

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO  
NARRO**

DIVISIÓN DE CIENCIAS SOCIOECONÓMICAS  
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN AGROPECUARIA



**SITUACIÓN Y TENDENCIAS DE LA AGRICULTURA PROTEGIDA  
EN MÉXICO**

**TESIS**

Presentada por:

**SERGIO CRUZ GRACIDA**

Como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO ADMINISTRADOR**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Junio de 2019

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
DIVISIÓN DE CIENCIAS SOCIOECONÓMICAS  
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN AGROPECUARIA

**Situación y tendencias de la agricultura protegida en México**

Por:

**Sergio Cruz Gracida**

**Tesis**

Que somete a consideración del H. Jurado examinador como requisito parcial  
para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO ADMINISTRADOR**

  
M.C. Esteban Orejón García  
Presidente del jurado

  
M.C. Rolando Ramírez Segoviano  
Coasesor

  
Dra. Lydia Venecia Gutiérrez López  
Coasesor

Coordinador de la División de Ciencias Socioeconómicas

  
Dr. Lorenzo Alejandro López Barbosa



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México junio de 2019.

## **AGRADECIMIENTO**

*Gracias a “Dios” por siempre guiarme y defenderme ante las adversidades de la vida y cuidarme en cada paso que di para poder estar aquí, por darme la voluntad de ser constante en mi preparación profesional y nunca rendirme sabiendo los obstáculos que se ha presentado y que presentaran, pero la fe es la más grande de las voluntades que puede existir en mi ser.*

*Gracias a mi “Alma Terra Mater” por portarte esta carrera y abrirme la puerta y poder alojarme en tu casa durante estos 5 años, mi segunda casa, donde tengo mi segunda familia y los maestros que me brindaron los conocimientos necesarios para enfrentarme la vida profesional, e infinidad de buitres que me vieron crecer y desarrollar mis alas para poder recorrer al mundo y compartir lo grandioso que es formar parte de la honorable y prestigiosa Institución.*

*Gracias a “M.C. Esteban Oregón García” por aceptar y brindarme todo el apoyo con la investigación y desarrollo de esta tesis para poder dar mi último requisito de evaluación y obtener el título de la carrera de Ingeniero Agrónomo Administrador, que sin su apoyo no hubiera sido posible. ¡Gracias por todo!*

*Al “M.C. Rolando Ramírez Segoviano” por su amistad, confianza brindada y su gran apoyo en la revisión del trabajo de investigación, sin su colaboración no hubiera sido posible y formar parte del jurado calificado*

*La “Dra. Lydia Venecia Gutiérrez López” quien con su conocimiento que aportó para la revisión de este trabajo de investigación que sin duda fue de gran ayuda.*

*A “mis amigos” y de la generación por acompañarme a lo largo de esta formación académica, a aquellas amistades que por la distancia no pudieron estar presentes en unos de mis logros de la vida, pero no han dejado de ser amigos, en especial a (Tito, Vero, Mely, Mine, Oly, Dulce) quienes me llenaron de alegría y sonrisas y sea donde sea que estén los mantendré en mi corazón.*

*A “mis compas” Ulises, Betan, Jorgito, Karo, Blanca, Licha, Rocy, Jio, Anderson, por haber compartido experiencias y vivencias inolvidables, grandes increíbles momentos compartidos y por convertirse buitres de hermandad y valla en donde valla los recordaré.*

## **DEDICATORIA**

### ***A mis padres:***

*“Donato y María por ser mi inspiración y siempre agradecerlos por los buenos modales que me forjaron en la casa, y gracias a ellos he podido cumplir unos de mis sueños, que para lograr las metas solamente se necesita ganas y constancias sin importar los obstáculos y de donde vengas o tu estatus económico. A mi Papá Donato un hombre de gran corazón, valiente, un héroe que ha vivido una experiencia inigualable, pero ha sabido sacar a mis hermanos y yo adelante y con su vivencia me da ejemplo para seguir luchando. A mi mamá María por siempre estar pendiente de mí sin necesidad de estar en persona, pero su presencia permanece a mi lado en todas partes, mi guía, mi protectora y a mi segunda madre Balina Pánfilo † que siempre está conmigo cuidándome y guiándome y yo le agradezco con mis éxitos.*

### ***A mis hermanos:***

*Humberto, Serafina, Tomas, Juliana, Samuel, Concepción, Juan, Esperanza y Socorro y mis medios hermanos Rutilio y Pedro †, una familia numerosa, quienes sin experiencias académicas han estado conmigo con apoyándome, lo cual me ha permitido nunca rendirme sin importar las dificultades que posteriormente compartir el título con ellos.*

### ***A mis sobrinos:***

*A mis sobrinos que siempre me inspiraron a seguir luchando y por considerarme un ejemplo a seguir, son mi motor para estar en constante preparación para poder ayudarlos y que ustedes salgan siempre más grandes y preparados que yo.*

## TABLA DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>JUSTIFICACIÓN</b>	<b>2</b>
<b>OBJETIVO</b>	<b>2</b>
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>3</b>
<b>HIPÓTESIS</b>	<b>3</b>
<b>METODOLOGÍA</b>	<b>4</b>
<b>CAPÍTULO I. ANTECEDENTES DE LA AGRICULTURA PROTEGIDA EN MÉXICO</b>	<b>6</b>
1.1. Aportación de los mexicanos a la agricultura protegida	6
1.2. Desarrollo histórico de los invernaderos en el mundo	8
1.3. Impacto del siglo XXI	10
1.4. Concepto y dimensión de la agricultura protegida	13
<b>CAPÍTULO II. MANEJO TÉCNICO DE LOS INVERNADEROS</b>	<b>15</b>
2.1. Tipos de agricultura protegida	15
2.1.1. Invernadero	15
2.1.1.1. Cubiertas de invernadero a base de material plástico	17
2.1.1.2. Propiedades mecánicas y ópticas	18
2.1.2. Malla sombra	19
2.1.3. Macrotúnel	21
2.1.4. Microtúnel, túnel bajo o Mini invernadero	23
2.2. Diferencia entre invernadero y túneles	25
2.3. Ventajas y desventajas	26
<b>CAPÍTULO III. MANEJO AGROCLIMÁTICO EN LA AGRICULTURA PROTEGIDA</b>	<b>28</b>
3.1. Factores a considerar y su influencia en el establecimiento y desarrollo de cultivo	28
3.1.1. La temperatura	29
3.1.2. La luz	31
3.1.3. Humedad relativa	33
3.1.4. Bióxido de carbono	34
<b>CAPÍTULO IV. MANEJO DE CULTIVO EN LA AGRICULTURA PROTEGIDA</b>	<b>36</b>
4.1. Labores culturales y de control fitosanitario	36
4.2. Cultivos en suelos	36
4.3. Cultivo en sustrato	39
4.4. Cultivo en sistema hidropónico	41
4.5. El cultivo en un medio gaseoso	41
4.6. Manejo de poscosecha y cosecha	41
4.6.1. Limpieza y desinfección del producto	42
4.6.2. Empaque, embalaje y transporte	42

<b>CAPÍTULO V. EL APOYO INSTITUCIONAL COMO ELEMENTO EN EL DESARROLLO DE LA AGRICULTURA PROTEGIDA</b> -----	<b>43</b>
5.1. Los costos en la agricultura protegida -----	43
5.2. Programa a nivel federal -----	44
5.3. Dependencias que promueven el desarrollo de la Agricultura Protegida en México -----	45
5.4. Complementariedad de la intervención del estado en el desarrollo de Agr. Protegida ----	46
<b>CAPÍTULO VI. DESAFÍO DE LA AGRICULTURA PROTEGIDA EN MÉXICO</b> -----	<b>48</b>
6.1. Problemática empresarial en la agricultura protegida -----	48
6.2. Ejemplo de productores de vanguardia en agricultura protegida-----	51
6.3. Tendencia de la agricultura protegida-----	53
<b>CAPÍTULO VII ANÁLISIS DE LA AGRICULTURA PROT. POR REGIONES EN MÉXICO</b> -----	<b>55</b>
7.1. Comparativo en rendimientos de tomate bajo los diversos sistemas de producción -----	55
7.2. La agricultura protegida en México: 1970-2017 -----	57
7.3. Principales productos agrícolas de mayor producción en agricultura protegida -----	61
7.4. Los tres principales productos en producción y exportación -----	62
7.5. Membresía AMHPAC y superficie protegida -----	64
7.6. Principales modalidades de agricultura protegida: malla sombra e invernaderos -----	65
7.7. Clasificación de las tecnologías por zonas -----	66
7.8. Empleos generados por la membresía AMHPAC -----	68
7.9. Principales cultivos bajo sistema protegido AMHPAC 2017–2018-----	69
7.10. Producción estimada AMHPAC 2018 -----	70
7.11. Exportación de producción bajo en sistema protegido -----	71
<b>CONCLUSIÓN</b> -----	<b>76</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> -----	<b>78</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> -----	<b>79</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Aditivos especiales.....	19
Cuadro 2. Elementos básicos para el desarrollo intensivo de la planta en suelo .....	37
Cuadro 3. Los diferentes tipos de podas en agricultura protegida.....	40
Cuadro 4. Cadena de frio del producto predestino al mercado .....	42
Cuadro 5. Programas que brindan apoyos económicos para el sector agropecuario...47	
Cuadro 6. Los principales problemas presentes en la administración de un área productiva bajo condiciones protegida .....	50
Cuadro 7. 25 Productores de agricultura protegida en vanguardista en México.....	52
Cuadro 8. Rendimiento por sistema productivo con jitomate o tomate rojo .....	55
Cuadro 9. Tipos de Agr. protegida y superficie que ocuparon en México. Año 1995....	56
Cuadro 10. Principales estados en México con mayor superficie prot. 2013 vs 2015 ..	58
Cuadro 11. Socios de la AMHPAC por regiones y tipo de tecnologías (febrero 2019) .	68
Cuadro 12. Principales indicadores de la A. P. por región de la AMHPAC. Feb. 2019.	73

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplos de las estructuras rusticas aun practicadas en regiones de México	7
Figura 2. Palacio de cristal de la Exposición Universal de 1851 en Inglaterra.....	9
Figura 3. Pasado y presente del campo de Dalías, en Almería, España.....	12
Figura 4. Invernadero con cubierta plástico, Jala, Nayarit.....	18
Figura 5. Estructuras de Mallas agrícolas en Nayarit y Sinaloa.....	21
Figura 6. Macrotúnel con producción de fresas Zamora Michoacán .....	22
Figura 7. Macrotúnel para producción (plántula de hortalizas de Ahuacatlán Nayarit)..	24
Figura 8. Cantidad de luz recibidas por un invernadero con relación a la orientación y forma de la cubierta .....	32
Figura 9. Variación diaria del CO2 dentro de un invernadero.....	34
Figura 10. Superficie sembrada en sistemas de protección en los cultivos de México .	59
Figura 11. Superficie protegida reportada en México 2017 .....	60
Figura 12. Producción de hortalizas protegidas en México 2017 .....	61
Figura 13. Volumen-Exportaciones de las tres principales hortalizas mexicanas 2003-2017 .....	63
Figura 14. Superficie protegida por la membresía AMHPAC .....	65
Figura 15. Superficie protegida más predominante por AMHPAC.....	66
Figura 16. Distribución de estados por zonas agroclimatológicas .....	67
Figura 17. Gráfica de empleo generado por la membresía AMHPAC .....	69
Figura 18. Distribución de la producción AMHPAC 2017–2018 .....	70
Figura 19. Producción estimada AMHPAC 2018.....	70
Figura 20. Destino de la producción. 2015–2016.....	71

# INTRODUCCIÓN

La agricultura protegida es un sistema de producción que se realiza bajo condiciones en las que el agricultor controla algunos de los factores del medio ambiente, con lo cual minimiza el impacto que los cambios de clima ocasionan a los cultivos, estas instalaciones pueden ser muy diversas, ya que deben considerar la mayor o menor capacidad de control ambiental.

La clasificación puede ser la siguiente: Macrotúnel, Microtúnel, Malla Sombra e Invernadero, bajo este sistema especializada los productores logran productos de excelente calidad, en cualquier época del año, sin daños por factores climáticos y mucho menos por plagas y enfermedades.

Es una técnica que en los últimos años ha tenido impacto en el sector con una tendencia de crecimiento excesivamente relevante por la búsqueda constante de prácticas y tecnologías para el manejo inteligente y control de recursos como agua, suelo y mano de obra, de importancia que está en proceso de escasez para maximizar la rentabilidad en la producción, así como fenómenos como lluvias intensas, granizo, vientos y bajas y altas temperaturas.

México es uno de los principales países productores y exportadores en el mundo por las condiciones agroclimáticas y la infraestructura, la disponibilidad de mano de obra especializada y por lo que es necesario consolidar acciones que partan de una estrategia de regionalización agroclimática para la Agricultura Protegida que permita definir lineamientos para el mejor manejo en las zonas agrícolas.

La importancia de la agricultura y la relación con la carrera de ingeniero agrónomo administrador, su principal factor es crear las mejores alternativas eficientes que controle los recursos y en consideración de cada uno de los factores que influyen en el desarrollo y producción de los alimentos bajo condiciones protegida.

## **JUSTIFICACIÓN**

La producción de alimentos suficientes para satisfacer la demanda de ellos, es y será uno de los principales retos que se enfrenta constantemente la sociedad, representada por el desarrollo de tecnologías tendientes a incrementar la productividad en las unidades de producción mediante el uso más eficiente de recursos productivos, siendo la agricultura protegida y en específico bajo condiciones de invernadero y malla sombra las que cumplen esta condición.

En México la agricultura protegida ha presentado un incremento considerable en inversión y espacios destinados a desarrollarla, ocupando cada vez más superficie agrícola, repercutiendo de manera significativa en el incremento de la producción de aquel grupo de cultivos que son más susceptibles y rentables de obtenerse bajo este tipo de agricultura y destinándose parte importante de su producción a la exportación.

El estudiar a la agricultura protegida y su desarrollo en México permite generar información de la importancia y aportación a la economía mexicana, en cuanto a empleo, inversión e ingreso generado tanto para las unidades de producción que la practican como para el país por la generación de divisas, así como el cuidado del medio ambiente, pero sobre todo se prevé que es el futuro del subsector agrícola, ya que la población tiene una tendencia positiva en cuanto a su crecimiento y la superficie destinada al cultivo de vegetales muestra una tendencia negativa, lo que implica que las unidades de producción cada vez se deberán hacer más eficientes, para producir más con menos.

## **OBJETIVO**

Conocer la situación, tendencias e impacto de la producción agrícola bajo las condiciones de la agricultura protegida de México en el periodo 2003 – 2017.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Conocer los antecedentes de la agricultura protegida en México y manejo de los cultivos en este tipo de agricultura.
- Identificar los principales cultivos agrícolas y estados donde se practica la agricultura protegida en México.
- Conocer las grandes regiones y su participación en la producción de agricultura protegida en México, así como el mercado destino, empleos generados y tecnología utilizada por modalidad.
- Analizar el comportamiento de los principales indicadores de agricultura protegida en las regiones productoras, superficies, rendimiento, valor, volumen de la producción del cultivo protegido y porcentaje de participación.

## **HIPÓTESIS**

La agricultura protegida ha presentado un crecimiento considerable en la superficie sembrada y producción en los últimos años cuyo principal destino es la exportación hacia los EUA, concentrándose la producción en tomate rojo, pepino y chile bell, principalmente en la región de occidente y noroeste.

Los productores identifican a la agricultura protegida como un sistema con una rentabilidad favorable y sustentable con el medio ambiente, factores que en la actualidad se ha competido en el desarrollo de los proyectos productivos agrícolas con el manejo de las variables, inocuidad alimentaria y tecnologías adecuadas que permite aumentar la producción hasta 10 veces en relación con campo abierto.

## **METODOLOGÍA**

### **Primera etapa**

Primer contacto con la información documentada a través de recaudación de datos bibliográficos y estadísticos de la agricultura protegida a partir de libros, revistas, estudios e investigaciones demostradas por universidades, así como empresas del sector pública y privada. Se buscó las informaciones más relevantes y bases de datos de las modalidades correspondiente a la producción de alimentos en condiciones protegidas, destacando las principales como son; Macrotúnel, Microtúnel, Malla sombra e Invernadero, y las tendencias que representa estos en las regiones agrícolas del país.

### **Segunda etapa**

Se identifica y recolecta información necesaria de datos estadísticos con la finalidad de evaluar y determinar tendencias de crecimiento en las principales variables de la producción de la agricultura protegida en las regiones y estados con mayor participación, así como el desarrollo de temas relacionados con los factores más relevantes que intervienen en el proceso de la producción, inversión, tecnología y/o modalidades más representativas, espacios destinados, mercados finales, empleos y la participación en la generación divisas.

### **Tercera etapa**

Se organiza la información obtenida para sus análisis e interpretación en siete capítulos, requiriéndose para el análisis de la información estadística del diseño en Excel de cuadros y figuras (gráficas), con la finalidad de identificar la situación y tendencias de datos correspondientes a variables relacionadas con la agricultura protegida en México.

#### **Cuarto etapa**

Se construye el primer borrador de la información destacadas con la finalidad de someterse a un análisis y evaluación, posteriormente a la revisión del trabajo por asesores para determinar una organización determinada y estructura fija para al último ser presentada como requisito para la obtención de título profesional como Ingeniero Agrónomo Administrador.

**Palabras claves:** agricultura protegida, producción agrícola, invernadero, malla sombra, México.

# **CAPÍTULO I.**

## **ANTECEDENTES DE LA AGRICULTURA PROTEGIDA EN MÉXICO**

El objetivo del desarrollo de este capítulo es exponer los antecedentes y la importancia que representa la agricultura protegida en México y su definición, que permitirá una mejor comprensión de los demás capítulos.

### **1.1. Aportación de los mexicanos a la agricultura protegida**

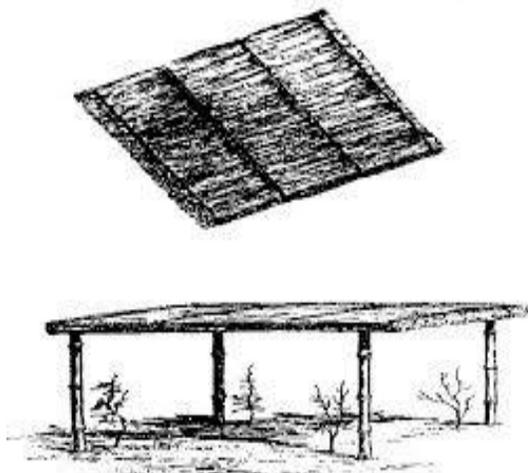
En México desde épocas antiguas se cuenta con elementos que nos orillan a pensar que se practicaba agricultura protegida, aunque de manera rudimentaria, pero ya se observan indicios de ello, entre las que podemos señalar a las Chinampas como antecédete de la Hidroponía y los Tochimales como cultivo protegido en la época prehispánica.

*Las chinampas y la hidroponía.* En el lago de Xochimilco durante el Posclásico medio (entre 1200 y 1350 d. c.) surgió la agricultura Chinampera en los lechos fangosos y poco profundos de la cuenca lacustre de Xochimilco y Chalco. Las Chinamitl, vocablo náhuatl que se traduce como “sobre setos o cerca de cañas”, se diseñaron con la finalidad de extender los terrenos agrícolas sobre el agua de los lagos para cultivar maíz, frijol, amaranto, calabazas y otras hortalizas (Salazar, 2016). Se trataba de una especie de balsa sobre el agua, con una armazón de troncos y varas, sobre la que se deposita tierra vegetal debidamente seleccionada con materia orgánica como pasto, hojarasca y otros restos vegetales, en las se plantaban sauces para que sus raíces alcanzaran el fondo anchando las chinampas donde sembraban diferentes cultivos. El agua del lago subía por capilaridad hasta la zona radical de donde era tomada por las raíces de los cultivos. El sistema de producción agrícola chinampero se plantea como

uno de los varios antecedentes que tuvieron los sistemas hidropónicos, mismos que hoy son parte integrante de la agricultura protegida.

*Tochimales*, estructuras prehispánicas de protección de cultivos. Además, en el mismo Xochimilco se desarrollaron estructuras de protección de cultivos conocidos como *tochimales*, así lo describe Santamaría (1912), citado por Rojas (1983), quien señala que era una práctica con antecedentes muy antiguos, para el cultivo de jitomate, donde en los “Cuidados de conservación en la almáciga, señala en el mes de octubre, en que tiene lugar este primer trasplante, ya se comienzan a sentir las primeras heladas. Para precaver el plantío de sus efectos desastrosos, hacen unas tapas de carrizo y tules, o bien de césped, que tienen 80 centímetros por lado y 10 de espesor, son conocidas por los indios con el nombre de *tochimales*, y sirven para tapar las plantitas durante la noche, necesitándose una tapa para cada cuatro matas. Con cuatro pequeños trozos de carrizo, colocados uno al lado de cada plantita, se sostiene la tapa. Cuando temen que la helada sea muy fuerte, suprimen los carrizos acostando la planta sobre el suelo y colocando encima las tapas”. (Figura 1).

**Figura 1:** Ejemplos de las estructuras rusticas aun practicadas en algunas regiones de México



Tochimal para proteger cultivos empleada en Xochimilco.



Cultivo de orquídeas bajo un techo de palma. Lagos de Monte Bello, Chiapas.

Fuente: Fotografía tomada por Rojas 1983 en Bastida, A. 2017. Evolución y Situación Actual de la Agricultura Protegida en México. México.

En la actualidad, en algunas comunidades campesinas, todavía se encuentran ejemplos de estructuras rústicas utilizadas para proteger cultivos, por ejemplo, sombradores para el cultivo de orquídeas, helechos, plántula de café y otras especies, incluyendo plántula forestal. Para ello se construyen estructuras con postes de madera y las techan con hojas de palma, hojas de helechos o ramas de árboles.<sup>1</sup>

## **1.2. Desarrollo histórico de los invernaderos en el mundo**

Algunas referencias señalan que hace más de 3500 años en el antiguo Egipto se construían especie de invernaderos o estructuras para proteger plantas cultivadas cuando las condiciones ambientales exteriores eran adversas a su desarrollo. Mientras que otras fuentes apuntan que los romanos, durante el primer siglo de la era actual, cultivaban pepinos bajo placas de mica o “piedras transparentes”, cuyos frutos el emperador Tiberio consumía diariamente por prescripción médica. En este caso el cultivo se hacía en macetas montadas sobre plataformas con ruedas para transportarse fácilmente al sol y durante la noche o en los días invernales se protegían en sus abrigos transparentes (López, 1998; Pinske, 1998; Tesi, 2001; García y Serrano, 2005).

Los egipcios 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 lo que lo más probable es que los actuales invernaderos sean resultado de una de las tantas aplicaciones encontradas al vidrio, una vez que este se difundió en Europa, en el empleo en grandes ventanales de los palacios de reyes y monarcas, donde alguien observó que las plantas de las macetas colocadas tras esos ventanales crecían mejor que otras que no tenían las mismas condiciones de iluminación por estar más lejos de los ventanales (Jensen, 1997; Pinske, 1998).

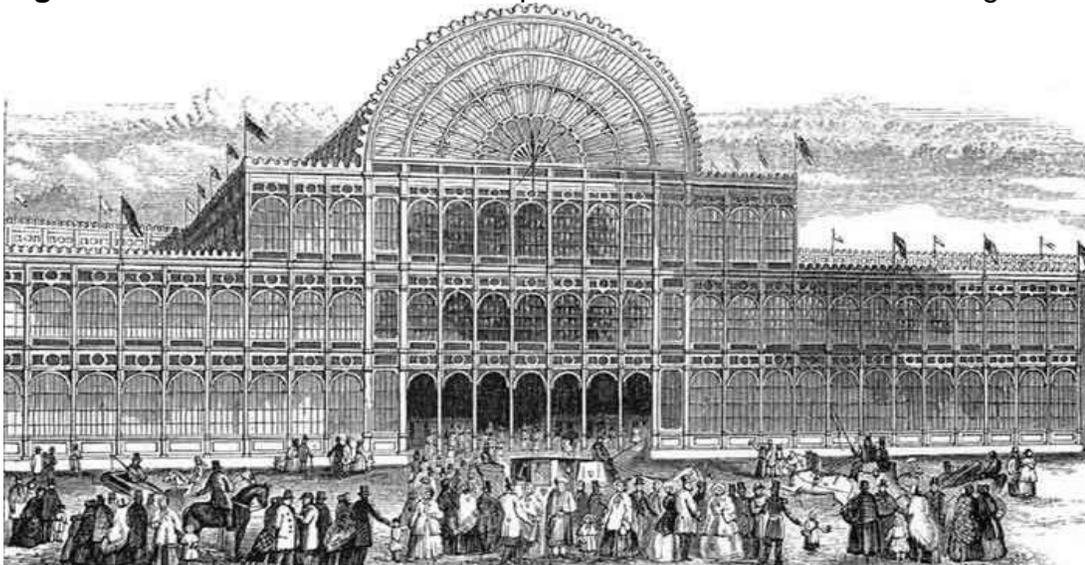
---

<sup>1</sup> Bastida Tapia Aurelio (2017). Sexto congreso internacional de investigación en ciencias básicas y agronómicas. Evolución y Situación Actual de la Agricultura Protegida en México. [http://dicea.chapingo.mx/wpcontent/uploads/2018/05/MEMORIA\\_MESA\\_3\\_2CONGRESO2017.pdf](http://dicea.chapingo.mx/wpcontent/uploads/2018/05/MEMORIA_MESA_3_2CONGRESO2017.pdf)

En el siglo XVII ya se empleaban armazones portátiles de madera cubiertos con papel transparente aceitado para calentar el ambiente donde se desarrollaban las plantas. Por la misma época en Japón se usaron esteras de paja en combinación con papel impregnado de manteca para proteger a los cultivos de ambientes naturales severos. En ese mismo siglo, en Francia e Inglaterra, algunos invernaderos fueron calentados con estiércol y cubiertos con piezas de vidrio (Jensen, 1997).

El primer invernadero con cubierta de vidrio, se construyó en el año 1700 y sólo usó vidrio en uno de los costados a modo de techo inclinado, mientras que los primeros techos de cristal hicieron su aparición en Inglaterra en 1717 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).

**Figura 2:** Palacio de Cristal de la Exposición Universal de 1851 en Inglaterra



Fuentes: <https://www.pinterest.es/pin/193443746478435525/?lp=true>

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. Así, 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).

Al respecto, Tesi, (2001), escribe. "Con anterioridad a 1940 este tipo de protecciones se les concebía como una verdadera y adecuada protección de cristal". Así mismo el uso más común de los primeros invernaderos comerciales fue el cultivo de plantas ornamentales, posteriormente, en las décadas de 1920 a 1940, se establecen las bases de producción hidropónica bajo invernadero. Sin embargo, la producción masiva de alimentos bajo invernaderos 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 plásticultura, 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).

### **1.3. Impacto del siglo XXI**

Actualmente en el siglo XXI la agricultura representa un sector de mayor importancia para la existencia de la humanidad, y han creado nuevos conceptos que engloban y contribuyen a revolucionar la actividad, como son según Batida

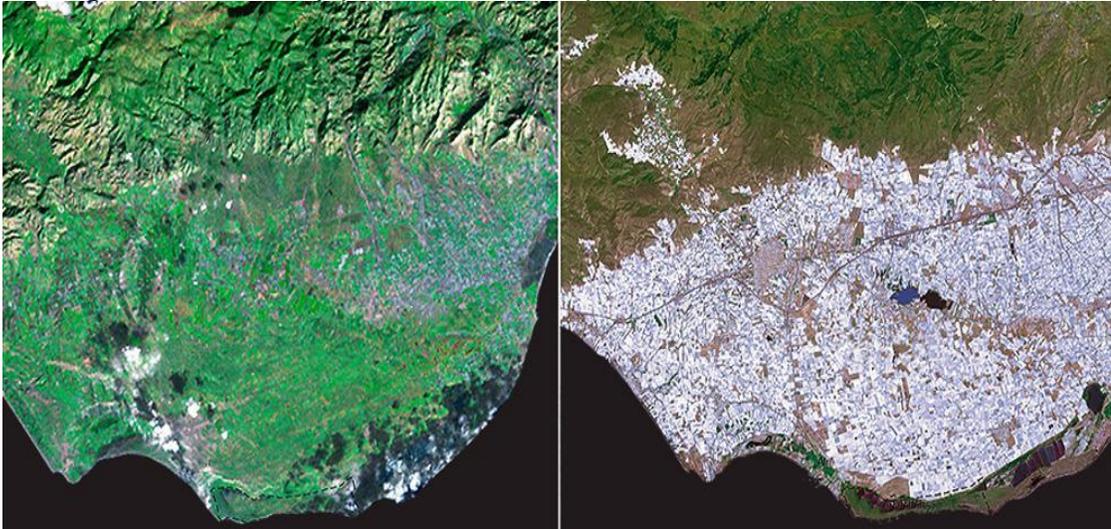
(2013) agricultura protegida, cultivos protegidos, agricultura intensiva, agricultura de precisión, invernaderos, casas sombras, plásticultura, cultivo de tejidos, semillas artificiales, ingeniería genética, riego localizado, hidroponía, fertirrigación, acolchados, sustratos, agricultura orgánica, labranza de conservación, implante de embriones, inocuidad alimentaria, entre otros, que son de uso frecuente en el medio agronómico para hacer referencia a las nuevas tecnologías que están impulsando el desarrollo agrícola mundial y nacional.

Los cambios que se presentan a nivel global, ha creado un ambiente de altos riesgos para la producción de alimentos a cielo abierto. Actualmente la agricultura se practica en una amplia variedad de ambientes modificados conocidos como agroecosistemas, con diferentes niveles de evolución. Se destaca infinidad de estructuras utilizadas para crear condiciones favorables, automatizadas con cultivos en sistemas hidropónicos o sustratos inertes y control ambiental, representa el sector tecnológico más elevados de los sistemas artificiales creados para desarrollar una agricultura más intensivas. Mismos cambios experimentados durante el desarrollo y evolución de los sistemas agrícolas han contribuido a satisfacer una creciente demanda de alimentos que se requiere para el desarrollo de la sociedad, pero también han implicado alteraciones drásticas del entorno, algunas de graves consecuencias.

Los deterioros ambientales se presentan y la forma más consiente de minimizar los efectos negativos de la agricultura sobre el medio natural es intensificar la producción agrícola por unidad de superficie, aumentando la productividad sustentable a través de tecnologías modernas compatibles con el entorno, implicando que agricultores estén mejor preparados en conocimientos e infraestructura para una agricultura más eficiente y menos contaminante, contribuyendo los invernaderos y las nuevas tecnologías agrícolas a minimizar el impacto ambiental, situación que exige una mayor capacitación de los productores (Calvo, 1995).

El caso de Almería en España se ha constituido en un caso emblemático a nivel mundial, como una región ejemplo del desarrollo alcanzado por la agricultura bajo invernaderos, situación que se trata de reproducir en muchas partes del mundo. Esa zona hace 40 años era una de las regiones más pobres de Europa debido a problemas ambientales como elevadas temperaturas, alta insolación, vientos extremadamente fuertes, mala calidad de los suelos, escasez de lluvias y ausencia de aguas superficiales. Condiciones que hacían prácticamente imposibles las actividades agrícolas. Hoy nos deja una gran enseñanza ya que se ha convertido en uno de los sistemas más rentables, productivos y eficientes de la agricultura europea, sobre todo mediante el empleo de los invernaderos (Junta de Andalucía, s/f; Sánchez y et al, 2001).

**Figura 3:** Pasado y presente del campo de Dalías, en Almería, España



Fuente: imagen disponible en Gonzáles Pablo, 2018. [www.google.com/.../...](http://www.google.com/.../)

A finales del siglo pasado la superficie cubierta por invernaderos en Almería era de más de 25 mil hectáreas y representaba alrededor del 50% del total de este tipo de superficie de España (Valera, et al, 1999). (Figura 3).

En México, muchos de sus estados cuentan con regiones favorables y sostenibles para el desarrollo de proyectos de invernaderos como las que están presentes en Almería, España, el desarrollo de proyectos de invernadero en estas regiones del país ha ocasionado que la producción agrícola bajo estas

condiciones incremente, provocando a la vez un incremento en la superficie destinada al desarrollo de este tipo de agricultura, que de acuerdo a estadísticas de SIAP-SAGARPA, en el año 2003 se sembraron 132 hectáreas bajo agricultura protegida aumentando esta superficie a 42,515 ha en el año de 2017, significando un incremento promedio por año de 3000 durante 14 años.

#### **1.4. Concepto y dimensión de la agricultura protegida**

El concepto Agricultura Protegida hace referencia una amplia variedad de técnicas, estrategias y estructuras que se utiliza para crear un sistema de cultivos de alimentos en condiciones controladas, mismas que van desde una simple bolsa que se coloca en los racimos de los plátanos para protegerlos durante su desarrollo, hasta invernadero e infraestructuras tecnificadas en los cuales se tiene control completo de los factores ambientales, con la finalidad de protegerlos de los fenómenos climatológicos adversos a su desarrollo para aumentar los rendimientos y la productividad. (Bastida, 2013)

En la producción agrícola en las últimas décadas se han desarrollado varios tipos de estructuras y técnicas, siendo la más común invernaderos para el cultivo de diversos vegetales, viveros tanto ornamentales como forestales donde se producen y multiplican gran variedad de especies vegetales, además de sistemas de producción en los que se hace uso de la hidroponía, los acolchados y la fertirrigación, mismas que plantean diferentes alternativas para recrear condiciones ambientales favorables de acuerdo al requerimiento climático de cada especie y en concordancia con los factores climáticos de cada región, destacando también la importancia del factor capital.

Entre los principales factores ambientales que impiden la expresión del potencial genético de los cultivos que se siembra bajo condiciones de campo abierto están; la baja fertilidad de los suelos, las enfermedades, las plagas, la competencia con otras plantas, condiciones climáticas poco favorables; entre ellas falta de agua y

bajas o altas temperaturas, así como métodos y técnicas poco apropiadas para su cultivo, dando como resultado bajos rendimientos.<sup>2</sup> En lo correspondiente a agricultura protegida, entre sus ventajas esta que permite el desarrollo de cultivos agrícolas fuera de su ciclo natural y en menor tiempo, se controla con éxito plagas y enfermedades, se obtiene mejores rendimientos en menor espacio productos sanos y con mejor precio en los mercados, trayendo como consecuencia un mejor ingreso para los productores (FAO-SAGARPA, 2007).

---

<sup>2</sup> Bastida Tapia Aurelio (2013). Los invernaderos y la agricultura protegida en México. Universidad Autónoma. Chapingo. Chapingo, México, <https://docplayer.es/25234472-Presentacion-aurelio-bastida-tapia.html>

## **CAPÍTULO II.**

### **MANEJO TÉCNICO DE LOS INVERNADEROS**

El objetivo del desarrollo de este capítulo es el de exponer aspectos relacionados con la agricultura protegida y en particular lo correspondientes a la producción agrícola en invernadero, así como las modalidades, zonas o regiones y climas.

#### **2.1. Tipos de agricultura protegida**

##### **2.1.1. Invernadero**

Un invernadero es una construcción cuya cubierta o techo es de un material que deja pasar la luz solar, facilitando la acumulación de calor durante el día y desprendiéndolo lentamente durante la noche, cuando las temperaturas descienden drásticamente. De esta manera se evitan las pérdidas de los cultivos ocasionadas por las heladas, así como por las bajas temperaturas.<sup>3</sup>

De acuerdo a la Norma Mexicana para el diseño de estructuras para invernaderos (NMX-E-255-CNCP-2008), (FAO:08/07/2008), especifica el proceso a seguir para el diseño de los invernaderos, así como los principios generales, requisitos de resistencia mecánica, estabilidad, estado de servicio y durabilidad para el proyecto y la construcción de estructuras de invernaderos comerciales con cubiertas de películas plásticas, incluyendo las cimentaciones, para la producción de plantas y cultivos. Estos deben ser económicos, ligeros, resistentes y esbeltos, que formen estructuras poco voluminosas a fin de evitar sombras sobre las plantas, ser de fácil mantenimiento y conservación, modificables y adaptables.

---

<sup>3</sup> Einstein H. Tejada Vélez y Estrada Paredes Juan José (2012), Primera Guía para la construcción de Invernaderos o Fitotoldos. DIPECHO BINACIONAL, PERU - BOLIVIA VII PLAN DE ACCIÓN, Coordinación Nacional UCER FAO Bolivia. <http://www.fao.org/3/a-as968s.pdf>

Para la adquisición de los materiales los productores y constructores deben fijar que se cumplan las especificaciones de fabricación mencionadas.<sup>4</sup>

Los invernaderos son estructuras construidas con diversos materiales, cuya altura es mayor de dos metros en la parte útil, con anchos mayores de seis metros y largos variables. Uniendo varias naves o módulos se obtienen grandes dimensiones de superficies cubiertas, conocidas como invernaderos en batería. Por su tamaño, permiten que todas las labores y prácticas que requieren los cultivos se realicen en el interior de las instalaciones. (Steta, 2003; Bastida 2004).

El invernadero tiene como objetivo proteger los cultivos de factores y elementos adversos a su desarrollo; como son altas y bajas temperaturas, granizadas, sequías, humedad, vientos, lluvias torrenciales, cantidad y calidad de energía luminosa. Estos factores y elementos pueden ser modificados y controlados eficientemente mediante el diseño, equipamiento y manejo apropiado de cada invernadero, así como; el control de luminosidad, humedad ambiental y del sustrato, ventilación, aireación, aporte de CO<sub>2</sub>, riego y fertirrigación.

Considerando las condiciones climáticas locales y los requerimientos de cada especie agrícola a cultivar dentro de ellos. Con esto se ha logrado aumentar los rendimientos agrícolas a niveles superiores a los alcanzados en campo abierto mediante cualquiera de los sistemas de producción tradicional de la agricultura mecanizadas.

En relación al nivel de tecnificación de invernaderos en México, la mayoría de éstos se consideran de baja, media y alta tecnología, de acuerdo al Dr. Juárez y Dr. Castro (2011)<sup>5</sup>.

---

<sup>4</sup> Diario oficial de la federación, (2008). Secretaria de Gobernación [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5052108&fecha=08/07/2008](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5052108&fecha=08/07/2008)

<sup>5</sup> Santiago Alejo, et. al., (2011), Estructuras utilizadas en la agricultura protegida, Unidad Académica de Agricultura, Universidad Autónoma de Nayarit, Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Revista Año 3 No. 8 Julio - septiembre 2011. <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-08/4.pdf>.

- **Tecnología baja:** Es 100% dependiente del ambiente, al hacer uso de tecnologías simples similares a las utilizadas en cultivo a intemperie.
- **Tecnología media:** Corresponde a estructuras modulares o en batería que están semi-climatizadas, con riegos programados, y pueden ser en suelo o hidroponía. Por lo general la productividad y calidad es mayor que en el nivel anterior.
- **Tecnología alta:** En este nivel se incluyen instalaciones que cuentan con control climático automatizado (mayor independencia del clima externo), riegos, computarizados y de precisión, inyecciones de CO<sub>2</sub>, para ello cuentan con sensores y dispositivos que operan los sistemas de riego y ventilación, pantallas térmicas para el control de la iluminación y cultivo en sustratos.

En cuanto a tamaño, tecnología y equipamiento de los invernaderos en México, se encuentran de todos los niveles y tamaños, desde pequeños túneles e invernaderos rústicos sin equipos de apoyo, hasta modernos complejos agroindustriales completamente automatizados y computarizados, así mismo se encuentran prácticamente todos los tipos y formas de invernaderos que existe en el mundo. Además, en la construcción participan todo tipo de empresas, desde constructores locales, hasta empresas internacionales, (Steta, 2003; Bastida 2004 en Camacho P., 2015).

#### 2.1.1.1. Cubiertas de invernadero a base de material plástico

La mayoría de las cubiertas usadas para cubrir invernaderos son hechas de polietileno, el cual tiene múltiples ventajas, entre ellas: Liviano, bajo costo, flexibilidad, transparencia, fácil de manipulación y capacidad para soportar diversas condiciones climáticas.

Aunque generalmente las cubiertas de los invernaderos son de plástico con diferentes propiedades tales como plásticos térmicos, anti goteo, foto selectivos

y biodegradables, paredes con mallas o de policarbonato y elementos de sombreado aluminadas, también existen invernaderos de vidrio, lo que les confiere mayor hermeticidad. (Figura 4).

**Figura 4:** Invernadero con cubierta plástico, Jala, Nayarit



Fuente: foto tomada por García R. D. en Camacho P. (2015)

#### 2.1.1.2. Propiedades mecánicas y ópticas

Los plásticos utilizados para invernadero deben tener dos tipos de propiedades: mecánicas y ópticas. Las propiedades mecánicas se refieren a la durabilidad, a los parámetros relacionados con las dimensiones (largo, ancho, grosor, densidad) y a los aditivos de absorción de radiación ultravioleta; ésta es la más importante entre las propiedades mecánicas de un plástico, ya que le provee a la lámina durabilidad, resistencia al envejecimiento por radiación y previene su degradación. Las propiedades ópticas tienen una influencia decisiva sobre la producción, la calidad del fruto, el balance energético en el invernadero y el compartimiento de plagas y enfermedades. Se clasifican de acuerdo a la influencia sobre los diferentes campos de radiación (Macedo et al.,1995):

- **Termicidad:** El aditivo infrarrojo (IR) habilita la lámina para absorber o reflejar la radiación infrarroja en el rango de 7 a 15 micrómetro ( $\mu\text{m}$ ), reteniendo el calor que es acumulado durante el día (energía).

- **Luz visible:** (400-700) nm, máxima trasmisión de la luz que es requerida para que las plantas logren un adecuado desarrollo y óptima eficiencia fotosintética.
- **Difusión de luz:** la alta difusión de la radiación ayuda a incrementar la eficiencia desgarramiento. En épocas de alta temperatura, las láminas de plástico también pueden ser dañadas durante tormentas o tempestades (Jaramillo et al., 2007).
- **Aditivos especiales:** Ciertos aditivos sobre el plástico tienen una influencia positiva sobre las plantas debido a efectos secundarios. (Cuadro 1).

**Cuadro 1:** Aditivos especiales

Absorción Ultravioleta (UV):	Aditivos de absorción de UV o bloqueo UV reduce el daño de plagas y previenen la dispersión de enfermedades virales en plantas.
Anti-goteo:	Este aditivo previene la condensación en forma de gota sobre el plástico y, consecuentemente el goteo sobre la planta, reduciendo la incidencia de enfermedades al desarrollarse condiciones de humedad. La trasmisión de luz es también más eficiente cuando no hay condensación sobre la película plástica. fotosintética en las partes sombreadas de las plantas en el invernadero. Las cubiertas plásticas son sensibles a las condiciones climáticas.
Anti polvo	Este previene la acumulación de polvo sobre la parte superior de la película de plástico, tanto que la penetración de la luz dentro del invernadero no se reduce. Este aditivo evita el lavado del plástico para limpiar el polvo acumulado sobre la cubierta.
EVA (etileno vinilo acetato):	Mejora las propiedades mecánicas y ópticas de las películas al igual que su capacidad de retención de calor.

Fuente: Camacho P. 2015.<sup>6</sup>

### 2.1.2. Malla sombra

El uso de las mallas sombra en la producción agrícola bajo protección se basa principalmente en la necesidad de una mayor área de ventilación, lo que derivó

<sup>6</sup> Camacho Ponce José ángel, (2015). Universidad Autónoma de Baja California Sur. Tesis de Maestría. Determinación de áreas con potencial para el establecimiento de agricultura protegida en baja california sur. La Paz, Baja California Sur, México. <http://biblio.uabcs.mx/tesis/te3443.pdf>

en la sustitución de la cubierta plástica por una cubierta porosa. Esto supone una mayor área de intercambio gaseoso y con ello, reducción de los gradientes de temperatura, y un nivel conveniente de dióxido de carbono (Anaya, 1993).

La estructura permite protección a los cultivos durante condiciones de estrés de lo contrario contrae disminución de rendimiento. Reduce entre 10 a 95% del total de radiación solar, el sombreado permite que las plantas crezcan en mejores condiciones, ofrecen protección contra insectos, aves, roedores, los efectos del viento, arena, granizo y heladas de baja intensidad. Reduce el consumo de pesticidas, aumentando la probabilidad de 23 mayores rendimientos y mejor calidad (Matallana y Montero, 2001). Brindan protección contra rayos ultravioleta, propician temperatura más baja, las mallas de 10x20 (50 mesh) presentan aberturas tan pequeñas que impiden el paso de los insectos (Figura 5-A).

Generalmente las estructuras sobre las que se colocan las mallas sombra son metálicas, pero también pueden ser construidas con madera. Las mallas de color negro son los más comunes y en menor medida las de color rojo y azul, Los materiales más utilizadas para la fabricación de mallas sombras son el polietileno y polipropileno, también se empieza a utilizar el poliéster, de acuerdo a las demandas de los cultivos y las regiones implementadas. Una malla sombra ideal debería ser un filtro selectivo que detuviera esa radiación sin afectar la parte visibles o útil para la fotosíntesis. (Santiago et. Al 2011).

Una característica común en las cubiertas para invernadero, es que son de poco peso, ventaja por la facilidad de manipulación, transporte y menores exigencias de estructura de soporte. Los polímeros más utilizados para esta aplicación son PEBD y PELBD, copolímeros de etileno y monómeros polares, como acetato de vinilo (EVA), policloruro de vinilo (PVC) plastificado (López y Losada, 2006).

Las mallas sombras son utilizadas en los invernaderos para disminuir la luminosidad colocadas por encima de la cubierta de plástico con el propósito de

proporcionar sombra y disminuir la cantidad de energía luminosa que penetra al interior, (Figura 5-B) los cuales son colocadas de 30 a 40 cm encima del plástico y cuando son por de debajo de la cubierta de plástico, disminuye la luminosidad, pero aumenta la temperatura interna del invernadero por que la energía retenida son transformada en calor. (Santiago et. Al 2011).

**Figura 5:** Estructuras de Mallas agrícolas en Nayarit y Sinaloa



**A.** Casa sombra con producción de plantas ornamentales en Compostela, Nayarit  
Fuente: SADER Nayarit



**B.** Cubierta plástica y malla sombra en la parte superior en Culiacán, Sinaloa  
Fuete: Foto tomada por el Dr. Porfirio Juárez López.

### 2.1.3. Macrotúnel

Son estructuras que no tienen las características apropiadas en ancho y altura al canal para ser consideradas invernaderos, pero ya permiten que las labores se realicen en el interior. Tienen de 4 a 5 m de ancho y 2 a 3 m de altura en la parte más elevada, con longitudes variables que para facilitar su manejo se recomienda no sean mayores a 60 m, aunque en México existen algunos de hasta 100 m de largo. (Santiago et. Al 2011).

Además, el macrotúnel permite diversificar la producción de cultivos, cuando el cultivo principal está fuera de temporada. Robert Hochmuth, de la Universidad de Florida, ofrece como ejemplo que cuando la producción de pimientos está fuera de temporada, los productores utilizan su área de producción para la producción

de hortalizas de hoja. De acuerdo a Gene Giacomelli, de la Universidad de Arizona, un Macrotúnel típicamente es de 60 m<sup>2</sup>, (3 metros de ancho por 20 metros de largo).

Este tipo de estructuras son ideales para semilleros o almácigos de especies hortícolas y ornamentales, como abrigo en la propagación vegetativa de especies de interés comercial y para la producción de hortalizas y plantas ornamentales. Tienen como ventaja su fácil construcción y como principal desventaja, con respecto a los invernaderos es que retienen menos calor en la noche, debido a su poco volumen, otra desventaja es su elevada temperatura durante el día por carecer de ventilación natural. (Rodríguez y Posas, 2014). (figura 6).

**Figura 6:** Macrotúnel con producción de fresas Zamora, Michoacán



Fuente: Perales Mendoza, 2014. Zamora, Michoacán.

El macrotúnel tiene ventajas como mantener más alta la temperatura nocturna ya que el volumen de aire calentado durante el día es mayor. Por lo general, en la construcción de estos tipos de estructuras se emplean perfiles tubulares,

redondos, cuadrados o recomendables para aficionados y personas que se inician en el manejo de cultivos bajo cubiertas.<sup>7</sup>

#### 2.1.4. Microtúnel, túnel bajo o Mini invernadero

Son estructuras cansillas, fácil de instalación y económicamente accesibles que soporta la malla o pantalla que provee protección temporal al cultivo. Protegen los cultivos en sus primeras etapas, contra los agentes climáticos, plagas y enfermedades. Son estructuras de soporte pequeños sobre los que se colocan cubiertas de plásticos, se pueden utilizar arcos hechos de varillas, alambrión o cable de acero cuya duración es de varios años y resulta fácilmente amortizable, otro material que se puede ser utilizado son mimbre, bambú, caña, madera de cualquier tipo como materiales existentes en la región, sin olvidar, que debido a las características generalmente estos se utilizan por 1 o 2 ciclos agrícolas, por lo que continuamente se tiene que invertir por este concepto. (Bastida Tapia A, J.A. Ramírez Arias. 2008)

Las prácticas culturales se efectúan desde el exterior. Cuando los túneles son semicirculares se utilizan arcos para formar la estructura, éstos son de 2 m de longitud. Al enterrar los extremos 20-25 cm., queda una altura de 45-50 cm. Si los arcos son de alambrión de 6.3 mm de espesor, cada arco pesa 525 g, aproximadamente. En túneles triangulares se utilizan estacas de madera y alambre calibre 14 para formar la estructura triangular. Las estacas son de 80 a 100 cm de longitud y se hacen de fajillas de madera de 1 y 2 pulgadas, que al enterrarse de 20 a 30 cm. las estacas, queda un túnel de una altura de 50 a 70 cm. El alambre calibre 14 tiene un peso aproximado de 25 g por metro lineal. (Rodríguez e Ibarra, 1991).

---

<sup>7</sup> Iván Rodríguez, Francisco Posas. 2014. AGRICULTURA PROTEGIDA. Innovación tecnológica.pym rural..[http://www.agronegocioshonduras.org/wpcontent/uploads/2014/06/agricultura\\_protegida.pdf](http://www.agronegocioshonduras.org/wpcontent/uploads/2014/06/agricultura_protegida.pdf).tegucigalpahondura.

En México, se le conoce como micro túneles ya que es la forma que más frecuentemente adoptan; sin embargo, algunos son de forma triangular. La función de los túneles es minimizar los efectos perjudiciales de las bajas temperaturas, sin recurrir a estructuras costosas. (Rodríguez e Ibarra, 1991). Por sus reducidas dimensiones no es posible que las personas trabajen en su interior por lo que las labores se realizan desde el exterior de las mismas. (Figura 7).

Las dimensiones óptimas dependen de la especie a cultivar, garantizando que la altura del túnel permita un desarrollo normal, por ejemplo, para fresa, rábano, lechuga y zanahoria requieren de 30 a 40 cm mientras que, para jitomate de crecimiento determinado, pimiento y berenjena necesitan de 80 a 90 cm de altura. En cuanto al ancho del mini invernadero debe procurarse que las plantas queden al menos a 20 cm separadas de las paredes laterales. (Juárez y Castro, 2011).

**Figura 7:** Macrotúnel para producción de plántula de hortalizas de Ahuacatlán Nayarit



Fuente: Imagen SEDER, Nayarit, (2013).

## 2.2. Diferencia entre invernadero y túneles

No existe una línea divisoria bien definida entre un invernadero tipo túnel y un macro túnel, sin embargo, se ha optado por considerar como elemento de referencia el volumen de aire encerrado por metro cuadrado de piso cubierto. Este criterio define la capacidad global de la instalación para mantener uno de los parámetros fundamentales en su manejo, la temperatura, así cuando mayor sea el volumen de aire encerrado bajo la cubierta, mayor será la cantidad de calor acumulada durante el día, por unidad de superficie, misma que disminuirá paulatinamente durante la noche, de esta forma una estructura con un volumen mayor tiene más inercia térmica, lo cual representa una ventaja en cuanto a gastos de instalación. (Santiago et. Al 2011).

Algunas consideraciones para diferenciar túneles bajos y altos, así como invernaderos<sup>8</sup>:

- **Túnel bajo:** Estructura con una relación volumen/superficie (v/s) de 1/1 a 1.7/1, es decir, de 1 m<sup>3</sup> por m<sup>2</sup> a 1.7 m<sup>3</sup> por m<sup>2</sup>. Son simples estructuras dentro de las cuales apenas se pueden realizar alguna labor mínima de cultivo.
- **Túnel alto:** Estructura con relación v/s de 1.8/1 a 3/1, en las que se puede trabajar en su interior, cuentan con posibilidades de ventilación controlada y pueden disponer del algún dispositivo de calefacción.
- **Invernaderos:** Estructuras con relación v/s superiores a 3/1.

Uno de los elementos distintivos del invernadero respecto a las demás estructuras de protección es la facilidad del desplazamiento de los trabajadores para realizar las labores dentro del invernadero, así como los medios mecánicos y la disponibilidad de manejo y control del ambiente interno, condiciones que

---

<sup>8</sup> Bastida-Tapia A, J.A. Ramírez-Arias, (2011). Los Invernaderos en México. Estructuras utilizadas en la agricultura Chapingo, México. Universidad Autónoma Chapingo. Revista Fuente Año 3 No. 8 Julio - septiembre 2011 27 ISSN 2007 – 0713 <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-08/4.pdf>

precisan de determinadas dimensiones en cuanto a altura, anchura, y por lo tanto del volumen por unidad cubierta.

### **2.3. Ventajas y desventajas**

Este tipo de empresa agrícola evita ciertas restricciones que el medio ambiente impone al desarrollo de las plantas cultivadas; sin embargo, como todo negocio, existen ventajas y desventajas que le benefician y afectan, que deben estar presente en las tomas de decisiones, tales como:<sup>9</sup>

#### **Ventajas:**

- Cultivos intensos y constantes: Se logra el desarrollo de cultivos durante todo el año y se intensifica la producción agrícola.
- Abasto, disponibilidad y calidad de productos: Es posible obtener productos que no necesariamente obedezcan a una temporada específica, con una mejor calidad que otros que se obtienen sin esta técnica.
- Menor riesgo de la producción y mejor uso del agua: Las estructuras que protegen a los cultivos permiten un desarrollo más óptimo; además, los sistemas de riego en dichas estructuras logran eficientar el uso del líquido vital.

#### **Desventajas:**

- Altos costos: La estructura que requiere la agricultura protegida necesita de una inversión alta por parte de los productores. Además, la inversión también incrementa por los gastos de operación y la compra de algunos insumos necesarios para desarrollar esta actividad agrícola.

---

<sup>9</sup> SIAP, 2017. Sitio: <https://www.gob.mx/siap/articulos/agricultura-protegida-el-valor-de-la-produccion-bajo-esta-tecnica-crecio-47-9-en-2016?idiom=es>

- Capacitación especializada: Es necesaria la capacitación operativa y empresarial para esta actividad, ya que se requiere que desde los técnicos que cuidan los cultivos hasta los profesionales que los comercializan conozcan estrategias adecuadas para que el negocio prospere.
- Mantenimiento: Para garantizar la operatividad de la agricultura protegida, se debe contemplar el mantenimiento en óptimas condiciones de las estructuras que componen esta técnica, lo que suma inversiones importantes para dar continuidad al desarrollo de los cultivos.

Al respecto de la agricultura protegida, el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) informa que en 2016, de los tres ciclos productivos, el primavera-verano (PV) aportó 42.7% del valor de la producción de agricultura protegida, el otoño-invierno (OI) 40.8% y perennes (Pnn) 16.5% restante.

Los cultivos más importantes en el OI fueron tomate rojo, fresa y pepino, contribuyendo con 82.2% del valor; mientras que, para el PV, el tomate rojo y el chile sumaron 85.5%. Para el caso de los Pnn, 83.7% lo aportaron entre la frambuesa, la rosa y el arándano. (SIAP, 2017).

## **CAPÍTULO III.**

# **MANEJO AGROCLIMÁTICO EN LA AGRICULTURA PROTEGIDA**

El desarrollo de este capítulo es el de destacar el manejo climático como uno de los elementos principales en la de la agricultura protegida como son temperatura, luz, humedad y bióxido de carbono.

### **3.1. Factores a considerar y su influencia en el establecimiento y desarrollo de cultivo protegido**

El ambiente está constituido por factores y elementos físicos, químicos y biológicos, o factores bióticos y abióticos, estrechamente interrelacionados entre sí, a los que se les conoce como los elementos y factores naturales. Los conocimientos de causa son elementos fundamentales para el manejo de dichas instalaciones y el éxito de las empresas en cultivo protegido.

Se recomienda realizar estudios detallados de las condiciones climatológicas predominantes en la región y de acuerdo a las necesidades ambientales de los cultivos a establecer en el interior de ellas y el manejo a implementar, asimismo instalar las estructuras apropiadas para cada condición climática. Son las que determina el tipo de infraestructuras, el diseño y la orientación. Los principales factores que intervienen en el desarrollo de los cultivos son; la temperatura, la luminosidad, la humedad ambiental y el contenido de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

El ambiente, para el desarrollo de los cultivos protegidos, está constituido por todos los factores y elementos climáticos; la energía luminosa o radiación solar, la temperatura, la humedad ambiental, los vientos, la lluvia, los gases atmosféricos, el medio de crecimiento de las raíces; conformado por suelos naturales, los sustratos naturales o artificiales y los medios líquidos; las

interacciones entre los individuos que conforman el cultivo y el efecto que otros organismos; como animales, plagas, hongos, bacterias y virus, ocasionan sobre las plantas. Así mismo puede considerarse como parte del medio todas las modificaciones y prácticas desarrolladas por el hombre para manejar de la mejor manera posible los cultivos y el entorno donde se desarrollan (Hudson, 1967).

### 3.1.1. La temperatura

La temperatura es el parámetro de mayor importancia a controlar dentro del invernadero ya que presenta una mayor influencia sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas. Cada cultivo tiene su temperatura óptima, pero normalmente se puede hablar de un rango general para un invernadero.

Rango de temperaturas óptimas en invernadero (FAO, 2002).		
Temperatura mínima	Temperatura óptima	Temperatura máxima
12°C	17-27°C	32°C

Para un correcto manejo de la temperatura, es necesario conocer las necesidades y limitaciones de la especie cultivada. Es importante definir los siguientes conceptos (Rodríguez, 2009):

- Temperatura mínima letal: Aquella por debajo de la cual los daños producidos sobre la planta son irreversibles.
- Temperaturas máximas y mínimas biológicas: Indican respectivamente valores, por encima y por debajo de los cuales, no es posible que la planta alcance una determinada fase vegetativa, como floración, fructificación, entre otras.
- Temperatura nocturna diurna: Indican los valores aconsejados para un correcto desarrollo de la planta en cada periodo.

La temperatura es la expresión cuantitativa que indica la intensidad o cantidad de calor que tiene un cuerpo, por lo tanto, la temperatura es la medida del calor. El calor es una forma de energía resultado del estado de agitación de las moléculas o partículas de la materia. Como energía, la luz que llega al interior de los invernaderos se transforma en calor aumentando la temperatura por arriba de la que existe en el exterior, con ello se propician condiciones micro climáticas particulares, que pueden ser propicias para el desarrollo de los cultivos, siempre y cuando no excedan determinados límites. (Bastida, 2013).

De acuerdo con varios autores, unas de las radiaciones más importantes para la temperatura, dentro de un invernadero, son las infrarrojas cortas, que pasan a través de los materiales de recubrimiento y son absorbidas por las plantas, por el terreno y por los otros materiales presentes en el invernadero, aumentando la temperatura interna e irradiando calor que calienta el aire que está en contacto con dichos materiales.

La energía llega al invernadero en forma de energía de onda corta que atraviesa la cubierta transparente. Al incidir sobre el suelo y los objetos del invernadero se transforma en energía de onda larga o calor que es retenido por la cubierta del invernadero. Los materiales de recubrimiento de los invernaderos son más o menos opacos al infrarrojo largo, por lo tanto, este tipo de energía será absorbido, reflejado o transformado en calor por las paredes del invernadero. En general, cuando la absorción alcanza es del 95%, la pared del invernadero se comporta como un cuerpo negro; la energía de la atmósfera es transformada en calor por absorción por parte del recubrimiento y es emitida a su vez por irradiación; esta energía saldrá, la mitad hacia el exterior y la otra mitad se quedará en el interior. Después de estos fenómenos, se puede decir que al interior del invernadero ha pasado una cantidad muy próxima al 50% de la energía que viene de la atmósfera (Alpi y Tognoni, 1991).

Toda la radiación infrarroja o térmica actúa sobre las plantas en sentido morfogénico y fisiológico, pero lo más importante de su acción es el efecto térmico o de aumento de la temperatura, puesto que cuando un cuerpo absorbe calor experimenta un calentamiento. Fenómenos que provoca mayor consumo de agua para enfriar las células y como consecuencia se presenta una mayor transpiración, con ello introducen mayor cantidad de nutrientes a su sistema de circulación y fotosintético, (Bastida, 2013). Sin embargo, siempre se conserva la primera ley de la termodinámica, que indica que los gases calientes son más ligeros y tienden a elevarse por arriba de los gases de menor temperatura.

La temperatura dentro de los invernaderos se puede regular y controlar de diversas formas; mediante ventilas, extractores, ventiladores y muros húmedo aspersores de agua, con cubiertas opacas y mallas sombra mecanismos y estrategias que pueden emplearse para reducir la temperatura, Para aumentar la temperatura dentro de los invernaderos se recorre a una serie de calentadores y algunas prácticas de manejo como cerrar el invernadero cuando existe temperatura alta y almacenar calor, así mismo se puede aumentar la temperatura utilizando plásticos de color negro en los laterales de las estructuras.

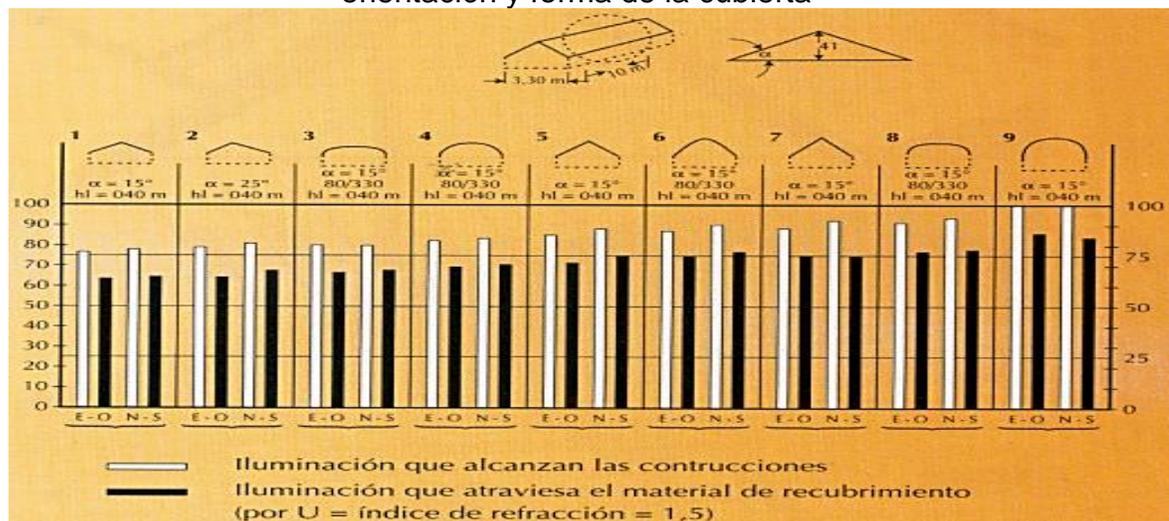
### 3.1.2. La luz

Así, la energía luminosa es fundamental en varios procesos que realizan los vegetales. Además de los procesos foto energéticos y foto químicos, que conforman la fotosíntesis, también interviene en los procesos de movimiento y formación de las plantas, los tropismos, la orientación, el alargamiento del tallo, la formación de pigmentos y la clorofila. Al transformarse de energía luminosa en energía calorífica, la luz, interviene en todos los procesos bioquímicos de los vegetales. Así la luz actúa sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas verdes, como fuente energética para la asimilación fotosintética de CO<sub>2</sub>, así como fuente primaria de calor y estímulo para la regulación del desarrollo de todos los tejidos vegetales. (Alpi y Tognoni, 1999; Elías y Castillvi, 2001).

Los materiales usados como cubiertas en los invernaderos, salvo excepciones, deben ser transparentes a las radiaciones luminosas para permitir el paso de la luz visible y el infrarrojo corto, pero refractarios al infrarrojo de onda larga. El cristal y los plásticos de los invernaderos dejan pasar los rayos de luz de poca longitud de onda, que se transforman en calor sobre el suelo de los invernaderos. El suelo caliente irradia calor de diferentes longitudes de onda larga, que los materiales de la cubierta no permiten que salga y calientan el aire del interior (Fuentes, 1996; Alpi y Tognoni, 1991).

Las condiciones de iluminación, como elemento fundamental, para un invernadero, así como la calidad y cantidad de luz son las que determinan las posibilidades biológicas y agronómicas del mismo. El productor debe tomar en cuenta la estructura, el establecimiento, los horizontes así como la duración del día en cada época del año y en función de la latitud en que se ubica su empresa, programar el manejo de la cantidad de horas luz que requiere cada cultivo, ya sea mediante iluminación artificial para aumentar horas luz o cubriendo con películas o mantas negras, mallas sombra y cubiertas de plástico de diferentes colores, para reducir horas de iluminación natural, dependiendo de las necesidades de iluminación del cultivo. (Figura 8).

**Figura 8:** Cantidad de luz recibidas por un invernadero con relación a la orientación y forma de la cubierta



Fuente: Alpi y Tognani (1999) en Bastida (2013).

La duración de la luz está relacionada con el fotoperiodo. No todas las plantas responden de la misma manera a las horas luz. Las plantas que requieren más de 12 horas de luz para florecer son de día largo, las especies vegetales que requieren de entre 10 y 12 horas de luz son las de día intermedio, las que necesitan de 8 a 10 horas de luz, son de día corto. Los cultivos neutros florecen con cualquier cantidad de horas luz. A estas últimas también se les conoce como plantas facultativas. Cabe aclarar que muchas hortalizas son de Fotoperiodo neutro debido a mejoramiento genético.

### 3.1.3. Humedad relativa

La humedad absoluta es la masa de vapor de agua por unidad de volumen o por unidad de masa de aire. La humedad relativa es la cantidad de agua contenida en el aire, en relación con la máxima que sería capaz de contener esa misma masa de aire y esa misma temperatura. Se produce una relación inversa entre temperatura y humedad, de hecho, cuanto mayor es la temperatura, mayor es la capacidad de contener vapor de agua de ese aire, y por lo tanto disminuye la humedad relativa. Por el contrario, cuando baja la temperatura del aire, éste es capaz de contener una menor cantidad de vapor de agua, con lo que aumenta la humedad relativa.<sup>10</sup>

Cuando el aire se encuentra saturado y la temperatura desciende, se producen condensaciones o agrupaciones de moléculas de agua formando gotas. Este fenómeno suele darse con mayor frecuencia en las primeras horas frías del amanecer, aunque también es posible la condensación durante la noche y a la caída de la tarde, cuando la temperatura desciende bruscamente y el invernadero está húmedo por la transpiración (Perales et al., 2003).

---

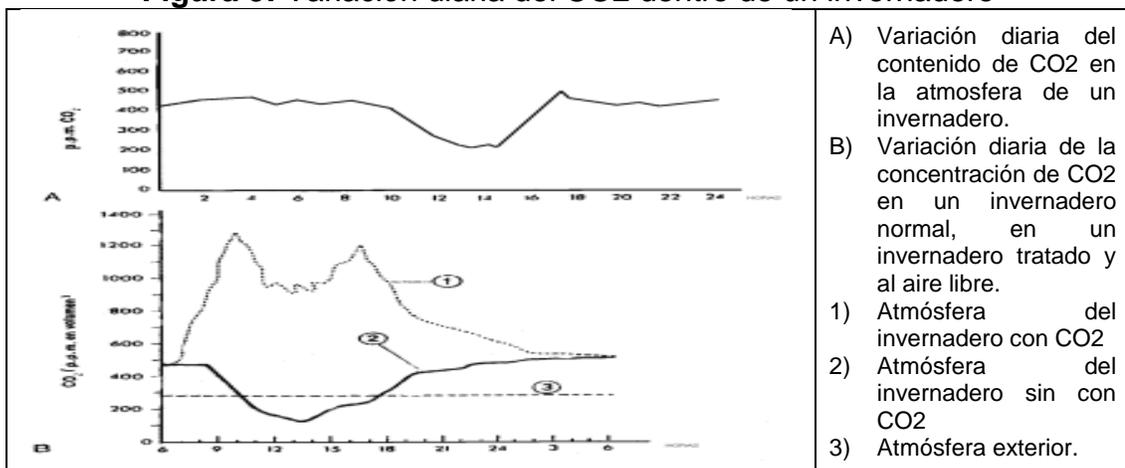
<sup>10</sup> Camacho Ponce José ángel, (2015). Universidad Autónoma de Baja California Sur. Tesis de Maestría, Determinación de áreas con potencial para el establecimiento de agricultura protegida en Baja California Sur. La Paz, Baja California Sur, México. <http://biblio.uabcs.mx/tesis/te3443.pdf>

Cuanto más húmedo esté el ambiente, menos posibilidades existen de aumentar la evaporación y la transpiración de las plantas, a no ser que aumente la temperatura del ambiente. A mayor temperatura dentro del invernadero menor humedad relativa. A menor humedad relativa mayor consumo de agua y condensación traen como consecuencia de crear condiciones favorables para el desarrollo de enfermedades fungosas en las hojas. Para evitar el goteo, actualmente ya se fabrican cubiertas de plástico con aditivos antigoteo, que hacen que el agua que se condensa en la parte superior escurra hacia los lados, donde es recolectada por canalillos colocados para ese fin. (Bastida, 2013).

### 3.1.4. Bióxido de carbono

Bernal, (1987) y Alpi y Tognoni (1991) en Bastida (2013) señalan que el CO<sub>2</sub> dentro de un invernadero durante un día varía entre 200 y 500 ppm, con un valor promedio de 300 partes por millón. Valores que en general se consideran deficitarios para la mayoría de las plantas y constituye un freno para su desarrollo, dado que investigaciones realizadas en diversos lugares consideran que la mayoría de las plantas tienen su óptimo de fotosíntesis entre los 600 y 900 ppm de CO<sub>2</sub> en el ambiente. La concentración de CO<sub>2</sub> dentro del invernadero varía mucho, así como se puede ver en la gráfica de la (Figura 9).

**Figura 9:** Variación diaria del CO<sub>2</sub> dentro de un invernadero



Fuente: Bernat et al. (1990); Alpi y Tognoni (1991) en Bastida (2013)

En la figura anterior se aprecia que, en las primeras horas de la mañana, en un día despejado, la concentración de CO<sub>2</sub> dentro de un invernadero puede ser más alta que en la atmósfera exterior, alcanzando valores por arriba de 400 ppm. En las siguientes horas al aumentar la intensidad luminosa y ocurrir la fotosíntesis se consume CO<sub>2</sub>, disminuye su concentración rápidamente hasta alcanzar niveles de 200 ppm.

Una primera medida para paliar el agotamiento de CO<sub>2</sub> es optimizar la ventilación natural del invernadero. Aún con esto, cuando la actividad fotosintética de las plantas en el invernadero es alta (dosel vegetal bien desarrollado y alta radiación), puede no alcanzarse el valor exterior. Registros continuos realizados en un invernadero dotado de ventilación pasiva durante todo el ciclo de producción, indican que la concentración de CO<sub>2</sub> más habitual, analizada por clases de frecuencia, es de 250 a 300 mmol mol<sup>-1</sup> durante el periodo de iluminación (Sánchez-Guerrero et al., 2005).

## **CAPÍTULO IV.**

# **MANEJO DE CULTIVO EN LA AGRICULTURA PROTEGIDA**

El objetivo de este capítulo es la exposición de los elementos principales del manejo del cultivo agrícola en la agricultura protegida, que incluye desde la etapa de establecimiento del cultivo hasta el manejo de post cosecha de producto agrícola obtenido.

### **4.1. Labores culturales y de control fitosanitario**

El manejo agronómico del cultivo protegido debe de ser preciso, adecuado y en el momento oportuno, para llegar a tener éxito en la comercialización, por lo que es muy importante realizar las labores culturales y de control fitosanitario en forma muy profesional y especializada.

El tipo de manejo que se le va a dar al cultivo determina la calidad de plantas y de frutos. Para esto, es necesario realizar la marcación del terreno, acomodo de ganchos, tutorados, podas, deshojado y aclareo de frutos y despunte de inflorescencia, entre otros muchos aspectos.

### **4.2. Cultivos en suelos**

Este aspecto es determinante para la producción de hortalizas en forma intensiva, ya que se requiere de elementos básicos para el desarrollo de la planta, en una unidad de producción es sistema protegido.

**Cuadro 2:** Elementos básicos para el desarrollo intensivo de la planta en suelo

Ubicación	Es conveniente construir en terreno relativamente plano con una ligera pendiente para facilitar el escurrimiento superficial de las aguas de lluvia. De esta forma, se evitará el deterioro del plástico por el almacenamiento de aguas en los canales o el techo del invernadero (Rosa et al., 1998). Barrios (2004), menciona que el terreno para ubicar la estructura debe ser: nivelado, con buen Drenaje y vías de comunicación en buen estado. Por lo tanto, el terreno sobre el cual se construye el invernadero debe estar libre de basura y piedras grandes, la superficie debe ser lisa, con una ligera pendiente de 1.5 % a 5%.
Orientación	Es variable según los cultivos y la época. La luz, los fuertes vientos y el recorrido del sol, son factores importantes para el crecimiento y desarrollo del cultivo; es recomendable que la orientación sea de suroeste a noroeste. Algunos invernaderos se encuentran orientados de este a oeste, lo que depende de la trayectoria del sol y de esta manera se puede lograr captar la mayor cantidad posible de radiación solar durante el día (Rosa et al., 1998). El viento puede ser dominado con el esfuerzo del anclaje del invernadero y con la colocación de cortaviento (cañas, mallas, setos vivos, entre otros).
Potencial de iones hidrógeno (pH) adecuado en suelos agrícolas	El rendimiento del cultivo se muestra de acuerdo al análisis que se les da los siguientes estudios, mientras se puede considerar el óptimo. El grado de acidez o de alcalinidad. El pH entre 6.0 y 7.5, mientras son resultados de múltiples factores y entre los que se destaca; Tipo de minerales presentes en un suelo. Meteorización, Humificación en sentido amplio, Dinámica de nutrientes entre la solución y los retenidos por los agregados, Propiedades de los agregados del suelo y en especial lo que se denomina intercambio catiónico.

Fuente: Camacho Ponce, 2015. <http://biblio.uabcs.mx/tesis/te3443.pdf>

**Establecimiento del cultivo.** Una vez que el productor cuente con la plántula se procede a plantar en el lugar donde se desarrollará y completará su ciclo vegetativo, por lo que se deberá realizar un trazo de campo con la densidad de siembra más adecuada; es recomendable levantar surcos de siembra con cama alta y que, al momento de la plantación, el suelo esté húmedo. (Barquero, 2001).

En el buen desarrollo de la planta en agricultura protegida depende del manejo que se le dé al cultivo, y de la cantidad y calidad de los recursos productivos utilizados, por ejemplo, de la calidad del suelo utilizado dependerá la cantidad de nutrientes que se debe de aplicar de acuerdo a las exigencias de cada cultivo en

las diferentes etapas de su desarrollo. Otros factores de importancia a considerar en cuanto al uso del suelo en la agricultura protegida son expuestos en la tabla anterior. (Cuadro 2).

**Marco de la planeación.** El marco de plantación se establece en función del porte de la planta, que a su vez dependerá de la variedad comercial elegida. Las dimensiones más frecuentemente utilizadas son las de 1.5 y 1.8 metros entre surcos y 0.40 y 0.45 metros entre plantas.

**Trasplante.** Este se realiza cuando la planta ha alcanzado una altura promedio de 15 a 20 cm y un sistema de raíces bien formado, que le permitirá la absorción adecuada de agua y nutrimentos, de esta manera se reduce la posibilidad de algún estrés que pueda interferir en su crecimiento. La plántula debe ser sacada del cepellón con cuidado para no ser dañadas las raíces, para posteriormente ser trasplantada sobre el surco, se tiene que considerar en caso de ser trasplantado en suelo, es recomendable asegurar que el suelo tenga un buen drenaje y esté libre de maleza y plagas que podrían dañar a la plántula.

**Acomodo de ganchos.** Valadez (1996) indica que la sujeción suele realizarse con hilo de polipropileno (rafia), sujeto de un extremo a la zona basal de la planta (liado, anudado o sujeto mediante anillos) y de otro a un alambre situado por encima de la planta (1.8-2.4 metros sobre el suelo). Se ocupa un mecanismo de sujeción, sistema "holandés" o de "perchas" que consiste en colocar las perchas con hilo enrollado alrededor de ellas para ir dejándolo caer conforme la planta va creciendo (sujetándola al hilo mediante clips). Dejar que la planta crezca cayendo por propia gravedad, que la planta vaya creciendo horizontalmente sobre los alambres del emparrillado.

**Tutorado.** Es una práctica imprescindible para mantener la planta erguida y evitar que las hojas y, sobre todo, los frutos toquen el suelo, mejorando así la aireación general de la planta y favoreciendo el aprovechamiento de la radiación y la

realización de las labores culturales (destallado y recolección, entre otros), las cuales repercutirán en la producción final, calidad del fruto y control de las enfermedades. Existen dos tipos de tutorado: el sistema inglés o danés (tomate) y el holandés (pepino).

**Podas.** La poda es una actividad muy importante, en general la poda de las hortalizas en los invernaderos consiste en aprovechamiento de todo el espacio interior del invernadero, la utilización máxima del volumen con una condición climática adecuada, así como la mayor precocidad de los cultivos, calidad de los frutos expresada en tamaño y uniformidad, mayor eficiencia en la aplicación de pesticidas y la facilidad de para ejecutar las practicas del cultivo. Existen diferentes tipos de podas, las cuales se describen a continuación. (Cuadro 3).

#### **4.3 Cultivo en sustrato**

El sustrato puede ser de material químicamente inerte o activo, que puede o no aportar nutrientes al complejo proceso de la nutrición de las plantas. Las principales funciones de los sustratos se pueden resumir en los siguientes aspectos; Proporcionan un medio apropiado para el desarrollo de las raíces, que constituye a la vez el soporte de las plantas, Retienen el agua y los nutrientes necesarios para las plantas y los aportan a los cultivos, Permiten la circulación del aire para propiciar el intercambio gaseoso de las raíces, Actúan como amortiguadores de las reacciones químicas y los cambios de pH. Estas también son funciones inherentes a los suelos, sin embargo, los sustratos las superan con creces. (Martínez, 1994).

Las principales características físicas y químicas que deben reunir los sustratos son; Alta capacidad de retención de humedad y nutrientes, Circulación eficiente del aire, Buen drenaje, Apropiada distribución de partículas, Baja densidad y alta porosidad, Buena estabilidad física, Uniformidad y homogeneidad en tamaño y características, Capacidad de intercambio catiónico, pH apropiado. Libre de

enfermedades, malezas, plagas y sustancias tóxicas y disponibilidad y bajo costo. Cuando un material no reúne esas características pueden mezclarse diferentes elementos para preparar aquellas mezclas que reúnan las condiciones deseables (Ansorena, 1994; Martínez, 1994; Cadahia, 1998; Cabrera, 1999).

**Cuadro 3:** Los diferentes tipos de podas en agricultura protegida

De formación	Imprescindible para las variedades de crecimiento indeterminado. Se realiza a los 15-20 días del trasplante con la aparición de los primeros tallos laterales, Así se mejora la aireación del cuello y facilita la realización del aporcado. Asimismo, se determinará el número de brazos (tallos) a dejar por planta.
A un tallo	Consiste en eliminar todos los tallos secundarios que se encuentren en las axilas de los tallos principales, dejando solamente hojas y racimos hasta llegar al alambre colocado paralelamente a la línea de plantación y a tres metros de altura.
Desbrote	Consiste en la eliminación de brotes axilares para mejorar el desarrollo del tallo principal. Debe realizarse con la mayor frecuencia para evitar la pérdida de biomasa fotosintéticamente activa y la realización de heridas. Los cortes deben ser limpios para evitar la posible entrada de enfermedades y es recomendable realizar un tratamiento fitosanitario con algún fungicida-bactericida cicatrizante, como pueden ser los derivados de cobre.
Deshojado	Es recomendable eliminar las hojas senescentes, con objeto de facilitar la aireación y mejorar el color de los frutos, hojas enfermas inmediatamente, eliminando así la fuente de inoculo. León, (2006), señala que es recomendable deshojar la planta escalonadamente, y no en exceso, habrá veces que se recomiende deshojar racimos consecuentes, pero sólo si el mercado de exportación se encuentra en el mejor momento.
Aclareo de frutos	Conocida también como poda de calidad, ya que se realiza con el fin de homogeneizar y aumentar el tamaño de los frutos restantes, así como su calidad. De forma general, podemos distinguir dos tipos de aclareo: el aclareo sistemático, que es una remoción que tiene lugar sobre los racimos, dejando un número de frutos fijo, eliminando los frutos inmaduros mal posicionados. El otro es el selectivo, que tiene lugar sobre frutos que reúnen determinadas condiciones independientemente de su posición en el racimo; como pueden ser: frutos dañados por insectos, deformes y aquellos que tienen un reducido calibre o tamaño.
Despunte de inflorescencias	Se realiza con el fin de que la planta no produzca muchos frutos, ya que si los produjera serían de pequeño tamaño y calibre, problema que se soluciona con el despunte de exceso de inflorescencias.

Fuente: **Álvarez**, INIFAP, (2014).<sup>11</sup>

<sup>11</sup> Álvarez Ada Ascencio, INIFAP, (2014). [https://www.horticultivos.com/agricultura\\_protegida/invernaderos/manejo-agronomico-del-cultivo-en-agricultura-protegida-3/](https://www.horticultivos.com/agricultura_protegida/invernaderos/manejo-agronomico-del-cultivo-en-agricultura-protegida-3/)

#### **4.4 Cultivo en sistema hidropónico**

La hidroponía es una técnica de cultivo que significa “trabajo en el agua” o cultivo en agua, ya que las plantas crecen con las raíces sumergidas en una solución con los nutrientes necesarios para su crecimiento. El desarrollo de los cultivos requiere que las plantas, con desarrollo vertical, sean sostenidas por el tallo mediante tutores o abrazaderas. (Abad, 2004).

#### **4.5 El cultivo en un medio gaseoso**

La aeropinía es una técnica de cultivo moderno, por medio de la cual una planta se desarrolla en un entorno aéreo, las sustancias nutritivas para su adecuado crecimiento se obtienen de un sistema de aspersion continua de nutrientes, aplicados directamente a la raíz de la planta, sin hacer uso del suelo y sin estar sumergida en ningún tipo de sustratos (Hernández y Piñeros, 2013). Es una técnica poco desarrollada que sólo existe en un nivel experimental, en algunas instituciones de enseñanza e investigación. La NASA ha experimentado con esta técnica para el establecimiento de cultivos en las estaciones espaciales que proveerán de verduras y frutos frescos a los astronautas.

#### **4.6 Manejo de poscosecha y cosecha**

La cosecha es la separación de la planta madre de la porción vegetal de interés comercial, que pueden ser frutos como tomate, raíces como remolacha, bulbos como cebolla o ajo; tubérculos como papa; tallos como el espárrago; pecíolos como el apio; inflorescencias como el brócoli o coliflor, etc. La cosecha es el fin de la etapa del cultivo y el inicio de la preparación o acondicionamiento para el mercado. (FAO, abril, 2019). También, la palabra es utilizada para referirse a la actividad de recolección que se desarrolla cuando esos frutos, ya están maduros y listos para ser consumidos.

Un concepto fundamental en el sistema de cosecha, comercialización y de la conservación en poscosecha de los frutos, es determinar si son climatéricos o no climatéricos, elemento fisiológico que afecta la respiración en los tejidos u

órganos. Así mismo como elementos externos que afectan la respiración: los daños mecánicos y la sanidad del producto, la temperatura, la composición de la atmosfera (oxígeno-CO<sub>2</sub>, respiración; etileno-respiración). Barreras físicas a los gases (ceras, películas plásticas, etc.). Las hortalizas son altamente sensibles al etileno (marchites y amarillamiento). Afecta la respiración del fruto.

#### 4.6.1 Limpieza y desinfección del producto

Tiene como objetivo la remoción de las impurezas que el producto trae del campo: Método de lavado con agua y limpieza en seco: Por inmersión (flotación del producto), Por aspersión (transportador con rodillos, banda de cepillos).

#### 4.6.2 Empaque, embalaje y transporte

Diseño de las empacadoras apropiadas para evitar daños mecánicos y biológicos, productos de la misma madurez y evitar problemas sobre manipuleo. Camiones en los buenos estados; sistema de amortiguamiento, sistemas de cargue y embalaje, Sistemas de transporte refrigerado con bajo control de condiciones de Humedad Relativa y Temperatura, así como la cadena de frio.

**Cuadro 4:** Cadena de frio del producto predestino al mercado

Cosecha	Proteger el producto del sol y transporte rápido a la empacadora
Pre enfriamiento	Minimizar demoras antes del pre enfriamiento e enfriamiento uniforme del producto
Almacenamiento temporal	Almacén del producto a optima temperatura, aplicando primero que llega, primero que sale, empacar y enviar al mercado tan pronto sea como posible,
Transporte	Use un área refrigerada para cargar el producto, enfriar el contenedor o camión antes de cargarlo, asegurarse de que el contenedor este hermético, evitar demoras y monitorear la temperatura.

**Fuente:** Pérez. Alimenticios. Kraft Foods Global, (2010)<sup>12</sup>

<sup>12</sup> Pérez Rufino, (2010) 46th Reunion de la Sociedad Caribeña de Cultivo Alimenticios. Kraft Foods Global, USA. Boca Chica, Republica dominicana, [rufino.perezbrennan@kraft.com](mailto:rufino.perezbrennan@kraft.com) <https://www.yumpu.com/es/document/read/45149957/el-manejo-post-cosecha-en-la-agricultura-prottegida-cedaf>

## **CAPÍTULO V.**

### **EL APOYO INSTITUCIONAL COMO ELEMENTO EN EL DESARROLLO DE LA AGRICULTURA PROTEGIDA**

El objetivo del capítulo es identificar la función que brindan los apoyos institucionales en el fomento de las actividades productivas, destacándose los principales programas de fomento al desarrollo de la agricultura protegida.

#### **5.1. Los costos en la agricultura protegida**

La horticultura protegida es más costosa que la agricultura protegida convencional (a cielo abierto), por ejemplo, el costo por m<sup>2</sup> de una estructura de malla sombra cuesta \$70.00, en un invernadero de tecnología media es \$250.00 y en un invernadero de alta tecnología, el costo por m<sup>2</sup> de hasta \$1500. En México, la mayoría de los agricultores son bajos ingresos y por tanto no cuentan con los recursos económicos suficientes para iniciar un negocio de manera propia. Por otra parte, es importante, que los apoyos que brinden las instancias gubernamentales sean integrales, de tal manera que los interesados puedan invertir con mayor seguridad, desde la planeación y evaluación de los proyectos, acompañamiento técnico, organización y apoyo en la comercialización de sus productos. Actualmente, los gobiernos de los estados, la SAGARPA (SADER), FIRA, FIRCO y la SRA, así como algunas asociaciones civiles como la AMHPAC (Asociación Mexicana de Horticultura Protegida A.C.), AMCI (Asociación Mexicana de Constructores de Invernaderos) entre otros, están haciendo su mejor esfuerzo para mejorar la eficiencia y productividad de los proyectos de Agricultura Protegida, además de impulsar nuevos proyectos.

Ante los retos actuales, como la demanda de mayor cantidad y calidad de alimentos, la dificultad para incrementar la frontera agrícola, la falta de agua, el

cambio climático y la alta incidencia de plagas y enfermedades. La Horticultura Protegida se convierte en una alternativa viable y sustentable para enfrentar los retos anteriormente señalados, se espera que, en los próximos diez años, la superficie de este sistema de producción se incremente a más de 3000 ha, lo cual implica que aumente en cerca de tres veces la superficie actual. Lo anterior demandara una gran cantidad de recursos financieros, materiales y técnicos, por lo cual es importante seguir preparando personal capacitado en las diferentes áreas que involucran la planeación y operación de proyectos de esta índole.<sup>13</sup>

## **5.2. Programa a nivel federal**

Desde el ámbito de las políticas públicas, se puede constatar la existencia de más de 60 programas gubernamentales que, de una u otra manera, intentan incidir en el SE. La gran mayoría de dichos programas son impulsados por 4 secretarías de Estado, ellas son la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), la Secretaría de Economía (SE), la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca (SAGARPA) y la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU).

La SE tiene 14 programas, de los cuales sobresalen el Fondo Nacional de Apoyo a Empresas de Solidaridad (FONAES), el Programa de Encadenamientos Productivos, el Fondo de Micro financiamiento a Mujeres Rurales (FOMMUR), el Programa Centro de innovación y Competitividad Empresarial (CICE), el Fondo de Apoyo para la Micro, Pequeña y Mediana Empresa (FAMPYME), el Programa Nacional de Financiamiento al Microempresario, el Comité Nacional de Productividad e Innovación Tecnológica (Compite), el Centro de Asesoría Primer Contacto, los Centros de Vinculación Empresarial y el Programa de Capacitación y Modernización del Comercio Detallista (PROMODE).

---

<sup>13</sup> Ing. Eugenio Cedillo Portugal, Lic. María Luisa Calzada Sandoval. (2012). La horticultura protegida en México situación actual y perspectivas. Revista multidisciplinaria de la División de Ciencias Sociales, FES Aragón, UNAM. México, DF, México. 22 de mayo de 2012. [https://issuu.com/fesaragon/docs/horticultura\\_protegida\\_en\\_mexico](https://issuu.com/fesaragon/docs/horticultura_protegida_en_mexico)

La SAGARPA por su parte, ha implementado 29 programas, entre los que podemos mencionar el Programa Estratégico de Seguridad Alimentaria (PESA), el Programa de Reconversión Productiva, el Programa de Activos Productivos Tradicionales, El Programa de Desarrollo de Ramas Productivas, el Programa de Manejo de Posproducción y el Programa de Minería Social. Finalmente, la SEDATU participa con 9 programas, de entre los que sobresalen el Programa Fondo para el Apoyo a Proyectos Productivos en Núcleos Agrarios (FAPPA), el Programa Joven Emprendedor Rural, Fondo de Tierras y el Programa Hábitat.

### **5.3. Dependencias que promueven el desarrollo de la agricultura protegida en México**

Con la finalidad de brindar acceso a todo tipo de productores, particularmente los que integran los estratos socioeconómicos de menor poder adquisitivo, es necesario que los responsables de las funciones gerenciales del centro estén gestionando apoyos y subvenciones que permitan a éstos productores tener acceso a los diversos programas de investigación, transferencia de tecnología y formación.<sup>14</sup>

A nivel nacional se destacan las siguientes entidades u organismos.

- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), ahora SADER.
- Secretarías de Desarrollo Agropecuario (SEDAGRO), particularmente aquellos en los que se cuenta con mayor superficie de unidades de producción en agricultura protegida.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

---

<sup>14</sup>. Arreguín Cortés Felipe I, et. al. (2015). Informe Final. "Estudio y Desarrollo de Tecnología Modular para una Agricultura Protegida Sustentable". Coordinación de Riego y Drenaje Subcoordinación de Ingeniería de Riego. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Jiutepec, Morelos.

- Sistema Nacional de Capacitación y Asistencia Técnica Rural Integral (SINACATRI).
- Instituto Nacional para el Desarrollo de Capacidades del Sector Rural, A. C. (INCA Rural).
- Fondo Nacional de Apoyos para las Empresas Sociales (FONAES).
- Fondo de Capitalización e Inversión del Sector Rural (FOCIR).
- Fondos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA).
- Financiera Rural.
- Empresas y organismos privados relacionados con la producción en sistemas de agricultura protegida.
- Universidades y centros de investigación y desarrollo tecnológico que incluyan programas o líneas relacionadas con la producción en sistemas de agricultura protegida.

#### **5.4. Complementariedad de la intervención del estado en el desarrollo de agricultura protegida**

El gobierno federal ha desarrollado diversos programas para el apoyo de actividades productivas, mismas que pueden coincidir con las actividades productivas que pretende desarrollar la Economía Social (Cuadro 5). Estos programas brindan apoyo tanto económico como de capacitación para fortalecer a los tres principales sectores económicos del país. Los programas de apoyo son operados por diversas instituciones federales, no están vinculadas unas con otras y se rigen por sus propias reglas de operación, donde se establecen distintos criterios y requisitos para atender a la población objetivo identificada por cada programa, algunas veces parcialmente concurrente. Si bien hay apoyos que son excluyentes, también hay otros que son complementarios y podrían articularse estratégicamente para impulsar el desarrollo de la Economía Social.

El siguiente mapeo nos indica, al menos, dos cosas importantes: la primera que es evidente que existen hoy un gran número de programas que, de una u otra

manera, atienden a los Observatorio del Sector Social de la Economía (OSSE); segunda, estos programas no parecen estar vinculados a una sola estrategia sino estar orientados a las visiones y misiones de agencias muy diversas, que de acuerdo a sus reglas de operación de cada ejercicio, informa los apoyos vigente y los que pueden ser beneficiados por la misma.

**Cuadro 5:** Programas que brindan apoyos económicos para el sector agropecuario

<b>Dependencias</b>	<b>Programas</b>	<b>Sector</b>
SE	1. Programa de empresas altamente exportadora (ALTEX) y 2. Programa para el desarrollo de las industrias de alta tecnología (PRODIAT)	
SEDESOL	1. Atención a jornaleros agrícolas y 2. Opciones productivas	
SAGARPA hoy SADER	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Apoyo a la Inversión en Equipamiento e Infraestructura</li> <li>2. Procampo (en 6 modalidades de apoyo)</li> <li>3. Desarrollo de Capacidades, Innovación Tecnológica y Extensionismo Rural</li> <li>4. Prevención y Manejo de Riesgos</li> <li>5. Proyectos Estratégicos</li> <li>6. Sustentabilidad de los Recursos Naturales</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo de ramas productivas agrícola</li> <li>• PROCAMPO: Para vivir mejor</li> <li>• Apoyos para la integración de proyectos</li> <li>• Innovación y transferencia tecnológica</li> <li>• Fondo para la inducción de inversión en localidades media, alta marginación</li> <li>• Sanidad</li> <li>• Fortalecimiento de la cadena productiva</li> <li>• Garantías</li> <li>• PESA</li> <li>• Conservación y uso sustentable de suelo y agua</li> <li>• Reconversión productiva</li> </ul>
SEMARNAT	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Programa de subsidios para grupos de mujeres, pueblos indígenas, jóvenes y organizaciones de la sociedad</li> <li>2. Fomento a la conservación de la Vida Silvestre (UMA)</li> <li>3. Programa de Manejo de Tierras para la Sustentabilidad Productiva</li> </ol>	
FIRA	1. Diversos programas de crédito y 2. Diversos programas de capacitación.	
Bancomext	Programa de financiamiento a Pymes	
Bansefi	Apoyo financiero y capacitación al SACP (Sector de Ahorro y Crédito Popular).	

Fuente: SE, INAES, 2013.<sup>15</sup>

<sup>15</sup> SE, INAES, (2013). Sitio: [http://www.inaes.gob.mx/doctos/pdf/transparencia/DiagnosticoPFES/DIAGNOSTICO\\_INAES.pdf](http://www.inaes.gob.mx/doctos/pdf/transparencia/DiagnosticoPFES/DIAGNOSTICO_INAES.pdf)

## **CAPÍTULO VI.**

# **DESAFÍO DE LA AGRICULTURA PROTEGIDA EN MÉXICO**

El objetivo del desarrollo del capítulo es exponer la principal problemática que enfrenta la agricultura protegida en México en cuanto a aspectos técnicos y de inversión, así como la superación de esta problemática por algunos productores.

### **6.1. Problemática empresarial en la agricultura protegida**

La evolución que presenta tal asociación da la imagen de que en México desde 1999 a 2010 se ha acumulado un importante crecimiento de 129.3% a una tasa anual de 4.31%, lo cual no se puede constatar en la realidad, debido a la cantidad enorme de unidades con agricultura protegida encontradas sin operar o simplemente abandonadas, según otro. (AMHPAC, 2011).

En el sector empresarial de la agricultura protegida, considerando los resultados del estudio realizado al nivel de cada Delegación Estatal de la SAGARPA por AMHPAC (2009), se identificó que del total de los proyectos que han sido sujetos de apoyo por parte de los programas de la misma secretaria, el 15% han sido abandonado. Las principales causas de abandono identificados fueron: sin mercado seguro, falta de capacitación, ubicación aislada, uso inadecuado de la tecnología.<sup>16</sup> Por lo tanto, se puede destacar los siguientes aspectos:

- Falta de personal técnico capacitado para el manejo y operación de los invernaderos.

---

<sup>16</sup>Héctor E. Gaxiola Carrasco, (2012). Agricultura protegida: competitividad mundial, mexicana y sinaloense. Universidad Autónoma de Sinaloa. <http://148.202.248.171/expreeco/index.php/eera/article/download/50/50>

- Falta de información sobre los tipos de invernaderos más apropiados para una región específica y cultivo determinado.
- Falta diagnósticos de las cadenas productivas para definir la problemática que enfrentan, necesidades, acciones y estrategias.
- Falta de estudios financieros y de investigación sobre la comercialización de hortalizas en invernaderos orientadas al mercado nacional e internacional.
- Falta planeación de mercados y producción.
- Falta de acercamiento de los servicios de asistencia técnica con el objeto de mejorar la producción, el manejo post cosecha y la formación de empresas.
- Falta orientar a los productores en el tipo de cultivo a sembrar.
- Hace falta dar a conocer las normas de calidad, requisitos para la certificación y denominación de calidad de origen de productos hortícolas.
- Falta incentivar y aumentar la participación de en la formulación de legislación relativa a la industria hortícola.
- Faltan organizaciones que representar y orientar los intereses de los agremiados ante los organismos públicos y privados de carácter estatal, nacional e internacional.
- Se requiere propiciar el establecimiento de centros de transferencia de tecnología.
- Hay necesidad de orientar la obtención de créditos ante instituciones públicas y privadas con el objeto de mejorar la producción mediante adquisición de materias primas, equipos e insumos requeridos.
- Es necesario participar y organizar ferias y exposiciones regionales, estatales, nacionales e internacionales, propiciando el desarrollo de cursos y talleres.
- Falta promover la realización de campañas de difusión a nivel nacional e internacional que incremente el consumo de hortalizas.

**Cuadro 6:** Los principales problemas presentes en la administración de un área productiva bajo condiciones protegida

En la producción	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problemas de plagas y enfermedades.</li> <li>• Problemas climáticos en lo que se refiere a extremos entre frío y calor, así como exceso de humedad relativa.</li> <li>• Problemas con algunas variedades.</li> <li>• Equipos inadecuados.</li> <li>• Falta de planeación de proyectos.</li> <li>• Falta de información en diferentes latitudes de México.</li> </ul>
Problemas con los proveedores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pocos o únicos proveedores.</li> <li>• Calidad de insumos, semillas contaminadas, fertilizantes adecuados, resistencia de empaques, etc.</li> </ul>
En personal capacitado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• faltan técnicos capacitados y poco se está haciendo en las escuelas y universidades.</li> <li>• Limitado apoyo gubernamental.</li> <li>• “Growers” con experiencia en latitudes similares.</li> </ul>
En la planeación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Faltan estudios de para la ubicación de determinadas tecnologías.</li> <li>• Proyectos demasiado grandes o muy pequeños.</li> <li>• Malos diseños.</li> <li>• Falta de visión al futuro o compromisos de largo plazo,</li> </ul>
Factores que afectan la competitividad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Infraestructura inadecuada en carreteras y otras vías de comunicación, redes de gas natural, electricidad y agua.</li> <li>• Falta disponibilidad de mano de obra en muchas regiones,</li> <li>• Falta de financiamiento,</li> </ul>
En manejo postcosecha y comercialización	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de cadenas de frío.</li> <li>• Falta calidad de los materiales de empaque.</li> <li>• Falta logística de transporte terrestre y aéreo.</li> <li>• Falta de mercados terminales.</li> <li>• Mayor cuidado en los aspectos sanitarios.</li> <li>• Competencia con otros países exportadores de hortalizas.</li> <li>• Falta de acuerdos con cadenas comerciales nacionales e internacionales, y</li> </ul>
Altos costos financieros, de los insumos, gas y electricidad.	
Falta de organización (Steta, 2003).	

Fuente: Gaxiola Carrasco Héctor E. 2012

Por su parte la AMPHI, en al año 2003, señalaba que los problemas más relevantes de la producción bajo invernadero son (Cuadro 6). (Steta, 2003). Desde un punto de vista tecnológico, los invernaderos son considerados como

ambientes vivos controlados, constituyendo una zona en la que los factores que sostienen la vida están regulados de forma total o parcial. El sistema comprende todas las estructuras, equipos, procedimientos y materiales necesarios para vigilar y mantener un ambiente estático en el que no cambien las condiciones. El mejor ejemplo de ambiente controlado es el área de vivienda de los astronautas en los trasbordadores espaciales, donde el aire, el agua, la luz y el calor se regulan en las cantidades correctas para mantener la zona cómoda y saludable. Estos mismos factores son los que deben de controlarse en los ambientes vivos con fines agrícolas (DeVere, 2000), requiriéndose de montos fuertes de inversión.

## **6.2 Ejemplo de productores de vanguardia en agricultura protegida**

Durante una trayectoria de 25 años en México y más de 300 números de la revista Productores de Hortalizas, han creado un listado de algunos productores más vanguardistas y emprendedores del agromexicano. Desde al inicio del TLCAN, cuando apenas se inició la horticultura protegida ahora convertida en una impresionante industria de agroexportación los productores del campo mexicano han presenciado cambios drásticos en cuanto a la tecnificación y realizado grandes avances en calidad e inocuidad.<sup>17</sup> Las grandes empresas que hoy son ejemplares en el sector, revolucionarios han sabido lidiar con las dificultades que conlleva ser los primeros en adoptar tecnología, lo que hoy conocemos como una fuerza económica de ingresos sustanciales para el país.

---

<sup>17</sup> Rizo Erandy, Ana I, 2017. Universidad del valle de Atemajac. Maister Media Worldwide México Revista productores de Hortalizas y Hortalizas.com, <https://www.thinglink.com/scene/994831925786968066>

**Cuadro 7: 25 Productores de agricultura protegida en vanguardista en México**

	<b>EMPRESAS</b>	<b>CULTIVOS PRINCIPALES</b>	<b>SISTEMAS DE PRODUCCIÓN</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
1	<b>PINOS AGRÍCOLA</b> (Baja California)	Tomates, pimientos, pepinos	Invernadero y casa compra	Anfitriones del día ce campo Ahern durante más de dos décadas.
2	<b>WHOLESUM HARVEST:</b> (Sinaloa y Sonora)	Pimientos, Calabazas, Pepinos, Tomates, Berenjena,	Invernadero, casas sombra y Cielo abierto	Producir exclusivamente orgánico que ha participado activamente en la discusión en EU sobre la validación de productos orgánicos producidos hidropónicamente.
3	<b>TRICAR GOLD, TRIDAN, RUA/EL PORVENIR</b> (Sin)	Pepinos, Pimientos y Tomates	Invernadero y cielo abierto	Participaron como ponentes en el Congreso Internacional de Cucurbitáceas.
4	<b>AGRICO</b> (Sinaloa)	Pimientos	Invernadero y Casa Sombra	Anfitrión de la gira previa a Sinaloa Encanta en 2017.
5	<b>DEL CAMPO</b> (Sinaloa)	Tomates, Pimientos	Invernadero	Premio a la Excelencia en Producción de Tomate 2008 y anfitrión de gura previa a Sinaloa Encanta en 2016.
6	<b>SAN ISIDRO/ LEYSON</b> (Sinaloa)	Berenjena y Pimientos	Invernadero y cielo abierto	Productor de berenjena más importante de Norteamérica y organizador/promotor de exitoso evento anual Sinaloa encanta.
7	<b>GREEN WORLD DE MÉXICO</b> (Sin)	Pimientos	Invernadero	Galardonados con el premio a la excelencia en producción de Pimienta 2017.
8	<b>DIANA LAURA</b> (Sinaloa)	Pimientos	Invernadero y Casa Sombra	Galardonados con el reconocimiento al Espíritu Emprendedor 2017.
9	<b>GRUPO GR</b> (Coahuila)	Tomates, Cebollas y Pepinos	Invernadero, Cielo abierto y Casa sombra	Galardonado con el Premio a la Excelencia en Producción de Tomate 2007.
10	<b>AGRO DESERT</b> (Coahuila)	Tomates, Pepinos, Cebollas	Casa Sombra y Cielo Abierto	Galardonado con el Premio a la Excelencia en Producción de Tomate 2009 y penalista en el Congreso Internacional.
11	<b>RANCHO MEDIO KILO</b> (Aguascaliente)	Tomate y Brócoli	Invernadero y Cielo abierto	Pioneros en control biológico de plagas, parte del grupo La Huerta, importante productor, procesador y comercializar de hortalizas.
12	<b>EL SUREÑO INVERNADEROS</b> (San Luis Potosí)	Tomates, Pimientos, Berenjenas y Uvas	Invernadero y Casa Sombra	Galardonado con premio a la Excelencia en Producción de Tomate 2011, anfitrión de la Gira a la Innovación en Invernadero en 2015 y 2016, gran promotor del Congreso del Tomate.
13	<b>CIMARRÓN</b> (Guanajuato)	Pimientos	Invernadero	Galardonado con el Premio a la Excelencia en Producción de Pimientos 2015.
14	<b>DIVEMEX</b> (Sinaloa y Jalisco)	Pimientos	Invernadero	Galardonado con el Premio a Excelencia en Producción de Pimientos 2014.
15	<b>INPOSA</b> (San Luis Potosí)	Tomates	Invernadero	Coanfitrión de la Gira a la Innovación en Invernadero 2015. Su director,

				Juan Ariel Reyes Rabajo, fue presidente de AMHPAC hasta el 2016.
16	<b>FRESHMEX</b> (Querétaro)	Pimientos	Invernadero	Emoresa pionera en los inicios de Agropark, cuyo director general, Oscar Woltman, es el actual presidente de AMHPAC.
17	<b>UNITED FARMAS</b> (Querétaro)	Tomate	Invernadero	Empresa de Agropark, a cargo de Finka y Solar Garden, participantes en las pruebas de volteo con sistema CapDo para extracción de Na y solido disueltos en agua.
18	<b>NATURA QUALITY FOODS</b> (Guanajuato)	Tomates	Invernadero	Anfitrión de la Gira a la Innovación en Invernadero y panelista en el Congreso Internacional del Tomate 2017.
19	<b>RED SUN FARMS</b> (Mich. y Gto.)	Tomates y Pimientos	Invernadero	Galardonado con el Premio a la Excelencia en Producción de Pimientos 2016.
20	<b>SANTIAGRO</b> (Guanajuato)	Pimientos	Casa sombra	Galardonado con el Reconocimiento al Espíritu Emprendedor 2016.
21	<b>HORTIFRUT</b> (Sinaloa y Jalisco)	Frutillas	Macrotúnel	Diego Martínez Rodríguez, Director General de Hortifrut México, es el actual presidente de Anaberries. Recientemente abrieron sus operaciones a una gira organizada por NARBA.
22	<b>HYDRO GREENHOUSE</b> (Tlaxcala)	Lechugas	Invernadero	Pioneros en producción de lechugas hidropónicas en la región.
23	<b>HODROPINÍA DE TLAPANALÁ</b> (Pue)	Tomate, Pimientos y Pepinos	Invernadero	Pioneros en cultivo hidropónico de hortalizas en la región.
24	<b>LA CONCORDIA</b> (Chiapas)	Tomates	Casa sombra	Siempre dispuestos a compartir información con la revista participación como panelistas en el Congreso Internacional del Tomate.
25	<b>GRUPO U</b> (Guanajuato)	Brócoli, Lechuga y Tomate	Invernadero y Cielo abierto	Panelista en el Congreso Internacional del Tomate 2016 y ponente en Biocontroles México 2017.

Fuente: Erandy Rizo, Ana Isabel Reho. 2017.

### 6.3 Tendencia de la agricultura protegida

Los avances de la ciencia y la tecnología en las últimas décadas del siglo XX y actual han sido espectaculares, impulsando todas las ramas del conocimiento humano, desarrollado.

La agricultura protegida o aquella que se hace en invernadero y casas de sombra ha tenido un boom en los últimos cinco años, al grado que incluso empresarios de otras industrias, como la textil e inmobiliaria, han decidido incursionar en este mercado, atraídos por su alta rentabilidad, toda vez que entre el 80 y 90% de la producción se destina a la exportación. En 2006, un grupo de ellos, encabezados por Alfredo Achar, decidió apostar por el campo mexicano, invirtiendo en Agropark, un centro integral para la producción de hortalizas y flores, único en su tipo en el continente americano, ubicado en el municipio de Colon, en Querétaro, donde en el año 2017 se registró un crecimiento anual de 41.2%, que implicó la producción de 110,736 toneladas en productos agroalimentarios, que se vende en EU y Canadá. Incluso existe una franquicia agrícola hidropónica de Chile habanero, llamada Amar Hidropónico, única en el mundo, fundada por Rodrigo Domenzáin, un empresario mexicano, dedicado a actividades agropecuarias.

Países como Holanda ya están volteando la vista hacia México, específicamente a estados como Querétaro, donde la agricultura protegida empieza a despuntar, para producir flores en invernaderos y exportarlas a Norteamérica; mientras que otros, como China, Corea y Japón, buscan que nuestro país sea un proveedor importante de hortalizas, frutas, flores.

La demanda cada vez más mayor de hortalizas mexicanas, principalmente jitomate, pimiento y pepino, en Estados Unidos, Canadá, Europa, Corea, Japón y China, aceleró el desarrollo de la agricultura protegida en México. Las entidades con más hectáreas destinadas a la agricultura protegida son Sinaloa, Jalisco y Michoacán. Pero, la apuesta por la producción en invernaderos en el país sigue creciendo.

## CAPÍTULO VII

### ANÁLISIS DE LA AGRICULTURA PROTEGIDA POR REGIONES EN MÉXICO

El objetivo del desarrollo de este capítulo, es el de exponer e identificar la participación de las principales regiones de México en la producción agrícola que se obtiene de la agricultura protegida, en cuanto a superficie ocupada por modalidad, volumen y valor de la producción, mercado destino, empleos generados y tecnología utilizada. Se expone como primer punto los rendimientos obtenidos de tomate rojo, pepino y chile bell con los sistemas frecuentemente utilizados, con la finalidad de destacar diferencias entre los sistemas.

#### 7.1. Comparativo en rendimientos de tomate rojo bajo los diversos sistemas de producción

Los rendimientos por hectáreas de cualquier cultivo, es la expresión de la aplicación de un sistema productivo que involucra el uso, intensidad y manejo de recursos en su producción, siendo la agricultura protegida y en específico en invernadero donde se obtienen los mayores rendimientos por mayor control del proceso, respecto a la agricultura a cielo abierto con o sin fertirrigación.

**Cuadro 8:** Rendimiento por sistema productivo con jitomate o tomate rojo

Sistemas de producción	Rendimiento (Ton/Ha)
Agricultura de campo a cielo abierto	40.00
Cultivo a cielo abierto con fertirrigación	120.00
Invernadero de tecnología media y fertirrigación	200.00
Invernadero de tecnología media y mejora de sustrato	250.00
Invernadero de alta tecnología	600.00

Fuente: SAGARPA, 2009.

Como ejemplo de los altos rendimiento se presenta los datos de producción de jitomate (SAGARPA, 2009), donde a cielo abierto son de 40 ton/ha, mientras que en sistemas con fertirrigación el rendimiento se triplica, llegando hasta cinco o seis veces más en invernaderos de mediana tecnología y hasta 15 veces más en invernaderos de alta tecnología (Cuadro 8). Estas diferencias en los rendimientos se observan en otros cultivos, como pimiento, pepino, lechugas, calabacita, ornamentales y frutilla, quedando de manifiesto que el uso de invernaderos, bien manejados, trae como resultado los más altos rendimientos agrícolas, superiores a cualquier otro sistema de producción intensiva, sin embargo, es de mencionar las altas inversiones que se tienen que erogar, implicando hacer una evaluación financiera para determinar si los volúmenes de producción y precios que se obtienen, son suficientes para recuperar la inversión y generar una utilidad.

Por la calidad de productos que se obtienen en la agricultura protegida, esta sigue creciendo y atrayendo capitales, tanto nacionales y externos, en invernaderos y la amplia gama de estructuras, técnica y sistemas que integran la agricultura protegida. Desarrollo para el que se notó la falta de técnicos nacionales suficientes, capacitados y con experiencia (UACH, 2008).

**Cuadro 9:** Tipos de agricultura protegida y superficie que ocuparon en México. Año 1995

Tipo de estructura	Superficie (Has)
Acolchados	7,964.00
Microtúneles	3,970.00
Macrotúneles	113.00
Invernadero producción de plántula	141.00
Invernadero producción de flores	582.00
Malla sombra	4,794.00
Cubierta flotantes	1,728.00
Cortinas	100.00

Fuentes: Reyes, 1995

A partir de los años 90's, la agricultura protegida presentó un auge considerable cuando agricultores, apoyados por inversionistas extranjeros, dieron la pauta para que este tipo de agricultura llegara para quedarse, al resultar más rentable

y menor riesgosa que la agricultura practicada a cielo abierto. La agricultura protegida agrupa diversas modalidades, destacando las que se exponen en la (Cuadro 9) además de la superficie que ocuparon según Reyes (1995).

## **7.2. La agricultura protegida en México: 1970-2017**

A mediados de la década de los 90's, en México se perfilaba la consolidación del desarrollo de la agricultura protegida y la plasticultura, aunque son varias las técnicas y estructuras que integran la agricultura protegida, son los invernaderos los que presentan el desarrollo más dinámico, marcando la pauta de la agricultura protegida mexicana y a la vez sirviendo de hilo conductor para el estudio de este tipo de agricultura. Esta dinámica se observa en el incremento considerable de la superficie cubierta (invernaderos) al pasar de 132 hectáreas de invernadero en el año de 2003 a 42,515 hectáreas en el año 2017, significando que en los 14 años incremento la superficie en 42,415 hectáreas.

México se ubica como uno de los países con mayor superficie de invernaderos, así lo considera la FAO, citada por la SAGARPA (2009), quien indica que México, en el 2007, se ubicaba en cuarto lugar en superficie de invernaderos, después de España, Turquía y Marruecos. Con datos recientes, en el panorama internacional, nuestro país bajó 3 posiciones al pasar del cuarto al séptimo lugar en agricultura protegida a pesar del crecimiento presentado en superficie ocupada, tanto en el sector social como empresarial, donde ha habido todo tipo de experiencia, enfocando la producción y exportación de hortalizas, frutillas y flores de corte. (Bastida, 2015).

En cuanto a la distribución de la superficie bajo agricultura protegida, en México las 32 se cuenta con este tipo de agricultura, sin embargo, los cinco estados que destacan en cuanto a superficie son: Sinaloa, Jalisco, Baja California, Chihuahua y Sonora, según la AMHPAC-SAGARPA, en el año 2015 que con respecto al año 2013, se presentó un ligero incremento, en el año de 2015 la superficie fue

de 23,256 has y en el 2013 de 22,509 has. (Cuadro 10). Respecto a los porcentajes de participación, los tres principales estados se mantuvieron con una mínima disminución del año 2013 a 2015, Sinaloa pasó del 21.07 al 20.40%, Jalisco 14.71 a 14.23% y Baja California de 11.76 a 11.38%.

Los datos más recientes de la agricultura protegida indicaban que en el año 2013, había más de 22.5 mil hectáreas cubiertas por estructuras de protección para cultivos, que comprendían más de 27 mil unidades de producción donde se desarrolla la agricultura protegida, sin embargo, este dato no es coincidente con la información que proporciona la SAGARPA a través del SIACON para ese año. Para el año 2015, la SAGARPA, plantea que en México existían un poco más de 23 mil hectáreas de agricultura protegida distribuidas en cerca de 26 mil unidades de producción.

**Cuadro 10:** Principales estados en México con mayor superficie protegida 2013 vs 2015

ESTADO	2013 AMHPAC/SAGARPA		% Participación	2015 SIAP/SAGARPA		% Participación
	Instalaciones	Superficie (Ha)		Unidades de producción	Superficie (Ha)	
Sinaloa	1,057	4,743.72	21.07	165	4,744	20.40
Jalisco	2,777	3,310.16	14.71	894	3,310	14.23
B. C.	1,247	2,647.07	11.76	202	2,647	11.38
México	-	978	4.34	4,938	1,624	6.98
Chihuahua	257	1,495.92	6.65	180	1,496	6.43
Sonora	649	1,174.73	5.22	161	1,175	5.05
Puebla	2,933	1,045.20	4.64	2,181	1,045	4.49
Michoacán	859	1,004.06	4.46	769	1,004	4.32
S. L. P.	1,029	894.01	3.97	587	894	3.84
B. C. S.	321	797.65	3.54	99	798	3.43
<b>Subtotal</b>	<b>11,129</b>	<b>18,091</b>	<b>80.37</b>	<b>10,176</b>	<b>18,737</b>	<b>80.57</b>
<b>Otros</b>	<b>16,429</b>	<b>4,418</b>	<b>19.63</b>	<b>15,638</b>	<b>4,519</b>	<b>19.43</b>
<b>Total, Nac.</b>	<b>27,558</b>	<b>22,509</b>	<b>100.00</b>	<b>25,814</b>	<b>23,256</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Datos de SAGARPA y AMHPAC18, varios años.

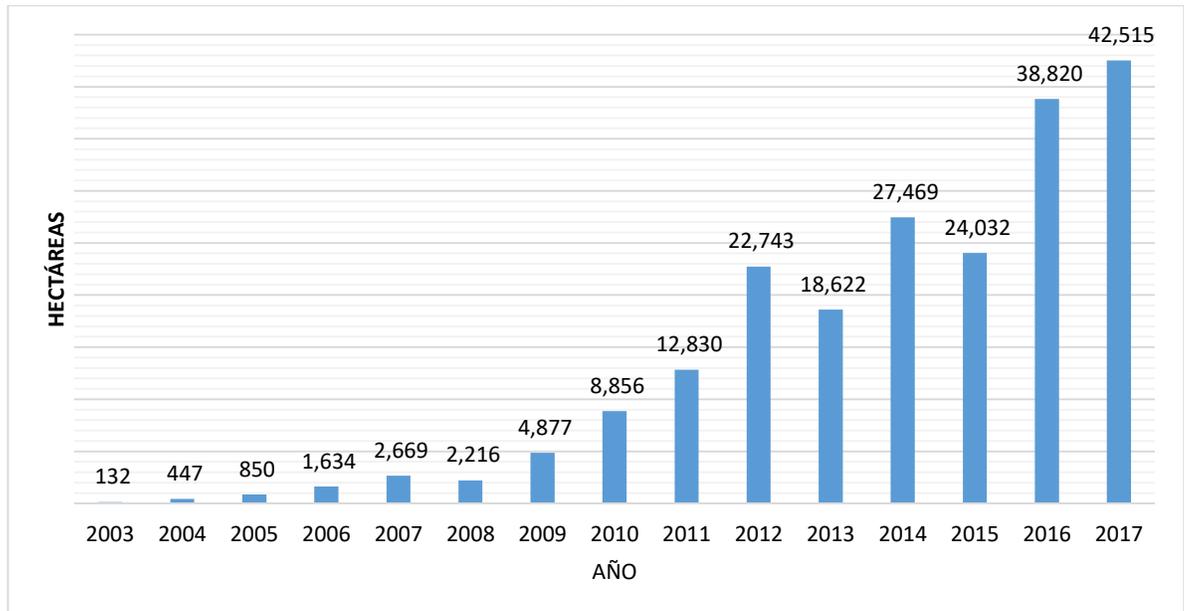
Con todo ello, se considera que los datos reflejan mejor la realidad de la agricultura protegida en México, que algunas empresas tenían estimada de acuerdo con la venta de plástico para cubiertas de invernaderos y a su

<sup>18</sup> Bastida Aurelio Tapia, (2017). <http://www.amhpac.org/es/index.php/homepage/agricultura-prottegida-en-mexico> (fecha de consulta: 10/01/2014); SIAP/SAGARPA, 2016; AMHPAC, 2016

experiencia de campo. Por ejemplo, Pacheco (2010), estimaba para ese año que en México ya deberían de existir alrededor de 25,000 hectáreas de agricultura protegida, distribuidas en 10,000 hectáreas de invernaderos y casas sombra para hortalizas, otras 2,700 hectáreas de invernaderos para cultivos no hortícolas y unas 7,000 de macro túnel para flores, alrededor de 600 de invernaderos para viverismo y otras 4,700 de macro túnel para berries o frutillas; fresa, frambuesa, zarzamora y arándano, sin embargo, los registros del SIACON 2017 reportan solamente 8,856 has como sistemas de protección de cultivos.

Sobre la superficie para frutillas, unas 1,500 hectáreas se ubican en la región de Zamora, otras mil en Los Reyes, ambas regiones del estado de Michoacán y otras mil en Jalisco, principalmente en Jocotepec, en la margen poniente del lago de Chapala y en la región de Sayula.

**Figura 10:** Superficie sembrada en sistemas de protección en los cultivos de México



Fuente: SIACON-SIAP-SAGARPA, 2018.

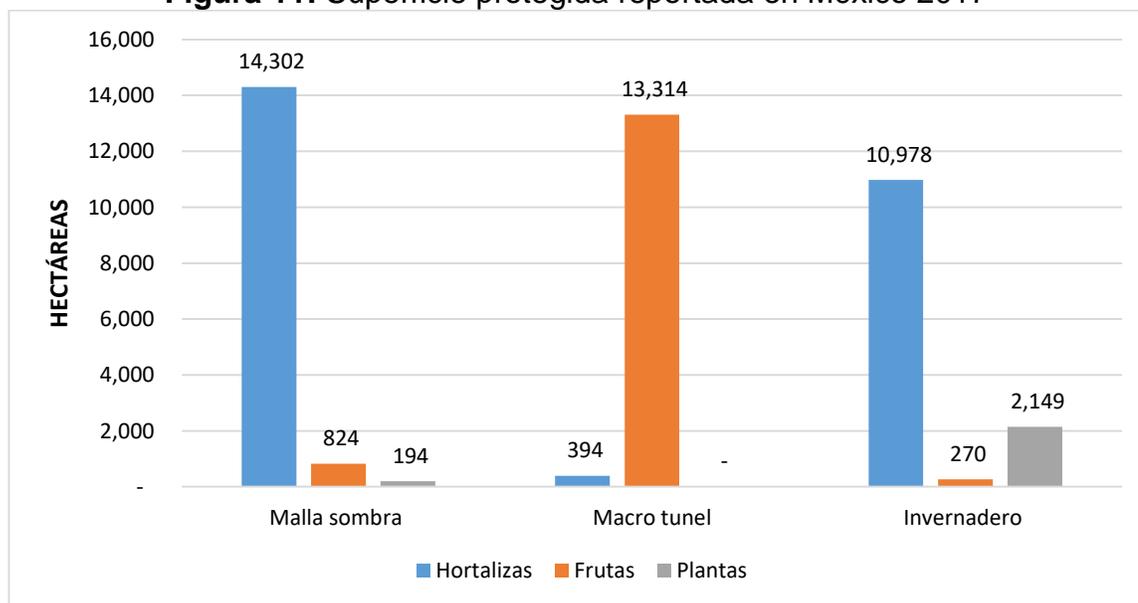
En la (Figura 10) se aprecia el crecimiento vigoroso de estas estructuras, crecimiento que se explica por varias razones fundamentales: los favorables climas de México, la especialización de técnicos en el sector, el reducido costo

mano de obra, los acuerdos comerciales con Estados Unidos y Canadá, y la cercanía terrestre a un mercado de amplia demanda y valor.

De acuerdo con el SIAP de la SAGARPA, en el año 2003 solo se sembraron 132 hectáreas de la agricultura protegida en el país, con un crecimiento promedio anual de 3000 ha. Para el 2017, el mismo organismo publicó un total de 42,515 hectáreas lo que representa un crecimiento de 42,383 has en tan solo 14 años. Debido a las condiciones climáticas favorables del país, permite ser competitivo con otros países, así como Holanda y Almería siendo las regiones con infraestructuras altamente tecnificado.

En México para 2017 se registra 42,515 hectáreas con cultivos que utilizan técnicas de agricultura protegida, como invernadero, casas de malla sombra, de acuerdo a las cifras de SIAP–SAGARPA. Esta distribución de las unidades productivas bajo cubierta, permite determinar las características fisiológicas de los cultivos y factores económicos, las cuales aumentan la posibilidad de producir todo el año ciertos cultivos. Sin embargo, hay que tener en cuenta que, al producir cultivos altamente perecederos, se debe tener ya el mercado seguro. (Figura 11).

**Figura 11: Superficie protegida reportada en México 2017**



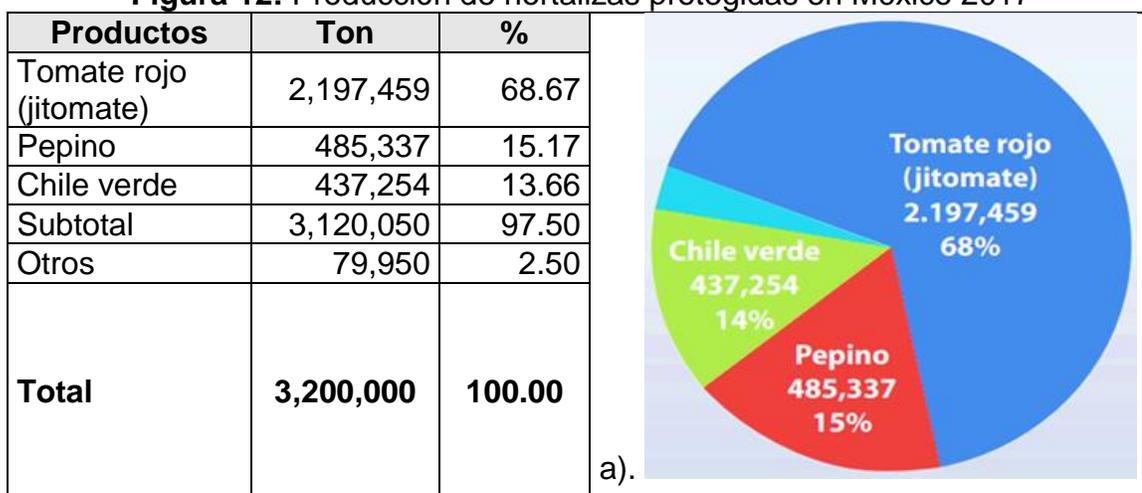
Fuente: SIAP – SAGRPA, 2018.

La horticultura protegida en México se lleva a cabo, casi exclusivamente, bajo Malla Sombras e Invernaderos, con un total de 25,280 hectáreas (Hortalizas) de ambas tecnologías y solo 394 hectáreas de macrotúneles, industria presente en los 32 estados del país. Al cierre del año de 2017, se tenía una superficie de 25,764 has de horticultura protegida en México, 14,408 has fueron destinadas al cultivo de las frutas y 2,343 hectáreas en cultivos como la floricultura.

### 7.3. Principales productos agrícolas de mayor producción en agricultura protegida

Es importante destacar que la producción agrícola en agricultura protegida se concentra en aquellos productos con alto valor comercial por el hecho de que la inversión en este tipo de agricultura es alta. En México, en el año 2017 se registró bajo agricultura protegida una producción considerable en 13 cultivos, sin embargo, los tres principales cultivos de mayor volumen en orden son: tomate rojo, pepino y chile, que en conjunto el volumen representó el 97.5% del volumen total de la producción agrícola protegida, que fue de 3.2 millones de toneladas. En la (Figura 12) siguiente se exponen los cultivos que se producen bajo agricultura protegida.

**Figura 12:** Producción de hortalizas protegidas en México 2017



**Nota:** El grupo otros lo integran el cultivo de Ejote, Alcachofa, Brócoli, Albahaca, Nopalitos, Lechuga, Col (repollo), Calabacita, Tomate verde y Berenjena, que en conjunto participaron con el 2.5% de la producción obtenida en agricultura protegida

Fuente: SIAP – SAGARPA, 2018.

La horticultura protegida representa, más de 3.2 millones de toneladas producidas anualmente, con un valor comercial superior a los 3,000 millones de dólares. De acuerdo con la Asociación Mexicana de Horticultura Protegida (AMHPAC) y la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) hoy SADER.

#### **7.4. Los tres principales productos en producción y exportación**

En la Figura 13: Se destaca los tres principales productos de mayor volumen de exportación y también los de mayor producción en condiciones de agricultura protegida; Tomate, Pepino y Chile Bell. En esta cifra se reporta un total de 1,528,845 toneladas de esos productos exportadas en 2003<sup>19</sup> y para 2017 pasó a 2,891,472 toneladas exportadas, representando un incremento del 89.12%, lo que se puede atribuir al incremento significativo a ha tenido la agricultura protegida y que se refleja en mayor producción y mejor calidad en los productos que se obtienen. En lo correspondiente al tomate, su incremento fue del orden de 76.57%, el Pepino aumentó su producción en 83.77%, mientras que el Chile Bell fue el de mayor incremento porcentual de la producción con un 157.97%.

En montos absolutos, la producción de estos tres cultivos en el periodo fue incremento en 1,362,627 ton; el Tomate aumento 691,802 ton, en Pepino fue de 354,656 ton y el Chile Bell de 316,155 ton. en la siguiente gráfica se exponen las fluctuaciones de la producción de estos tres productos en los correspondientes al periodo 2003-2017.

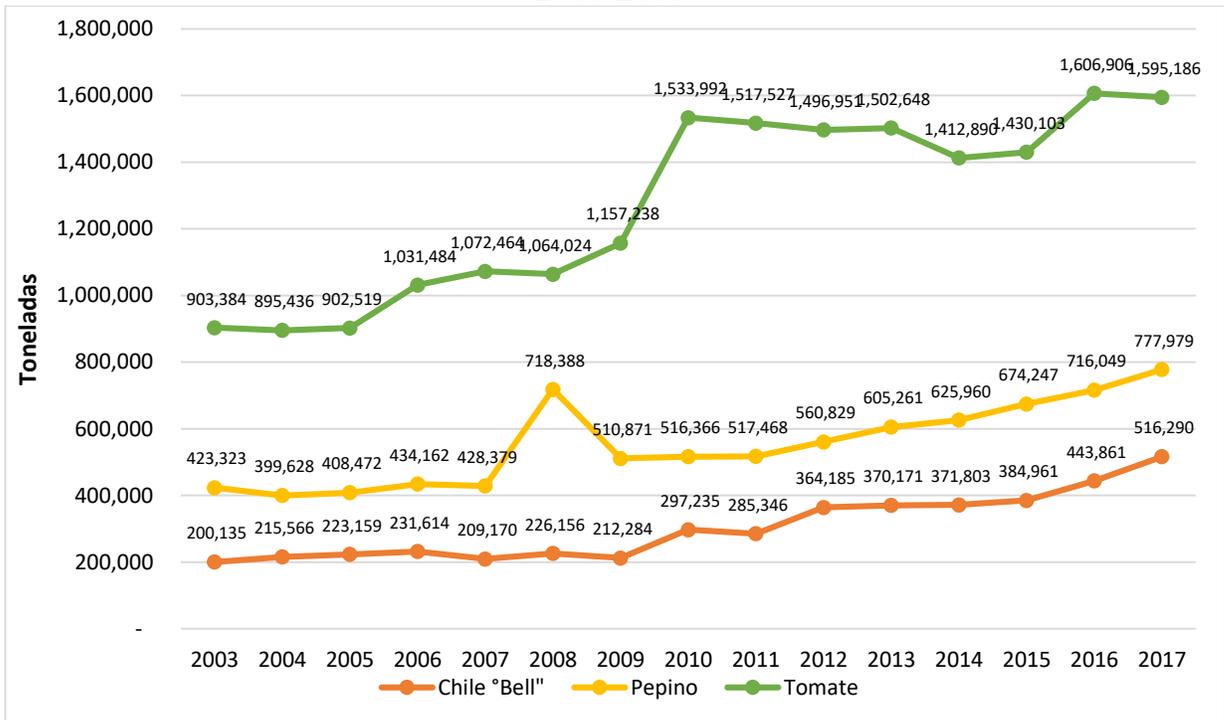
De acuerdo con la información publicada en el SIAVI de la Secretaría de Economía, las exportaciones de los 3 principales cultivos bajo esquemas protegidos, han mantenido una tendencia al alza, destacando que el 99% de las exportaciones se destinan a los Estados Unidos, sin embargo, con las dificultades que se han presentado con el actual gobierno de Estados Unidos, se hace

---

<sup>19</sup> En este tiempo la producción, en su mayoría era en condiciones de cielo abierto.

necesario el inicio de búsqueda de nuevos horizontes para las exportaciones del sector primario.

**Figura 13:** Volumen-Exportaciones de las tres principales hortalizas mexicanas 2003-2017



Fuente: SIAVI-SE, 2018.

De acuerdo con la información publicada en el SIAVI de la Secretaría de Economía, las exportaciones de los 3 principales cultivos bajo esquemas protegidos, han mantenido una tendencia al alza, destacando que el 99% de las exportaciones se destinan a los Estados Unidos, sin embargo, con las dificultades que se han presentado con el actual gobierno de Estados Unidos, se hace necesario el inicio de búsqueda de nuevos horizontes para las exportaciones del sector primario.

“Creemos que el campo es el futuro de México, por todo lo que puede generar en materia de divisas, empleo, infraestructura y, lo más importante, autosuficiencia alimentaria y desarrollo económico. Estoy seguro de que el campo va ser el principal sector exportador y generara más divisas de las que

hoy producen tres o cuatro sectores juntos, y la agricultura protegida será protagonista”, afirma Alberto Amkie, director general de Agropark.”

### **7.5. Membresía AMHPAC y superficie protegida**

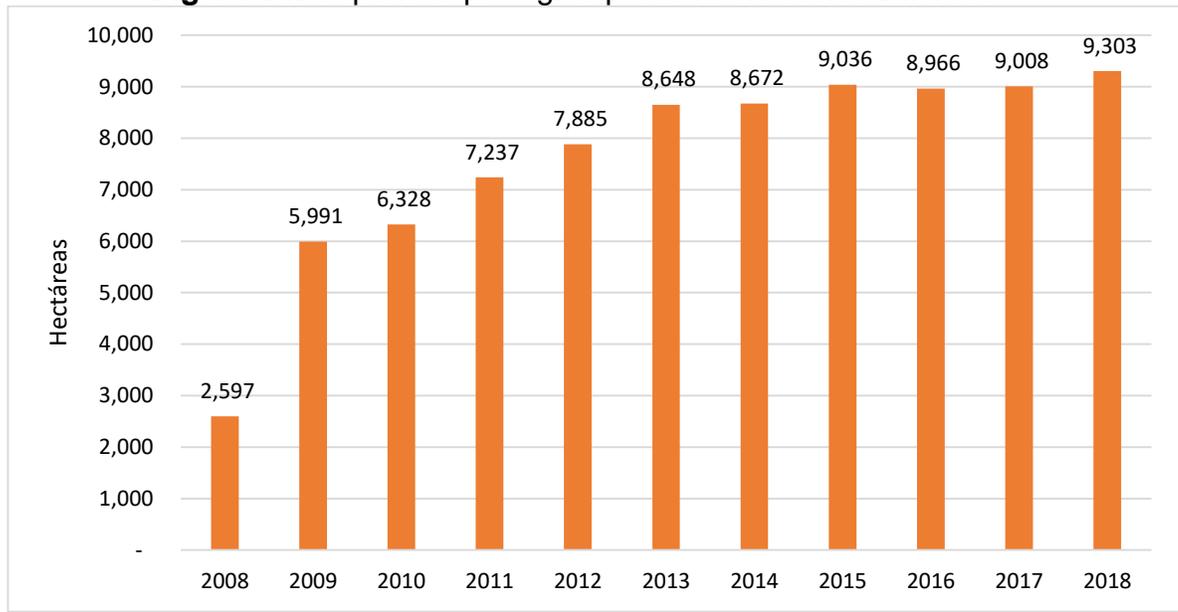
La membresía abarca 9,336 has. en 25 estados y representa a los agricultores de segunda y tercera generación, quienes han caminado de la mano con la Asociación y así han gozado de los beneficios. Actualmente el Organismo representa a más de 300 empresas relacionadas con la producción, empaque, distribución, así como la comercialización de hortalizas frescas producidas bajo invernadero en México.

Siendo la AMHPAC una de las asociaciones representativa en el ámbito de la agricultura protegida a nivel nacional con una representación del 21% con respecto a lo registrado SIAP–SAGARPA de un total de 42,425 has, de esta manera se puede decir que de cada 100 hectáreas de agricultura protegida en México corresponden al AMHPAC, que del total de socios, 78% de ellos se concentra en productos hortícolas, el resto representaría el grupo de las frutillas, en las cuales se localizan fresa como principal producto y también correspondiente al grupo de productos de condimentos medicinales y otros productos. Una asociación que genera y publica informaciones estadísticas en su plataforma digital.

Agricultores que están siempre preocupados por mantenerse a la vanguardia en los temas de interés para la industria como son la inocuidad, comercialización, seguridad, productividad y sustentabilidad, entre otros, estos productores buscan estrategias con dependencias gubernamentales e instituciones financieras para obtener mejores condiciones de financiamiento para los socios.

La superficie protegida de la membresía AMHPAC, ha tenido un crecimiento promedio de 9% anual a partir del 2009, después de un crecimiento inicial del 140% en el periodo 2008-2009. (Figura 13).

**Figura 14:** Superficie protegida por la membresía AMHPAC



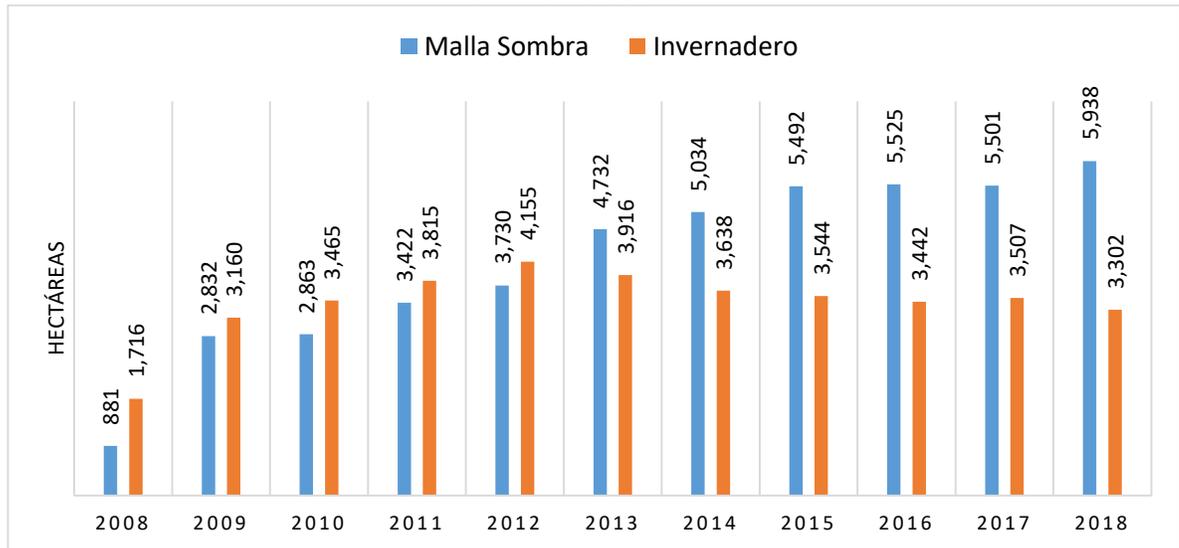
Fuente: AMHPAC, 2018.

La superficie protegida de la membresía AMHPAC, ha tenido un crecimiento promedio de 9% anual a partir del 2009, después de un crecimiento inicial del 140% en el periodo 2008-2009. (Figura 14).

### **7.6. Principales modalidades de agricultura protegida: malla sombra e invernaderos**

La Malla Sombra e Invernadero son las infraestructuras predominantes en los 25 estados con presencia de la AMHPAC. Para la agricultura en invernaderos en el año de 2018 se registra un total de 3,302 y malla sombra de 5,938 en los últimos 5 años ha habido mayor crecimiento para malla sombra y los productores se dan por optar por esto de acuerdo a las condiciones de las regiones y el costo que implica para los productores. (Figura 15).

**Figura 15:** Superficie protegida más predominante por AMHPAC: malla sombra e invernaderos



Fuente: AMHPAC, 2018.

Desde el 2008, en la superficie protegida de la membresía AMHPAC predominaban los invernaderos en comparación a los de malla sombra, cambiando esta posición a partir del año 2013 donde las estructuras de malla sombra son las predominantes, sobrepasando las 2,600 has la superficie de invernadero en año 2018.

### 7.7. Clasificación de las tecnologías por zonas

El territorio nacional AMHPAC lo clasifica por zonas agrícolas sabiendo que la producción de hortalizas en México en sistema bajo cubierta, desde malla sombra hasta invernaderos de alta tecnología son distribuidas en diversas condiciones agroclimatológicas, lo que da posibilidad de producir durante todo el año, pudiendo satisfacer en los volúmenes y con la calidad que demandan los consumidores finales, tanto en mercados domésticos como extranjeros. En la (Figura 16), se encuentra por zonas; Zona Noroeste (Baja California Norte, Baja California Sur, Sonora, Chihuahua y Sinaloa), Noreste (Coahuila, Durango, Nuevo León y San Luis Potosí), Occidente (Zacatecas, Nayarit, Aguascaliente, Jalisco, Guanajuato, Querétaro, Colima y Michoacán), Centro (Hidalgo, Estado

de México, Tlaxcala, Morelos, Puebla y Guerrero), Sur (Yucatán y Quintana roo) y el resto de los estados que no forman parte de la asociación como socios siendo (CDMX, Tamaulipas, Veracruz, Oaxaca, Tabasco, Chiapas y Campeche).

**Figura 16:** Distribución de estados por zonas agroclimatológicas



Fuente: (AMHPHC, febrero, 2019).

El sistema bajo cubierta es complejo para el manejo de los factores climatológicos en cada región del país, destacando la Zona Occidente en donde hay mayores impactos en establecimiento con altas tecnologías con un 41% de participación con 4,658 Has. de un total de 9,388, y la región con tecnologías menos sofisticados esta la Zona Noroeste en 54% con 2,423 Has., después la Zona Noreste con 1,807 Has., siguiendo la Zona Centro con 485 Has. y por último la Zona Sur con 15 Has. A partir de 246 socios registrado con infraestructuras bajo cubierta de la Asociación Mexicana de Horticultura Protegida A.C. Destacando lo registrado en el año 2017–2018 y en su comparación con lo registrado al mes de febrero del año 2019 (Cuadro 11) reportado por la AMHPAC, hubo un ligero incremento de 6 socios y en superficie de 85 hectáreas.

**Cuadro 11:** Socios de la AMHPAC por regiones y tipo de tecnologías (febrero 2019)

Zonas	Número de socio	% de Socios	Has	% Has	Tipos de tecnología empleada		
					Activa	Semi-activa	Pasivo
Noroeste	35	14%	2,423	26%	26%	20%	54%
Noreste	60	24%	1,807	19%	15%	53%	32%
Centro	40	16%	485	5%	38%	25%	38%
Occidente	112	45%	4,658	50%	41%	35%	24%
Sur	4	2%	15	0%	0%	75%	25%
Total	251		9,388				

Fuente: AMHPAC, febrero, 2019.

La AMHPAC clasifica las tecnologías de producción bajo 3 esquemas protegidos.

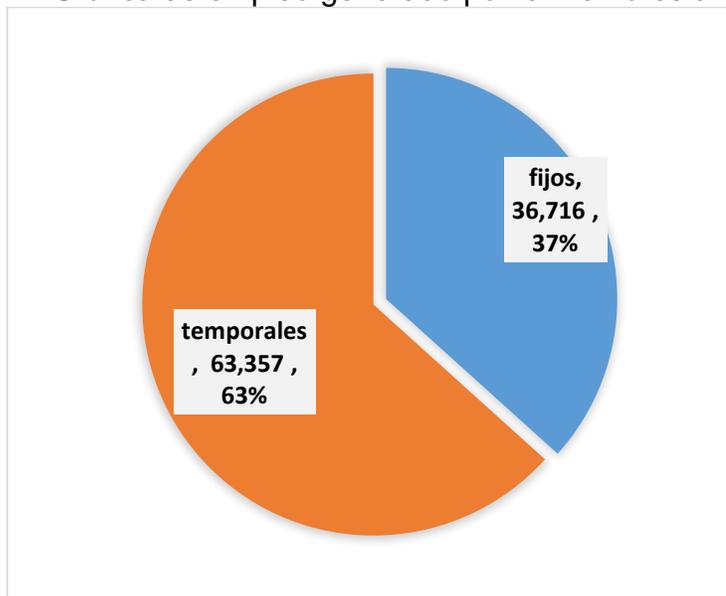
- **Tecnología Activa:** Tiene un control climático (automatizado), de calderas, capacidad para sembrar en hidroponía, plástico y cristal, entre otros.
- **Tecnología Semi-Activa:** Plástico, con sistemas semi-automatizados (calefacción, ventilación, riego, enfriamiento, etc.).
- **Tecnología Pasiva:** No tiene automatización, es cubierta de plástico o malla, expensas a los cambios climáticos.

### 7.8. Empleos generados por la membresía AMHPAC

En cuanto el número de empleos generados, se observa que el número de jornales requeridos por sistema de producción es variable y factores como días ciclo y tecnología son determinantes. Cabe destacar que en sistema de alta tecnología resulta ser el más rentable, se determina por la estrategia de producción y comercialización del cultivo: tecnología aplicada, días, ciclo de producción y mercado destino. De igual forma, este sistema de es el que genera el mayor número de empleos y su productividad es la más elevada. Siendo compañías de mayor compromiso con el mercado y de gran inversión lo que implica tener una meta de producción con calidad internacional y estándares de eficiencia, así como los atributos de velocidad y globalidad, lo que se convierte

en un fuerte reto que depende tanto de las decisiones que se tomen al interior de las organizaciones, como de su entorno.

**Figura 17:** Gráfica de empleo generado por la membresía AMHPAC



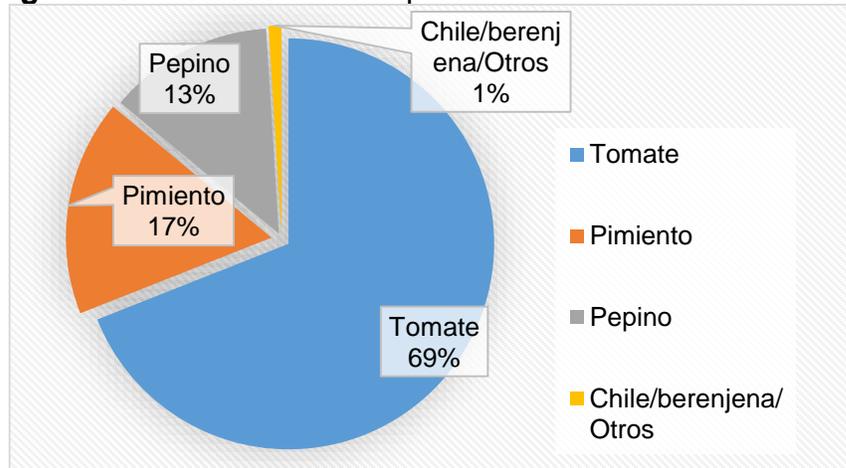
Fuente: AMHPAC, 2018.

Los invernadero y casas sombra se convierte en una de las economías más pujantes del sector primario, la membresía a logrando generar alrededor de 89,000 mil empleos de los cuales 37% son fijos y 63% restantes es en empleo temporales, (Figura 17). Tomando en consideración las temporadas de producción influyen en la adquisición manos de obra, siendo por épocas de producción.

### **7.9. Principales cultivos bajo sistema protegido AMHPAC 2017–2018**

En la figura 18: Productos hortícolas como el tomate son altamente demandados por el mercado interno y externo; muestra de ello, es el impulso que ha tenido nuestra industria con respecto al crecimiento de las áreas sembradas en invernaderos en México.

**Figura 18:** Distribución de la producción AMHPAC 2017–2018



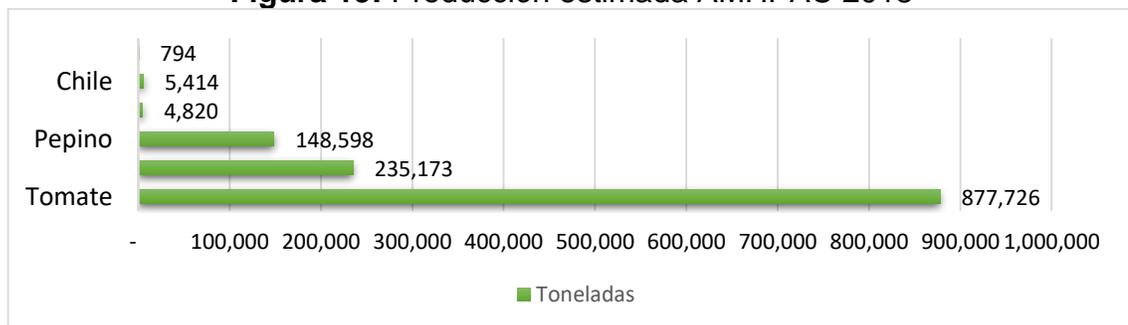
Fuente: AMHPAC, 2018.

En relación al tomate, México exporta casi el 78% de su producción de primera calidad a los EUA, mientras que la diferencia se vende en el mercado interno. En México, del área total de invernaderos destinados a la producción, el tomate orientado en diferentes variedades alcanza el 69% del total de superficie, 17% de producción de pimiento, 15% pepino y 1% de otros cultivos protegidos.

### 7.10. Producción estimada AMHPAC 2018

Tomando en cuenta un rendimiento por hectárea promedio de 100 ton/ha. en malla sombra y 200 ton/ha. en invernadero, se estima que la capacidad productiva de la membresía AMHPAC supera el millón 200 mil toneladas anuales. (Figura 19).

**Figura 19:** Producción estimada AMHPAC 2018



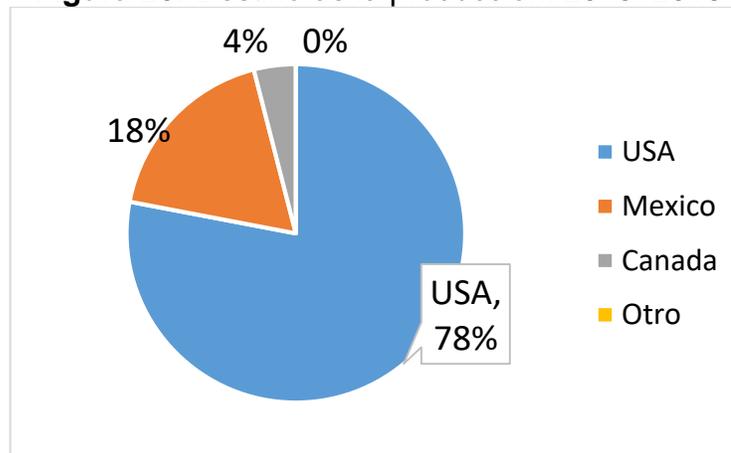
Fuente: AMHPAC, 2018.

### 7.11. Exportación de producción bajo en sistema protegido

EUA y Canadá han frenado el crecimiento de los invernaderos. Por lo que México tiende a aumentar las exportaciones a EUA, debido a los costos de producción que son más barato en México.

En el censo del 2007, la agricultura en EUA disminuyo su superficie sembrada con cultivos hortícolas en todas las categorías, con excepción de las semillas de flores y césped. Los cultivos bajo invernadero u otras tecnologías agrícolas protegidas, disminuyeron con excepción a los viveros. Un ejemplo de esto, es el área dedicada a las flores cortadas, que se redujo a un 24.3%, tan solo en 2007 las plantas de follaje en interior se redujeron a 23.7% y las hortalizas en invernadero al 4% en ese mismo lapso. Esto significa, que las instalaciones a gran escala en México dominan los mercados de exportación en empresas medianas, además de centrarse en las necesidades de los mercados nacionales.

**Figura 20:** Destino de la producción. 2015–2016



Fuente: AMHPAC, 2018.

El 78% de las exportaciones se destina a los Estados Unidos, el 4% a Canadá y el 18 % restante al mercado nacional. (Figura 20) Siendo así México el principal exportador de hortícolas, como actualmente tiene con el mercado de Estados Unidos, en el marco del TLCAN hoy T-MEC. Sin embargo, debe procurar su

inserción hacia otros países de Europa como Rusia y Alemania, al ser también grandes importadores o de Asia como Japón.

De acuerdo a la regionalización realizada por la AMHPAC de la agricultura protegida, permite identificar la importancia de cada región en cuanto a superficie destinada por modalidad de la agricultura protegida, al volumen de producción, valor generado, mercado destino, empleos generados tanto fijos como temporales y tecnología empleada. Es importante destacar que en la ubicación de las instalaciones en cada región tiene cierta influencia las condiciones climatológicas y la cercanía al mercado. En el siguiente cuadro permite realizar un comparativo en cuanto la participación de cada región en indicadores relacionados con la agricultura protegida.

**Cuadro 12: Principales indicadores de la agricultura protegida por región de la AMHPAC. Febrero, 2019**

Zona	Socios	Superficie Protegida (has)				Producción estimada (ton)	Valor estimado (\$USD)	Destinos (%)			Empleos Generales		Tecnología empleada (%)		
		Invernadero	Malla Sombra	Macro túnel	Total			Mex	US	Canadá	Fijos	Temporales	Activa	Semi-activa	Pasiva
Centro	39	429	12	5	446	87.020	81.683.144	22	70	7	3.149	1.044	38	26	36
Noreste	57	578	1.248	15	1.840	240.327	226.678.542	25	72	3	4.376	12.933	14	53	33
Noroeste	34	361	4.238	-	4.599	495.959	454.188.060	13	80	7	6.492	37.318	24	18	59
Occidente	113	2.016	382	41	2.438	441.289	386.245.651	15	80	5	22.643	12.841	41	34	26
Sur	3	12	-	-	12	2.480	1.400.081	7	88	5	45	80	0	100	0
Total	246	3.396	5.880	61	9.335	1.267.075	1.150.195.478	18	77	5	36.705	64.216	31	35	33
Participación %		36	63	1	100										

Fuente: AMHPAC, (febrero,2019).

La información del cuadro permite destacar la participación de cada región en cada uno de las variables que se exponen, en cuanto a socios de un total de 246 la región occidente es la que concentra el mayor número con 113 que poseen en promedio de 38 has/socio, mientras que el promedio más alto en número de socios lo ocupa la región de noroeste con 34, debido a que es la región en la cual se concentra la mayor superficie de agricultura protegida cercana a las 4600 has, que representa en 49% de las 9,335 has como superficie total, destacando que de esta superficie la malla sombra es la modalidad que predomina ocupando el 63%, siendo la región noroeste con mayor superficie con malla sombra, y la segunda modalidad en ocupación de superficie es el invernadero, ocupando el 36 % de las 9,335 has, siendo la región occidente que concentra mayor superficie de invernadero con un total de 2,016 has.

En lo correspondiente al volumen de producción y valor de la misma, las dos regiones que destacan son las dos regiones que concentran la mayor superficie de agricultura protegida que en orden de importancia es la noroeste y la occidente con un volumen de producción de 495,959 ton y 441,289 ton, respectivamente, de un total de 1,267,075 ton de producción obtenidas bajo agricultura protegida, conservando el mismo orden de importancia las dos regiones en cuanto a valor en dólares que generó la producción, la noroeste superó 454 millones y la occidente los 386 millones de un total generado de 1,150 millones de dólares.

Los destinos de la producción de agricultura protegida, es principalmente los EUA, dado que el 77% de la producción tiene como destino este mercado y el canadiense al cual se le exportó el 5.4% de la producción, el porcentaje restante se destina a otros países y al mercado nacional. La región sur es la que exporta el mayor porcentaje de su producción a los EUA, de un total de 2,480 ton. exportó el 88%, que en términos de volumen fue mucho menor a la exportación registrada por las dos regiones con mayores volúmenes de producción en agricultura protegida (noroeste y occidente) donde cada región exportó el 80% del volumen producido hacia los EUA. Las otras dos regiones, la centro y la noreste exportaron a EUA el 70 y 72% de su producción, respectivamente.

Por la intensidad en los procesos productivos utilizados en los cultivos predominantes en la agricultura protegida, el empleo generado es alto, tanto de mano de obra fija como mano de obra temporal, dependiendo el empleo temporal de la estacionalidad de las cosechas de los cultivos predominantes. En México, la agricultura protegida generó poco más de 100 mil empleos, siendo 36,705 empleos fijos y 64,216 empleos temporales. La región noroeste, la región con mayor empleo generado, siendo superior a los 43 mil empleos de los cuales poco más de 37 mil son empleos temporales, la segunda región en cuanto a empleos generados es el occidente que generó poco más de 35 mil empleos siendo en su mayoría empleos fijos 22,643 empleos.

Otro aspecto de gran importancia en la agricultura protegida, es la tecnología utilizada, siendo esta de tres tipos: activa, semi activa y la pasiva (los cuales se describieran anteriormente) influyendo directamente en los rendimientos obtenidos que de acuerdo al porcentaje de utilización por los socios de AMHPAC, estos son semejantes la activa (31%), la semi activa (35%) y la pasiva (33%). Las dos regiones que emplean el mayor porcentaje de la tecnología activa es el occidente (41%) y centro (38%), la tecnología semi activa es utilizada en mayor porcentaje en las regiones sur (100%) y región noreste (53%) y en lo correspondiente a la pasiva esta es utilizada en mayor porcentaje en la región noroeste (59%) y centro (36%).

## CONCLUSIÓN

Considerando los objetivos e hipótesis planteadas se puede concluir lo siguiente:

La agricultura protegida surge por la necesidad de producir bajo condiciones que pueden contrarrestar los efectos de las condiciones naturales en la producción agrícola y tener un control más adecuado de cada una de las etapas de desarrollo del cultivo, aumentando de esta manera las probabilidades de obtener una mayor productividad y calidad de producto, que en unidades de producción a campo o a cielo abierto.

La agricultura protegida se ha desarrollado en el mundo y nuestro país en torno a aquellos productos agrícolas con alto valor económico, integrando productos hortícolas que garantizan una rentabilidad para recuperar las altas inversiones requeridas en este tipo de agricultura.

Los tres productos de mayor importancia en cuanto a producción obtenida en agricultura protegida son el tomate rojo, chile y pepino, desarrollándose en torno a estos cultivos, variedades con mayores productividades a base de un manejo nutricional y de sanidad controlados.

En México, la agricultura protegida, y en particular bajo condiciones de invernaderos y malla sombra ha presentado tendencias positivas en cuanto a incremento en superficie sembrada, pasando de 132 en 2003 hectáreas a 42,515 hectáreas en el año 2017. Esto significa un incremento de 42,383 has, correspondiendo en promedio a 3000 hectáreas por año.

En México, en los últimos años la agricultura protegida se practica en la gran mayoría de los estados, pero los de mayor relevancia son: Sinaloa, Jalisco, Baja California, México y Chihuahua, que en conjunto concentran el 59.42% de un

total de 23,256 has como superficie sembrada en este tipo de agricultura y el 24.71% de la producción (25,814 ton).

En cuanto al mercado, un porcentaje considerable de la producción obtenida bajo la agricultura protegida es destinada a la exportación, dado la calidad, volumen y periodos exigidos en estos mercados, jugando un papel fundamental en la planeación de la producción bajo ambientes controlados. El 99% de las exportaciones de tomate rojo, pepino y chile bell son hacia Estados Unidos.

Por lo anterior se comprueba la hipótesis dado que la agricultura protegida ha tenido impacto significativo en el ámbito nacional, siendo una actividad que facilita el mejor control y manejo de la producción en diferentes regiones del país y con respecto a las demandas continuas del producto, los agricultores están comprometidos a producir durante toda la época del año, por esta condición la actividad ha sido rentable y con mayores crecimientos en los últimos años, orientándose un porcentaje considerable de la producción a la exportación, principalmente hacia los EUA.

## RECOMENDACIONES

- En la implementación del sistema de agricultura protegida en una unidad producción se recomienda la consulta a técnicos especializados con la finalidad de satisfacer de manera eficiente las necesidades demandadas por ella, desde la planeación de los recursos a utilizar hasta el manejo adecuado del o los cultivos a establecerse.
- Para los apoyos que brinden las instancias gubernamentales a través de programas de fomento en cualquiera de las modalidades de agricultura protegida, se recomienda que estos sean integrales, de tal manera que los productores encuentren una complementación a sus inversiones destinadas a la construcción y/o ampliación de instalaciones, adquisición de insumos y equipo, hasta apoyos en la comercialización de sus productos con la finalidad de obtener mejoras en su unidad de producción, tanto en lo técnico como en lo económico.
- Implementar programas de mejora y capacitación a técnicos en la formulación e implementación de proyectos productivos ligados a la agricultura protegida.
- Ampliar los programas de fomento a la producción agrícola en cualquiera de las modalidades de la agricultura protegida, con la finalidad de incrementar empleos directos e indirectos en las distintas regiones del país, dado que los cultivos agrícolas producidos bajo este sistema son de alta demanda de mano de obra.
- Fomentar la producción de productos agrícola en agricultura protegida con destino a la exportación, con la finalidad de generar inversiones, empleos y divisas para el país.

## BIBLIOGRAFÍA

- AMHPAC, (2018). Asociación Mexicana de Horticultura Protegida AC. Agricultura Protegida en México. <http://amhpac.org/2018/images/PDFoficial/HorticulturaenMexico.pdf>
- Arreguín Cortés Felipe I., et. al. (2015). Informe Final. “Estudio y Desarrollo de Tecnología Modular para una Agricultura Protegida Sustentable”. Coordinación de Riego y Drenaje Subcoordinación de Ingeniería de Riego. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Jiutepec, Morelos.
- Ascencio Álvarez Ada, INIFAP, (2014). <https://www.horticultivos.com/agricultura-protegida/invernaderos/manejo-agronomico-del-cultivo-en-agricultura-protegida-3/>
- Bastida Tapia Aurelio (2013). Los invernaderos y la agricultura protegida en México. Universidad Autónoma. Chapingo. Chapingo, México, <https://docplayer.es/25234472-Presentacion-aurelio-bastida-tapia.html>.
- Bastida Tapia Aurelio (2017). Sexto congreso internacional de investigación en ciencias básicas y agronómicas. Evolución y Situación Actual de la Agricultura Protegida en México. 22 y 23 de septiembre. [http://dicea.chapingo.mx/wpcontent/uploads/2018/05/MEMORIA\\_MESA\\_3\\_2CONGRESO2017.pdf](http://dicea.chapingo.mx/wpcontent/uploads/2018/05/MEMORIA_MESA_3_2CONGRESO2017.pdf)
- Bastida-Tapia A, J.A. Ramírez-Arias, (2011). Los Invernaderos en México. Estructuras utilizadas en la agricultura Chapingo, México. Universidad Autónoma Chapingo. Revista Fuente Año 3 No. 8 Julio - septiembre 2011 27 ISSN 2007 – 0713 <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-08/4.pdf>

Camacho Ponce José ángel, (2015). Universidad Autónoma de Baja California Sur. Tesis de Maestría. Determinación de áreas con potencial para el establecimiento de agricultura protegida en baja california sur. La Paz, Baja California Sur, México. <http://biblio.uabcs.mx/tesis/te3443.pdf>

Cedillo Portugal Eugenio, Calzada Sandoval María Luisa (2012). La horticultura protegida en México situación actual y perspectivas. Revista multidisciplinaria de la División de Ciencias Sociales, FES Aragón, UNAM. México, DF, México. 22 de mayo de 2012. [https://issuu.com/fesaragon/docs/horticultura\\_protegida\\_en\\_mexico](https://issuu.com/fesaragon/docs/horticultura_protegida_en_mexico)

Diario oficial de la federación, (2008). Secretaria de Gobernación [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5052108&fecha=08/07/2008](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5052108&fecha=08/07/2008)

Gaxiola Carrasco Héctor E. (2012). Agricultura protegida: competitividad mundial, mexicana y sinaloense. Universidad Autónoma de Sinaloa. <http://148.202.248.171/expreeco/index.php/eera/article/download/50/50>

Pérez Rufino, (2010). 46th Reunión de la Sociedad Caribeña de Cultivo Alimenticios. Kraft Foods Global, USA. Boca Chica, Republica dominicana, <https://www.yumpu.com/es/document/read/45149957/el-manejo-post-cosecha-en-la-agricultura-protegida-cedaf>

Rizo Erandy y Reho Ana Isabel (2017). Universidad del valle de Atemajac. Maister Media Worldwide México Revista productores de Hortalizas. <https://www.thinglink.com/scene/994831925786968066>

Rodríguez Iván, Posas Francisco. (2014). AGRICULTURA PROTEGIDA. Innovación tecnologica. pymerural., disponible en [http://www.agronegocioshonduras.org/wpcontent/uploads/2014/06/agricultura\\_protegida.pdf.tegucigalpahondura.](http://www.agronegocioshonduras.org/wpcontent/uploads/2014/06/agricultura_protegida.pdf.tegucigalpahondura)

Santiago Alejo, et. al. (2011), Estructuras utilizadas en la agricultura protegida, Unidad Académica de Agricultura, Universidad Autónoma de Nayarit, Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Revista Año 3 No. 8. <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-08/4.pdf>.

Secretaría de Economía - INAES, (2013). Principales cultivos de exportación, en [http://www.inaes.gob.mx/doctos/pdf/transparencia/DiagnosticoPFES/DIAGNOSTICO\\_INAES.pdf](http://www.inaes.gob.mx/doctos/pdf/transparencia/DiagnosticoPFES/DIAGNOSTICO_INAES.pdf)

SIAP, (2017). Sitio: <https://www.gob.mx/siap/articulos/agricultura-protegida-el-valor-de-la-produccion-bajo-esta-tecnica-crecio-47-9-en-2016?idiom=es>

Solís Gómez Carlos Ernesto, 2015, Agricultura Protegida, Vol.9, No.5. Boletín de la Oeirus Tamaulipas, SAGARPA, disponible en [http://www.campotamaulipas.gob.mx/boletines/BOLETIN\\_OEIDRUS\\_V9\\_5.pdf](http://www.campotamaulipas.gob.mx/boletines/BOLETIN_OEIDRUS_V9_5.pdf)

Tejada Vélez Einstein H y Estrada Paredes Juan José (2012), Primera Guía para la construcción de invernaderos o fitotoldos. DIPECHO BINACIONAL, PERO - BOLIVIA VII PLAN DE ACCIÓN, Coordinación Nacional UCER FAO Bolivia. <http://www.fao.org/3/a-as968s.pdf>