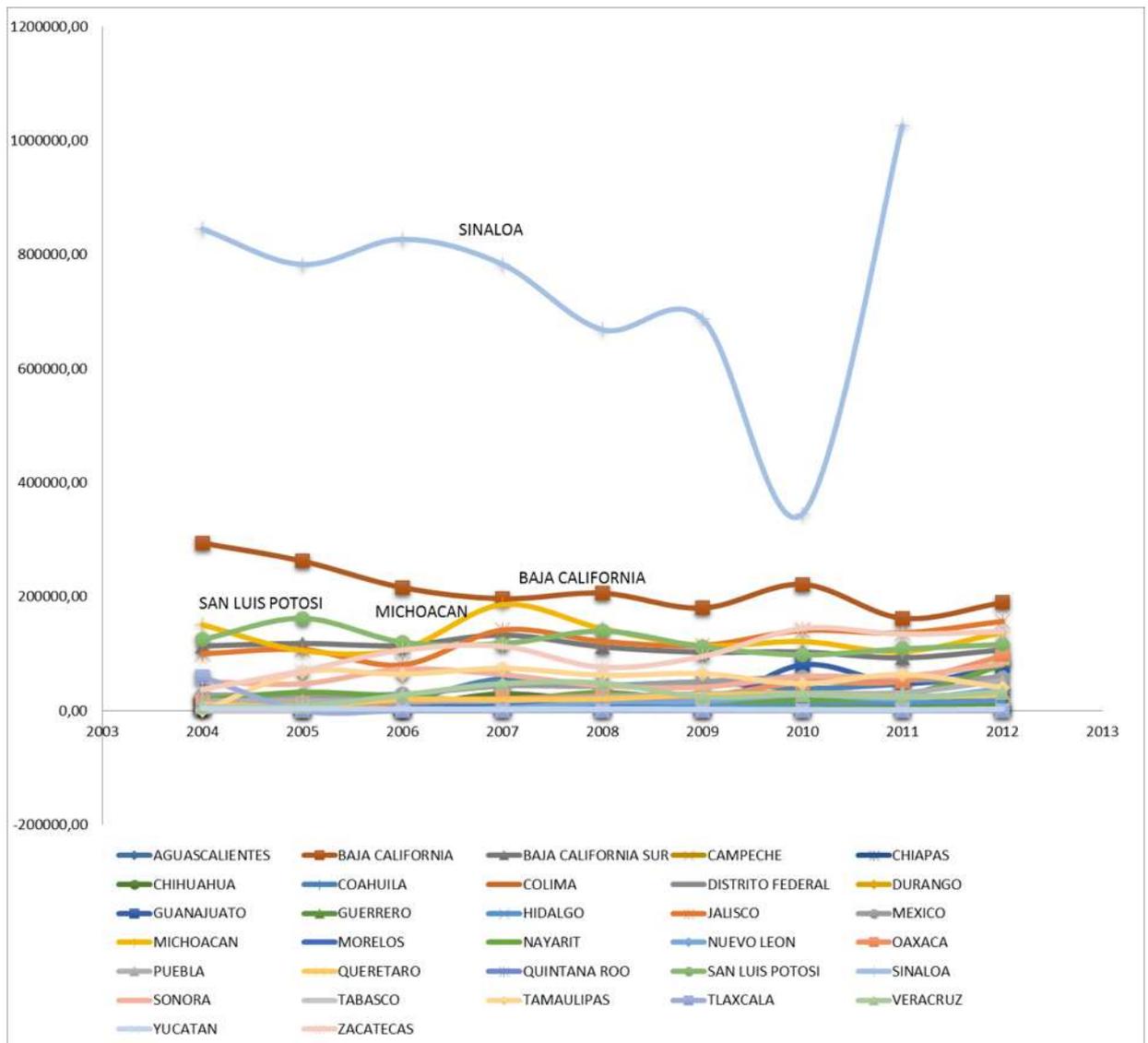


Figura 9b, principales estados productores de jitomate en México. (SIAP 2012)

## Características de invernaderos para cultivar jitomate.

Las características de un invernadero para cultivar jitomate son las siguientes:

1. Tener la capacidad de resistir una carga vertical de 35 kg/m<sup>2</sup> (para soportar el peso de las plantas y demás elementos internos).
2. Los materiales de construcción deben ser durables, resistentes y ser lo suficientemente robustos para soportar condiciones climáticas extremas.
3. La cobertura debe ser fácil de cambiar y de fácil mantenimiento.

4. La dirección de los invernaderos debe ser de norte a sur para lograr la máxima penetración de la luz y minimizar el sombrero en las plantas durante el día.
5. La longitud debe ser limitada de 36 a 40 metros para favorecer la aireación (si el invernadero no tiene aberturas en el techo).
6. La altura del tutorado requerida para producir tomate es como mínimo de 2.50 m.
7. La distancia entre invernaderos debe ser al menos de 6 metros.
8. Debe soportar velocidad de viento hasta 150 km/h. Es recomendable instalar tensores alrededor del invernadero para reforzar su resistencia a vientos fuertes; debería tener una vida útil mínimo de 10 años.
9. Es conveniente habilitar rutas de acceso para la circulación del equipo y la remoción y transporte del fruto.
10. Cerca del invernadero, en la zona de producción, se debe de ubicar un área para colocar el producto ya empacado (para retirar el calor de campo), un área para sistemas de control computarizados, preparación de soluciones nutritivas, así como un almacén para insumos.



Figura 10, Invernadero expo agroalimentaria 2013 Irapuato Gto. (Foto: Dinorah Quesada, 2013)

Además previo a su instalación se deben de realizar: estudios de la zona, (incluidos la posición geo referenciada del terreno, la cual debe incluir un examen topográfico y

nivel apropiado), desagüe, declive de la tierra, para lo cual es recomendable que los invernaderos sean construidos con una pendiente de 0.5 a 1.0% (tanto lineal como lateral para el eficiente drenaje de las lluvias), información climática detallada incluyendo temperaturas máximas, mínimas y promedio a nivel horario, vientos de máxima precipitación, cantidad y peso de nevadas y granizo.

## **Principales variedades cultivadas de jitomate en invernadero**

La producción de jitomate bajo invernadero tiene su base principalmente en la siembra de variedades híbridas; las ventajas de las semillas híbridas son su muy alto vigor, a algunas se les ha incorporado resistencia a enfermedades, buena uniformidad, alta producción y calidad. Estas semillas son desarrolladas por mejoradores genéticos, especialistas y vendidas por compañías comerciales. La elección de un híbrido o una variedad específica depende de las necesidades del productor, del comercializador y del consumidor. El productor debe comprar semillas certificadas, producidas por compañías acreditadas y apropiadamente empacadas, y que en la etiqueta se incluya las características del material, condiciones en las cuales debe de ser almacenada la semilla, que hayan sido evaluadas con relación a su rendimiento y productividad en las condiciones agroecológicas donde se va a sembrar, con una vida post cosecha adecuada para resistir la manipulación y soportar el transporte a los centros de comercialización. Para los comercializadores y distribuidores de mercado, la apariencia, firmeza, comportamiento de maduración y la vida de anaquel.

El material más adecuado para sembrar será aquel que reúna las exigencias de cada eslabón de la cadena de producción.

Según el hábito de crecimiento, las variedades pueden ser determinadas e indeterminadas. Las variedades de hábito determinado son de tipo arbustivo, de porte bajo, compactas, poseen inflorescencias apicales y su producción de fruto se concentra en un periodo relativamente corto. Las plantas crecen, florecen y fructifican en etapas bien definidas. Las variedades de tomate para mesa que más se cultivan bajo condiciones protegidas son los tipos chonto y cherry, las cuales tienen por lo general hábito indeterminado, por lo que las plantas necesitan de una guía o tutor que conduzcan su crecimiento, a diferencia de las variedades de jitomate para agroindustria en las que los frutos presentan forma de pera o ciruela, redondos, alargados, acorazonados o cilíndricos. Su crecimiento vegetativo es continuo; la floración, fructificación y cosecha se extienden por periodos muy largos; estas variedades de hábito indeterminado presentan además inflorescencias laterales.

# Sistemas hidropónicos para el cultivo de jitomate

## ¿Qué es la hidroponía?

“hidroponía”, término acuñado en 1929, por el profesor William F. Gericke de la Universidad de California (Mason White, et al. 2010), y que ha sido utilizada para referirse al cultivo y producción de plantas sin utilizar suelo. Mediante esta técnica los rendimientos por unidad de área cultivada son altos, por la mayor densidad y la elevada productividad por planta, se asegura un uso más eficiente del agua y de fertilizantes y se obtienen hortalizas de excelente calidad y sanidad.

## Principales Sistemas Hidropónicos usados para la producción hortícola

En hidroponía existen diversos tipos de sistemas con distinto grado de automatización. Depende del cultivo para determinar el sistema a utilizar.

Los sistemas hidropónicos se pueden dividir en dos categorías: cultivo en solución y cultivo en sustratos.

### Cultivo en solución

Las raíces de las plantas están en contacto directo con la solución nutritiva, por ello los sistemas hidropónicos en agua son sistemas hidropónicos por excelencia. Este sistema se divide en: raíz flotante y NFT (Nutrient Film Technique) o sistema de recirculación continua.

#### -Raíz Flotante

En este sistema las raíces de las plantas están sumergidas parcialmente en solución nutritiva. La principal técnica es la Técnica de Flujo Profundo (DFT, Deep Flow Technique), donde se utilizan planchas de poliestireno expandido o termopor, que

flotan sobre una solución nutritiva, la cual tiene que ser aireada frecuentemente para lograr una buena producción, ya que el aireado permite redistribuir los nutrientes y oxigenar la solución, evitando que las raíces presenten raíces de color oscuro lo cual es indicativo de una mala oxigenación, lo que llevara a una no adecuada absorción de agua y nutrientes, por lo que su crecimiento y desarrollo de las plantas se verá afectado.

### **-NFT (Nutrient Film Technique) o Sistema de Recirculación Continua**

Este sistema consiste en recircular continuamente la solución por canales de cultivo. En cada canal hay perforaciones donde se colocan las plantas contenidas en pequeños vasos plásticos. Los canales están apoyados sobre alguna superficie (mesas o caballetes), y tienen una ligera pendiente que facilita la recirculación de la solución y posteriormente será recolectada y almacenada en un tanque. Una bomba electrónica funciona continuamente durante las 24 horas del día. Por el canal de cultivo circula una película o lamina de apenas 3 a 5 milímetros de solución nutritiva. La recirculación de la solución mantiene a las raíces oxigenadas y hay un adecuado suministro de nutrientes minerales a la planta debido a que permanentemente están en contacto con la solución nutritiva.

### **-Cultivo en sustratos**

El motivo por el cual se utiliza un sustrato es para permitir el anclaje de las raíces. Los materiales a utilizar en este sistema de cultivo son sustratos: inorgánicos, orgánicos y sintéticos, que se utilizan solos o en mezclas, con el propósito de obtener las mejores condiciones para el desarrollo de las plantas y la asimilación de nutrientes.

Según (Rodríguez D. *et al.* 2004), dentro de los sistemas hidropónicos con sustratos podemos mencionar los siguientes: sistema de columnas, sistema de canaletas suspendidas, sistema de sub irrigación o cultivo en grava y sistema de riego por goteo el cual actualmente es el más usado a nivel mundial. El cual utiliza como sustrato lana de roca, en la que la solución nutritiva que es suministrada a cada planta directamente en la zona radicular, a través de goteros conectados en mangueras de goteo de polietileno de color negro.

# Objetivo general

Generar un manual para el cultivo de jitomate en invernadero, que sea útil para los productores. Utilizando un lenguaje coloquial y de fácil consulta.

## Objetivos específicos

- I. Analizar como fue el proceso evolutivo desde las estructuras más simples y rusticas para proteger los cultivos. Hasta la tecnología más avanzada para estructuras y recubrimientos.
- II. Conocer la morfología de los órganos de la planta de jitomate.
- III. elaborar un manual práctico para el cultivo de jitomate bajo invernadero dirigido a los productores.

# **Manual para la producción de jitomate en hidroponía, en invernadero**

# Índice

|   |    |
|---|----|
| Elección de la semilla.....               | 28 |
| Germinación y siembra.....                | 29 |
| Trasplante.....                           | 33 |
| Formulación de soluciones nutritivas..... | 48 |
| Manejo del cultivo.....                   | 52 |
| Podas.....                                | 52 |
| Tutoreo.....                              | 54 |
| Riego.....                                | 58 |
| Polinización.....                         | 61 |
| Plagas y enfermedades.....                | 66 |

# Elección de la semilla

La producción de plántulas es vital para el éxito del cultivo. Sólo se recomienda la compra de plántulas a productores que se ocupan de la propagación, si no se conoce el manejo y la preparación de semilleros y si no se cuenta con la estructura necesaria. Esto significa mayores costos y muchas veces usar plántulas sin información o afectadas por enfermedades.

Antes de seleccionar una variedad específica, es necesario conocer: la calidad de fruto y la variedad. Los elementos a considerar para hacer la elección de la variedad son los siguientes:

1. La experiencia propia o regional con esa variedad, los costos, la casa comercial, la preferencia del consumidor, y sobre todo la adaptación a las condiciones locales.
2. La resistencia o susceptibilidad a plagas y enfermedades y los análisis de germinación y fitopatológicos a la semilla.
3. Rendimiento por unidad de área y por unidad de semilla sembrada.
4. Contar con una hoja técnica la cual contenga información de la semilla antes de la siembra, entre los que se incluyen las condiciones bajo las que se obtuvo la semilla, las pruebas realizadas y resultados obtenidos, las condiciones esperadas para su distribución y almacenamiento (temperatura y humedad), los rendimientos esperados, las características del fruto, el porcentaje de germinación, el certificado de origen, y la vida de anaquel de las semillas.

En ocasiones se hace necesario seleccionar las semillas en el sitio en el que se encuentra ubicado el invernadero; para ello es recomendable que el productor siga las buenas prácticas de selección y manejo de semillas por ello la conveniencia de utilizar una fuente de semilla certificada o seleccionada, pero no híbrida.

# Germinación y siembra

El procedimiento para extraer las semillas del jitomate se hace de la siguiente manera: exprimiéndolo en un contenedor con poca agua, luego separar la pulpa del tomate y frotar la semilla en una malla o colador para que quede más limpia. Colocar las semillas a secar a la sombra y sobre un papel periódico moviéndolas frecuentemente para evitar que se peguen, y una vez que están secas se realiza la selección de la semilla por calidad, apariencia física, tamaño y sanidad. La semilla deberá ser almacenada en sitios aireados, con baja temperatura y limpios. Los empaques de papel son los más adecuados porque permiten el intercambio de humedad entre la semilla y el medio. Es conveniente tratar la semilla con insecticidas para defenderla del ataque de insectos durante el almacenamiento y la germinación.

La productividad de una planta estará determinada por el seguimiento durante su germinación. El semillero o almacigo es el lugar especial donde permanecerá la planta hasta alcanzar el tamaño suficiente para ser trasplantada. La utilización de charolas de distintos tamaños para semilleros, es una práctica altamente recomendable que funciona de manera muy eficaz como medio físico para dar soporte a la planta, ya que brindan a las plántulas condiciones para obtener la mejor incidencia durante sus primeros estados de desarrollo hasta el trasplante, además de que hay un significativo ahorro de semillas, mejor planificación de las siembras, desarrollo uniforme de las plántulas, más calidad de las plántulas, desarrollo dirigido de raíces, poda natural de raíces, control de malezas, ahorro del área del vivero, ahorro de sustrato, fácil remoción de las plántulas, aumento en la rotación del cultivo y de áreas en campo. Algunos materiales son: Foamy Agrícola Figura 11, (Foto: Dinorah Quesada, 2013), espuma fenólica, espuma de poliestireno, Figura 12, (Foto: Dinorah Quesada, 2013), espuma de poliuretano.

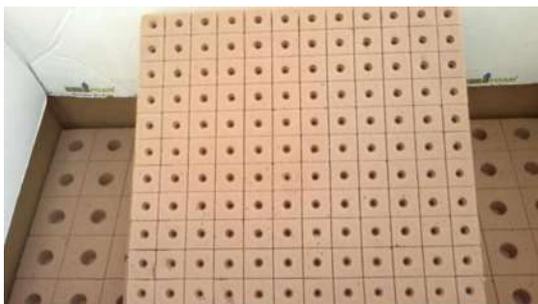


Figura 11, Foamy Agricola.(Foto: Dinorah Quesada, 2013)



Figura 12, (espuma de poliestireno Foto: Dinorah Quesada, 2013)

Es ahí donde se inicia la vida productiva y reproductiva de la planta. Debe ubicarse bajo una cobertura plástica o invernadero para controlar los cambios de temperatura, la humedad relativa, la lluvia, plagas y las enfermedades y la entrada de animales que puedan dañarlos.

La finalidad de la utilización de semilleros, es producir una plántula de calidad con bajos costos de producción y en el menor tiempo posible. Las ventajas de la utilización de los semilleros son:

1. Ocupa espacio reducido.
2. Permite obtener un gran número de plantas.
3. La selección de las plantas para el cultivo así como su programación se simplifica.
4. Facilita el cuidado de las plantas.

#### 5. Facilidad para proteger de la excesiva exposición a los rayos solares.

Se considera conveniente enjuagar o remojar previamente las semillas antes de la siembra para facilitar su germinación, además de procurar sembrar semillas de tamaño uniforme. En caso de que la semilla sea muy pequeña es posible recubrirlas individualmente, este revestimiento puede o no tener pigmentación y se puede llevar a cabo con una capa de material inerte y arcilla que cubre en su totalidad la semilla para facilitar la manipulación en la siembra, debido a que las semillas absorben humedad aun ya con el recubrimiento, es conveniente sembrarlas todas una vez el envase haya sido abierto. Si se planea realizar un tratamiento químico a la semilla es necesario asegurarse de que está permitido y contar con los registros correspondientes.

La siembra se realiza sobre un sustrato que sirva de apoyo para la plántula. Si el productor no puede usar bandejas, la siembra en línea con surcos a 10 centímetros produce también plántulas vigorosas.

Existen en el mercado gran variedad de sustratos para la producción de plántulas, es recomendable que el tamaño de partícula a utilizar tenga menos de 0.5 mm. Actualmente los sustratos más utilizados son el peat moss, fibra de coco (la cual presenta la desventaja de su heterogeneidad en el tamaño de la partícula y salinidad), "mezcla No. 3", compuesta por una mezcla de turba, perlita y vermiculita; espuma de poliuretano, que es mezclado con otros sustratos livianos y espuma fenólica, que es mezclada en trozos con otros sustratos.

La utilización de charolas de distintos tamaños para semilleros, es una práctica altamente recomendable que funciona de manera muy eficaz como medio físico para dar soporte a la planta, ya que brindan a las plántulas condiciones para obtener la mejor incidencia durante sus primeros estados de desarrollo hasta el trasplante, además de que hay un significativo ahorro de semillas, mejor planificación de las siembras, desarrollo uniforme de las plántulas, más calidad de las plántulas, desarrollo dirigido de raíces, poda natural de raíces, control de malezas, ahorro del área del vivero, ahorro de sustrato, fácil remoción de las plántulas, aumento en la rotación del cultivo y de áreas en campo. Algunos materiales son: espuma fenólica, espuma de poliestireno, espuma de poliuretano y Foamy Agrícola.

Una vez que las semillas de jitomate seleccionadas germinen, las plántulas deben mantenerse húmedas y bajo sombra para minimizar su deshidratación.

Las plántulas de calidad son aquellas que permitirán en el post-trasplante obtener una cosecha abundante y de elevada calidad en el campo en un momento determinado (Hoyos, 1996).

# Trasplante

Cuando las plántulas tienen de tres a cuatro hojas verdaderas, o cuando llegan a medir aproximadamente de 10 a 12 cm de altura, y su tallo tiene 0.5 cm de diámetro (30 a 40 días después de la siembra), se considera que ya están listas para ser trasplantadas. Figura 13, (Foto: Dinorah Quesada, 2013)



*Figura 13, plántulas listas para ser trasplantadas. (Foto: Dinorah Quesada, 2013)*

El trasplante es un proceso del que depende el éxito de algunos cultivos, por lo que debe de realizarse con rapidez, ya que es un momento donde la planta sufre mucho estrés. Para minimizar el estrés ocasionado por el trasplante y minimizar la pérdida de plántulas, es necesario hacerle un endurecimiento, reduciendo el riego 2 días antes del trasplante y regándolas antes del trasplante.

Un trasplante nunca debe de hacerse cuando el sol pegue con toda su intensidad, por lo que se recomienda realizarlo en la mañana, para que la planta se adapte más rápido a la intensidad solar o por la tarde, para que las plantas tengan tiempo de recuperarse por la noche.

Las plántulas de jitomate se pueden trasplantar a mangas de polietileno rellenas de sustrato o a bolsas con sustrato. Actualmente se está utilizando el trasplante a Bolis de fibra de coco, por lo que a continuación se detallan los pasos que se recomiendan

seguir en este caso, así como aquellos que deberán realizarse cuando el trasplante se lleve a cabo a bolsas con sustrato.

## **a) Trasplante a Bolis de fibra de coco.**

La cubierta de plástico que cubre la fibra de coco no debe de retirarse ya que tiene la función de contenedor. Figura 14, (Foto: Dinorah Quesada, 2013)



*Figura 14, boli de fibra de coco. (Foto: Dinorah Quesada, 2013).*

### **1. Perforación del Boli.:**

Para colocar las plántulas, deben realizarse tres perforaciones en el plástico que cubre el bolis, cada 30 cm, con ayuda de una cinta métrica o flexómetro, a las siguientes distancias: Primera perforación: 20 cm, segunda perforación: 50 cm, tercera perforación: 80 cm. Figura 15, (Foto: Dinorah Quesada, 2013)



*Figura 15,. Marcas para perforaciones en el boli a cada 30 cm.  
(Foto: Dinorah Quesada, 2013)*

Es muy importante remarcar que los agujeros deben de realizarse al centro del Boli para que las plantas crezcan derechas y,

La manera más eficiente de abrir estos orificios, es con ayuda de un tubo de PVC de 7.5 cm de diámetro, cortado en forma diagonal con el cual, a través de un golpe, se debe de atravesar la cubierta del Boli, o marcar con la ayuda de un objeto circular (ejemplo un vaso) la circunferencia que será el agujero, para posteriormente ser cortado con tijeras. . Figura 16, (Foto: Dinorah Quesada, 2013). Figura 17, (Foto: Dinorah Quesada, 2013)



. Figura 16. Marcas circulares el corte de los orificios en el boli..  
(Foto: Dinorah Quesada, 2013)



Figura 17 corte de los orificios en el boli.. (Foto: Dinorah Quesada, 2013).

## 2. Saturación del sustrato con solución nutritiva

Antes de plantar es recomendable saturar el Boli con solución nutritiva y dejarlo reposar de uno a dos días; esto permitirá que la fibra se sature de nutrientes y no deje espacios de aire. Se requiere de aproximadamente 15 lts para saturar un Boli. Figura 18, (Foto: Dinorah Quesada, 2013).



. Figura 18, saturación del sustrato con solución nutritiva. (Foto: Dinorah Quesada, 2013)

## 3. Cortes para el drenaje.

Al día siguiente de la saturación con solución nutritiva, es necesario realizar pequeños cortes en forma de T invertida en la parte inferior de la bolsa para permitir el drenaje del exceso de solución, ya que no es conveniente el uso de una reserva de solución en el contenedor, a diferencia de cuando se hace en bolsas de cultivo. Figura 19, (Foto: Dinorah Quesada, 2013).



*Figura 19. Corte de T invertida para drenaje. (Foto: Dinorah Quesada, 2013).*

#### **4. Trasplante.**

Una vez que los Bolis ya tengan todas sus perforaciones y se encuentren hinchados debido a la solución nutritiva, es buen momento para trasplantar las plántulas al Boli. Las plántulas deben de retirarse del germinador con el mayor cuidado posible, cuidando de no dañar las raíces

## **b) Trasplante a bolsas con sustrato**

### **Desinfección y preparación del sustrato**

El sustrato que se utiliza deberá de ser biológicamente inerte por lo que es recomendable esté libre de plagas, enfermedades y malezas, no libere sustancias nutritivas y no libere sustancias tóxicas.

El sustrato se deberá colocar en un recipiente, al cual se le pondrá agua y se dejara derramar con el objetivo de eliminar toda la tierra y basura, ya que el agua salga libre de basura y tierra se llenara de agua el contenedor al cual se le adicionara cloro en una concentración de 5 mL de producto comercial al 6% por litro de agua y después de 2 días realiza un riego pesado, para eliminar los hongos o bacterias que pueden

estar presentes en el sustrato por último se deberá secar el sustrato, para eliminar algún residuo de cloro y así evitar que el cloro llegue a estar en contacto con nuestras plantas, ya que este podría dañarlas. El cloro se evapora fácilmente, por lo que deberemos de secar el sustrato al sol sobre un papel periódico o destreza, hasta que esté libre de humedad. Es ahora cuando se llenaran las bolsas con el sustrato para posteriormente hacer una preparación de una solución con un gramo de captan más un gramo de intergusan por litro de agua y riega cada bolsa con 1 L aproximadamente de esta solución. Después de 2 a 3 días podrás realizar el trasplante.

**Nota:** Si no se tienen disponibles estos productos, se deberán usar algunos similares con el mismo ingrediente activo se deberá tener especial cuidado, que entre ellos exista un ingrediente activo distinto.

Para el trasplante de las plántulas a bolsas con sustrato se utilizan bolsas para cultivo negro o bicolor de 35 x 35 cm calibre 600. Los pasos que se recomiendan seguir son los siguientes:

1. Humedecer el sustrato. Se agrega agua al sustrato, ya que es mucho más fácil su manejo cuando está húmedo; depende del sustrato que se elija, la cantidad de agua que se utilizará.
2. Vaciar el sustrato en la bolsa para cultivo. Se coloca suficiente sustrato para que la planta pueda desarrollar bien su raíz, para ello se recomienda dejar 7 cm de espacio que sobre de la bolsa, que se doblan hacia fuera, (esto le dará resistencia a la bolsa, así como también permitirá que entre más luz a las plantas). El sustrato no se debe de compactar, presionar o aplastar,
3. Perforaciones para el dren. Hacer dos perforaciones a 5 cm de la base de la bolsa para cultivo, uno de cada lado. Dichas perforaciones permitirán que el exceso de agua pueda salir y así drenar el exceso de humedad. No hay que perforar la parte inferior, ya que es necesario que siempre haya agua de reserva en la base por si algún día se olvida regar la planta.
4. Orificios para la plántula. Hacer un orificio en donde vamos a trasplantar la planta, procurando que sea suficiente para que las raíces tengan buen espacio para continuar óptimamente su desarrollo.

Una vez que se tienen acondicionados los Bolis con fibra de coco, o las bolsas con sustrato, se procede a realizar el trasplante de las plántulas. Para ello se recomienda tener a la mano los siguientes materiales:

- a) Sustrato para sostener la planta
- b) Agua para humedecer el sustrato
- c) Abate lenguas o un objeto delgado para sacar las plantas del germinador.

## **Instrucciones**

1. Retirar la planta del semillero. Introducir el abate lenguas por cada orilla de la cavidad para aflojar el sustrato (o se puede picar por debajo del contenedor que se utilizó), se toma la planta por el tallo y se retira del contenedor. Hay que tener cuidado de no lastimar las raíces y procurar no manipularlas mucho.
2. Colocar la plántula. Introducir la planta en el orificio que se realizó en el Boli o en la bolsa para cultivo, procurando que las raíces estén bien estiradas para que puedan absorber mejor los nutrientes una vez que se encuentren en el sustrato. Se debe cubrir alrededor de la planta con sustrato para que quede bien sujeta y tenga un buen soporte, dejando plano el sustrato, pero sin compactarlo.
3. Regar. Regar la planta trasplantada con agua, para rehidratarla después del trasplante durante un día, ya que es muy común que la planta se muestre decaída, por lo que hay que procurar que el sustrato este húmedo siempre.
4. Adicionar solución nutritiva. Se recomienda regar una vez al día si el clima es templado y dos en época de calor, con solución nutritiva.

## **Densidades y arreglo topológico**

El acomodo de las plantas deberá hacerse a una distancia que minimice la competencia por la luz y maximice el rendimiento. Si el trasplante se realiza en Bolis de fibra de coco se recomienda densidades de siembra de 30 cm entre plantas, pudiendo sembrar de tres a seis plantas de tomate por placa de Boli. Se pueden trasplantar hasta dos plantas por orificio en el Boli siempre y cuando una planta quede hacia la izquierda y otra a la derecha y se realice un buen tutoreo. Si se realiza la siembra en bolsa negra de 35 x 35 cm calibre 600, se recomienda una perforación por bolsa y una planta por perforación.

## Propiedades generales que debe reunir un buen sustrato

El crecimiento de la raíz es más rápido y vigoroso en un sustrato que en el suelo. No siempre un sustrato puro reúne todas las características deseables, por ello es que se deben de realizar mezclas de los mismos, buscando que unos aporten lo que les falta a otros

- a) **Retención de humedad.** La retención de humedad por el sustrato determina la posibilidad de que la planta tenga disponible los nutrientes para que esta pueda realizar la fotosíntesis, transpiración, respiración y otros procesos reproductivos. La capacidad de retención de humedad del sustrato va a depender de su granulometría (partículas, entre 0.2 y 2.0 mm) y de su porosidad (espacio que hay entre las partículas). Mientras más elevada sea la capacidad de retención de agua del sustrato, menos frecuentes serán los riegos. La selección del tamaño de las partículas se puede realizar tamizando o cerniendo el material. La fibra de coco como sustrato promueve el buen anclaje de las raíces, además propicia la aireación y retiene la cantidad necesaria de agua.
- b) **Capilaridad.** Esta propiedad consiste en que el sustrato tenga la capacidad de absorber y distribuir en todas las direcciones la solución nutritiva a través de los micro poros. Es esencial cuando se utiliza un sistema de riego por goteo, en el cual se necesita que el agua se distribuya horizontalmente a partir del punto de goteo. Cuando el sustrato no tiene capilaridad, la solución nutritiva se mueve verticalmente a través del perfil del mismo, llegando rápidamente al drenaje y dejando zonas secas en las cuales no se pueden desarrollar las raíces, haciendo que la planta no se desarrolle bien o no crezca adecuadamente. Cuando el sustrato tiene una buena capilaridad, el agua es absorbida en todas direcciones, haciendo que las raíces de las plantas encuentren una humedad homogénea en todo el recipiente
- c) **Capacidad de aireación en la raíz.** El nivel de capacidad de aireación óptimo varía entre un 20 % y un 30 %, esto se define como la proporción del volumen de oxígeno que se encuentra disponible en el sustrato, después de que éste se haya saturado de agua y haya terminado de drenar. Durante todo este proceso la raíz de la planta debe tener una respiración adecuada y por ello es importante elegir un sustrato muy poroso y con estructura estable, ya que de esta forma evitaremos el peligro de la falta de oxígeno en la zona radicular (raíces). Se considera que los sustratos utilizados en hidroponía proporcionan mayor oxigenación en comparación a la obtenida en suelos naturales.

- d) **Estabilidad física.** La compactación y descomposición del sustrato puede causar una reducción en el espacio poroso y en la capacidad de aireación. Es por ello que la estabilidad de las propiedades físicas son de vital importancia en cultivos de larga duración. Los sustratos más inadecuados son aquellos que se desmoronan fácilmente con la acción del agua.
- e) **Liviano.** El peso del sustrato determina la resistencia del montaje hidropónico, es recomendable que este sea liviano para poder tener un fácil manejo, algunos de los sustratos más livianos utilizados en la hidroponía son: perlita, vermiculita, lana de roca y fibra de coco.
- f) **Buen drenaje.** Todo tipo de recipiente y de sustrato que se estén utilizando, deberá permitir un buen drenaje. Cuando una planta hidropónica requiere una mayor cantidad de solución nutritiva o agua, debemos aplicar mayor cantidad de riegos, pero nunca debemos de inundar el sustrato, ya que esto va contra la disponibilidad del oxígeno. Entre las formas más comunes de drenaje utilizadas en los cultivos hidropónicos, tenemos las siguientes:
- i. **Drenaje por inclinación del recipiente.** Se utiliza en el caso de las canaletas, bandejas, camillas etc., las cuales deberán tener una pendiente de 5 a 7 % con el fin de facilitar el drenaje de los excesos de solución nutritiva.
  - ii. **Drenaje por orificios inferiores.** En el caso de bancadas o recipientes individuales tales como botes, bolsas o sacos, el drenaje deberá facilitarse siempre por orificios en la parte inferior del recipiente.
- g) **Biológicamente inerte.** El sustrato hidropónico debe ser a diferencia del suelo, un medio carente de actividad biológica; en este sentido, cualquier presencia de microorganismos o insectos tendría un carácter contraproducente ya que puede causar daños, infecciones o enfermedades a nuestros cultivos.
- h) **Disponibilidad.** Esta es una condición lógica, pero a veces no se toma en cuenta. Al seleccionar el sustrato debemos de cerciorarnos que esté disponible en el medio.

- i) **Bajo costo.** Generalmente este factor determina, incluso antes que otras condiciones, el sustrato a utilizar, por eso es recomendable hacer una cotización sin sacrificar la calidad del producto.

## **Principales sustratos que se utilizan para el cultivo del jitomate**

**Arena:** se utiliza en donde la arena es el material más fácilmente disponible. Las partículas deben ser menores que 2 mm y mayores que 0.6 mm de diámetro.

**Grava:** las partículas de grava deben de tener un diámetro entre 2 y 20 mm; más de la mitad del volumen debe de tener partículas de 12 mm de diámetro, aproximadamente. Las partículas deben de tener consistencia para evitar su fractura, capacidad para retener humedad en sus espacios libres, buen drenaje para facilitar la aireación de las raíces y no deben liberar sustancias que se solubilizan en el agua (Resh, 1991).

**Vermiculita:** es un mineral en micas, pierde el agua que tiene atrapada entre sus láminas formando pequeños poros cuando se calienta a 1000 °C, por lo que se expande, es estéril, ligera (0.1 a 0.2 g cm<sup>-3</sup>), insoluble en agua, con pH neutro, capacidad para amortiguar el pH y tiene relativamente alta capacidad de intercambio de cationes.

**Perlita:** es un mineral de origen volcánico, cuando se calienta a 760 °C la humedad que tiene atrapada en sus partículas es transformada a vapor y se expande; su peso específico es de 0.08 a 0.13 g cm<sup>-3</sup> y su diámetro de 2 a 4 mm, la capacidad de retención de agua es de tres a cuatro veces su peso y no tiene capacidad para amortiguar el pH.

**Tezontle:** es un mineral aluminosilicato de origen volcánico, se utiliza en forma natural, es muy utilizado en México debido a su disponibilidad.

**Turba:** es el resultado de la descomposición parcial de plantas acuáticas, de pantanos o Ciénegas. La composición química depende de la naturaleza de los materiales que la originan y de la etapa de descomposición.

**Lana de roca:** está constituida por 5 % de minerales en forma de fibras, 80 % de agua y 15 % de aire. Es producido a partir de rocas volcánicas, piedra caliza y carbón mineral, fundidos a 1 800 °C. Es biológicamente y químicamente inerte.

## Contenedores

Una herramienta necesaria son las canaletas, que son indispensables para contener el exceso de solución nutritiva y permiten economizar agua y fertilizantes, evitando la contaminación de suelos por el exceso de sales. Pueden instalarse cuando se utilicen Bolsas de fibra de coco o bolsas para cultivo.

Para instalar las canaletas es necesario desenrollarla completamente, ya que generalmente se comercializa en forma de rollo. Se debe de cortar la canaleta de la medida que se vaya a requerir, tomando en cuenta que por cada canaleta que se arme se requerirá de cuatro sujetadores; aunque la canaleta viene con orillas laterales de 5 cm ya marcadas, no tiene marcas a lo ancho (las cuales son importantes para hacer los dobleces que evitan que la solución nutritiva se salga de este contenedor) y tampoco tiene marcas con orientación a las esquinas (que nos van a permitir doblar la canaleta hacia adentro para colocar los sujetadores), por lo que se procede a marcarlas Figuras 20a y 20b, fotos: Dinorah Quesada, 2013).

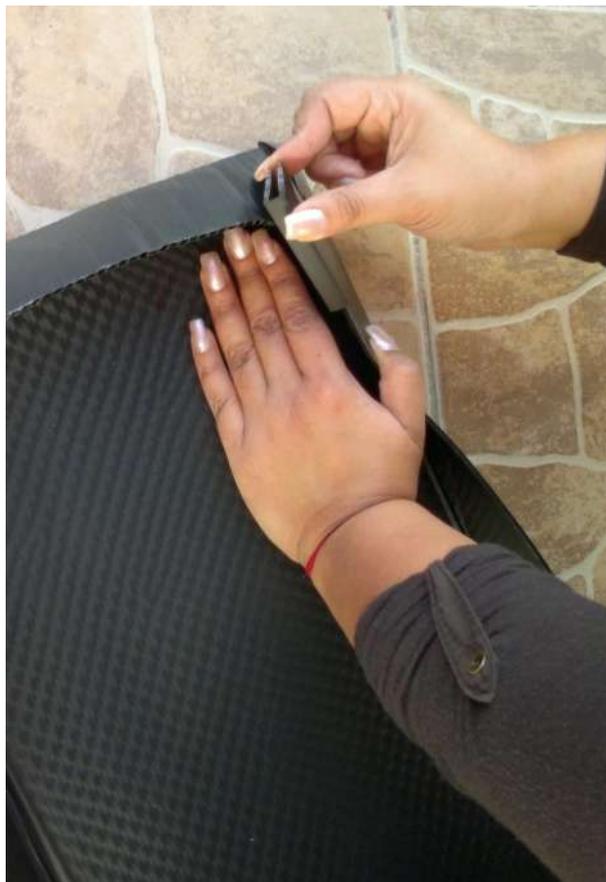


*Figuras 20a y 20b, marcas para dobles. en el contenedor, fotos: Dinorah Quesada, 2013).*

Una vez que en la canaleta ya se realizaron las marcas necesarias, se toman las esquinas y se doblan hacia adentro, para después deslizar un sujetador de canaleta de afuera hacia adentro por cada una de las esquinas para que así, la canaleta por fin forme un contenedor bien sujeto. Figuras 21a y 21b, fotos: Dinorah Quesada, 2013).



*Figuras 21a dobleces en el contenedor, fotos: Dinorah Quesada, 2013).*



*Figura 21b. colocación de los sujetadores de canaleta.., fotos: Dinorah Quesada, 2013).*



*Figura 22, canaleta armada. fotos: Dinorah Quesada, 2013).*

Cuando ya se tienen las esquinas sujetas, el siguiente paso es reforzar las paredes a todo lo largo de la canaleta para que estas no se vayan a abrir y por ahí se salga la solución nutritiva. Una manera de hacerlo es anudando la canaleta hasta abarcar toda la canaleta (Figura 23, Dinorah Quesada, 2013).



*Figura 23 canaleta reforzada., fotos: Dinorah Quesada, 2013).*

# Formulación de soluciones nutritivas

La solución nutritiva es muy importante debido a que es la fuente directa de alimentación de la planta para su desarrollo y crecimiento. Consiste en agua con oxígeno y los nutrientes esenciales en forma iónica. Para que la solución nutritiva tenga disponible los nutrientes que contiene, deberá contener todos los iones disueltos. Cuando uno o varios de los iones se pierden por precipitación, puede ocasionar deficiencias en las plantas y generar un desbalance en la relación mutua entre los iones (Steiner,1961). Las principales características que influyen en el desarrollo de los cultivos y sus productos de importancia económica son: la relación mutua entre los aniones, la relación mutua entre los cationes, la concentración de nutrientes (representada por la conductividad eléctrica) el pH y la relación  $\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+$  y la temperatura (Graves 1983 y Steiner 1984). A continuación se detalla cada una de ellas.

## Relación mutua entre los aniones.

Se refiere a que la solución nutritiva debe estar balanceada en sus macronutrientes:  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  y  $\text{SO}_4^-$ , para el caso de los aniones. El balance consiste no sólo en la cantidad absoluta de cada uno de ellos, sino en la relación cuantitativa que se establece entre los cationes por una parte y los aniones por la otra (Steiner 1961). Respecto a la concentración de un ion, el problema más importante es la relación que tiene respecto a los otros dos iones de su misma carga eléctrica; una inadecuada relación entre los iones puede disminuir el rendimiento (Steiner,1968). Los nutrientes que demandan las plantas en la relación mutua entre aniones y entre cationes, depende de la etapa fenológica. El paso de una etapa fenológica y otra se caracteriza por cambios en la actividad bioquímica y en la restructuración del metabolismo primario (Resh,1991; Valenzuela *et al*, 1993; Gertsson, 1995).

Estudios realizados a la materia seca de plantas de tomate mostraron que el contenido de nutrientes, excepto del  $\text{Ca}^{+2}$  y en algunos casos el  $\text{Fe}^{+2}$ , disminuyen en la medida que avanza la edad de la planta (Sánchez-Alonso y Lachica, 1987) disminución que es

causada por un incremento relativo del material estructural y compuestos almacenados en la materia seca (Marschner, 1995). Los niveles de N, P y K<sup>+</sup> tienden a disminuir durante el ciclo vegetativo y el Ca<sup>+2</sup> y Mg<sup>+2</sup> se incrementan. El contenido de Ca<sup>+2</sup> aumenta en las hojas (jóvenes y adultas), tallo y raíces y en la planta completa, conforme pasa de una etapa a otra (Huett y Rose 1988).

Antes de la etapa de fructificación, el tallo y las hojas de las plantas de tomate acumulan la mayor cantidad de nutrientes; los frutos presentan la mayor demanda y las raíces presentan pocos cambios en la acumulación de los mismos (Tapia y Gutiérrez 1997).

### **Relación mutua entre los cationes.**

Los cationes que debe contener la solución nutritiva son: K<sup>+</sup>, Ca<sup>+2</sup> y Mg<sup>+2</sup> (algunas soluciones contienen NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). La relación mutua entre los cationes contenidos en la planta, similar a los aniones, son dinámicos en su ontogenia.

### **Conductividad eléctrica.**

Existe una relación directa entre la conductividad eléctrica y la concentración de nutrientes de la solución nutritiva. Al aumentar la conductividad eléctrica de la solución nutritiva a más de 6 dS m<sup>-1</sup>, se aumenta la relación K<sup>+</sup> : (K<sup>+</sup> Ca<sup>+2</sup>+ Mg<sup>+2</sup> + NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) y los cationes que se mueven por flujo de masa como el Ca<sup>+2</sup> y en menor medida el Mg<sup>+2</sup> se absorben en menor cantidad, lo que induce una deficiencia de Ca<sup>+2</sup> (Ehret y Ho, 1986a). Además el aumento de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva, origina que la planta destine mayor energía para absorber agua y nutrientes (Asher y Edwards, 1983; Ehret y Ho, 1986b). Este desgaste de energía puede ser en detrimento de energía metabólica y se refleja en la disminución del desarrollo de la planta. A medida que la conductividad eléctrica de la solución nutritiva aumenta, disminuye la capacidad de la planta para absorber agua y nutrientes. Pero una conductividad eléctrica menor de la que requieren las plantas (menor de 2 dS m<sup>-1</sup>) puede inducir deficiencias nutrimentales.

### **pH de la solución nutritiva.**

Es una propiedad inherente de la composición mineral (De Reijck y Schrevens, 1998). El pH óptimo está entre 5.5 y 6.0, para lograrlo se recomienda lo siguiente: 1) regular

el contenido de  $\text{HCO}_3^-$ . A pH mayor de 8.3 el  $\text{Ca}^{+2}$  y el  $\text{Mg}^{+2}$  se precipitan en forma de carbonatos. Una concentración de  $\text{HCO}_3^-$  mayor de  $10 \text{ mol m}^{-3}$  puede ser tóxica para las plantas (Ayers y Westcot, 1987); la forma de disminuir este ion es neutralizándolo con un ácido fuerte ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  o  $\text{HNO}_3$ ). 2) solubilizar al  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ . A medida que aumenta el pH aumenta el grado de disociación del  $\text{H}_3\text{PO}_4$  ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  o  $\text{HPO}_4^{-2}$ ). A pH entre 5.5 y 6.0 predomina el  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , que es la forma en que el fósforo es absorbido por las plantas 3) evitar la precipitación de  $\text{Fe}^{+2}$  y  $\text{Mn}^{+2}$ . La solubilidad de ambos iones está en función del pH, a medida que éste aumenta, la solubilidad de estos cationes disminuye. Para el caso del hierro se recomienda el uso de  $\text{Fe}^{+2}$ , ya que la forma  $\text{Fe}^{+3}$  es menos soluble y precipita como  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ . (De Reijck y Schrevens, 1998) para controlar la solubilidad del hierro se recomienda evitar que el pH sea mayor que 6 o aplicando el  $\text{Fe}^{+2}$  en forma de quelato, por ejemplo, la sal disódica del EDTA.

## **Relación $\text{NO}_3^-$ : $\text{NH}_4^+$**

El  $\text{NO}_3^-$  es la principal forma química en que las plantas se abastecen de N. La absorción de  $\text{NH}_4^+$  requiere su inmediata asimilación debido a que es tóxico para la planta. Su asimilación consume energía luminosa, por lo que la administración de  $\text{NH}_4^+$  en días nublados puede reducir el rendimiento de las plantas de tomate (Veen y Kleimendort, 1985). Por otro lado, el  $\text{NO}_3^-$  es asimilado para sintetizar compuestos orgánicos o para almacenarse en las vacuolas, en donde tiene la función de regular el balance entre cationes y aniones, por osmorregulación (Granstedt y Huffaker, 1982).

## **Temperatura**

La temperatura óptima de la solución nutritiva para la mayoría de las variedades de jitomate es de  $22 \text{ }^\circ\text{C}$ , aproximadamente. Con la disminución de la temperatura, disminuye también la absorción y asimilación de los nutrientes (Cornillon, 1988). La temperatura de la solución nutritiva está relacionada directamente con la cantidad de oxígeno consumido por la planta e inversa con el oxígeno disuelto en la solución nutritiva. A una temperatura menor de  $22 \text{ }^\circ\text{C}$  el oxígeno disuelto en la solución nutritiva es suficiente para abastecer la demanda de este nutriente; sin embargo, el requerimiento es pequeño dado que se reduce la velocidad de varios procesos fisiológicos, entre ellos la respiración y por lo tanto también se reduce el crecimiento de la planta. A temperaturas mayores de  $22 \text{ }^\circ\text{C}$ , la demanda de oxígeno no es satisfecha por la solución nutritiva, debido a que a mayor temperatura la difusión de

este gas se aumenta. Además, altas temperaturas de la solución nutritiva incrementan el crecimiento vegetativo y disminuyen la fructificación (Graves, 1983). En lugares con clima frío se debe de evitar temperaturas menores de 15 °C con el objetivo de prevenir la reducción de la absorción de nutrientes.

## Soluciones nutritivas

Con base a estudios realizados (Lara-Herrera, 2000) sobre la dinámica de relaciones entre aniones en las soluciones nutritivas para la producción de jitomate en hidroponía, y en experiencias en este cultivo, en nuestro grupo de trabajo se diseñaron soluciones nutritivas para las etapas de crecimiento vegetativo, floración y fructificación. En estas soluciones no se consideró el  $\text{NH}_4^+$  como fuente de nitrógeno.

La solución nutritiva empleada durante el **crecimiento vegetativo** del jitomate tiene la siguiente composición (g/l): nitrato de calcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ), 1,000; nitrato de potasio ( $\text{KNO}_3$ ), 285; nitrato de magnesio ( $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ), 400; sulfato de magnesio ( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ), 380; sulfato de potasio ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ), 110; fosfato monobásico de potasio ( $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ), 95; y solución de micros nutrientes, 1 ml.

La solución nutritiva empleada durante la **etapa de floración** es la siguiente (g/l):  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , 990;  $\text{KNO}_3$ , 306;  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ , 417;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , 306;  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , 188;  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ , 120; y solución de micro nutrientes, 1 ml.

La solución nutritiva empleada durante la **etapa de fructificación** (g/l):  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , 1,003;  $\text{KNO}_3$ , 345;  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ , 340;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , 355;  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , 378;  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ , 133; y solución de micro nutrientes, 1 ml.

La solución de **micro nutrientes** empleada tiene la siguiente composición (g/l): ácido bórico ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ), 3.0; sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4$ ), 0.4; etilendiaminotetraacético sal de fierro (EDTA-Fe), 6.9; sulfato manganoso ( $\text{MnSO}_4$ ), 2.1; molibdato de amonio ( $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$ ), 0.6 y cloruro de zinc ( $\text{ZnCl}_2$ ), 1.0. En todos los casos el pH de las soluciones nutritivas se ajustó de 5.5-6.0.

La solución de micro nutrientes debe de prepararse con agua destilada o hervida. En este caso las sales empleadas para su preparación fueron grado reactivo analítico

Los **fertilizantes** agrícolas empleados para la elaboración de las soluciones nutritivas, tienen la siguiente composición:  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , N =12%, Ca= 17%;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , MgO =16.1%, S=12.8%;  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , K<sub>2</sub>O=50%, S<sub>0</sub>= 18%;  $\text{KNO}_3$ , N<sub>0</sub> 12%, K=45%; ;  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ , K<sub>0</sub>= 34.3%, P<sub>2</sub>O = 52% y  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ , MgO= 5 %, N= 11%.

# Manejo del cultivo

## Podas

### Eliminación de chupones o rasura de axilas

Los chupones o axilas son ramificaciones de la planta, que compiten por nutrientes y luz; si se permite que estos crezcan se demerita el crecimiento de toda la planta y por lo tanto de sus frutos. Figura 24, fotos: Dinorah Quesada, 2013).

Aproximadamente a los cinco días después de haber colocado los tutores se debe podar los chupones para controlar el crecimiento de la planta y aumentar su producción. Se deberán eliminar cuando están pequeños, con el fin de no lastimar la planta.



*Figura 24 poda de axilas., fotos: Dinorah Quesada, 2013).*

### Poda de hojas

Se realiza a los treinta y cinco días después del trasplante; se deben eliminar hojas enfermas, en senescencia (hojas viejas), cloróticas o amarillentas, que presenten

daños en tonalidades pardas, necrosis o coloración negra, provocada por muerte celular o algún hongo. Al eliminar este tipo de hojas, se estimula a las plantas para un mayor desarrollo vegetativo, una buena ventilación y se desecha cualquier posible infección por esporas, bacterias y virus que pudieran contaminarlas. Figura 25, fotos: Dinorah Quesada, 2013).



*Figura 25, poda de hojas. fotos: Dinorah Quesada, 2013).*

## **Poda de flores**

Aproximadamente entre los dos y medio y los tres meses, se podrán observar las primeras flores. Dependiendo el mercado a donde vaya dirigido el producto, se recomienda hacer una poda de flor. Se debe cortar entre una y dos flores por racimo, para ayudar a que las restantes desarrollen frutos de mayor tamaño y firmeza.

## Tutoreo

La mayoría de los cultivos hidropónicos, dentro y fuera del invernadero, requieren del tutoraje con el objetivo de ayudar a la planta a su crecimiento, mejorar la ventilación e iluminación en toda la planta, así como optimizar los espacios y evitar totalmente que los frutos toquen el suelo, para que estos incrementen su calidad. A los quince días después de haber realizado el trasplante, se colocará, lo que se conoce como "tutor". El cual consiste básicamente, en guiar verticalmente a través de un amarre, el tallo principal de las plantas con ayuda de una estaca o rafia agrícola (la cual está elaborada con protección UV para resistir la intensidad solar), utilizando una vuelta floja o una abrazadera plástica, también llamada anillo para tutorado. Figura 26, (fotos: Dinorah Quesada, 2013).



. *Figura 26 plantas de jitomate con "tutor", como guía de crecimiento, fotos: Dinorah Quesada, 2013).*

El tutorado se puede efectuar mediante tres sistemas diferentes: estaca individual, sistema colgado y espaldera.

## **Estaca individual**

Se clava una estaca de madera o plástico de aproximadamente 2 m, al pie de cada mata. La estaca tiene que ser lo bastante gruesa y firme para soportar el peso de las plantas. Se deben hacer tres o cuatro amarres firmes del tallo principal a la estaca, con ayuda de un cordón plástico o rafia agrícola. Se deben realizar los amarres conforme crece la planta y no deben de quedar apretados para no lastimar el tallo principal. En caso de que se dañe la planta, se puede colocar un poco de azufre en polvo o cal en la parte del tallo dañado, o también se puede colocar esa parte sobre el sustrato, con el objetivo de que emita raíz, con esto se puede sanar a sí misma.

## **Sistema colgado**

Este es el método de tutorado más usado, ya que se puede utilizar durante varias cosechas, permite reducir el tiempo que se requiere para sujetar y para liberar a la planta, tensar fácil y rápidamente la rafia agrícola y liberar y sustituir rápidamente el cultivo cuando este ya haya cumplido su ciclo.

Para esta clase de tutorado, se requiere el siguiente material:

- a) Cable Galvanizado: 5/32 debido a que resiste 1.175 ton por metro lineal; es ideal como línea principal para soportar el peso de todo el cultivo.
- b) Gancho para Invernadero: el gancho para Invernadero incluye 11 mts de rafia agrícola y facilita sujetar el cultivo al cable galvanizado, que servirá como línea principal de tutoraje.
- c) Rafia Agrícola: la característica principal de la rafia agrícola es que tiene un aditivo UV que le permite resistir la incidencia de los rayos del sol evitando así su ruptura después de largos periodos de cultivo.

Anillo para tutorado: para sujetar y desprender rápida y continuamente la rafia del tallo de la planta. Se coloca el alambre galvanizado como línea principal de tutoraje a una altura aproximada de 1.80 mts sobre nuestro cultivo. Posteriormente se hace un amarre utilizando el anillo especial para tutorado. El tutorado debe ser firme, sin lastimar ni ahorcar el tallo de la planta. . Figura 27, fotos: Dinorah Quesada, 2013).



*Figura 27, anillo para tutorado. fotos: Dinorah Quesada, 2013).*

La colocación del tutor se realiza de la siguiente forma:

1. Se cuelga el gancho sobre la línea principal de tutoraje. Se recomienda utilizar gancho de acero galvanizado.
2. Se desenreda la rafia del gancho o del carrete unos 30 cm más alto de donde se colocó la línea principal de cable galvanizado (por ej. Si el cable para colgar el gancho está a 2 m, entonces se desenredan 2.30 m de rafia agrícola) y se inicia el tutoreo.
3. Se forma un espiral alrededor de la planta y posteriormente se estira poco a poco la rafia, de arriba hacia abajo, hasta que se sienta que está tensa, y se enreda el sobrante en el gancho, procurando que quede lo más firme posible de modo que la planta se pueda seguir enrollando en su tutor.
4. Se colocan anillos o amarres cada 40 ó 50 cm del tallo principal, a medida que las plantas van creciendo. Esto tiene la finalidad de dar soporte y guiar a la planta sobre el tutor.
5. Se coloca rafia agrícola (ya sea la que viene en el gancho para invernadero o se compra por rollo) en donde se pliega el anillo al cerrarse.
6. Se ubica el anillo para tutorado con la rafia agrícola en la parte inferior del tallo principal de la planta. Se cierra el anillo a presión teniendo cuidado de que la rafia quede bien sujeta dentro de éste. Figura 28,( fotos: Dinorah Quesada, 2013).



*Figura 28 planta de jitomate con tutor, fotos: Dinorah Quesada, 2013).*

## **Espaldera**

Se recomienda utilizar la malla espaldera la cual puede facilitar el tutorado. Su ventaja sobre el tutorado tradicional es su rápida y fácil instalación, además de ser reutilizable. Sin embargo, se puede construir el respaldo que le dará soporte a las plantas. Los pasos que se recomiendan seguir para construirla son los siguientes:

1. Se colocan estacas de 2 m de altura, con una separación de 3 o 4 m entre ellas.
2. Se tensa la rafia agrícola horizontalmente cada 40 cm hacia arriba encajonando las plantas. Entre las estacas se van acomodando las plantas, que se mantienen verticales por medio de la rafia.
3. Se hace el primer amarre cuando las plantas tienen 15 o 20 cm de altura, que pueden coincidir con la colocación de la estaca. El amarre se realiza con rafia agrícola, debe de quedar flojo y en el ángulo formado entre las hojas y el tallo, o bien utilizar un anillo para tutoraje. Los amarres se realizan como se explicó en el sistema de colgado.

# Riego

El riego localizado ya sea por goteo o micro aspersión, son los más utilizados para la fertirrigación, debido a que la aplicación de fertilizantes es más precisa y uniforme, y la absorción de nutrientes por las raíces es mejor. Figura 29, fotos: Dinorah Quesada, 2013).



*Figura 29 riego localizado, fotos: Dinorah Quesada, 2013).*

Las características físicas del agua son de especial importancia debido a que afectan su calidad. Si el agua contiene limos y materiales en suspensión (turbidez), los sistemas de riego pueden taparse. En caso de ser necesario se recomienda instalar un sistema de filtración que permita eliminar el exceso de estos sedimentos.

Si es posible se debe utilizar agua desionizada, para que no cambie la composición química de la solución y todos los nutrientes se encuentren disponibles para las plantas en todo momento. En caso contrario, se debe de realizar un análisis químico del agua antes de iniciar. Dicho análisis permitirá obtener los valores específicos de lo que contiene (sólidos totales, cloruros dureza, metales, sulfuros, cloro, etc.). Los resultados de este análisis nos indicarán si algún elemento se encuentra en un porcentaje que es requerido por la planta, entonces ya no se deberá añadirse a la solución, de lo contrario se corre el riesgo de producir una intoxicación a la planta.

Las características químicas generan muchos problemas cuando no son controladas desde un inicio o a tiempo, ya que pueden cambiar los niveles de pH, conductividad eléctrica, dureza, oxígeno disuelto entre otros.

Además habrá que monitorear que el agua no tenga una alta concentración de algunos compuestos minerales, principalmente sales de magnesio y/calcio para que no modifique la composición de la solución nutritiva y obstruya el flujo a los emisores o a la tubería.

En caso de existir este problema, para eliminar el exceso de estas sales sólo es necesario agregar ácido fosfórico al 5% (5 ml de  $H_3PO_4$  en 100 mL de  $H_2O$ ) en el sistema. Se recomienda que una vez al mes o mes y medio se realice un riego abundante con agua sin nutrientes para lixiviar (lavar) las sales del sustrato y eliminarlas por el drenaje.

Es necesario que el agua se encuentre bien oxigenada para facilitar el intercambio gaseoso, que promueva el desarrollo de las raíces y algunos procesos de las plantas para su crecimiento. La falta de oxígeno en el agua provoca que las raíces se degraden y se vuelvan más susceptibles al ataque de patógenos y en muchos casos se puede propiciar la muerte de la planta.

Se recomienda manejar el riego en el boli o en la bolsa de cultivo de la siguiente manera:

1. Inicialmente, se regará la planta una vez al día, y en cualquier caso siempre por la mañana.
2. La frecuencia de los riegos se aumentará en función del crecimiento de la planta.

## **Recomendaciones generales para el riego**

- i. Evitar los riegos en las horas de calor cuando la planta esté pequeña, así mismo no exagerar el riego cuando la temperatura se eleva.
- ii. Monitorear los niveles de conductividad eléctrica en el sustrato, con la intención de ahorrar agua, reducir y disminuir el riesgo de perder la cosecha por una deshidratación de las plantas. Esto se puede realizar con ayuda de un medidor de conductividad, con el cual se medirá en el agua que escurra del bote después del riego, el nivel de conductividad eléctrica, para verificar que se encuentre en los niveles adecuados.
- iii. En el caso de que en el Bote ya se tenga un nivel de sal elevado, se deberá disminuirlo haciendo riegos con agua.

# Polinización

La flor del tomate (*Lycopersicon esculentum* M) es hermafrodita, presenta autopolinización y se dirige hacia abajo, no produce néctar, los estambres están muy desarrollados y forman un tubo cerrado alrededor del pistilo. En el tubo se encuentran aperturas largas. El estigma se encuentra dentro del tubo formado por los estambres. En las ocasiones en las que el pistilo sobresale del tubo se puede producir la polinización cruzada.

La polinización natural se ha constituido como un medio altamente efectivo para alcanzar una buena fecundación floral, este es un requisito indispensable, en la mayoría de las plantas, para el “amarre” y la formación de los frutos. Con la polinización natural se obtienen frutos sanos, de mayor tamaño, de mayor peso y con un mínimo de deformaciones. Se puede realizar con cepillos de diente vibratorios, agitando de forma manual las plantas o utilizando insectos como abejas o abejorros (se prefieren los abejorros ya que no representan ningún peligro para los trabajadores de los cultivos hidropónicos de jitomate). Los abejorros ahorran hasta 15 hrs semanales de trabajo por acre de cultivo hidropónico de tomate. Figura 30, foto: Jesús Alonso Luna, 2013).



Figura 30, expo agroalimentaria 2013 Irapuato Gto., foto: Jesús Alonso Luna, 2013).

En comparación con otros insectos polinizadores como las abejas, los abejorros son polinizadores muy eficaces. En primer lugar, porque trabajan rápido (visitan, por ejemplo, el doble de flores por minuto que las abejas), y debido a su tamaño, pueden transportar cargas relativamente pesadas, lo cual les permite realizar largos viajes de recogida. Además, debido a su tamaño relativamente grande logran un mejor contacto con los estambres y pistilos, que los insectos más pequeños.

Además, los abejorros son menos exigentes en lo que se refiere a las circunstancias bajo las que han de trabajar. Al contrario de las abejas, los abejorros se encuentran más a gusto en los invernaderos y túneles, especialmente en áreas reducidas. Los abejorros siguen trabajando a temperaturas relativamente bajas (alrededor de 10°C) y baja intensidad de luz. Ni el fuerte viento, ni la llovizna son excusa para dejar de trabajar. Como la flor del jitomate no produce néctar, la colmena se suministra con suficiente agua azucarada para la duración total de vida de la colonia de abejorros.

Un movimiento de la flor es suficiente para hacer que el polen de los estambres se reparta por el estigma. Los abejorros hacen esto perfectamente colgándose de la flor hacia abajo, mordiendo con sus mandíbulas el compartimento de los estambres, para a continuación, activar los músculos del vuelo (sin mover sus alas), y así hacer vibrar la flor ("Pollination-buzz").

A la hora de la polinización, el abejorro se agarra a la flor y la hace vibrar (polinización del zumbido). Las marcas de las mandíbulas sobre la flor (marcas de decoloración) adquieren un color marrón pasadas una a cuatro horas, permitiendo controlar la polinización y el trabajo de los abejorros. Una sola visita basta para suministrar el polen necesario para la polinización. El cuajado del fruto se produce después de la polinización de la flor. Las marcas de las mordeduras se ponen en poco tiempo oscuras y le dan la seguridad al agricultor de que la flor ha sido visitada. Cuando hay pocas flores, puede ocurrir que las flores existentes sean visitadas muchas veces y a causa de las mordeduras se estropee el fondo de la flor (como en tomate cherry). Esto origina manchas acorchadas en la piel del fruto.

Se debe de controlar el trabajo de los abejorros como mínimo una vez cada dos días. Si el número de marcas de decoloración disminuye a una o dos por flor, deberá introducir una colmena de abejorros nueva.

La condición idónea para la liberación del polen es una humedad relativa (HR) entre 50 % y 80 %, por encima del 80 %-85 % de HR, el polen no se liberará y los abejorros detendrán su actividad y por debajo del 50 % de HR, disminuirá la capacidad de germinación del polen y se dificultará el cuajado del fruto. Los abejorros seguirán recogiendo polen y dejando marcas de decoloración, pero no crecerán frutos.

Los abejorros permanecen activos a una temperatura situada entre los 8 y los 32 °C. Su actividad es óptima entre los 8 y los 28 °C. A temperaturas entre 28 y 32 °C, disminuirá lentamente su actividad. Si la temperatura es superior, los abejorros dejarán de volar. A partir de este momento, los abejorros enfriarán la colonia, hasta que la temperatura vuelva a descender por debajo de los 32 °C.

Los abejorros se encargan de que la temperatura en la colmena permanezca constante. Si la colmena se expone durante demasiado tiempo a una temperatura excesivamente elevada, la colonia podría sufrir daños.

Un cultivo sano y la presencia de suficientes flores vitales son la base de una buena polinización. Existen distintas causas que pueden afectar a la salud de la planta y, por lo tanto, también a la existencia de suficientes flores vitales. Algunos de los riesgos potenciales son la falta de agua, la nutrición desequilibrada, los virus, las enfermedades de las plantas, las plagas, el crecimiento insuficiente o excesivo, el clima extremo o los productos químicos. Figura 31, (fotos: Dinorah Quesada, 2013).



*Figura 31. caja con abejorros para polinización, fotos: Dinorah Quesada, 2013).*

### **Recomendaciones para el manejo de los abejorros**

- Se debe colocar la colmena en el lugar más fresco o, como mínimo, a la sombra, sobre todo en las horas más calurosas del día.
- Durante los días oscuros del invierno se deberá procurar que la colmena reciba luz solar. La sombra puede provenir del cultivo, una caja u otros tipos de cubierta.
- En temperaturas extremas, se deberán tomar medidas adicionales, tales como refrigeración activa.
- Se debe colocar la colmena en un lugar bien visible para los abejorros y las personas.
- Se debe colocar la colmena en horizontal y protegerla contra la condensación y la lluvia.
- No se deberán apilar o colocar juntas más de tres colmenas.
- Las salidas de las colmenas se deberán colocar en distintas direcciones, pero sin orientarlas al cultivo.



*Figura 32, colocación de las cajas con abejorros dentro del invernadero, fotos: Dinorah Quesada, 2013).*

# Plagas y enfermedades

Para que se presente una plaga o enfermedad es necesario que tengan lugar tres factores:

1. Hospedante (cultivo o arvense).
2. Agente que lo causa (plaga o patógeno).
3. Ambiente favorable para su desarrollo (humedad relativa, temperatura, entre otros).

Si falta alguno de estos factores, no existirá el problema.

Al generar las condiciones ambientales favorables para el sano desarrollo de las plantas en un invernadero, hay que considerar que dichas condiciones también podrían ser favorables para el desarrollo y la presencia de plagas y enfermedades. Éstas pueden acabar con el cultivo en su totalidad en un corto espacio de tiempo, ya que la proliferación de la plaga o enfermedad ocurre rápidamente.

El desarrollo de un plan de manejo integrado de plagas y enfermedades eficaz en un invernadero que se tenga la conciencia del cuidado del medio ambiente, así como de la salud pública para ello, un monitoreo del cultivo, y tener un amplio conocimiento acerca de plagas, de los aspectos agronómicos del cultivo, y de todas las interacciones que surgen en la dinámica de las poblaciones de los organismos involucrados en el agro ecosistema nos permite que el plan integrado de plagas y enfermedades sea preventivo y curativo y así de esta manera poder reducir costos de producción, combinando varias estrategias para el control.

Un estudio biológico es fundamental para proporcionar aspectos básicos, relacionados con las especies de plagas y de sus enemigos naturales: la duración y las características de cada uno de los estados por los cuales pasan estos organismos en su desarrollo; el número de generaciones que ocurre durante un año o un ciclo de cultivo; los lugares donde transcurre cada fase; el tipo y la forma de alimentación, y la forma de reproducción, la fecundidad, la fertilidad y la proporción sexual.

La estructura de un invernadero, cuando el diseño es adecuado, permiten la ventilación pero actúa como barrera física contra la gran mayoría de los insectos vectores; además de que evita daños mecánicos a las plantas ocasionados por: la precipitación excesiva, el anegamiento del suelo consecuencia de la misma, vientos fuertes y el mantenimiento del follaje limpio y seco, de esta manera se controlan muchas enfermedades que se presentan como consecuencia de lluvias, ya que

producen heridas en las plantas o que mantienen el follaje húmedo o salpicado por el tiempo suficiente para permitir la votación de esporas de hongos patógenos. Es necesario conocer los diferentes métodos de control existentes y disponibles, los niveles de advertencia, umbral y daño económico de las poblaciones, así como la metodología más adecuada para estimar o determinar esos niveles; el control se aplica de acuerdo al daño económico que ocasiona al cultivo, ya que el objetivo del manejo integrado de plagas y enfermedades es disminuir el daño de la plaga y enfermedad a un nivel que no afecte la producción del cultivo. Por lo anterior, el control de plagas y de varias enfermedades en el invernadero será primordialmente preventivo. Los insecticidas no deberán ser utilizados como preventivos, solo se aplicaran cuando se detecten insectos plaga dentro del invernadero por encima de una cierta densidad de población; Los fungicidas y bactericidas en cambio, se usaran preferentemente de manera preventiva después de las prácticas culturales que pueden causar heridas en las plantas tales como el trasplante, el despunte y las podas y también cuando se presenten condiciones ambientales favorables al desarrollo de enfermedades, por ejemplo alta humedad relativa, altas o bajas temperaturas por periodos prolongados de tiempo así mismo cada año esterilizar el sustrato.

## **Manejo Integrado de Plagas (MIP)**

Según \*M.S.T. del Rosario, et al 1992, el uso racional de las estrategias y tácticas de control debe considerar todos los aspectos que intervienen en el combate de plagas, de aquí que el Manejo Integrado de Plagas (MIP) sea la mejor opción para proteger los cultivos.

### **Pasos en la implementación de un programa de manejo integrado de plagas:**

#### ***Diagnóstico del problema***

- ¿Cuáles son las principales plagas del cultivo?
- ¿Cuál es el habito de la plaga?
- ¿Cuál es su nivel de población en el cultivo?

- ¿Cuáles son las condiciones del clima en el invernadero?

*Identificación de las medidas de control.*

- ¿Qué medidas de manejo preventivo se pueden aplicar en el cultivo?
- ¿Qué medidas de manejo curativo se pueden aplicar?

### ***Diseño de la estrategia***

- ¿Cómo se llevara a cabo la secuencia de la aplicación de las medidas de manejo?

## **Medidas preventivas para el control de plagas y enfermedades**

### **Control físico**

En los métodos de control físico, el medio ambiente físico de la plaga es modificado de tal modo que los insectos ya no representan una amenaza al cultivo agrícola. Esto se logra con la generación de niveles de estrés que provoquen perturbación o muerte del insecto, tanto como por el uso de dispositivos como barreras físicas que protejan a las plantas de posibles ataques.

El control físico basando en el uso de mallas anti-afidos en las ventanas, en dobles puertas para el acceso, con tapete sanitario para desinfección de zapatos. El control y mantenimiento del follaje seco y de una humedad relativa media, así como también se debe de cuidar la dispersión de enfermedades por transmisión mecánica a través de prácticas culturales como la poda o los despuntes y a través de la desinfección de las herramientas de trabajo.

Las medidas que se deberán tomar son la colocación de barreras para evitar la entrada de hongos y bacterias o cualquier patógeno al interior del invernadero, control cultural y sanidad que es referente a las actividades de manejo del cultivo para su buen crecimiento y desarrollo lo cual implica tener espacios limpios y realizar medidas de higiene en las actividades.

### **Control biológico**

Es el uso de organismos benéficos contra plagas que causan daño al cultivo. El uso de control biológico no destruye la fauna del suelo y del follaje ni tampoco contamina el

medio ambiente. Es un control biológico inducido, pero tiene la limitante de que no se producen enemigos naturales a nivel local, está dirigido a una especie de plaga en particular, por lo que es necesario identificar el enemigo natural en función de la plaga presente. Este grupo de componentes regula las poblaciones de las plagas y de organismos en general. Las poblaciones de insectos se autorregulan naturalmente, partiendo del manejo de enemigos naturales los cuales tienen el efecto de actuar como parásitos, predadores y patógenos. Los parásitos son enemigos de las plagas que viven a costas de ellas para finalmente matarlas. Los predadores, son aquellos enemigos que se comen a las plagas provocando su muerte. Y los patógenos pueden ser bacterias, hongos, virus y nematodos que provocan enfermedad a la plaga. Las plagas que regula son de aparato bucal chupador: mosca blanca, psyllido, chicharrita y áfidos.

Se tiene que hacer uso selectivo de insecticidas para no matar a los enemigos naturales. El control biológico es de acción lenta, no hace control inmediato a diferencia de los plaguicidas. No se liberan los bio controles y se espera que la plaga muera, se debe conocer la dinámica de las poblaciones. Requiere de un manejo preventivo, liberar los insectos benéficos cuando exista baja densidad de población de la plaga. Figura 33. (fotos: Dinorah Quesada, 2013).



Figura 33 .bio-controladores (Fotos: Dinorah Quesada, 2013).

El método natural es indispensable para el control racional y rentable de los insectos dañinos, ayuda a reducir las poblaciones de plagas reales y es la base fundamental en la prevención de problemas potenciales. El control natural, que se da por la

composición de factores bióticos y abióticos naturales, es muy concreto para cada especie de insecto, depende de condiciones climáticas favorables y es muy susceptible a las intervenciones del hombre, quien en muchas ocasiones es el responsable de su destrucción.

Los enemigos naturales de los insectos son uno de los factores más importantes para la protección de cultivos, dependen y se ven afectados por cambios en la densidad de la plaga o de los hospederos (plantas). La eficiencia del control depende de la capacidad controladora y de la cantidad de enemigos que se encuentren en el medio ambiente. Sin embargo, un enemigo natural altamente eficiente no requiere una densidad de población muy grande para mantener el control del insecto plaga.

## **Control legal**

Establece leyes para evitar la diseminación de alguna plaga o enfermedad que pone en peligro la producción.

1. Establecimiento de medidas cuarentenarias
2. Promoción de campañas fitosanitarias.

## **Control químico**

Según Andrews K. L., 1989, el control químico se previene realizando prácticas agrícolas para evitar o prevenir el ataque de plagas. Aniquila las plagas; en casos donde un insecto no puede ser manejado y reduce temporalmente la plaga, en el momento que alcanza una densidad de población no aceptable y que pone en riesgo el cultivo. Para ellos es recomendable: La aplicación de productos químicos y botánicos para el control de plagas y enfermedades. Se debe tener especial atención en la toxicidad de los productos a aplicar, de preferencia usar productos con categoría de ligeramente tóxico, con color de etiqueta verde. Se recomienda aplicar el producto en la parte superior e inferior de la hoja para lograr una buena cobertura, alternar la aplicación de productos químicos para evitar generar resistencia a las plagas. Por ejemplo: primero un organoclorado, segundo un organofosforado, tercero un carbamato y cuarto un piretroide, además de combinar la aplicación de productos químicos y botánicos para ejercer un buen control. Ejemplo: para el control de mosca blanca aplicar confidor y extracto de neem.

Si un producto no tiene un control satisfactorio, no aumentar la dosis ni la frecuencia de aplicaciones, sino cambiar el producto que demuestre un control efectivo ya que es posible que la plaga se halla hecho resistente.

## Control cultural

En el control cultural hace uso de prácticas agronómicas comunes, para crear un agroecosistema adverso al desarrollo y a la supervivencia de las plagas o para hacer el cultivo menos susceptible a su ataque. Su uso se realiza generalmente de manera preventiva, presenta la ventaja de que no implica el aumento de los costos de producción, no causa contaminación y es compatible con otros tipos de control.

Los métodos de control más utilizados son los siguientes:

### *Control etológico*

Utilización de métodos de represión de plagas que, de alguna manera, se valen de las reacciones de comportamiento de los insectos. Estos métodos incluyen las feromonas sexuales), atrayentes, cebos, repelentes y antiapetitivos o inhibidores de alimentación.

### **Algunas medidas para el control cultural son las siguientes:**

1. **Colocación de malla anti-áfidos** en las ventanas frontales, laterales y cenital. Para las ventanas frontales y laterales, el calibre es de 20 x 10 (50 x 25 hileras/pulgada) y para la cenital es de 16 x 10 (40 x 25 hileras por pulgada). Figura 34, (fotos: Dinorah Quesada, 2013).



*Figura 34, malla anti-afidos, (fotos: Dinorah Quesada, 2013).*

2. **Caseta sanitaria con doble puerta** en la entrada Figura 35, fotos: Dinorah Quesada, 2013). y salida del invernadero. Con tapete sanitario para desinfección del calzado. Figura 36, (fotos: Dinorah Quesada, 2013).



*Figura 35, entrada y salida del invernadero con caseta sanitaria  
(Foto: Dinorah Quesada, 2013).*



*Figura 36 estación de limpieza con tapete sanitario para desinfección de calzado. (Foto: Dinorah Quesada, 2013).*

3. **Uso de trampas con cintas pegajosas** de captura dentro y fuera del invernadero. El color amarillo atrae a mosca blanca, paratíoxa y minador. Colocar de 34 a 68 trampas en 1700 m<sup>2</sup> en el interior del invernadero.( Figura 37, fotos: Dinorah Quesada, 2013). En la parte exterior colocar trampas de una medida de 80 x 50 cm cada 5 metros de distancia, principalmente cerca de la entrada al invernadero y de color azul para trips. (Figura 38, fotos: Dinorah Quesada, 2013).



*Figura 37, trampas con cintas pegajosas de captura dentro color amarillo (Foto: Dinorah Quesada, 2013).*



*Figura 38, trampas con cintas pegajosas de captura dentro color azul. (Foto: Dinorah Quesada, 2013).*

4. **Las trampas de luz**, son lámparas mediante las cuales se atrapan insectos que durante la noche son atraídos hacia ellas, principalmente los lepidópteros, entre los que se encuentran los perforadores de fruto y la cogollera del jitomate.

5. **Sellar los agujeros del plástico** por muy pequeños que se vean con cinta polipatch. En caso de ruptura del techo, repararlo inmediatamente.

6. Cubrir los pasillos con grand couver para evitar la emergencia de hierbas y diseminar los patógenos al caminar.( Figura 39, pasillos cubiertos con grand couver fotos: Dinorah Quesada, 2013).



*Figura 39, pasillos cubiertos con grand couver fotos: Dinorah Quesada, 2013).*

7. **Manejo del clima.** Por debajo de los 20 °C, (Figura 40. fotos: Dinorah Quesada, 2013). ■ los insectos tienen poca movilidad; y humedad relativa por arriba del 80 % privilegia el desarrollo de enfermedades causadas por hongos. (Figura 41. fotos: Dinorah Quesada, 2013).



*Figura 40, medidor de temperatura y humedad relativa. fotos: Dinorah Quesada, 2013.*



*Figura 41, ventilador para regular la temperatura dentro del invernadero fotos: Dinorah Quesada, 2013).*

8. **Recolección** manual de larvas o lepidópteros del suelo.
9. **Siembra de cultivos trampa y aplicación de productos repelentes.** Por ejemplo, la aplicación de biocrack cada semana en las paredes.
10. **Colocación de barreras vivas.** Alrededor de los cultivos para aislarlos de insectos, mamíferos y pájaros por medio de un elemento físico: plantas aromáticas, setos, etc.
11. **Temperaturas.** Inducción de cambios bruscos de temperatura para eliminar o reducir al máximo el metabolismo de los insectos. Esta práctica es usada en el manejo pos cosecha de los alimentos durante las etapas de lavado y almacenamiento.

*Procura mantener el área libre de maleza alrededor del invernadero para prevenir que las plagas o enfermedades de los alrededores penetren dentro del invernadero.*

*Nunca permitas el acceso de personas que hayan estado en otro invernadero sin haberse bañado y cambiado de ropa, ya que pueden propagar enfermedades y/o plagas del otro invernadero.*

*Evita que las personas fumen dentro del invernadero, ya que el tabaco trasmite enfermedades a los cultivos.*

*Desinfecta el invernadero y maneja adecuadamente los residuos de la post-cosecha para disminuir la proliferación de plagas y enfermedades en el siguiente ciclo de producción.*

## **Muestreo de plagas y niveles críticos**

El seguimiento de cómo va evolucionando la plaga, tiene como finalidad conocer el estado sanitario del cultivo, y verificar si las medidas que se ha seguido han sido las adecuadas. El muestreo de plagas en los cultivos es la base para tomar decisiones racionales de manejo y control de poblaciones plaga.

Para hacer un uso racional de productos para la protección de cultivos es conveniente la vigilancia y el monitoreo (muestreo) constantes de los cultivos. Para ello es necesario observar directamente en el campo y así poder determinar el nivel de las

poblaciones de organismos plaga. Para monitorear adecuadamente un cultivo se deberá conocer la biología y el comportamiento de los organismos plaga y sus factores de regulación natural, y conocer así la dinámica poblacional de éstos, además de conocer la fenología de los cultivos. Una vez se haya realizado el monitoreo se decidirá el momento adecuado para realizar una aplicación y elegir el principio activo que se va a utilizar.

Una vez de halla realizado el muestreo, se tendrán las herramientas necesarias para determinar si se puede convivir con los organismos dañinos, que manejo es el adecuado o si así fuera el caso, por su supresión, utilizando un agroquímico para proteger los cultivos, lo cual debe realizarse únicamente si la población del organismo supera un nivel crítico que pueda provocar pérdidas económicas. Esto significa que las pérdidas causadas por la población de organismos plaga deben tener un valor por lo menos igual al costo de comprar y aplicar un agroquímico.

Los agroquímicos o plaguicidas, deben tener el mínimo impacto ambiental sobre los enemigos naturales y ser utilizados en las dosis recomendadas en el etiquetado y o por un ingeniero agrónomo, el método de aplicación, el volumen total de mezcla que se va a aplicar por unidad de área, a qué parte de la planta se dirigirá, la hora del día a la cual es más oportuna la aplicación, y el uso de adherentes u otros productos que permitan incrementar la eficiencia de la aplicación, determina la eficacia de la aplicación y su impacto sobre los enemigos naturales.

### **Tres aspectos definen el monitoreo de una determinada plaga:**

1. Criterio de muestreo: ¿cuántas plantas observar? ¿De qué parte del cultivo?
2. El parámetro a determinar: el daño o el número de individuos de un cierto estadio o grupo de estadios de la plaga.
3. Localización de la plaga: ¿qué órgano observar?, y ¿en qué parte de la planta?

### **Recomendaciones para el monitoreo de una determinada plaga según Jaramillo, J. et al. 2007**

- a) Se deberán intensificar las observaciones en las áreas más críticas del invernadero, como las cercanías a las aberturas y a cultivos más avanzados de la misma especie.
- b) En el caso de plagas que suelen aparecer en focos aislados, como los pulgones, se deberán detectar y marcar estos focos.

- c) Para elegir el parámetro que se va a utilizar, se debe tener en cuenta la facilidad de conteo. En este sentido, son preferibles el daño, siempre y cuando pueda distinguirse el nuevo del viejo, y los estados de desarrollo inmóviles o poco móviles y visibles sin lupa.
- d) La parte de la planta (basal, media o inferior) y el órgano o conjuntos de órganos a observar están definido por la preferencia de la plaga.
- e) En el caso de trips en tomate, por ejemplo, se observa el daño de adultos y la presencia de los mismos en el haz de los folíolos de las hojas de la mitad superior y ninfas, en el envés de folíolos con daño de adultos.
- f) El muestreo no sólo cuantifica el daño económico, además permite evaluar los factores de mortalidad natural dentro de los cultivos y nos da la oportunidad de adoptar otras alternativas de manejo de plagas antes de que suceda el daño.

### ***Herramientas para la toma de muestras.***

Existen varias herramientas que influyen en la toma de muestras y que se estudian a continuación:

Las herramientas de muestreo varían según la ecología y biología de la plaga que se quiere muestrear y de las características del cultivo. Hay que tratar de utilizar herramientas que provean información de más de una plaga al momento de tomar la muestra. También es necesario que la herramienta utilizada para el muestreo pueda brindar información confiable, para poder efectuar las estimaciones de la densidad de población en todo el campo y, así, poder elegir las alternativas de control más acertadas.

#### **Camilla de muestreo**

Consiste en una manta pesada, de color blanco o amarillo. Las medidas de la manta varían según el distanciamiento de siembra del cultivo entre las hileras (surcos), pero por lo general es de un metro de largo x 0.90 metro de ancho. La manta se pone en la calle entre los surcos o hileras de las plantas del cultivo que se van a monitorear, luego se sacuden éstas vigorosamente con las manos para que los insectos caigan de las plantas a la manta y sean contados.

## Red entomológica

La red entomológica es una de las herramientas más usadas para monitorear (muestrear) insectos. Esta herramienta recoge una gran información de la densidad de población de insectos. Es importante anotar la etapa fenológica del cultivo, la hora, el día y las condiciones climáticas, ya que estos factores afectan la cantidad de insectos y otros artrópodos recolectados.

Al utilizar la red se recomienda **estandarizar** la forma de uso:

- Emplear un movimiento de 180 grados.
- En presencia de vegetación rastrera, el movimiento de la red tiene que realizarse lo más cerca del suelo sin agarrar parte de la tierra.
- Si la vegetación es más alta, el extremo superior de la abertura de la red debe quedar a nivel de la parte superior del follaje.
- No mantener el aro de la red en forma vertical; la parte superior de la abertura del aro debe quedar un poco detrás de la parte inferior.
- Realizar un golpe de red por uno o dos pasos mientras se camina a una velocidad regular.
- La red entomológica debe tener un diámetro de abertura de 38 centímetros y el mango un largo de 65 centímetros.

Es conveniente una sola persona realice el muestreo para evitar variaciones en los resultados.

## Inspección visual

La herramienta de monitoreo de plagas más utilizada es la inspección visual, porque es simple de usar e involucra conteos directos de los organismos plaga por unidad de área o hábitat en el lugar o sitio de muestro. El conteo y registro de datos se realiza al observar la planta entera o sus estructuras vegetativas específicas (hojas, tallos, frutos, yemas terminales, etc.).

En ocasiones se necesita una lupa de mano para realizar este muestreo, especialmente si los insectos u otros artrópodos monitoreados son muy pequeños. En algunos casos, el método de inspección visual requiere la destrucción de las plantas; por ejemplo, minador de la hoja.

## **Trampas con atrayentes**

Este tipo de herramientas consiste en fabricar trampas con algún tipo de cebo (atrayente alimenticio, sexual o luminoso), el cual atraerá las plagas para luego determinar su densidad poblacional.

## ***Número de sitios para muestrear***

El número de sitios para llevar a cabo un muestreo en el invernadero varía según los siguientes factores:

### **Disposición espacial de la plaga en el invernadero**

Para determinar el número de muestras y los sitios dentro del invernadero para tomarlas, debe conocerse la forma como la plaga se distribuye en el invernadero, es decir, si se encuentra distribuida al azar, uniforme o agregada. Por ejemplo, si la plaga que se va a monitorear se encuentra distribuida uniformemente, el muestreo requerirá menos muestras que si se encuentra distribuida agregadamente.

## **Precisión**

La precisión en monitoreo de plagas aumenta con el incremento del número de muestras, pero el número de éstas debe proporcionar datos que sean confiables y obtenidos en forma rápida y económica.

## **Determinación del tamaño de muestra**

Se estima el número de plantas en cada invernadero, y con base a ese número, se selecciona el tamaño de muestra  $n = N/1 + N(e)^2$  donde N es el total de individuos en el invernadero y  $(e)^2$  es el nivel de precisión al cuadrado. El nivel de precisión que se usó fue de  $\pm 3\%$  con un nivel de confianza de 95% (Israel, 2009).

## ***Procedimiento de muestreo en el invernadero***

Una vez que se ha establecido el tamaño de muestra para el invernadero, se determina el número de hileras necesario para cubrirlo. Se seleccionan las hileras al azar y se recorren los pasillos examinando las plantas de jitomate para determinar los

síntomas presentes en cada una de ellas. En este punto del muestreo se determina los aspectos los cuales se analizarán.

### ***Tipos de muestras***

Se colectan diversos tejidos de las plantas que presentan síntomas: a) raíces y tallo de plantas con marchitez; b) folíolos con lesiones necróticas; c) folíolos con micelio de plantas con cenicilla; y d) tallos con necrosis. Las muestras se colocaron en bolsas de plástico etiquetadas en una hielera para preservarlas durante su traslado al laboratorio. En el laboratorio las bolsas con las muestras se colocan a 4°C en un refrigerador hasta su procesamiento.

### ***Procesamiento de las muestras***

En el caso de algunos síntomas foliares causados por hongos, las hojas colectadas se colocan en una cámara húmeda por 24 h para inducir el crecimiento de los hongos patógenos. Posteriormente, se procede a realizar preparaciones de las estructuras que se desarrollaron sobre el tejido las cuales se observan con un microscopio compuesto.

## **Principales plagas y enfermedades del jitomate.**

### **Principales plagas**

#### ***Paratrioza o Salerillo (Bactericera cockerelli)***

##### ***Descripción***

Una hembra deposita hasta 50 huevecillos por día y puede producir de 250 hasta 1,350 en su vida. El periodo de eclosión varía de 3 a 8 días. La ninfa pasa por 5 estadios en el último tiene una forma oval, aplanados dorso ventralmente, con ojos, alas y segmentos de las patas bien definidos, necesita 5 días en promedio para llegar a adulto. Los huevecillos son ovalados, de color amarillo-naranja y se adhieren con un filamento al borde de las hojas, las ninfas se observan como escamas en la parte inferior de la hoja, son de color verde pálido, el adulto mide aproximadamente 2 mm, de color negro con alas transparentes en forma de tejado, con una franja transversal en el dorso, tiene un aparato bucal chupador para extraer la

savia, su ciclo de vida es de 25 a 30 días. Los machos viven de 25 a 64 días y las hembras desde 35 hasta 169 días.

### ***Daños***

Las ninfas y adultos al chupar la savia liberan toxinas que causan clorosis de la planta, un daño indirecto es la transmisión de micoplasma que aparece 4 semanas después de ocurrida la infección, hay una detención del crecimiento apical, achaparramiento de la planta, aborto floral y una pérdida en el rendimiento hasta del 60 %.

### ***Métodos de control***

Al tener de 3 a 5 ninfas por planta se presentan síntomas iniciales de amarillamiento y mayores de 15 ninfas por planta producen síntomas severos. En México, dicho insecticida está registrado para su uso contra el salerillo en cultivos de papa, chile y jitomate en dosis de 115,5-138,6 ml de ingrediente activo (i.a.) ha<sup>-1</sup> y 92,4-138,6 ml i.a. ha<sup>-1</sup>, respectivamente (SENASICA 2007)

Para el control biológico se introducen en el cultivo *Tamarixia triozae*.

---

## ***Mosquita blanca (*Bemisia tabaci* y *Trialeurodes vaporariorum*)***

### ***Descripción***

El adulto es de color blanco con las alas en tejado y aplanada respectivamente, las ninfas y adultos se localizan en la parte inferior de las hojas, la hembra deposita 300 huevecillos entre un tiempo de 20 a 40 días, su ciclo de vida es de 20 a 35 días, posee 4 pares de patas y carecen de antenas, prolifera en clima con temperatura alta y periodos secos y el macho tiene un ciclo de vida de 7 a 14 días.

### ***Daños***

Al chupar la savia de las hojas, provoca amarillamiento y decoloración de frutos, disminuye el rendimiento y la calidad del fruto, transmite más de 25 enfermedades virosas, como es el caso del “virus del chino del tomate”. Se localizan en el envés de la hoja, de la cual chupan la savia para alimentarse, provocan que el follaje se arrugue, caída de hojas, causa amarillamiento de las hojas, disminuye el rendimiento y calidad del fruto.

### ***Métodos de control***

Se deben proteger las plantas antes del trasplante. Para control biológico se pueden utilizar: *Encarsia formosa* y *Eretmocerus californicus*, *Eretmocerus mundus*, *Amblyseius swirskii*. Introducir el parasitoide cuando la población de la mosquita es baja. Se podrán observar las pupas parasitadas 2 a 3 semanas de la primera introducción, y tomará alrededor de 8 semanas para que se parasite el 80% de las pupas. Es recomendable el control biológico para mantener las poblaciones de insectos plaga a niveles bajos de daño.

---

## ***Ácaro del bronceado (Aculops lycopersici)***

### ***Descripción***

Se presenta en los meses secos (abril, mayo, junio y julio), se alimenta de la savia de las hojas, el adulto es alargado de color blanco amarillento o naranja y tienen un ciclo de vida de 6 a 7 días a 27 °C y 30% de humedad relativa.

### ***Daños***

Los daños se deben a la succión de los fluidos vegetales por parte de los ácaros. Los síntomas que produce se caracterizan por un bronceado o herrumbre en el tallo primero, y hojas después e incluso en frutos, desde la parte basal de la planta, su evolución en ascendente. Con el desarrollo de la plaga en las plantas se produce una desecación de las hojas., se observan pequeños huecos claros en las venas, detiene el crecimiento de la planta, aborto floral y frutos rajados y presenta una apariencia de melón.

La epidermis del fruto se vuelve áspera y de color bronce. En condiciones de altas temperaturas y baja humedad los daños son importantes, pues el desarrollo de las colonias es rápido y las hojas deterioradas se desecan rápidamente. La proliferación de la plaga en los cultivos se realiza por transporte en el material vegetal, herramientas de cultivo, y por el propio hombre en ropa y calzado.

### ***Métodos de control.***

Cuando se detecte la plaga en el invernadero, se tendrá especial cuidado en no transportarla de un lugar a otro en el propio invernadero cuando se realicen las operaciones de deshojado, destalle y entutorado, así mismo se debe cuidar no transportar la plaga en la ropa, calzado y herramientas. Una vez que se han identificado los primeros síntomas tratar procurando llegar a los tallos y hojas bajas de las plantas, en el caso de si los focos de infestación están bien delimitados realizar los tratamientos localizados una alternativa de control químico es el uso de obero. El sistema de control biológico recomendado es la introducción de *Ambliseius andersoni* (Chant).

---

## ***Gusano del fruto (Heliothis sp.)***

### ***Descripción***

La larva es de color verde o café pardo, mide de 4.0 a 5.0 cm de largo, la hembra deposita de 500 a 3000 huevecillos y el ciclo de vida va de 28 a 45 días.

### ***Daños***

El daño lo causa la larva al alimentarse del fruto, la cual se alimenta de las partes tiernas y botones florales, al alimentarse del fruto, hace perforaciones circulares y demerita su calidad.

### ***Métodos de control***

Se deberán colocar mallas en las bandas del invernadero y vigilar las roturas del plástico para dificultar la entrada de adultos. Es conveniente la eliminación de malas hierbas de dentro y fuera del invernadero ya que algunas especies tienen una marcada preferencia por realizar puestas en algunas malas hierbas. La colocación de trampas de feromonas (atrayentes sexuales) y trampas de luz puede ayudar a la detección de los primeros vuelos de adultos y como método de control.

Vigilar los primeros estados de desarrollo de los cultivos ya que los ataques en ellos son muy graves y pueden ser irreversibles al afectar a brotes y tallos.

Dentro de los enemigos naturales podemos encontrar algunos depredadores, parásitos y patógenos eficaces en el control de lepidópteros plaga. Dentro de los depredadores generalistas existen identificados en nuestros cultivos varias especies

que ejercen como depredadoras de huevos y larvas aunque con una incidencia bajas: *Chrysoperla carnea* (Stephens), *Coccinella septempunctata* L. Y *Orius spp.*

*Orius spp.*

El controlador biológico más conocido y eficaz para el control de mariposas y polillas es *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*.

Para el control químico de los lepidópteros plaga se aconseja seguir las siguientes indicaciones:

Realizar aplicaciones que alcancen bien el envés de las hojas y en general todos los órganos vegetales donde puedan refugiarse las larvas.

Para especies que realizan parte de su ciclo de vida en el suelo (*Spodoptera exigua*, *Spodoptera littoralis*) o para tratamientos localizados para todas las especies de orugas, se recomienda la utilización de cebos a base de insecticida, salvado, azúcar o melaza y agua, esparcidos al pie de las plantas, a última hora de la tarde para evitar que se reseque.

Debido a que los insecticidas reguladores del crecimiento (IGR's) tienen su acción en la muda de las larvas, su acción es más eficaz cuando las aplicaciones se realizan para los primeros estadios larvarios.

Los insecticidas aconsejados para tratamientos en pulverización y espolvoreo son los formulados comerciales que contengan las siguientes materias activas: alfacipermetrin, cipermetrin, bifentrin, clorpirifos, endosulfan, flucotrinato, lambda cihalotrin, permetrin, triclorfon, etc.

---

## ***Gusano del follaje (Spodoptera sp.)***

### ***Descripción***

Esta plaga pasa por 4-5 estadios larvarios, su ciclo de vida hasta adulto es de alrededor de 55 días. A diferencia de los gusanos cortadores los huevos son depositados en grupos grandes (de 50-200 huevos), y generalmente en el envés de la hoja. Las larvas tienen un ciclo de vida de 21 días. Estas larvas tienen una longitud de 35-45 mm. Las pupas son de color café y la duración de este estado es de alrededor de 15 días. Los adultos son polillas que miden alrededor de 45 mm, las alas delanteras de los machos tienen un color gris, mientras que en las hembras son de color gris-café y las alas traseras de los dos son blancas.

### ***Daños***

El daño lo causa la larva al alimentarse del follaje y frutos, y en las hojas presenta perforaciones circulares.

### ***Métodos de control***

El control biológico más eficiente, dependerá de la etapa fisiológica de la plaga.

Parasitoide de huevos: *Trichogramma sp.* (Hymenoptera: Trichogrammatidae).

Parasitoides de larvas: *Dolichostema arequipae* (Townsend); *Prosopochaeta setosa* (Townsend); *Trichophoropsis sp.*; *Winthemia sp.* (Diptera: Tachinidae); *Apanteles sp.*; *Bracon sp.*; *Glytapanoteles sp.*; *Microplitis sp.* (Hymenoptera: Braconidae); *Thymebatis sp.* (Hymenoptera: Ichneumonidae).

Cuando las infestaciones de gusanos de tierra son importantes se recomienda la aplicación de insecticidas, ya sea en espolvoreo o bajo la forma de cebos tóxicos. Los espolvoreos se hacen al pie de la planta, empleando polvos secos; mientras que los cebos se preparan usando: melaza de caña o azúcar rubia y agua, hasta darles consistencia pastosa. La fórmula comúnmente empleada es:

|                                   |         |
|-----------------------------------|---------|
| Coronta molida                    | 100 kg  |
| Melaza de caña o azúcar rubia     | 4 kg    |
| Carbaryl 85 PM o Triclorfón 80 PS | 300 kg  |
| Agua aproximadamente              | 70 lts. |

---

### ***Nematodos (Meloidogyne sp. Y Pratilenchus sp.)***

#### ***Descripción***

Son gusanos cilíndricos y pequeños, su aparato bucal es en forma de estilete, el ataque es más severo en ciclo largo, puede prosperar y causar mayor daño en suelos ligeros de textura arenosa, su presencia ocurre cuando se siembra de manera continua de cultivos de la misma familia (jitomate, pimiento, papa, etc.)

#### ***Daños***

El patógeno infecta la raíz del cultivo formando nódulos o agallas que impiden, la absorción de agua y nutrientes, las plantas se debilitan y marchitan, presentan

enanismo, marchitez y amarillamiento de la planta, dando la apariencia de deficiencia de nutrientes. Por las heridas se facilita la entrada de hongos y bacterias, que son introducidos por algunos virus que utilizan a los nematodos como vectores.

#### ***Métodos de control***

La forma más rápida de control para este complejo de plagas es la aplicación de insecticidas granulados al suelo.

---

## ***Araña roja (*Tetranychus urticae* Koch)***

### ***Descripción***

Son ácaros polífagos que se encuentran ampliamente distribuidos en las zonas tomateras del país. El huevo es esférico, de color blanquecino al inicio, va cambiando a amarillento en el momento de la eclosión. La larva es redondeada, con tres pares de patas. Las ninfas son parecidas a los adultos, con cuatro pares de patas, de color amarillento. Los jóvenes adultos son de color amarillo verdoso y con manchas oscuras en el dorso. A medida que envejecen, los machos tienen forma ovoide.

### ***Daños***

El ataque se inicia en el envés de las hojas inferiores de las plantas y produce amarillamiento en la base de las hojas de los lados de la nervadura central coincidiendo con la ubicación de otros ácaros en la hoja.

Las altas temperaturas (30°C a 40°C) y la baja humedad relativa (30%) favorecen el incremento poblacional de la araña.

### ***Métodos de control***

Usar control cultural, eliminación de maleza y restos de cultivo. Evitar excesos de nitrógeno. Emplear control biológico con *phytoseiulus californicus* y *phytoseiulus persymilis* y *Feltiella acarisuga*.

El cultivo debe ser inspeccionado periódicamente desde las primeras etapas, eliminando aquellas plantas que presenten síntomas en sus hojas como tonos de color verde claro a café claro, las cuales deben enterrarse. El riego por aspersión durante la época seca puede reducir las poblaciones.

Para el control natural es conveniente usar depredadores como *Coccinellidae* y ciertos *Staphilinidae* (*Coleoptera*), *Cecidiomyiidae* (*Diptera*), *Anthoridae* (*Hemiptera*), *Thysanoptera* y ácaros depredadores (*phytoseiidae*). El control químico se basa en la aplicación de Abamectina, acrinatrin, dicofol, fenbutestan, fenpiroximato, tebufenpirad, te-tradifón.

---

## ***Minador de la hoja. (Liriomyza sp.)***

### ***Descripción***

El adulto es una mosca pequeña de unos 2 mm de longitud, de color negro con manchas amarillas sobre el tórax, las patas y abdomen. Los huevos son ovalados, de color blanquecino y muy pequeños; son puestos entre la epidermis. Las larvas son ápodas y de color anaranjado; pueden medir de 1-2 mm de largo, y pasan por 4 estadios. Las larvas minan las hojas, se alimentan del tejido entre las dos epidermis, dejando una huella espiral o serpentina que presenta una coloración verde claro; después de la salida de la larva, la huella se torna café. La larva busca el suelo para empupar o lo hace sobre la hoja. La pupa es de color amarillo anaranjado, tornándose chocolate en su etapa más avanzada.

### ***Daño***

El daño principal es ocasionado por la larva, que forma minas y galerías al alimentarse y desarrollarse dentro de la hoja. Las hojas más viejas a menudo son atacadas primero. En ataques severos provoca que las hojas se sequen y se caigan. Los adultos también pueden causar daño al alimentarse, lo que se manifiesta en punturas sobre la superficie de la hoja, que sirven de entrada a bacterias y hongos. Ataques fuertes de *L. sativae* en los cultivos se pueden presentar en los cotiledones desde los primeros días de germinación.

Es recomendable que al momento de revisar otras plagas también se observe la presencia de minas frescas con larvas, poniendo énfasis en las hojas viejas o maduras. También se pueden utilizar trampas de color amarillo. En jitomate se recomienda observar 50 hojas por lote y al encontrar 5 larvas por planta u hoja, se recomienda tomar una medida de control.

### **Métodos de control**

Las prácticas culturales son de vital importancia para el control de la plaga se recomienda Mantener buena humedad en el suelo ayuda a reducir la eclosión de adultos, utilizar trampas amarillas con pegamento, colocadas en la parte media e inferior de la planta, una trampa cada 900 m<sup>2</sup>. Combinándolo con conteos visuales de lavas en las hojas al menos una vez por semana.

Dentro de los enemigos naturales de la mosquita minadora podemos mencionar algunas especies de parasitoides como: *Neochrysocharis diastatae* (*Eulophidae*), *Opius dissitus*, *Opius dimidiatus* (*Braconidae*), *Disorygma pacifica*, *Ganaspidium utilis* (*Figitidae*) y *Halticoptera circulus* (*Pteromalidae*).

Realizar control biológico con las avispas *Diglyphus sp*, *Ophius sp.* y *Chrysonotomyia sp.*

Cuando se encuentren del 20 al 25% de hojas con una o más minas se recomienda el control químico aplicando insecticidas de nueva generación: Cyromazina y abaectina. Repetir cada 8 a 10 días durante 4 a 6 semanas. La eliminación programada del follaje mediante la poda del cultivo durante su desarrollo, disminuye significativamente la infestación de las larvas de Minador de la hoja. Para ello las hojas eliminadas se colectan en bolsas de plástico y se destruyen.

---

## **Chicharrita (*Eutettix tenellus*)**

### **Descripción**

Son color verde y miden aproximadamente 3mm de largo, las Ninfas carecen de alas, son similares a los adultos en forma, pero más pequeñas y usualmente de color más claro y se desplazan saltando sobre las hojas.

Existen hasta cuatro generaciones por año, dependiendo de lo caluroso del clima. Hibernan donde las temperaturas permanecen por arriba del punto de congelación. Los huevecillos se insertan en el tejido nuevo de las plantas y eclosionan en ninfas que se alimentan y se desarrollan durante varias semanas antes de pasar a la etapa adulta, que se alimente y sobre vive alrededor de un mes.

### ***Daños***

Los adultos y ninfas chupan la savia de las plantas, inyectando una toxina que causa el enrollamiento de las hojas. Las hojas afectadas en ataques severos se secan. Si el ataque ocurre durante la etapa de floración, se reducen los rendimientos.

### ***Métodos de control***

Se recomienda el control químico aplicando insecticidas como dimethoate (ANSI, ISO), códigos alfanuméricos: BAS 152J. CA DPR Chem Code 216. CAS 60-51-5. CIPAC 59. EI 12880. PC Code 035001.

Utilizar riego por aspersión; ya que cuando las condiciones son frescas y húmedas, la chicharritas son atraídas por las plantas adultas, no las jóvenes.

## Principales enfermedades

### ***Marchitez por Fusarium***

#### ***Síntoma***

Síntoma avanzado de marchitez. Las plantas enfermas muestran pudrición de raíces y por lo general los tejidos conductores se colorean de café, indicador de que la necrosis interna se extiende a lo largo de los tallos hasta las ramas superiores

#### ***Etiología y epidemiología***

El patógeno causante de esta enfermedad es el hongo *Fusarium oxysporum*. la enfermedad se favorece cuando hay temperaturas entre 25 y 32 °C y el suelo presenta una humedad alta.

#### ***Daño***

Plantas maduras con clorosis y flacidez en el follaje, necrosis vascular y muerte de la planta.

#### ***Control***

La medida de control más utilizada es plantar en suelos donde la enfermedad no existe, usar semillas libres de patógenos, solarización y fumigación del sustrato.

---

### ***Tizón tardío***

#### ***Síntoma***

Empieza en las hojas de la parte superior de la planta, las hojas presentan manchas necróticas grandes e irregulares húmedas, en la parte superior, en el envés de las hojas y tallos, se observa un algodoncillo en el centro de la lesión y frutos con manchas de color café rojizo, esto provoca que pierda rigidez y su peciolo se doble.

#### ***Etiología y epidemiología***

El patógeno que causa esta enfermedad es *Phytophthora infestans*. Días nublados con humedad relativa del 80 al 90 %, presencia de agua en el follaje, condensación y goteo, temperaturas en la noche de 10 a 15 °C, el hongo vive en residuos de cosecha y hierbas, el hongo se disemina por el viento y herramientas de trabajo. Bajo estas condiciones la enfermedad progresa rápidamente y puede destruir completamente el cultivo en pocos días.

### ***Daño***

Lesiones necróticas en los frutos. En un periodo de 3 a 5 días puede acabar con el cultivo, manchas en hojas, tallos y frutos que bajan el rendimiento y disminuyen la calidad del fruto.

### ***Control***

Usar plántulas de tomate sanas y desinfectadas; destruir residuos y hospedantes silvestres; practicar rotación de cultivos; no sembrar papa cerca del tomate; utilizar menor densidad de población y variedades tolerantes; seguir un calendario de aspersiones preventivas con fungicidas de contacto, derivados del cobre; como son: Captafol. Clorotalonil y Mancozeb. Alternar fungicidas sistémicos con los de contacto o preventivos y no usar el mismo producto como son Metalaxin, Fosetil-Al, Cymoxanil.

---

## ***Cenicilla***

### ***Síntoma***

Esta enfermedad se manifiesta en el haz de las hojas como necrosis, después la parte del centro de las lesiones se colorea de café.

### ***Etiología y epidemiología***

El patógeno que causa esta enfermedad es *Oidium neolycopersici*. En condiciones de baja humedad relativa entre 70 y 80% y una temperatura entre los 20 a 30°C, los conidios del hongo son diseminados fácilmente por el aire.

### ***Daño***

Ocasiona clorosis en follaje, puntos necróticos en el haz y micelio blanco algodonoso en el envés de los foliolos. A medida que la infección avanza se observa que el micelio blanco cubre casi por completo las hojas afectadas. En el haz de las hojas senescentes se pueden observar lesiones necróticas rodeadas por una zona de color amarillo. Otros síntomas pueden ser el desarrollo de puntos pequeños de micelio de color blanco en diferentes partes del haz de las hojas jóvenes y maduras. Las hojas enfermas pueden desprenderse de la planta permitiendo que los frutos queden expuestos al sol.

### ***Control***

Se recomienda utilizar el control químico al aparecer las primeras lesiones. Utilizar fungicidas como: Triflozystrobin, Azoxystrobin, Pyraclostrobin, Miclobutanil y Triforine.

---

## ***Peca del jitomate o Mancha Bacteriana***

### ***Síntoma***

Las hojas jóvenes se colorean de bronce y más tarde desarrollan manchas pequeñas oscuras. Las plantas enfermas pueden desarrollar un crecimiento unilateral o achaparrarse completamente.

### ***Etiología y epidemiología***

El patógeno que causa esta enfermedad es *Pseudomonas syringae* pv. *Tomato* el virus se puede transmitir mecánicamente y por semilla.

### ***Daño***

Lesiones y puntos necróticos en hojas y frutos. En frutos verdes se observan ligeramente la formación de anillos concéntricos, que cuando maduran estos anillos son bien marcados y de colores distintos. Las plantas se infectan muy jóvenes y con frecuencia no producen fruto, si se infectan después del amarre de frutos, los producen con manchas anulares cloróticas.

### ***Control***

Usar variedades de jitomate poco susceptibles, además del control del vector y la eliminación de plantas hospederas.

# Conclusión general del trabajo

Se hizo un recuento de cómo ha ido evolucionando la agricultura protegida desde los romanos y egipcios en donde ya desde entonces se buscaba como proteger los cultivos de las condiciones climáticas que no eran favorables para los cultivos, hasta los invernaderos holandeses los cuales son los que actualmente cuentan con la tecnología más avanzada.

Se dio una descripción general de la morfología de los órganos de la planta de jitomate. Se presentaron los fundamentos del cultivo del jitomate en invernadero y las características de los sistemas hidropónicos.

Se elaboró un manual para la producción del cultivo de jitomate en invernadero, que sea útil para los productores. Se utilizó un lenguaje coloquial y de fácil consulta.

# Recomendaciones

- Visitar a más productores que se dediquen a la producción de jitomate en invernadero en la región, ya que para este trabajo no fue posible hacer todas las visitas que en un principio se tenían programadas.
- Abordar más a detalle la parte de la instalación del sistema de riego dentro del invernadero.
- En el caso de las plagas y enfermedades que afectan al cultivo considero importante poner imágenes para que le sea más fácil al productor identificarlas.
- Es importante que al momento de describir las variedades de jitomate se pongan imágenes para su mejor descripción.
- Incorporar estándares de calidad en base a las exigencias de los principales mercados destino.
- Incluir cosecha y comercialización.

# Literatura

**Aparicio, V.; Belda J.E.; Casado, E; García, M.; Gómez, V.; Lastres, J.; Mirasol, E.; Roldan, E.; Sáez, E.; Sánchez, A. & Torres, M., 1998.** Plagas y enfermedades en cultivos hortícolas de la provincia de Almería: control racional. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Sevilla: 356 pp.

**Aparicio, V.; Rodríguez, M.D.; Gómez, V.; Sáez, E.; Belda J.E.; Casado, E. & Lastres, J., 1995.** Plagas y enfermedades del tomate en la provincia de Almería: control racional. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Sevilla: 182 pp.

**Aparicio, V.; Rodríguez, M.D.; Gómez, V.; Sáez, E.; Belda J.E.; Casado, E. & Lastres, J., 1995.** Plagas Y Enfermedades De Los Principales Cultivos Hortícolas De La Provincia De Almería: Control Racional. Consejería De Agricultura Y Pesca. Junta De Andalucía. Sevilla: 260 Pp.

**Asher C J and Edwards D G (1983).** Modern solution culture techniques. pp. 94-119. In: A. Pirson y M.H. Zimmermann (ed.). Encyclopedia of Plant Physiology. Vol. 15-A. Springer-Verlag, Berlin.

**Andrews K L,(1989).** MIP-insectiles en la agricultura. El Zamorano, Honduras Ayers R S and Westcot D W (1987). La calidad del agua en la agricultura. FAO, Serie riego y drenaje No. 29. Roma, Italia.

**Braun, U., Cook, R.T.A., Inman, A.J. and Shin, H.D. 2002.** The taxonomy of the powdery mildew fungi. Pp:13-55. In: Belanger, R.R., Bushnell, W.R., Dik, A.J. and Carver, T.W. (eds.). The Powdery Mildews. A Comprehensive Treatise. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota, USA. 292p.

**Brooklyn B G (2001).** Control Natural de Insectos pp.12-13,49-52, 67-68, 74-78. Editorial Trillas febrero México D.F.

**Cabello, T. & Barranco, P. 1995.** Prácticas De Entomología Agrícola. Universidad De Almería. Almería. 149 P.P.

**Cabello, T.; González, M.; Justicia, L. & Belda, J.E. 1996.** Plagas De Noctuidos (Lep.; Noctuidae) Y Su Fenología En Cultivos En Invernaderos. Consejería De Agricultura Y Pesca. Junta De Andalucía. Sevilla: 155 Pp.

- Castellanos J Z (2004).** Manual de producción Hortícola en invernadero. pp. 469 2da Edición INTAGRI Celaya Gto. México.
- Coria-Avalos V M, Lara-Chávez M B N, Orozco-Gutiérrez G, Muñoz-Flores H J, Sánchez-Martínez R, (2010)** Memoria XXXIII Congreso Nacional Control Biológico. pp: 70-72, 134-136, 149-152, 217-220. 10 al 12 de noviembre. INIFAP. CIRPAC. Campo Experimental Uruapan, Uruapan, Michoacán, Mexico.
- Cornillon P (1988).** Influence of root temperature on tomato growth and nitrogen nutrition. Acta Hort. 229: 211-218.
- Cruz Crespo E, Sandoval Villa M, Volke Haller V H; Can Chulim A, Sánchez Escudero J (2012).** Efecto de mezclas de sustratos y concentración de la solución nutritiva en el crecimiento y rendimiento de tomate. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, Septiembre-Octubre, 1361-1373.
- De la Cruz L E, Estrada B MA, Robledo T V, Osorio O R, Márquez H C, Y Sánchez H R. (2009).** Producción de tomate en invernadero con composta y vermicomposta como sustrato. Universidad y ciencia, 25(1), 59-67. Recuperado en 08 de agosto de 2013, [dehttp://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0186-29792009000100004&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-29792009000100004&lng=es&tlng=es).
- De Reijck G and Schrevens E (1998).** Cationic speciation in nutrient solutions as a function of pH. J. Plant Nutr. 21:861-870.
- Del Rosario M S T, Terrones R L y Marín J A, (1992).** Folleto para productores. No.2 Campo experimental Bajío. CIR-CENTRO, INIFAP, SARH. FMC, HOECHST, CIBA-GEIGY. Diciembre
- Ehret D L and Ho L C (1986b.)** Translocation of calcium in relation to tomato fruit growth. An. Bot. 58: 679-688.
- Ehret D L and Ho LC (1986a).** Effects of osmotic potential in nutrient solution on diurnal growth of tomato fruit. J. Exp. Bot. 37: 1294-1302.
- García C S, Byerly M K, (1990).** MIP. INIFAP-CAE-Laguna. México.
- Garzón T J A, Garzón-Ceballos J A, Velarde S F, Marín A J, Cárdenas O G (2005)** Ensayos de transmisión del fitoplasma asociado al "permanente del tomate" por el psílido *Bactericera cockerelli* Sulc, en México. Entomol Mex 4: 672-675.
- Gertsson U E (1995).** Nutrient uptake by tomatoes grown in hydroponics. Acta Hort. 401: 351-356.

- Granstedt R C and Huffaker R C (1982).** Identification of the leaf vacuole as a major nitrate storage pool. *Plant Physiol.* 70: 410-413.
- Graves C J (1983).** The nutrient film technique. *Hort. Rev.* 5: 1-44.
- Heike V.(2009),** Malezas de México, (ed.), 13 de agosto.
- Huett D O and Rose G (1988).** Diagnostic nitrogen concentrations for tomatoes grown in sand culture. *Aust. J. Exp. Agric.* 28:401-409.
- Israel, G.D. 2009.** Determining sample size. University of Florida, IFAS Extension. Publication #PEOD6 (<http://edis.ifas.ufl.edu/PD006>).
- Instituto Nacional para la Educación de los Adultos en Coordinación del Consejo Nacional de Educación para la Vida y el Trabajo (2008).** En el “Módulo Técnico” de “Producción de jitomate mediante técnicas de Hidroponía” México, D.F.
- Jaramillo J, Rodríguez V P, Guzmán M, Zapata M, Rengifo T (2007).** Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de Tomate Bajo Condiciones Protegidas. Palabras Claves: tomate bajo condiciones protegidas, invernadero, manejo del cultivo, manejo fitosanitario, protección de cultivos, manejo seguro de plaguicidas, cosecha y manejo poscosecha, normatividad BPA, desarrollo rural, buenas prácticas agrícolas, seguridad alimentaria y nutricional. FAO, Gobernación de Antioquia, MANA, CORPOICA, Centro de Investigación “La Selva”.
- Kiss, L., Cook, R.T A., Saenz, G S., Cunnington, J H., Takamatsu, S., Pascoe, I., Bardin, M., Nicot, P C., Sato, Y. and Rossman, A.Y. 2001.** Identification of two powdery mildew fungi, *Oidium neolycopersici* sp. nov. and *O. lycopersici*, infecting tomato in different parts of the world. *Mycological Research* 105:684-697.
- Kiss, L., Takamatsu, S. and Cunnington, J.H. 2005.** Molecular identification of *Oidium neolycopersici* as the causal agent of the recent tomato powdery mildew epidemics in North America. *Plant Disease* 89:491-496.
- Koppert B.V. 1999.** Productos Con Normas De Utilización. Koppert Sistemas Biológicos S.L. Berkel En Rodenrijs. 53 Pp.
- Liñán De, C. 2000.** Vademecum De Productos Fitosanitarios Y Nutricionales. Madrid. Pp.

- Malais, M. & Ravensberg, W.J., 1995.** Conocer Y Reconocer. La Biología De Las Plagas De Invernadero Y Sus Enemigos Naturales. Koppert Bv. Rotterdam. 109 Pp.
- Luís E, (2006).** El Control Físico de las Plagas Agrícolas. Revista Digital CENIAP HOY N° 11 mayo-agosto.
- Marschner H (1995).** Mineral nutrition of higher plants. 2nd edition. Ed. Academic Press. San Diego, Ca., USA.
- Martínez, B. (2003).** Todo sobre el tomate. Trabajadores vol. 33, no. 3.
- Mason White, Maya Przybylski 2010.** On farming. Almanac 1. ACTAR Publishers, 267 páginas
- PACHECO A, BASTIDA A (2011).** Agricultura Protegida (Ventajas y Desventajas en el uso de Invernaderos). Tecno Agro. 11;69;4-9
- Resh H M (1991).** Hydroponic food production. 4th edition. Woodbridge Press Publishing Company. Santa Barbara, Ca, USA.
- Rodríguez-Delfin A, Chang-La Rosa M, Hoyos-Rojas M, Falcón-Gutiérrez Fernando, (2004).** Manual Práctico de Hidroponía pp. 100 4ta. Edición Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Rodríguez-del-Bosque, L. A. y H. C. Arredondo-Bernal (eds.).** 2007 Teoría y Aplicación del Control Biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico, México. 303 p.
- Sánchez-Alonso F and Lachica M (1987).** Seasonal trends in the mineral content of sweet cherry leaves. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 18: 17-29.
- SENASICA - Servicio Nacional de Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (2007)**  
Catálogo de plaguicidas.  
<http://www.cofepris.gob.mx/cis/tramites/infpynv/InfRegPlagNutVet.htm>  
(Consultado en diciembre 06, 2013).
- Segura-Castruita M A, Ramírez-Sánchez A R; García-Legaspi G, Preciado-Rangel P, García-Hernández J L; Yescas-Coronado P, Fortis-Hernández M, Orozco-Vidal J A.; Montemayor-Trejo J A (2011).** Desarrollo de plantas de tomate en un sustrato de arena-pómez con tres diferentes frecuencias de riego. Revista chapingo serie horticultura, enero-abril, 25-31.
- Solís A, Martínez R, Moya C, Dominí M E, López V, Milan E, Amat I (2006).** COMPORTAMIENTO DE VARIEDADES DE TOMATE (*Lycopersicon*

esculentum, Mill) EN DOS PERÍODOS DE SIEMBRA EN LA LOCALIDAD DE VELASCO, PROVINCIA HOLGUÍN. *Cultivos Tropicales*, num. Sin mes, pp. 51-54.

**Steiner A A (1961).** A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant Soil* 15:134-154.

**Steiner A A (1968).** Soilles culture. pp. 324-341. In: *Proceedings of the 6th Colloquium of the International Potash Institute*. Florence, Italy.

**Steiner A A (1984).** The universal nutrient solution. pp. 633-650. In: *Proceedings 6th International Congress on Soilles Culture*.

**Tapia M L and Gutiérrez V (1997).** Distribution pattern of dry weight, nitrogen, phosphorus, and potassium through tomato ontogenesis. *J. Plant Nutr.* 20: 783-791.

**Tucuch-Haas, Jorge I, Rodríguez-Maciél, J Concepción, Lagunes-Tejeda, Ángel, Silva-Aguayo, Gonzalo, Aguilar-Medel, Sotero, Robles-Bermudez, Agustín, & Gonzalez-Camacho, Juan M. (2010).** Toxicidad de spiromesifen en los estados biológicos de *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae). *Neotropical Entomology*, 39(3), 436-440. Retrieved February 10, 2014, from 566X2010000300019&lng=en&lng=es. 10.1590/S1519-566X2010000300019.

**Valenzuela J L, Guzmán M, Sánchez A, Del Río A y Romero L (1993).** Relationship between biochemical indicators and physiological parameters of nitrogen and physiological plant age. pp: 215-257. In: M.A.C. Fragoso y M.L. van Beusichem (eds.). *Optimization of Plant Nutrition*. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands.

**Veen B W and Kleimendort A (1985).** Nitrate accumulation and osmotic regulation in Italian rygrass (*Loilum multiflorum* Lam.). *J. Exp. Bot.* 36: 211-218.

**Yescas-Coronado P, Segura-Castruita M A, Orozco-Vidal J A, Enríquez-Sánchez M, Sánchez-Sandoval J L, Frías-Ramírez J E, Montemayor-Trejo, J A, Preciado-Rangel P (2011).** Uso de diferentes sustratos y frecuencias de riego para disminuir lixiviados en la producción de tomate. *Terra Latinoamericana*, Octubre-Diciembre, 441-448.