



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ARAGÓN**

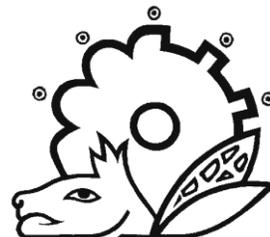
**LA PRODUCCIÓN DE CHILE JALAPEÑO Y POBLANO  
EN INVERNADERO: ESTUDIO DE CASO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN 2008**

**TESIS  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
LICENCIADO EN PLANIFICACION PARA EL  
DESARROLLO AGROPECUARIO**

**PRESENTA  
JAVIER NAVARRETE ROMÁN**

**DIRECTOR DE TESIS:  
ING. EUGENIO CEDILLO PORTUGAL**

México Marzo 2010





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*Quiero seguir recorriendo el mundo,  
agradeciendo a Dios todo cuanto me a dado.*

*Agradezco a Dios por permitirme  
escribir estas líneas*

*Agradezco el amor de los míos,  
tener a mis padres, por brindarme su apoyo en todo momento.*

*A mis hermanos Mario, Angel, Anahí y Lilitiana por estar siempre  
cerca y mantenerse en el camino que hemos recorrido juntos.*

*A mis profesores que me han compartido su experiencia, su  
conocimiento,  
y la sabiduría que me han dado y sobre todo el tiempo que me han  
dedicado*

*A mis amigos; ellos saben quiénes son. Por sus preciados consejos y  
gratos momentos.*

*GRACIAS*

## ÍNDICE

Introducción.....	5
Objetivos	8
Diseño de la investigación	
• Planteamiento del problema	8
• Justificación	10
• Metodología	11
Capitulo 1 Agricultura protegida.....	12
1.1 Producción bajo invernadero	13
1.2 Los invernaderos en México	16
1.3 Superficie y zonas productoras	19
1.4 Tecnologías disponibles en México	21
1.4.1 Proyectos de tecnología intensiva	22
1.4.2 Proyectos de tecnología extensiva	22
1.5 Cultivos bajo invernadero	23
1.6 Importancia de los invernaderos	24
1.7 Diseño agronómico de los invernaderos	26
1.8 Tipos de invernadero	27
1.8.1 Invernadero plano o tipo parral	27
1.8.2 Invernadero en raspa y amagado	29
1.8.3 Invernadero asimétrico o Inacral	30
1.8.4 Invernadero de capilla	31
1.8.5 Invernadero de doble capilla	33
1.8.6 Invernadero tipo túnel	33
1.8.7 Invernadero con ventana cenital	34
1.8.8 Invernaderos de cristal o tipo venlo	36
1.9 Componentes básicos de un invernadero	37
1.9.1 Estructura	37
1.9.2 Cubiertas	38
1 Vidrio	39
2 Plásticos	40
1.9.3 Malla Antiáfidos	49
1.9.4 Malla piso	50
1.9.5 Sistemas de protección ambiental	51
Capitulo 2 El sistema hidropónico.....	53
2.1 Principios de la hidroponía	54
2.2 Sistemas de hidroponía	54
1 El cultivo en agua	54
2 El cultivo en sustrato	54

2.3 Ventajas y desventajas de la hidroponía	55
2.4 El Sustrato	56
2.5 El Sistema de riego	58
2.5.1. Sistemas de riego en hidroponía	59
2.6 Componentes básicos de un sistema hidropónico	64
2.7 Fertiirrigación o Nutrición Vegetal	65
2.8 Elementos Esenciales	65
2.9 Factores que intervienen en la absorción de los Nutrimentos	67
Capitulo 3 La producción de chile en México.....	68
3.1 Origen	68
3.2 Nomenclatura	69
3.3 Taxonomía	69
3.5 Importancia internacional del chile	70
3.6 Importancia nacional del chile	74
3.7 Siembra y producción	74
3.8 Chile jalapeño	78
3.8.1 Zonas productoras	78
3.8.2 Calidades de chile jalapeño	80
3.8.3 Características	80
3.8.4 Usos del chile jalapeño	81
3.9 Chile Ancho o Poblano	81
3.9.1 Zonas productoras de chile ancho o poblano	81
3.9.2 Descripción del tipo ancho	81
3.9.3 Épocas de cosecha	82
3.9.4 Caracteres de calidad del fruto	82
3.10 Comercio	84
Capítulo 4 La producción de chile jalapeño y poblano en invernadero; Estudio de caso Facultad de Estudios Superiores Aragón 2008.....	87
4.1 Características de la FES Aragón	88
4.2 Características del Invernadero de la FES Aragón	92
4.2.1 Manejo de cultivo	93
4.2.2 Preparación de invernadero	93
4.3 El cultivo del chile jalapeño variedad “Chichimeca”	95
4.4 Chile poblano variedad “vencedor”	96
1 Siembra o almacigo	97
2 Etapa vegetativa o Transplante	97
3 Etapa de floración	98
4 Tutorio	99
5 Podas	99
6 Etapa de Fructificación y Corte	100
4.5 El sistema de Riego	102

1 Conductividad Eléctrica (CE)	103
2 El pH	103
3 Solución Nutritiva	104
4 Rendimientos obtenidos por cultivo	107
4.6 Monitoreo de Elementos Climáticos	109
Capitulo V Propuesta de proyecto cultivos bajo ambiente protegido.....	111
5.1 Ventajas y desventajas de la agricultura protegida	113
5.2 Plan de trabajo individual o colectivo	114
5.3 Mercado para productos obtenidos bajo el sistema (invernaderos)	115
5.4 Características de productos de este sistema	115
5.5 Cotización de invernaderos precios reales	116
5.6 Cálculos Inversión para invernadero de superficie de 500 m2	116
Conclusiones.....	120
Recomendaciones.....	123
Fuentes de información.....	124
• Bibliografía	
• Hemerografía	
• Páginas de internet	

## Introducción

El presente trabajo tiene por objeto estudiar el cultivo del chile jalapeño y poblano bajo invernadero; como opción de nuevos cultivos en invernadero de hortalizas, para ofrecer una alternativa distinta al cultivo del jitomate y otras hortalizas importantes para la dieta básica del mexicano. Además, el cultivo del chile se encuentra en franco crecimiento no solo en México sino en el extranjero.

El chile *Capsicum* representa una tradición cultural, ya que se considera como una de las primeras plantas cultivadas en Mesoamérica, en especial el *Capsicum annum* que se domesticó desde la época prehispánica y es común observarlo en mesas de las diferentes clases sociales de este país.

Junto con la calabaza, el maíz y el frijol, el chile fue la base de la alimentación de las culturas de Mesoamérica, originado entre Perú y Bolivia, y domesticado por primera vez en México.

De América, el chile fue llevado a Europa, Asia y África por los conquistadores españoles y portugueses, y se convirtió en un cultivo de uso mundial.

El cultivo del chile se ha extendido a todo el territorio nacional, ubicándose en regiones desde altitudes a nivel del mar hasta aquellas que se cultivan a una altura de 2500 m.s.n.m.

La superficie sembrada nacional fluctúa alrededor de las 180 mil hectáreas, de las cuales más del 90% cuenta con sistemas de riego. El rendimiento presenta grandes diferencias entre la siembra con riego y la de temporal, desde 38 ton/ha en el cultivo de chile en condiciones de riego, hasta 0.14 ton/ha (es decir 140 kg) en chile de temporal. Regularmente el rendimiento bajo sistema de riego es por lo menos del doble. (Conaproch, 2006).

De la superficie total de chile en México se siembran alrededor de 45 mil hectáreas de chile jalapeño con un volumen de producción de 580,559 ton/año. (Siacon 2005).

La región más destacada es: Delicias Chihuahua, en donde se siembran cultivares e híbridos de tipo jalapeño. Estos chiles se siembran bajo riego y en consecuencia, en esta región se obtienen buenos rendimientos. Además hay otras regiones en las cuales se cultiva este tipo de chile en pequeña escala (áreas reducidas en los estados de Jalisco, Nayarit, Sonora, Sinaloa y Chiapas, en una superficie total de unas 1,000 ha). (Conaproch, 2006).

En México se cultivan anualmente más de 35 mil hectáreas con el tipo de chile ancho o poblano bajo condiciones de riego con un volumen de producción de 254,802 ton/año (Siacon, 2005) y siguiendo el sistema de trasplante de plántulas producidas en almácigos. (Conaproch, 2006).

El cultivo de este chile se cree, se haya iniciado en las cercanías de la Ciudad de México, quizás en el Valle de Puebla, por lo cual se les conoce como “chile poblano” al consumirse en estado verde.

Las zonas productoras están ubicadas principalmente en los valles semiáridos del área central del país correspondiente a los estados de Guanajuato, San Luis Potosí, Durango, Zacatecas y Aguascalientes; en toda esta área, el cultivo se hace bajo riego.

Hay algunas otras zonas de menor importancia en la costa de los estados de Sinaloa, Nayarit, Coahuila y Baja California Sur.

La producción de chile en invernadero en la zona centro del país es una opción viable, debido a que hay un mercado de 20 millones de habitantes en la zona metropolitana de la ciudad de México, es un producto que se utiliza prácticamente en todas las comunidades y la demanda es constante.

Por lo antes mencionado, producir chile jalapeño y poblano bajo invernadero es una opción ya que se puede realizar en cualquier lugar, tomando los factores que existen en el entorno para adecuar este sistema y poder producir sin problema alguno.

Con este trabajo conoceremos los sistemas hidropónicos bajo invernadero que contribuyen dando alternativas de producción nacional principalmente para hortalizas donde se produce de manera intensiva; ya que en la actualidad nos hemos encontrado con la llamada frontera agrícola; donde ya no hay más territorio para crecer.

Además se explican las ventajas y desventajas de este sistema para poder recomendarlo como una alternativa de producción de cultivos hortícolas intensivos

Una parte importante de la información e investigación se derivó de la realización del servicio Social en un periodo de 480 horas lo que permitió observar directamente los procesos productivos y construir registros fehacientes de la investigación.

Este trabajo se realizó en el centro de Prácticas Productivas de la Licenciatura de Planificación para el Desarrollo Agropecuario que se imparte en la Facultad de Estudios Superiores Aragón surgió como parte del Servicio Social y la curiosidad por conocer acerca de los sistemas de agricultura protegida y que relación tiene con la licenciatura mencionada y su importancia para la misma.

El Centro de Prácticas Productivas de la Carrera en Planificación para el Desarrollo Agropecuario, comprende una superficie de 1000 m<sup>2</sup> e inició operaciones el 16 de marzo de 2005. La infraestructura con que cuenta

actualmente con 3 invernaderos, uno de tipo rústico de 130 m<sup>2</sup> y los otros dos de tecnología media, uno usado para producir varios tipos hortalizas como chiles, lechuga, fresas, etc.; y el segundo exclusivamente para la producción de flores como son las lilis y el Tulipán de con una extensión cada uno de 158 m<sup>2</sup>.

El Centro de Prácticas Productivas tiene como objetivo primordial: formar y capacitar a los estudiantes desde una perspectiva teórica y práctica en el área de manejo de sistemas tecnológicos, apoyar a los profesores en su proceso de enseñanza-aprendizaje, ser un espacio de difusión de la Licenciatura, complementar la formación económica y financiera en el ámbito de los proyectos productivos y ser un centro de servicios a la comunidad universitaria a través de la venta de los productos generados y por medio de la difusión de la agricultura tecnificada. (tomado del reglamento interno del Centro de Prácticas Productivas, 2008).

## **Objetivos**

### Objetivo General:

Conocer el sistema de producción del chile poblano y jalapeño en invernadero; así como describir su proceso productivo aprovechando esta alternativa como medio productivo para diferentes hortalizas; y utilizar ésta información en la formulación de proyectos productivos bajo ambientes protegidos.

### Objetivos Particulares:

- 1.- Identificar la importancia de la agricultura protegida y los invernaderos en la producción nacional.
- 2.- Ampliar el conocimiento e identificar los principales componentes de un sistema de producción en invernadero.
- 3.- Reconocer los sistemas hidropónicos existentes y sus diferentes elementos.
- 4.- Realizar una propuesta para cultivos bajo ambientes protegidos (invernadero).

## **Planteamiento del Problema**

La agricultura a cielo abierto o convencional ya llegó a su límite, los incrementos en la producción ya no se pueden dar por el aumento en la superficie de cultivo y los incrementos por unidad de superficie mediante estos sistemas de producción son muy pobres.

Actualmente, la superficie agrícola a cielo abierto en México ha dejado de crecer. Desde una perspectiva de agricultura convencional, casi toda la superficie económicamente cultivable se está utilizando actualmente. Los principales factores que impiden ampliar la superficie de cultivo son los siguientes:

- a) El suelo. El 64% del territorio nacional se descarta de un uso agrícola por ser demasiado montañoso (25% o más de pendiente) o suelos muy delgados como producto de la erosión.
- b) El agua. En el 50% del territorio nacional la precipitación es insuficiente y mal distribuida estacionalmente, generalmente este mal temporal coincide con las pocas regiones donde los terrenos son planos. Además que los riesgos por granizadas, sequías prolongadas y excesos de humedad son cada vez más frecuentes.

c) Clima. En la mayor parte del centro y norte del país, existe un régimen de heladas tempranas y a veces muy tardías que limitan el calendario agrícola, las especies que se pueden cultivar y el número de cosechas que pueden lograrse.

d) Ineficiencia en el uso del agua de riego. En México la eficiencia en el uso del agua del riego es de alrededor del 40%, ya que se tienen problemas en la conducción del agua por los canales no revestidos y en la distribución parcelaria del agua por la topografía del terreno y un mal diseño del sistema de riego. Esto ocasiona pérdidas por infiltración y evaporación del agua.

e) Plagas y Enfermedades. Además de estos factores agregamos las enfermedades en los monocultivos que son mas frecuentes la presencia de bacterias, hongos, debido al uso o abuso de productos fitosanitarios, a la perdida de calidad natural de los suelos resultando insuficientes los abonos naturales para los cultivos etc.

f) Cambio del uso del suelo. Actualmente existe una presión muy fuerte sobre el suelo agrícola por la demanda de vivienda, especialmente cerca de las zonas urbanas.

g) Mercado. Este factor en México representa un gran obstáculo ya que al tener cultivos a cielo abierto se necesita de gran inversión en todo el proceso agrícola y no arroja grandes ganancias en el mercado debido a la competencia de productos de importación es mas para algunos productores presentan perdidas y solo optan producir para el autoconsumo.

Por estos motivos es necesario recurrir a nuevas formas de producción es decir agricultura protegida que implique necesariamente el desarrollo de nuevas tecnologías que controlen o minimicen los factores anteriormente expuestos y que se adapten a las nuevas condiciones del país.

Las nuevas formas de producción deberán ser altamente productivas por unidad de superficie, cultivar especies rentables para mejorar el ingreso del productor, adaptarse a los suelos y agua con ciertas restricciones de uso y a las condiciones climáticas adversas. Deberán utilizar el agua de una manera eficiente, obtener varias cosechas al año y utilizar la mano de obra familiar o local en forma permanente.

Es importante señalar que cualquier tecnología que reúna los requisitos anteriores, para que pueda ser exitosa, deberá apoyarse de una correcta planeación, crédito, asesoría técnica y apoyo en la comercialización de los productos obtenidos. También se debe aclarar, que la adopción de este tipo de tecnologías no implica necesariamente desplazar totalmente el cultivo de especies básicas como el maíz y el frijol, ya que éstos cultivos no requieren un trabajo intensivo, por lo cual puede inclusive combinarse el trabajo de ambos sistemas productivos, buscando mejorar el nivel de vida de la gente que depende de ésta actividad.

## Justificación

En el ámbito de la agricultura protegida y los invernaderos predomina la idea de que en México apunta a ser la región con mayor superficie de invernaderos en el continente americano; por su cercanía al mercado de una de las regiones con mayor desarrollo económico y que las hortalizas son y seguirán siendo la base de la agricultura bajo invernadero.

Durante los próximos años se espera que México sea una de las regiones donde más se desarrollen cultivos bajo invernadero debido a varios factores principalmente la demanda de hortalizas frescas, y a las diversas condiciones ambientales que permiten producir a bajo costo.

Existen diversos productos que ya se cultivan bajo el sistema de agricultura protegida o invernaderos como lo son:

1. Jitomate
2. Pimiento
3. Cebollín
4. Berenjena
5. Lechuga
6. Pepino
7. Flores ornamentales
8. Forraje verde hidropónico
9. Fresa

La demanda de hortalizas frescas seguirá creciendo, ya que es parte de la cultura alimenticia del mexicano.

En México existe todo tipo de invernaderos de diversos tamaños, dimensiones, superficie cubierta y niveles tecnológicos. Su crecimiento ha sido exponencial y cada año se suman entre 200 y 250 hectáreas a las ya existentes.

La mayor parte de los invernaderos instalados en México son de empresas de países desarrollados como Holanda, España, Israel, Estados Unidos y Canadá y una pequeña parte de productores nacionales. (2000 Agro, 2006)

Respecto a la superficie, existen unidades menores a 500 metros cuadrados que corresponden a pequeños productores, hasta algunas empresas que poseen más de 100 hectáreas de invernaderos. En materia tecnológica, hay estructuras rústicas y otras completamente computarizadas. (2000 Agro, 2006)

Todos los factores antes mencionados hacen proyectar que el futuro en materia de invernaderos es promisorio y puede convertir a México en un país destacado en la producción bajo este sistema de agricultura protegida. (2000 Agro, 2006)

La producción bajo invernadero es una excelente alternativa, ya que permite el control adecuado de todos los factores que inciden en la producción agrícola,

pudiendo programar las épocas de siembra y cosecha de acuerdo a la demanda de los productos que de ella se obtienen. Además de obtener productos de mayor calidad y con menor uso de plaguicidas, ya que se encuentran en un ambiente controlado, donde las plagas y enfermedades son mínimas.

Por otro lado, la producción de hortalizas en México ha tenido un crecimiento anual constante del orden del 30% de crecimiento sin precedente dentro de cualquier actividad agrícola (Muñoz y Castellanos, 2003). En México se cultivan aproximadamente 420 mil hectáreas de hortalizas, siendo las más importantes por la superficie cosechada el chile verde, jitomate, papa, sandía y melón.

Existen regiones que ofrecen grandes posibilidades para producir rentablemente hortalizas de invernadero, actualmente se cultivan bajo invernadero y malla sombra aproximadamente 2,208 hectáreas (Steta, 2004), las especies más cultivadas bajo este sistema productivo son el jitomate, el pimiento y el pepino. Creemos que México puede competir exitosamente con otros Países como Canadá, España y Holanda. Sin embargo, es importante generar tecnología de acuerdo al nivel de nuestros recursos humanos y a las condiciones ambientales del territorio nacional.

Por lo anterior se deben aprovechar estas alternativas para producir diferentes cultivos por eso la importancia de conocer las características del chile jalapeño y poblano bajo este sistema y manejar las técnicas apropiadas para el éxito de este cultivo; ya que juega un papel importante en la dieta básica del mexicano; su consumo por persona es mayor que el consumo de arroz y papa. (Conaproch 2008)

## **Metodología**

Para este estudio se utilizó el método sistémico ya que trataremos de analizar la producción bajo invernadero para lo cual se identifican los diferentes componentes de este sistema y su interrelación para lograr su éxito esperado.

El propósito de utilizar el método sistémico es por que nos presenta la totalidad organizada con problemas complejos determinados por la confluencia de factores del medio físico - biótico y abiótico, las actividades productivas a realizar, el desarrollo tecnológico, las relaciones y la organización social, económica, y productiva, que nos permite analizar el comportamiento y evolución como unidad (invernaderos). (Speeding, 1997).

Bajo este enfoque se identifican los componentes, las interacciones entre si, como también los componentes externos de este sistema; para el conocimiento amplio de invernaderos desde su construcción hasta el manejo adecuado.

Además se recurrió a información documental como revistas, paginas de Internet, recopilación de información de campo (seguimiento técnico del cultivo de chile bajo hidroponía, solución nutritiva, fertiirrigación, monitoreo de elementos climáticos, practicas culturales, riego y rendimientos de producción, etc.) necesaria para la elaboración de este trabajo.

## Capítulo 1 Agricultura protegida

La agricultura protegida se define como un sistema o paquete tecnológico de producción de estructura cerrada cubierta por materiales transparentes o semitransparentes, malla antiáfidos o malla sombra; que permite obtener condiciones artificiales de microclima para el cultivo de plantas, flores, hortalizas y hasta frutas, fuera de estación en condiciones óptimas. A pesar de que este tipo de cultivo se conoce comúnmente como invernadero, el término no es correcto, ya que México no requiere de condiciones de hibernación para sus cultivos debido a que no presenta altas condiciones de frío, “por lo cual se le denomina agricultura protegida”.

La agricultura protegida mediante el uso de plásticos representa una excelente opción para el campo mexicano ya que soluciona uno de los grandes problemas de este país que es la escasez de agua. El 58% del agua para uso doméstico se desperdicia en la agricultura ya que un porcentaje muy alto se evapora; en cambio, con la agricultura protegida, únicamente se le proporciona el agua que requiere, teniendo ahorros del 50% en comparación con cultivos a campo abierto

Hay diferentes tipos de agricultura protegida los más usados en México son:

Cuadro 1. Tipos y características de agricultura protegida.

TIPOS	CARACTERISTICAS
Micro túneles (pequeñas construcciones con estructura de plástico) o también llamado Acolchados	Cubierta de plástico que protege los surcos y no permite trabajar en su interior; uso de fertirriego
Macro túnel. Pequeñas construcciones con estructura y plástico	Cubierta de plástico protege los surcos y permite trabajar en su interior; uso de fertirriego
Casa sombra. Con mallas antiafidos o malla sombra	Se utilizan recipientes de plástico en algunos casos y solo se utiliza riego por goteo permite trabajar en su interior; uso de fertirriego
Invernaderos	Incluye malla antivirus, sistema de riego por goteo, equipos operados por dispositivos mecánicos y eléctricos calentadores de gas con encendido automático, se puede tener cultivos hidropónicos en su interior en casos exclusivos o de mayor inversión se tiene programas para controlar la temperatura, los sistemas de riego y aspersión o nebulización, preparación de soluciones nutritivas automatizados

Fuente Elaboración propia

México posee gran diversidad de ambientes agroclimáticos producto de la complicada topografía resultado de una gran actividad tectónica. Más del 65% del territorio se encuentra por arriba de los 1 000 msnm y cerca del 47% tiene pendientes por arriba del 27%. La variabilidad climática está relacionada con los grandes cinturones de vientos, su gran complejidad topográfica, la anchura variable del continente, las corrientes marinas, la trayectoria de las tormentas de verano y las masas polares. En cuanto a humedad, el 56% del territorio

corresponde a zonas áridas que dominan centro—norte del país, 37% es subhúmedo y se presenta en las sierras y planicies costeras del pacífico, Golfo de México y parte de Yucatán y 7% zonas húmedas básicamente en el Golfo de México. El 37% del territorio es cálido, 39% semicálido, 23% templado y el 1% frío y semifrío. Por otro lado, el diagnóstico sectorial 2001-2006 encontró que de los 198 millones de hectáreas que conforman el territorio nacional, el 16% son tierras agrícolas, 61% de agostadero y 23% bosques y selvas. En 1960 el promedio per cápita fue de 0.75 ha, actualmente es de 0.34 y para el año 2010 se espera sea de 0.25 ha. El 60% de las unidades de producción tienen 5 has o menos. (Rodríguez, 2007).

Con este breve análisis se pretende resaltar que la producción bajo agricultura protegida es una necesidad cada vez más apremiante, ante los cambios climatológicos tan drásticos que están sucediendo a nivel mundial, la escasez de agua y suelo, así como una alta incidencia de plagas y enfermedades, por todo ello, es necesario estudiar diferentes alternativas tecnológicas que resuelvan el problema de la baja productividad del sector agrícola, que incide directamente en la producción de alimentos en el mundo.

Actualmente existen diferentes tecnologías que ofrecen mejoras sustantivas a la producción agrícola, por ejemplo los acolchados plásticos, las casas sombra, cubiertas plásticas e invernaderos, obviamente con sus respectivos paquetes tecnológicos que incluyen semillas mejoradas, agroquímicos y uso eficiente del agua. De estos el que representa las mayores ventajas es el invernadero, ya que combinado con la técnica hidropónica, los factores que inciden en la producción se controlan casi en su totalidad, por lo cual la producción es segura, altamente productiva por unidad de superficie y de muy buena calidad. Esto es más palpable, cuando se automatiza el sistema de producción, ya que el funcionamiento del invernadero es más controlable, y no depende exclusivamente de la supervisión del personal.

### **1.1 Producción bajo invernadero**

Un invernadero es una estructura cubierta por materiales translúcidos, ya sea plásticos, mallas o vidrios entre otros, dentro del cual su finalidad es obtener un microclima (luz, temperatura, humedad) para favorecer el crecimiento de las plantas.

La producción de cultivos bajo invernadero principalmente hortalizas es una de las técnicas más modernas que se utilizan actualmente en la producción agrícola. La ventaja del sistema de invernadero sobre el método tradicional a cielo abierto, es que, bajo invernadero, se establece una barrera entre el medio ambiente externo y el cultivo. Esta barrera limita un microclima que permite proteger el cultivo del viento, lluvia, plagas, enfermedades, hierbas y animales. Igualmente, esta protección permite al agricultor controlar la temperatura, la cantidad de luz y aplicar efectivamente control químico y biológico para proteger el cultivo. Es por ello que mediante tecnología de invernaderos es posible el caso del jitomate, de 7

kg/m<sup>2</sup> en las mejores condiciones de cielo abierto y buena tecnología de riego a 15 kg/m<sup>2</sup> en invernaderos manuales o 50 kg/m<sup>2</sup> con tecnología automatizada. (Cuadro 2)

Cuadro 2 Comparativas de producción de jitomate en 3 tipos de sistemas

Sistema	Consumo de agua Litros/m <sup>2</sup>	Rendimiento kg/m <sup>2</sup>	Rendimiento Litros/kg
Campo abierto	624	7	89
Invernadero con sistema hidropónico abierto	1,200	25	48
Invernadero con sistema hidropónico cerrado	1000	50	20

Fuente: Domínguez *et al.* 1999

Uno de los obstáculos para la introducción de esta tecnología en México ha sido el nivel de inversión requerida. Un invernadero holandés cuesta aproximadamente 100 dólares el metro cuadrado y un canadiense 50 dólares, esto incluye el invernadero y un control de riego y temperatura. Este tipo de inversiones se encuentran fuera del alcance de muchos de nuestros productores, por lo que es necesaria la oferta de tecnología a costos menores.

En lo referente al área de control climático, uno de los temas más actuales de investigación en la producción de cultivos bajo invernadero es en torno a los parámetros adecuados de las diferentes variables climáticas para obtener el mejor cultivo posible. Un control estricto en los cambios de temperatura, de la cantidad de luz durante los diferentes estados de crecimiento de la planta, la cantidad de CO<sub>2</sub> en el ambiente, la humedad y otras variables tienen un efecto directo en el crecimiento de la planta, así como en la calidad del fruto.

Dentro de los diversos elementos que han sido investigados como factores que afectan la producción y calidad, se encuentran los siguientes: luz, temperatura, humedad, CO<sub>2</sub>, agua, nutrientes y viento (Papadopoulos, 1996). Con la utilización de modelos de producción de cultivos que trabajen con base en la influencia de estas variables en los procesos fisiológicos de la planta (fotosíntesis, respiración, etcétera) y en el proceso de desarrollo y crecimiento de la planta, se pueden lograr aumentos en el rendimiento de la producción así como en la calidad del fruto. El modelo establece los niveles adecuados de cada variable durante los diferentes estados de desarrollo de la planta, este modelo se transfiere al sistema de control del invernadero el cual permite una mejor administración del crecimiento del cultivo. Actualmente tenemos una tecnología de invernaderos desde la construcción de invernaderos (estructura) adecuada al clima mexicano, que cumple las normas europeas y estadounidense, hasta el diseño de los dispositivos de automatización (sistemas de ventilación) y un sistema de control inteligente para el control climático y riego, así como sistemas de dosificación de fertilizantes; lo que permite ser competitivos en este mercado.

Trabajar bajo invernadero además es, una de las soluciones a la problemática del agua en el país, de acuerdo a la Comisión Nacional del Agua 80% del consumo de agua en el país se realiza para actividades agrícolas, es por ello que un sistema que haga un uso más eficiente del mismo es de vital importancia.

De manera general 70% de los ambientes en que se práctica la horticultura en México se ubica en climas de trópico o subtropical árido o semiárido. En tales condiciones la disponibilidad de agua se va haciendo cada vez más restringida tanto por la demanda de la creciente población como por la falta de recarga suficiente de los acuíferos.

El uso del agua para el riego de hortalizas se refleja en costos cada vez más altos. Se estima que en el país, en las hortalizas se tiene un desperdicio por la práctica actual de riego de por lo menos 40%. Existen casos más críticos o más conocidos, por ejemplo, en Guanajuato para regar las hortalizas salen de los acuíferos 416.25 millones de m<sup>3</sup> de agua, en promedio llegan a los campos de cultivo 307.91 millones de m<sup>3</sup> y se estima que para regar la superficie hortícola sólo se requieren 121.86 millones de m<sup>3</sup>. En este caso la ineficiencia a nivel parcelario es poco más de 150% y de casi 250% en todo el proceso.

Otro punto importante de la producción bajo invernadero es la generación de empleos fijos, el gran problema del campo es que la siembra tradicional involucra el plantar, emigrar y regresar a cosechar, lo que no crea más allá de empleos temporales que son durante la siembra y en la cosecha, los invernaderos necesitan mano de obra fija debido a las diversas actividades que hay que hacer en su interior, se estima que un invernadero de 2000 metros cuadrados genera 4 empleos fijos directos y 10 indirectos, es por ello la importancia de ver los invernaderos como un factor de desarrollo rural en zonas estratégicas del país.

Así mismo, la productividad por metro cuadrado se incrementa en varias veces al usar tecnología de invernaderos. En un invernadero, es posible manejar un clima adecuado para la planta o cultivo; con un sistema de invernadero se ahorra agua para el riego, se controla el clima y se evitan errores, logrando aumento de producciones pasando de 15 kg hasta 50 kg en sistema de invernadero.

La producción bajo invernadero es una alternativa, ya que permite el control adecuado de todos los factores que inciden en la producción agrícola, pudiendo programar las épocas de siembra y cosecha de acuerdo a la demanda de los productos que de ella se obtienen. Además de obtener productos de mayor calidad y con menor uso de plaguicidas, ya que se encuentran en un ambiente controlado, donde las plagas y enfermedades son mínimas.

## **1.2 Los Invernaderos en México**

En México existe todo tipo de invernaderos de diversos tamaños, dimensiones, superficie cubierta y niveles tecnológicos. Su crecimiento ha sido exponencial y cada año se suman entre 200 y 250 hectáreas a las ya existentes.

En las últimas tres décadas en México se ha experimentado un gran incremento en la superficie bajo invernadero que paso de 800 hectáreas a mediados de la década pasada a mas de tres mil hectáreas en el 2004 y de 8000 has al 2009 incluyendo casas sombra.

Estas estructuras se extienden por casi todo el país, cubriendo prácticamente todas las condiciones climáticas, desde zonas desérticas hasta regiones tropicales, desde el nivel del mar hasta los tres mil metros de altura, con una amplia variedad de cultivos y sistemas de producción.

La mayor parte de los invernaderos instalados en México son de empresas de países desarrollados como Holanda, España, Israel, Estados Unidos y Canadá y una pequeña parte de productores nacionales.

Respecto a la superficie, existen unidades menores a 500 metros cuadrados que corresponden a pequeños productores, hasta algunas empresas que poseen más de 100 hectáreas de invernaderos. En materia tecnológica, hay estructuras rústicas y otras completamente computarizadas. (2000 Agro, 2006)

Actualmente se estima que 60% cuenta con cubiertas de plástico flexible, un 2% con cubierta de vidrio, 4% de otros materiales y un 34% con casas de malla sombra. Por otro lado, más del 95% son estructuras de metal, pero existen casos sui generis donde se utilizan columnas de cemento.

La mayor parte de la superficie bajo invernadero está destinada a producir hortalizas para la exportación, de la cual 87% tiene como destino a los Estados Unidos, 9% Canadá, 2% Europa y 1% Japón, el resto se destina a otros países. (2000 Agro, 2006). Todos los factores antes mencionados hacen proyectar que el futuro en materia de invernaderos es promisorio y puede convertir a México en un país destacado en la producción bajo este sistema de agricultura protegida. (2000 Agro, 2006).

La agricultura bajo invernadero se difunde cada día más debido a que cuenta con muchas ventajas;

### **Ventajas**

1. Reduce costos de producción en forma considerable.
2. No depende de los fenómenos meteorológicos.
3. Permite producir cosechas fuera de temporada.
4. Requiere mucho menor espacio y capital para una mayor producción.
5. Ahorra agua,
6. No usa maquinaria agrícola.
7. Permite una rápida recuperación de la inversión inicial.
8. Proporciona mayor precocidad en los cultivos.

9. La producción es intensiva, lo que permite tener mayor número de cosechas por año.
10. Permite la automatización casi completa.
11. Evita la contaminación del aire al no utilizar maquinaria agrícola.
12. Evita los riesgos de erosión que se presentan en la tierra.
13. Permite producir en zonas áridas o frías.
14. Facilita el cultivo aún en pequeños locales en las ciudades.
15. Proporciona uniformidad en los cultivos.
16. Permite ofrecer mejores precios en el mercado.
17. Contribuye a la solución del problema de la conservación de los recursos.
18. Se adapta a los conocimientos, espacios y recursos de muchas personas.
19. Se puede cultivar en aquellos lugares donde la agricultura normal es difícil o casi imposible.
20. Permite la producción de semilla certificada.
21. Asegura mayor higiene en el manejo del cultivo.
22. En la agricultura tradicional tanto la siembra como la cosecha se realizan en una misma fecha.
23. Se puede trabajar continuamente con un monocultivo.
24. Aseguramiento de la producción con alto rendimiento.
25. Mejores condiciones de trabajo para los productores y empleados.
26. Menores costos de operación por área cultivada y bajo consumo de fertilizante y agroquímicos.
27. Ecológicamente amigables, protegiendo los mantos acuíferos.

Sin embargo, la industria mexicana de la agricultura protegida se ha venido desarrollando en condiciones muy heterogéneas, con costosos invernaderos de vidrio, de muy alta tecnología y altos costos de inversión, con costos de adquisición e instalación de hasta 100 dólares/m<sup>2</sup>, así como instalaciones muy económicas, como los denominados bioespacios o casa sombras, con costos de 4-6 dólares/m<sup>2</sup>. Para el 2002 se estimaba que la superficie de los invernaderos en México, incluidas las casas sombra eran del orden de 1200 hectáreas (Urrutia, 2002). Por otro lado para el 2003, *Technologia Plantarum* y SIAC, S.C. señalan que existen 1,384 has bajo invernadero (cuadro 3) Sin embargo, otro autor, Steta (2004) con datos de la Asociación Mexicana de Productores de Hortalizas en invernadero, maneja que son 2,208 hectáreas con 539 más en vías de construcción. Este mismo autor señala que la industria de los invernaderos crece a un ritmo tan rápido que es difícil encontrar datos actualizados, aunque estadísticas no oficiales estiman un crecimiento del 10-15% anual.

Cuadro 3 Superficie estimada de invernaderos y estructuras de malla en México (2003)

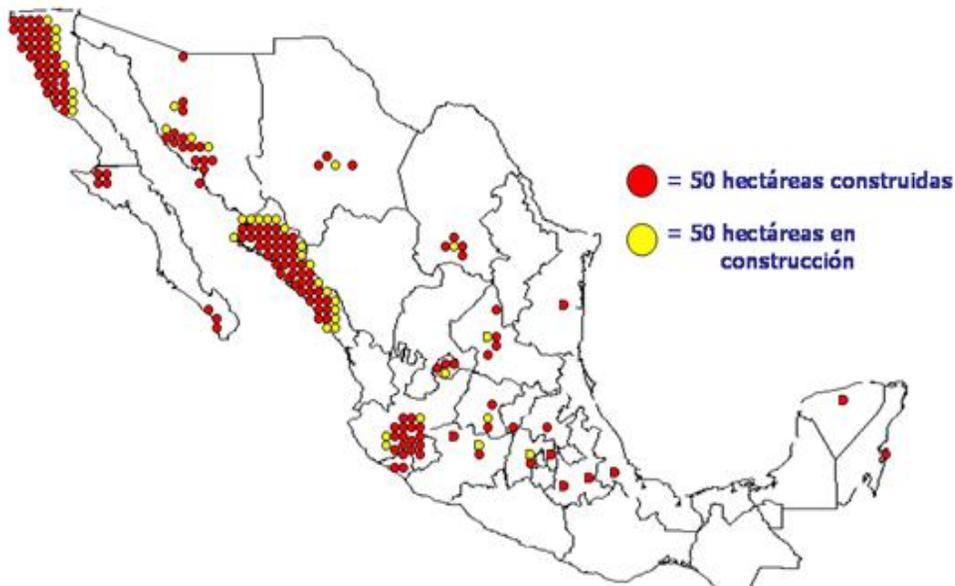
<b>Estado</b>	<b>Hectáreas</b>
Baja California	100
Baja California Sur	260
Chihuahua	15
Coahuila	45.
Estado de México	48
Guanajuato	23
Hidalgo	8
Jalisco	340
Michoacán	18
Morelos	12
Nuevo León	8
Querétaro	22
Quintana Roo	45
San Luís Potosí	50
Sinaloa	230
Sonora	50
Tamaulipas	2
Veracruz	38
Yucatán	28
Zacatecas	42
<b>Total</b>	<b>1,348</b>

Fuente: Tecnología Plantarum y SIAC, S.C. (2003)

### 1.3 Superficie y zonas productoras

De acuerdo a Castellanos y Muñoz (2003), los principales polos de desarrollo de la horticultura protegida en México está dándose en: Sinaloa, en las inmediaciones de Culiacán y Mochis. En el sur de Sonora, hacia el Valle del Yaqui y en Baja California Sur, hacia Melitón Albañez y Todos Santos. En estos estados se están instalando las casas sombras principalmente. En cuanto a instalaciones formales de invernaderos estos están ocurriendo en los estados de Baja California, hacia Ensenada y el Valle de San Quintín, en el Norte de Sonora hacia la zona de Imuris. En Puebla en la zona de Atlixco. En el estado de Jalisco, en la zona de Tuscacuezco y hacia atrás del nevado de Colima, así como también en Etzatlán. En el estado de Guanajuato en los municipios de Celaya, Irapuato, San Miguel Allende, Dolores Hidalgo y San Luis de la Paz. En Zacatecas, hacia la zona de Jerez, Ojo Caliente y Las Arcinas. En Coahuila en las inmediaciones de Torreón. En Chihuahua hacia los municipios de Delicias y Cuauhtémoc y finalmente en el Estado de México se realizan cuantiosas inversiones con invernaderos de alta tecnología en la zona de Pestejé, de clima frío con alta humedad relativa y a menudo baja radiación solar por los nublados; en el mapa siguiente se muestra la ubicación de invernaderos en México las hectáreas construidas y las que están en proceso de construcción ya que nos muestra un gran crecimiento potencial de esta tecnología.(cuadro 4)

Figura No. 1 Ubicación de invernaderos en México



Tomada de la ponencia técnicas de horticultura protegida; Eduardo Rodríguez Díaz febrero 2008

Cuadro 4 historial de incremento en ha de superficie protegida (2008)

<b>Año</b>	<b>Total ha</b>	<b>Incremento en %</b>
1998	258	
2001	1,229	477.3%
2002	1,654	34.6%
2003	1,798	8.7%
2004	3,427	90.6%
2005	4,711	37.5%
2006	6,639	40.9%

Fuente: Asociación Mexicana de Horticultura Protegida a.c.2008

Los invernaderos actualmente están destinados para la producción de hortalizas y flores, por ser los grupos de cultivos de mayor rentabilidad.

Destacan los estados de Jalisco, Sinaloa, Baja California Sur, Baja California Norte, y Sonora, es claro ver que la gran zona de desarrollo está en el noroeste del país donde en la actualidad opera el 61% de la horticultura protegida. (cuadro 5)

Cuadro 5 Superficie destinada a la horticultura protegida en los distintos estados de México (2008)

<b>Estado</b>	<b>Invernadero</b>	<b>Malla</b>	<b>Sup. Protegida</b>	<b>%</b>
Sinaloa	850	1650	2500	28.3
Baja California	120	1100	1220	13.8
Baja California Sur	400	600	1000	11.3
Sonora	250	740	990	11.2
Jalisco	900	0	900	10.2
San Luis Potosí	160	200	360	4.1
Puebla	250	50	300	3.4
Zacatecas	200	30	230	2.6
Guanajuato	200	0	200	2.3
Coahuila	170	25	195	2.2
Michoacán	140	0	140	1.6
Colima	100	0	100	1.1
Edo. México	100	0	100	1.1
Chihuahua	80	0	80	0.9
Oaxaca	70	1	71	0.8
Aguascalientes	35	30	65	0.7
Querétaro	65	0	65	0.7
Quintana Roo	12	50	62	0.7
Yucatán	35	25	60	0.7
Durango	30	10	40	0.5
Nuevo León	33	0	33	0.4
Campeche	15	18	33	0.4
Veracruz	25	0	25	0.3
Tamaulipas	20	0	20	0.2
Hidalgo	20	0	20	0.2
Tlaxcala	15	0	15	0.2
Tabasco	5	0	5	0.1
Guerrero	5	0	5	0.1
<b>Total</b>	<b>4305</b>	<b>4529</b>	<b>8834</b>	<b>100</b>

Fuente: Asociación Mexicana de Horticultura Protegida A.C. 2008

## 1.4 Tecnologías disponibles en México

La tecnología de los invernaderos en México se ha ido transformando, al registrar cambios interesantes en el uso de las cubiertas, los sustratos y los sistemas de fertirrigación. Para dar una idea de esta transformación, hace tan sólo tres años, la AMPHI (Asociación de Productores de Hortalizas en Invernadero) mencionaba que el 85% de los cultivos bajo invernadero utilizaban el suelo. Sin embargo, en la actualidad casi el 35% de la superficie de invernaderos utiliza sustratos hidropónicos que van desde el tezontle, turba y perlita, hasta lana de roca, para obtener mayor rendimiento y calidad de frutos (Bringas1, 2004). Por otro lado, el 95% de los invernaderos poseen cubiertas de polietileno (incluyendo mallas) y el resto es de otros materiales incluyendo vidrio.

Una gran parte de estos cambios se debe sin duda al desarrollo de patógenos del suelo que han orillado a los agricultores a buscar nuevas alternativas de cultivo. Otro de los factores que han impulsado el uso de los sustratos inertes o hidropónicos es la disponibilidad de soluciones nutritivas que permiten una alimentación mineral intensiva y por otro lado con estos métodos de cultivo se reduce sustancialmente el uso de plaguicidas, por lo cual se cuida mejor el medio ambiente. En el caso de la utilización de polietileno como cubierta dominante, su uso extensivo se debe principalmente a que es un material barato, fácil de colocar y de bajo peso.

Actualmente en la producción de hortalizas y flores se utilizan tecnologías de varios países, todas con diferente grado de servicio, calidad y penetración en el mercado. En la actualidad podemos mencionar que existen más de 20 empresas constructoras de invernaderos destacadas. Cada una de ellas ofrece diferentes servicios de acuerdo a la necesidad del agricultor, estos van desde el diseño, instalación y operación del invernadero con su respectivo servicio técnico para la producción agrícola. Entre dichas empresas podemos señalar las siguientes (Minero, 2004):

- a) Canadá: Cravo Equipment y Les Industries Harnois.
- b) España: ACM, Astro, Inisa, Inversa, MCS e Inteligencia Agrícola.
- c) Estados Unidos: Stuppy Conleys y Crider Ameritas.
- d) Francia: Filclair y Richel.
- e) Israel: Azrom, Jamco, Orgil y Ríscala.
- f) Países Bajos: Dalsem.
- g) México: Acea, Agrocasa, Atrium Invernaderos, Euro Novedades, Hummert de México e Invermex.

El costo de cada paquete tecnológico puede variar, según la calidad de los materiales, el diseño, el tamaño del proyecto, el nivel y calidad del equipamiento y si es llave en mano o no. En general podemos hablar de que existen dos grandes tipos de tecnología utilizada:

**1.4.1 Proyectos de tecnología intensiva.** Este tipo de proyectos están orientados a mercados de exportación con altos niveles de productividad y calidad (cuadro 6); por ello requieren de altos niveles de inversión. En este tipo de proyectos la adecuada organización, administración y producción son requisitos indispensables para el éxito. Las estructuras deben ser altas, sobre todo para cultivos como jitomate, pimiento y pepino; la altura mínima al travesaño debe de ser de 4 a 5 metros y la altura máxima al cenit del mismo de 7.5 a 8.0 metros. Este tipo de proyectos se localizan en regiones con clima templado, donde el ciclo de producción permite la operación durante todo el año o la mayor parte de éste, para aumentar la rentabilidad de la inversión.

Cuadro 6 Rendimiento comparativo por hectárea de diferentes paquetes tecnológicos disponibles en México

Tipo de producción y cultivo	Invernadero Hidroponia	Invernadero Suelo	Campo Abierto
Suelo/tomate bola (Ton/ha)	n/a	n/a	45-90
Hidropónico/tomate bola (Ton/ha)	350-600	150-200	n/a
Hidropónico/tomates en racimo (Ton/ha)	300-550	100-150	n/a
suelo/tomate Cherry (Ton/ha)	100-120	70-80	n/a
Hidropónico/pepino (Cajas/ha)	30-40 mil	10-15 mil	8 mil

Fuente: Tecnología Plantarum y SIAC, S.C. (2003) n/a: no aplica

**1.4.2 Proyectos de tecnología extensiva.** La mayoría de este tipo de proyectos ha optado por tecnologías sencillas de menor inversión y productividad, pero en mayores superficies para compensar las limitaciones de tecnología, en este caso se observan inversiones en tres tipos de infraestructura: mallas sombra (también conocidos como bioespacios) o con barreras contra insectos, invernaderos tipo paraguas (techos de polietileno y ventilación perimetral abierta con protección de mallas antiáfidos), e invernaderos totalmente cubiertos con polietileno, ventilas en techo (cenitales), ventilas laterales en ambos casos manuales o motorizados, con controles de clima sencillos o no muy precisos. En este tipo de tecnología, la infraestructura actúa más como una barrera física contra insectos y en menor medida contra los elementos climatológicos. Por todo esto, las estructuras con malla sombra e invernaderos tipo paraguas, tienen lugar en regiones con inviernos relativamente cálidos (temperaturas mínimas superiores a 12°C como es el caso de Sinaloa, mientras que en zonas más templadas como Sonora (en invierno) y en el centro del País, se utilizan invernaderos totalmente cubiertos en polietileno en diferentes modalidades. Con esta tecnología, por su menor grado de inversión y experiencia tecnológica (y en algunos casos por su calidad de producción) es la que más se ha adaptado para atender principalmente los mercados nacionales y ocasionalmente los de exportación.

## 1.5 Cultivos bajo invernadero

En los últimos años se ha generalizado de manera considerable el cultivo bajo invernadero como forma más común del cultivo protegido aunque existen diversos tipos del llamado cultivo protegido por ejemplo:

- Acolchados
- Casa sombra
- Invernaderos

En nuestro país se ha desarrollado particularmente en algunas zonas como puede ser Sinaloa y Baja California Norte, pero a la vez han surgido nuevas zonas de producción, como el Bajío y Centro del país que en pocos años han alcanzado un buen crecimiento en la construcción y aprovechamiento de este sistema, tanto para hortalizas como para plantas ornamentales, además esta adquiriendo cierta importancia en otras zonas.

De ahí el espectacular crecimiento que está teniendo la producción agrícola en invernadero en diversos estados de México el interés por los invernaderos está en aumento y ahora no sólo los productores del norte del país o la zona florícola del Estado de México producen bajo este sistema, sino que se han incorporado agricultores en Puebla, Morelos, Querétaro o del Sureste mexicano.

La principal ventaja de los invernaderos es el incremento de la producción hasta en 10 veces más respecto a campo abierto. Además se puede producir en cualquier época del año y permiten controlar factores ambientales como temperatura, humedad relativa, luminosidad y proteger a los cultivos de la lluvia. (Bastida 2006).

Además de hortalizas frescas hay un potencial enorme en flores de corte, porque hay fuerte demanda en Estados Unidos y México participa con muy alto porcentaje en el abasto.

Sin lugar a dudas, el rey de la producción bajo invernaderos es el tomate, que representa 75 por ciento del total, seguido de pepino y chile bell pepper, berenjena, melón y lechuga.

Durante los próximos años se espera que México sea una de las regiones donde más se desarrollen cultivos bajo invernadero debido a varios factores principalmente la demanda de hortalizas frescas, y a las diversas condiciones ambientales que permiten producir a bajo costo.

Existen diversos productos que ya se cultivan bajo el sistema de agricultura protegida o invernaderos como son:

1. Jitomate
2. Pimiento
3. Cebollín

4. Berenjena
5. Lechuga
6. Pepino
7. Flores ornamentales
8. Forraje verde hidropónico
9. Fresa
10. Melón

La producción de hortalizas en México ha tenido un crecimiento anual constante del orden del 30% de crecimiento sin precedente dentro de cualquier actividad agrícola (Muñoz y Castellanos, 2003). En México se cultivan aproximadamente 420 mil hectáreas de hortalizas, siendo las más importantes por la superficie cosechada el chile verde, jitomate, papa, sandía y melón. Existen regiones que ofrecen grandes posibilidades para producir rentablemente hortalizas de invernadero, actualmente se cultivan bajo invernadero y malla sombra aproximadamente 2,208 hectáreas (Steta, 2004), las especies más cultivadas bajo este sistema productivo son el jitomate, el pimiento y el pepino.

### **1.6 Importancia de los invernaderos**

Un invernadero es un lugar acondicionado (por medio del control climático) para germinar, enraizar o cultivar una especie de importancia agrícola. Un invernadero aísla a las plantas cultivadas del medio externo a través del uso de plásticos y mallas antiáfidos, manteniendo una temperatura, luminosidad y humedad ambiental y del sustrato en condiciones óptimas para la planta.

De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM -060-FITO-1995, señala que un invernadero es una estructura rígida con ambiente controlado que permite establecer y desarrollar plantas bajo condiciones de aislamiento.

Además, los cultivos se mantienen aislados de las plagas, estas no pueden entrar al invernadero cuando se tiene un buen manejo. Por otro lado, la incidencia de enfermedades se reduce, la sanidad del área de trabajo se mantiene con altos estándares. El cultivo bajo invernadero combinado con la técnica hidropónica optimiza el uso del espacio, se obtienen mayores rendimientos por unidad de superficie que a cielo abierto y cultivando en el suelo (cuadro 7), e inclusive existen diferencias notables dentro del invernadero si se cultiva en suelo o en hidroponía (cuadro 8), también se pueden obtener varias cosechas al año o alargar el ciclo. Con los invernaderos también se puede producir fuera de la temporada de cultivo tradicional, además nos da más larga vida de anaquel para los productos cultivados y mejor calidad, por lo cual se puede acceder a precios de mercado más altos que en la época de mayor oferta, con una correcta planeación, los ingresos mejoran notablemente.

Cuadro 7 Rendimiento comparativo de cultivo: en suelo a cielo abierto y en invernadero e hidroponía

Cultivo	Suelo (ton/ha)	Invernadero e hidroponía (ton/ha)
Tomate rojo	30-40	100-200
Pepino	10-30	100-200
Chile	20-30	60-60

Fuente: Sánchez y Escalante, 1988. Hidroponía

En México la mayoría de los sistemas de producción bajo cubierta no tienen un control estricto del clima, por lo cual no deberían llamarse invernaderos. Aún así, los cultivos bajo cubierta representan una mejora considerable con respecto a los cultivos a cielo abierto, ya que mantienen a la planta aislada y mejoran la temperatura del ambiente dentro del mismo en por lo menos 3°C (Bringas, 2004).

Este sistema de producción cuenta con un impresionante potencial en México. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que también existe el riesgo de fracaso. Una tecnología de producción en invernadero mal enfocada puede desembocar en un desastre económico, debido en parte a desproporcionadas expectativas de calidad y rendimiento. Entre los problemas más frecuentes se pueden mencionar los siguientes: personal técnico con formación insuficiente en el área, mala administración, tecnologías y financiamientos inadecuados o plagas por mal manejo (Costa y Giacomelli, 2005).

Cuadro 8 Rendimiento Cultivo comparativo: en invernadero en suelo e hidroponía

Cultivo	Suelo(kg/m <sup>2</sup> )	Hidroponía (kg/m <sup>2</sup> )	Diferencia promedio
Tomate rojo	12-14 (6 meses)	40-50(11 meses)	32 kg/m <sup>2</sup>
Pepino	8-15 (5 meses)	50-60 (11 meses)	43 kg/m <sup>2</sup>
Pimiento	6-10 (7 meses)	20-22 (11 meses)	13 kg/m <sup>2</sup>
Berenjena	8-10 (7 meses)	30-33 (11 meses)	22 kg/m <sup>2</sup>

Fuente: Bringas, 2004. Perspectivas de los Invernaderos. Revista Productores de Hortalizas. Febrero de 2004.

## 1.7 Diseño agronómico de los invernaderos

Un invernadero es toda aquella estructura cerrada cubierta por materiales transparentes, en la cual es posible obtener condiciones artificiales de microclima, y con ello cultivar plantas fuera de estación en condiciones óptimas.

El diseño y posterior construcción de un invernadero proyectado deberán dirigirse para conseguir los objetivos del cultivo seleccionado, el producto final debe ser capaz de competir no sólo en el mercado interno, sino en el extranjero. Para conseguirlo, el proyecto de invernadero considerará los condicionamientos internos y externos del mismo. En primer lugar, se delimitarán las características externas del proyecto, las cuales están estrechamente ligadas a las condiciones climáticas de la zona donde se desea construir un invernadero, a las características químicas, físicas y físico-químicas del suelo, al abastecimiento y calidad del agua con fines de riego y otras utilidades como el suministro de energía eléctrica, caminos y comunicaciones, etc.

Los invernaderos se pueden clasificar de distintas formas, según se atiende a determinadas características de sus elementos constructivos (por su perfil

externo, según su fijación o movilidad, por el material de cubierta, según el material de la estructura, etc.).

La elección de un tipo de invernadero está en función de varios factores que permitan una buena eficiencia y funcionalidad. La eficiencia se refiere a que pueda proporcionar de manera controlada los elementos climáticos que requiera el cultivo en todas sus etapas de crecimiento. La funcionalidad se atribuye a los aspectos técnico-económicos para el aprovechamiento óptimo de las áreas útiles de las construcciones, sus instalaciones y equipo (FIRA, 1998). Para el diseño se requiere información de una gran cantidad de factores, sin embargo de manera general se pueden mencionar los siguientes:

a) **Dimensión del terreno.** Al momento de utilizar o adquirir un terreno se debe considerar el crecimiento futuro en instalaciones, elaborando un proyecto que contemple lo inmediato y lo que se construirá posteriormente de invernaderos, oficinas, bodegas, áreas de trabajo, caminos, etc.

b) **El clima.** Deberá considerarse el clima del lugar donde se desea instalar el invernadero, tomando en cuenta las siguientes temperaturas: promedio anual, la máxima y la mínima durante el año; el intervalo de riesgos de heladas; la dirección y velocidad del viento, la luminosidad, datos de precipitación anual y la humedad relativa en las distintas épocas del año. Lo anterior permitirá conocer la altura del invernadero, el tipo de estructura y plástico y el sistema de control ambiental a utilizar. Además ayudará a decidir que tipo de cultivos son los más adecuados con el menor riesgo posible.

c) **Ubicación geográfica y tipo de relieve.** Esta información deberá contener las coordenadas geográficas para ubicar la mejor dirección del invernadero (norte-sur) para aprovechar la mayor cantidad de luz natural durante todo el año. El grado de pendiente del terreno ayudará a definir la necesidad de nivelación del terreno. Es recomendable tener una cortina rompevientos en el lado norte de los invernaderos, la cual puede ser una línea de árboles, en ese lado no se tienen problemas por sombreado, por lo que la cortina puede estar cerca. Para prevenir sombreado en el cultivo, cualquier línea al este o al oeste y sur debe quedar a una distancia mínima del doble de su altura.

e) **Abastecimiento y calidad de agua.** El suministro de agua deberá ser constante y la calidad de buena a excelente. La calidad del agua está determinada por sus propiedades químicas como pH, conductividad eléctrica, contenido de sales y metales pesados.

f) **Acceso al predio.** Es deseable que se encuentre cerca de los caminos principales tanto para el abastecimiento de insumos como el transporte de la cosecha.

g) **Fuente de abastecimiento de energía eléctrica.** Es conveniente que exista energía eléctrica para poder instalar los equipos de riego y control ambiental.

i) **Cimentación.** El tipo de cimentación en los invernaderos depende básicamente de la carga que soportará, de la velocidad máxima de los vientos

y del terreno donde se realiza la obra. Es recomendable anclar las bases laterales y centrales. Pueden utilizarse cimientos circulares con base de alambrón y varilla.

j) **Especie de planta a cultivar.** Cada especie tiene diferentes requerimientos climáticos, de agua y su manejo es distinto.

k) **Financiamiento.** Este factor permitirá decidir el tamaño del invernadero, la especie a cultivar y el nivel tecnológico a utilizar en el mismo

l) **Vientos.** Se tomarán en cuenta la dirección, intensidad y velocidad de los vientos dominantes.

m) **Disponibilidad de mano de obra (factor humano)**

n) **Imperativos económicos locales (mercado y comercialización).**

## **1.8 Tipos de invernadero**

Existen una gran diversidad de formas y diseños diferentes, por lo cual reciben un nombre de acuerdo a la empresa que los recomienda o fábrica. Sin embargo, en México los de mayor utilización son los tipo túnel y el de ventilación cenital (Bastida 2006) (forma de caseta a dos aguas y el tipo túnel (forma semicircular o elíptica) y el multitúnel (variante del tipo túnel, con varios módulos agrupados e interconectados (FIRA, 1998). En México, como en otras partes del mundo, los invernaderos multitúnel gozan de una gran aceptación. Las características esenciales de estos de acuerdo a Muñoz et al, 1998, citado por Muñoz y Castellanos, 2003 son las siguientes; Según la conformación estructural, los invernaderos se pueden clasificar en:

- Planos o tipo parral.
- Tipo raspa y amagado.
- Asimétricos.
- Capilla (a dos aguas, a un agua)
- Doble capilla
- Tipo túnel o semicilíndrico.
- De cristal o tipo Venlo.

### **1.8.1 Invernadero plano o tipo parral**

Este tipo de invernadero se utiliza en zonas poco lluviosas, aunque no es aconsejable su construcción para las condiciones de México. La estructura de estos invernaderos se encuentra constituida por dos partes claramente diferenciadas, una estructura vertical y otra horizontal:

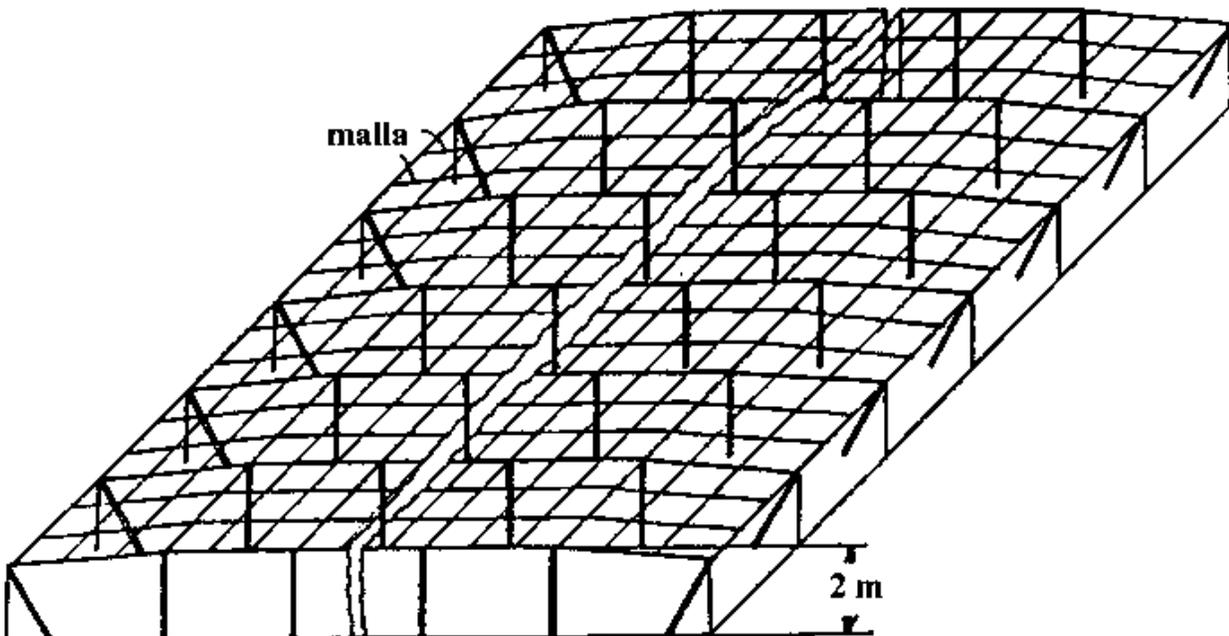
- La estructura vertical está constituida por soportes rígidos que se pueden diferenciar según sean perimetrales (soportes de cerco situados en las bandas y los esquineros) o interiores (pies derechos).

Los pies derechos intermedios suelen estar separados unos 2m en sentido longitudinal y 4m en dirección transversal, aunque también se presentan separaciones de 2x2 y 3x4.

Los soportes perimetrales tienen una inclinación hacia el exterior de aproximadamente  $30^\circ$  con respecto a la vertical y junto con los vientos que sujetan su extremo superior sirven para tensar las cordadas de alambre de la cubierta. Estos apoyos generalmente tienen una separación de 2m aunque en algunos casos se utilizan distancias de 1,5m.

Tanto los apoyos exteriores como interiores pueden ser rollizos de pino o eucalipto y tubos de acero galvanizado.

Figura 2 invernaderos tipo parral



- La estructura horizontal está constituida por dos mallas de alambre galvanizado superpuestas, implantadas manualmente de forma simultánea a la construcción del invernadero y que sirven para portar y sujetar la lámina de plástico.

Los invernaderos planos tienen una altura de cubierta que varía entre 2,15 y 3,5m y la altura de las bandas oscila entre 2 y 2,7m. Los soportes del invernadero se apoyan en bloques troncopiramidales prefabricados de hormigón colocados sobre pequeños pozos de cimentación.

Las principales ventajas de los invernaderos planos son:

- Su economía de construcción.
- Su gran adaptabilidad a la geometría del terreno.
- Mayor resistencia al viento.
- Aprovecha el agua de lluvia en periodos secos.
- Presenta una gran uniformidad luminosa.

Las desventajas que presenta son:

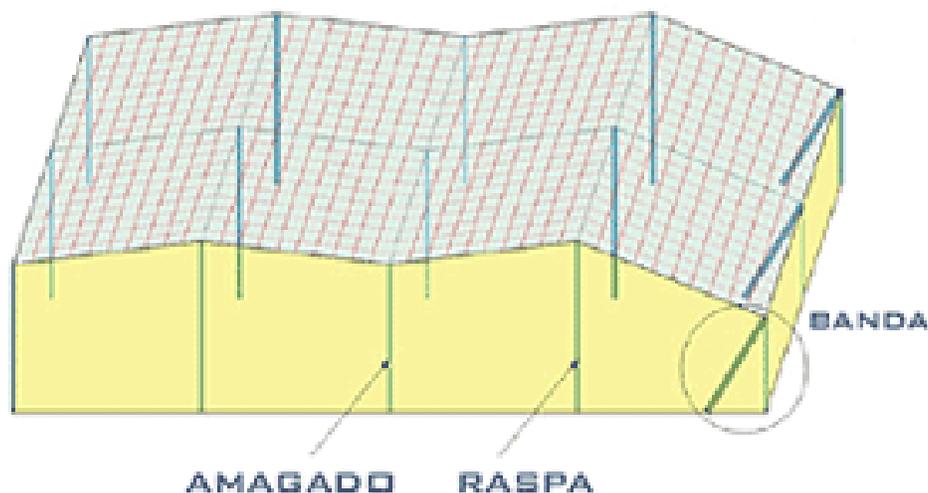
- Poco volumen de aire.
- Mala ventilación.
- La instalación de ventanas cenitales es bastante difícil.
- Demasiada especialización en su construcción y conservación.
- Rápido envejecimiento de la instalación.
- Poco o nada aconsejable en los lugares lluviosos.
- Peligro de hundimiento por las bolsas de agua de lluvia que se forman en la lámina de plástico.
- Peligro de destrucción del plástico y de la instalación por su vulnerabilidad al viento.
- Difícil mecanización y dificultad en las labores de cultivo por el excesivo número de postes, alambre de los vientos, piedras de anclaje, etc.
- Poco estanco al goteo del agua de lluvia y al aire ya que es preciso hacer orificios en el plástico para la unión de las dos mallas con alambre, lo que favorece la proliferación de enfermedades fúngicas.

### 1.8.2 Invernadero en raspa y amagado

Su estructura es muy similar al tipo parral pero varía la forma de la cubierta. Se aumenta la altura máxima del invernadero en la cumbre, que oscila entre 3 y 4,2m, formando lo que se conoce como raspa. En la parte más baja, conocida como amagado, se unen las mallas de la cubierta al suelo mediante vientos y horquillas de hierro que permite colocar los canalones para el desagüe de las aguas pluviales. La altura del amagado oscila de 2 a 2,8m, la de las bandas entre 2 y 2,5m.

La separación entre apoyos y los vientos del amagado es de 2x4 y el ángulo de la cubierta oscila entre 6 y 20°, siendo este último el valor óptimo. La orientación recomendada es en dirección este-oeste.

Figura 3 Invernadero en Raspa y Amagado



Ventajas de los invernaderos tipo raspa y amagado:

- Su economía.
- Tiene mayor volumen unitario y por tanto una mayor inercia térmica que aumenta la temperatura nocturna con respecto a los invernaderos planos.
- Presenta buena estanqueidad a la lluvia y al aire, lo que disminuye la humedad interior en periodos de lluvia.
- Presenta una mayor superficie libre de obstáculos.
- Permite la instalación de ventilación cenital situada a sotavento, junto a la arista de la cumbre.

Inconvenientes:

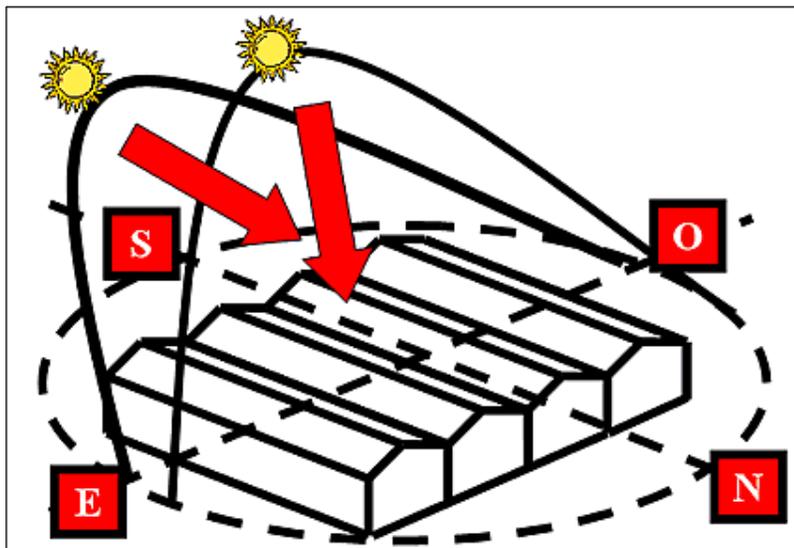
- Diferencias de luminosidad entre la vertiente sur y la norte del invernadero.
- No aprovecha las aguas pluviales.
- Se dificulta el cambio del plástico de la cubierta.
- Al tener mayor superficie desarrollada se aumentan las pérdidas de calor a través de la cubierta.

### 1.8.3 Invernadero asimétrico o inacral

Difiere de los tipo raspa y amagado en el aumento de la superficie en la cara expuesta al sur, con objeto de aumentar su capacidad de captación de la radiación solar. Para ello el invernadero se orienta en sentido este-oeste, paralelo al recorrido aparente del sol.

La inclinación de la cubierta debe ser aquella que permita que la radiación solar incida perpendicularmente sobre la cubierta al mediodía solar durante el solsticio de invierno, época en la que el sol alcanza su punto más bajo. Este ángulo deberá ser próximo a  $60^\circ$  pero ocasiona grandes inconvenientes por la inestabilidad de la estructura a los fuertes vientos. Por ello se han tomado ángulo comprendidos entre los  $8$  y  $11^\circ$  en la cara sur y entre los  $18$  y  $30^\circ$  en la cara norte.

Figura 4 Invernadero asimétrico o inacral



La altura máxima de la cumbrera varía entre 3 y 5m, y su altura mínima de 2,3 a 3m. La altura de las bandas oscila entre 2,15 y 3m. La separación de los apoyos interiores suele ser de 2x4m.

Ventajas de los invernaderos asimétricos:

- Buen aprovechamiento de la luz en la época invernal.
- Su economía.
- Elevada inercia térmica debido a su gran volumen unitario.
- Es estanco a la lluvia y al aire.
- Buena ventilación debido a su elevada altura.
- Permite la instalación de ventilación cenital a sotavento.

Inconvenientes de los invernaderos asimétricos:

- No aprovecha el agua de lluvia.
- Se dificulta el cambio del plástico de la cubierta.
- Tiene más pérdidas de calor a través de la cubierta debido a su mayor superficie desarrollada en comparación con el tipo plano.

#### **1.8.4 Invernadero de capilla**

Los invernaderos de capilla simple tienen la techumbre formando uno o dos planos inclinados, según sea a un agua o a dos aguas.

Este tipo de invernadero se utiliza bastante, destacando las siguientes ventajas:

- Es de fácil construcción y de fácil conservación.
- Es muy aceptable para la colocación de todo tipo de plástico en la cubierta.
- La ventilación vertical en paredes es muy fácil y se puede hacer de grandes superficies, con mecanización sencilla. También resulta fácil la instalación de ventanas cenitales.
- Tiene grandes facilidades para evacuar el agua de lluvia.
- Permite la unión de varias naves en batería.

La anchura que suele darse a estos invernaderos es de 12 a 16m. La altura en cumbrera está comprendida entre 3,25 y 4m.

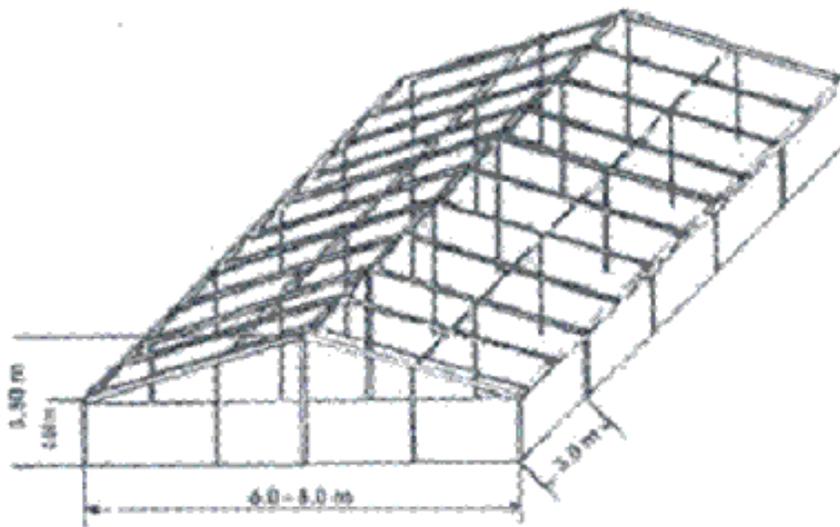
Si la inclinación de los planos de la techumbre es mayor a 25° no ofrecen inconvenientes en la evacuación del agua de lluvia.

La ventilación es por ventanas frontales y laterales. Cuando se trata de estructuras formadas por varias naves unidas la ausencia de ventanas cenitales dificulta la ventilación.

## Desventajas

- Problemas de ventilación con invernaderos en baterías.
- A igual altura cenital, tiene menor volumen encerrado que los invernaderos curvos.
- Mayor número de elementos que disminuyen la transmisión (mayor sombreo).
- Elementos de soportes internos que dificultan los desplazamientos y el emplazamiento de cultivo.

Figura 5 Invernadero de capilla



### 1.8.5 Invernadero de doble capilla

Los invernaderos de doble capilla están formados por dos naves yuxtapuestas. Su ventilación es mejor que en otros tipos de invernadero, debido a la ventilación cenital que tienen en cumbrera de los dos escalones que forma la yuxtaposición de las dos naves; estas aberturas de ventilación suelen permanecer abiertas constantemente y suele ponerse en ellas malla mosquitera. Además también poseen ventilación vertical en las paredes frontales y laterales.

Este tipo de invernadero no está muy extendido debido a que su construcción es más dificultosa y cara que el tipo de invernadero capilla simple a dos aguas.

Fotografía 1 Invernadero doble capilla



### 1.8.6 Invernadero tipo túnel

Se caracteriza por la forma de su cubierta y por su estructura totalmente metálica. El empleo de este tipo de invernadero se está extendiendo por su mayor capacidad para el control de los factores climáticos, su gran resistencia a fuertes vientos y su rapidez de instalación al ser estructuras prefabricadas.

Los soportes son de tubos de hierro galvanizado y tienen una separación interior de 5x8 ó 3x5m. La altura máxima de este tipo de invernaderos oscila entre 3,5 y 5m. En las bandas laterales se adoptan alturas de 2,5 a 4m.

El ancho de estas naves está comprendido entre 6 y 9m y permiten el adosamiento de varias naves en batería. La ventilación es mediante ventanas cenitales que se abren hacia el exterior del invernadero.

#### **Ventajas:**

- Estructuras con pocos obstáculos en su estructura.
- Buena ventilación.
- Buena estanqueidad a la lluvia y al aire.

- Permite la instalación de ventilación cenital a sotavento y facilita su accionamiento mecanizado.
- Buen reparto de la luminosidad en el interior del invernadero.
- Fácil instalación.

**Inconvenientes:**

- Elevado coste.
- No aprovecha el agua de lluvia.

Fotografía 2 Invernadero Túnel o Semicilíndrico



**1.8.7 Invernadero con ventana cenital**

Se trata de una variante del tipo túnel, en México empiezan a tener una gran utilización por la facilidad de circulación de aire. La modificación respecto al de túnel común, consiste en el ensamble a diferentes alturas de cada cambio, lo que permite generar un espacio para una ventana cenital.

El objeto de la ventana cenital es que, por su propia funcionalidad, determina dos aberturas complementarias, una superior para salida del aire y una lateral para entrada de aire, lo que facilita la renovación del aire en el interior del invernadero.

Existen diferentes tipos de ventanas cenitales para invernaderos, que básicamente se dividen en dos grupos, uno en el que dichas ventanas son abatibles y deslizantes:

Ventanas de tipo abatibles por uno de sus bordes, generalmente por el borde superior, que en situación de apertura den en una abertura lateral para renovación del aire, que por su propia disposición facilita la entrada del aire exterior, pero no favorece la salida de aire acumulado en la zona superior y media del invernadero.

El otro grupo de ventanas son de tipo deslizante, de manera que en situación de apertura se superponen a un lado de la cubierta, ventanas que cuando se

sitúan a nivel superior, como es habitual, facilitan la salida del aire pero no favorecen la entrada de aire exterior.

Las ventajas de las ventanas abatibles y deslizantes, son dos aberturas complementarias, una superior y otra lateral, la primera que facilita la salida del aire del interior, y la segunda que favorece la entrada de aire del exterior.

Fotografía 3 Invernadero tipo túnel con ventana cenital



### 1.8.8 Invernaderos de cristal o tipo venlo

Este tipo de invernadero, también llamado Venlo, es de estructura metálica prefabricada con cubierta de vidrio y se emplean generalmente en el Norte de Europa.

El techo de este invernadero industrial está formado por paneles de vidrio que descansan sobre los canales de recogida de pluviales y sobre un conjunto de barras transversales. La anchura de cada módulo es de 3,2m. Desde los canales hasta la cumbrera hay un solo panel de vidrio de una longitud de 1,65m y anchura que varía desde 0,75m hasta 1,6m.

Fotografía 4 Invernaderos de cristal o tipo venlo



La separación entre columnas en la dirección paralela a las canales es de 3m. En sentido transversal están separadas 3,2m si hay una línea de columnas debajo de cada canal, o 6,4m si se construye algún tipo de viga en celosía.

#### **Ventajas:**

- Buena estanqueidad lo que facilita una mejor climatización de los invernaderos.

#### **Inconvenientes:**

- La abundancia de elementos estructurales implica una menor transmisión de luz.
- Su elevado coste.
- Naves muy pequeñas debido a la complejidad de su estructura.

## 1.9 Componentes básicos de un invernadero

Como ya se ha mencionado un invernadero es una estructura rígida con ambiente controlado que permite establecer y desarrollar plantas bajo condiciones de aislamiento, y se compone principalmente de:

- Estructura de metal u otros materiales
- Cubiertas de plástico o vidrio
- Mallas ciclónicas, sombra, antiáfidos, mallas piso
- Sistemas de protección ambiental

### 1.9.1 Estructura

La estructura se refiere al esqueleto del invernadero, al material que va a soportar todo el peso del sistema de producción, el material más común y de mejor calidad es el acero galvanizado redondo o rectangular de diferente grosor (también conocido como PTR o perfil tubular reforzado). Este material es de buena durabilidad, requiere poco mantenimiento, y los fabricantes garantizan una vida útil de 10 años (FIRA, 1998).

Fotografía 5 estructura del invernadero



La estructura es el armazón del invernadero, constituida por pies derechos, vigas, cabos, correas, etc., que soportan la cubierta, el viento, la lluvia, la nieve, los aparatos que se instalan, sobrecargas de entutorado de plantas, de instalaciones de riego y atomización de agua, etc. Deben limitarse a un mínimo el sombreado y la libertad de movimiento interno.

Las estructuras de los invernaderos deben reunir las condiciones siguientes:

- Deben ser ligeras y resistentes.
- De material económico y de fácil conservación.
- Susceptibles de poder ser ampliadas.

- Que ocupen poca superficie.
- Adaptables y modificables a los materiales de cubierta.

La estructura del invernadero es uno de los elementos constructivos que mejor se debe estudiar, desde el punto de vista de la solidez y de la economía, a la hora de definirse por un determinado tipo de invernadero.

Los materiales más utilizados en la construcción de las estructuras de los invernaderos son madera, hierro, aluminio, alambre galvanizado y hormigón armado.

Es difícil encontrar un tipo de estructura que utilice solamente una clase de material ya que lo común es emplear distintos materiales.

En las estructuras de los invernaderos que se construyen en la actualidad se combinan los materiales siguientes: madera y alambre; madera, hierro y alambre; hierro y madera; hierro, alambre y madera; hormigón y madera; hormigón y hierro; hormigón, hierro, alambre y madera, plásticos, mallas, etc

### **1.9.2 Cubiertas**

La importancia del material de cobertura en un cultivo bajo invernadero estriba en que constituye el agente modificador del clima natural de la zona en donde se vaya a construir el invernadero. La elección del material de cobertura dependerá de una serie de criterios o indicadores, que interaccionados entre sí, ayudarán al agricultor en la elección del material apropiado. Estos indicadores se pueden resumir en: (Matallana; Montero, 1995).

- Respuesta agronómica debida al material empleado (precocidad, producción y calidad).
- Propiedades ópticas, térmicas y mecánicas del material de cubierta.
- Estructura del invernadero, anclaje o sujeción del plástico.

El material ideal sería el que cumpliera los requisitos siguientes: buen efecto de abrigo, gran retención de calor, gran rendimiento térmico, gran transparencia a las radiaciones solares, gran opacidad a las radiaciones infrarrojas largas emitidas por suelo y planta durante la noche.

Los materiales que pueden cumplir todas estos requerimientos son caros y exigen estructuras costosas. El material ideal sería el que tuviese el espesor y flexibilidad de los plásticos y las propiedades ópticas del vidrio. Es decir, el que sea muy permeable, durante el día, a las radiaciones de longitud de onda inferiores a 2.500 nm y por la noche fuera lo más opaco posible a las radiaciones de longitud de onda larga, emitida por suelo y plantas, que son las que mantienen calientes a los invernaderos.

Los materiales de cubierta se dividen en tres grupos (Matallana; Montero, 1995):

- Vidrio impreso o catedral.

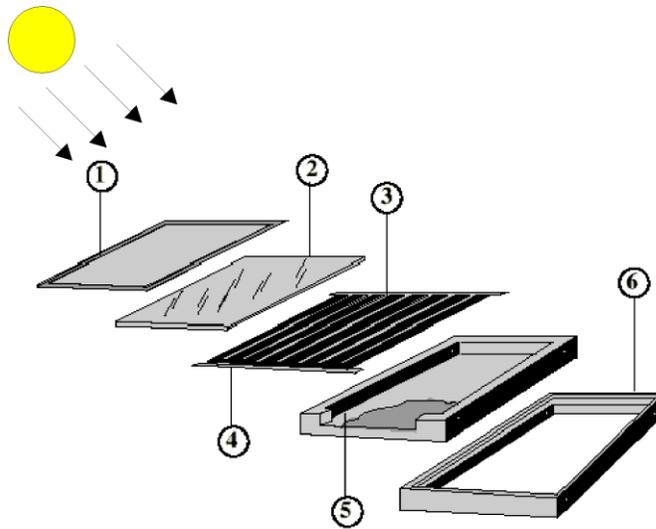
- Plásticos rígidos: polimetacrilato de metilo (PMM), policarbonato (PC), poliéster con fibra de vidrio, policloruro de vinilo (PVC).
- Plásticos flexibles: policloruro de vinilo (PVC), polietileno de baja densidad (PE), etileno vinilo de acetato (EVA), policloruro de vinilo (PVC) y materiales coextruidos.

## 1 Vidrio

Este material fue el primero en utilizarse hasta la aparición de los materiales plásticos. Se emplea principalmente en zonas de clima extremadamente frío o en cultivos especializados que requieren una temperatura estable y elevada.

El cristal que se utiliza como cubierta de invernadero es siempre el vidrio impreso. El vidrio impreso, está pulido por una parte y por la otra está rugoso. En la colocación del cristal sobre la cubierta de la instalación, la cara rugosa quedará hacia el interior y la cara lisa hacia el exterior. Así recibirá por la parte exterior casi todas las radiaciones luminosas que al pasar a su través se difundirán en todas las direcciones al salir por la cara rugosa.

Figura 6 Vidrio para cubierta de invernadero



El vidrio es el que presenta una transmisión óptica y térmica más óptima. Es un material no combustible, resistente a la radiación UV y a la polución manteniendo sus propiedades iniciales a lo largo de su vida.

El principal problema del vidrio es su vulnerabilidad a los impactos, especialmente zonas con altas posibilidades de granizo desaconsejan su uso. Otro inconveniente es su peso y que se trata de unidades pequeñas necesitando por tanto estructuras sólidas y estables que soporten su peso y eviten la rotura del material por desplazamientos de la misma. Esto provoca que los elementos estructurales produzcan importantes sombras dentro del invernadero. Requiere un mantenimiento regular de limpieza y sellado.

El cristal tiene la propiedad de ser casi totalmente opaco a las radiaciones de longitud de onda larga, es decir, a las que emiten las plantas y el suelo por la noche; esta cualidad del vidrio es muy interesante, ya que las pérdidas de calor durante la noche son mucho menores que las que ocurren con los demás materiales plásticos utilizados como cubierta.

El utilizado para invernadero tiene un espesor de 2 a 4 mm con una densidad de 2.400 Kg/m<sup>3</sup>.

## **2 Plásticos utilizados en invernaderos**

### **i) Propiedades físicas.**

La elección de un determinado material de cubierta influirá en el tipo de estructura del invernadero, es decir, determinará el peso que debe soportar la estructura por tanto el espacio que debe haber entre pilares, barras de soporte, correas, distancia entre canal y cumbrera y forma del techo.

- Peso. Los filmes de plástico tienen poco peso lo que reduce su exigencia en estructuras y por tanto aumenta la uniformidad de la luz en el interior al reducir el sombreo. Los materiales rígidos además de un peso mayor acostumbran a tener un tamaño más reducido con lo cual requieren un mayor número de soportes, y influirá también en una menor estanqueidad.

- Densidad. Informa sobre la cristalinidad de los polímeros. Ésta modifica la flexibilidad, permeabilidad y propiedades térmicas del polímero. Una densidad baja facilita la manipulación y el transporte unido o un menor precio.

- Espesor. Las unidades de medida serán milímetros generalmente utilizados para vidrio y plásticos rígidos y micras o galgas para los filmes, 100 m equivalen a 400 galgas. (1 mm = 1000 m). En filmes el espesor recomendado para proteger el cultivo en las bajas temperaturas es de 200 - 800 galgas.

- Resistencia a la rotura (especialmente en zonas de granizo, nieve o viento), resistencia a la deformación por altas temperaturas, resistencia a la rotura por bajas temperaturas.

- El envejecimiento de los materiales utilizados como cubierta en invernadero viene determinado por la degradación de sus propiedades físicas, radiométricas y mecánicas.

a) Envejecimiento Físico. El seguimiento de la degradación física de los materiales se puede realizar regularmente por una simple observación que revele la aparición de desgarraduras en láminas plásticas y mallas de sombreo, desprendimiento de la capa de aluminio en pantallas térmicas, fractura de la muestra en materiales rígidos, etc.

b) El Envejecimiento Radiométrico. Un procedimiento sencillo para determinar los cambios en la transmisión de luz de un material, debidos a la acción de los rayos solares, es medir periódicamente la radiación fotosintética activa (PAR),

que es primordial para las plantas, ya que condiciona su rendimiento. Esta medida hecha tanto al aire libre como bajo el material de cubierta, nos informa de las variaciones en la capacidad de éste para transmitir el máximo de luz.

Cuadro 9 Duración de plásticos normalizados para invernaderos

Tipo de plástico	Espesor	Duración	Radiación solar recibida
Polietileno normal" (sin aditivos)	150 micras (600 galgas)	6-8 meses	< 148 kcal/cm <sup>2</sup>
Polietileno "larga duración"	180 micras (720 galgas)	2 años	296 kcal/cm <sup>2</sup>
Polietileno "Térmico larga duración"	200 micras (800 galgas)	2 años	296 kcal/cm <sup>2</sup>
Copolímero EVA (12 % AV)	200 micras (800 galgas)	2 años	296 kcal/cm <sup>2</sup>
Copolímero EVA (6 % AV)	100 micras (400 galgas)	1 año	148 kcal/cm <sup>2</sup>

Fuente: Serrano, 1994

## ii) Propiedades ópticas. Transmisión de la radiación solar.

- Transmitancia. Es la propiedad de los materiales de dejar pasar la radiación solar, se expresaría como la relación entre la radiación en el interior del invernadero y la medida simultáneamente en el exterior. La transmisión depende del ángulo de incidencia de la cubierta.

## iii) Propiedades térmicas y comportamiento térmico.

La capacidad de protección contra el frío de un material depende por un lado de su transmisión para la radiación, y por otro de las pérdidas por conducción y convección de temperatura. En condiciones estables en laboratorio se mide un coeficiente K global de pérdidas caloríficas, que expresa el conjunto de pérdidas radiantes, convectivas y conductivas, y que permite comparar unos materiales con otros.

Cuadro 10 Características comparadas de los principales materiales plásticos utilizados en cubierta de invernadero

	FLEXIBLES		RÍGIDOS			
	Polietileno	PVC	PVC ondulado	Polimetacrilato de metilo	Poliéster estratificado	Cristal
<b>Características</b>	(0,08 mm)	(0,1 mm)	(1-2 mm)	(4 mm)	(1-2 mm)	(2,7 mm)
<b>Densidad</b>	0,92	1,3	1,4	1,18	1,5	2,40
<b>Índice de refracción</b>	1,512	1,538	-	1,489	1,549	1,516
<b>% de dilatación antes de que se rompa</b>	400-500	200-250	50-100	escasa	escasa	Nula
<b>Resistencia al frío y calor</b>	-40+50° C	-10+50° C	-20+70° C	-70+80° C	-70+100° C	muy elev.
<b>Duración</b>	2 años	2-3 años	elevada	elevada	elevada	Elevada
<b>Transparencia % (0,38-0,76 micrones)</b>	70-75	80-87	77	85-93	70-80	87-90
<b>Transmisión % (-0,24-2,1 micrones)</b>	80	82	82	73	60-70	85
<b>Transmisión % (7-35 micrones)</b>	80	30	0	0	0	0

Fuente: Serrano, 1994

#### **iv) Plásticos rígidos**

##### **Polimetacrilato de metilo (PMM)**

Es un material acrílico, que procede del acetileno mediante formación de acrilato de metilo y polimerización de éste último.

Se conoce comercialmente como vidrio acrílico o plexiglass. Es un material ligero con una densidad de 1.180 kg/m<sup>3</sup>. con buena resistencia mecánica y estabilidad.

La transparencia de este plástico está comprendida entre el 85 y el 92%, por lo que deja pasar casi todos los rayos UV y su poder de difusión es casi nulo. Tiene una gran opacidad a las radiaciones nocturnas del suelo.

La resistencia a la rotura es siete veces superior a la del cristal a igualdad de espesores, por lo que resulta más resistente a los golpes. En horticultura esto significa reducción de gastos por rotura y menores costos de mantenimiento del invernadero.

A pesar de su ligereza el vidrio acrílico puede soportar una sobrecarga de 70 kg por metro cuadrado, lo cual es importante para aquellas zonas con riesgo de nevadas; el coeficiente de conductividad térmica de polimetacrilato de metilo es de 0,16 kilocalorias/metro-hora °C a 0,64 del vidrio lo que impide el enfriamiento nocturno del invernadero.

Entre las ventajas que ofrece el vidrio acrílico están:

- resistencia a los agentes atmosféricos
- deja pasar los rayos UV
- gran resistencia al impacto, por lo que apenas existen roturas
- facilita el deslizamiento de la nieve
- gran transparencia a las radiaciones solares
- uso de estructuras más ligeras que las que precisa el vidrio.

En cuanto a sus inconvenientes el principal de ellos es su elevado costo, que junto al tipo de estructura hacen que los invernaderos construidos con este material sean de costos elevados. El metacrilato es fácil de rallar con cualquier instrumento, con lo que habrá que considerar este aspecto como factor negativo. Su duración es mayor que la del poliéster.

Se fabrican en placas de hasta 2 metros de ancho y más de 3 metros de largo. Las placas extrusionadas tienen 4 mm de espesor y la longitud que se precise.

##### **Policarbonato (PC)**

El policarbonato es un polímero termoplástico con buena resistencia al impacto y más ligero que el PMM.

La presentación de este material es en planchas alveolares, que consta de 2 ó 3 paredes paralelas unidas transversalmente por paredes del mismo material. El grosor de las placas, que se puede encontrar en el mercado es de 4 a 16 mm.

Esta placa está protegida, por la parte que se expone al exterior, por una película que protege de los rayos UV al resto del material para evitar su degradación. También se fabrica sin esta protección a las radiaciones UV, pero no es conveniente utilizarla en la cubierta de invernadero.

La transformación a la luz de la gama de radiaciones visibles e infrarrojos cortos es del 76-83%, según el grosor de la placa y paredes (2 ó 3), en las placas que no llevan protector a las radiaciones UV.

En los productos que lleven la protección en la parte exterior, para no dejar pasar a las radiaciones UV, éstas no pasan al exterior; esta propiedad, que presenta una ventaja para los cultivos que se hacen en invernaderos, resulta inconveniente cuando el invernadero está dedicado a producción de plantas hortícolas, que luego van a plantarse al aire libre, por efecto de choque que se produce, al recibir la luz directa del sol con todas las radiaciones UV.

El policarbonato celular tiene una opacidad total a las radiaciones de longitud de onda larga.

Las múltiples paredes de que consta la placa, forman una cámara de aire dentro de los canales internos que hacen aumentar el poder aislante en un porcentaje muy elevado, respecto al mismo material en placa sencilla.

Es un material muy ligero, comparado con el grosor de la placa; aproximadamente es 10 a 12 veces menos que el vidrio, a igualdad de espesor.

El policarbonato tiene una gran resistencia al impacto (granizo, piedras, etc...). Estas placas pueden adaptarse en frío a estructuras con perfiles curvos de radio suave.

En los fabricados actuales en la pared, que queda en el interior, puede llevar un tratamiento anticondensación y antigoteo, que permiten el deslizamiento de las gotas de agua, sin que llueva sobre el cultivo.

La duración de las placas de policarbonato celular está garantizada por los fabricantes en 10 años. Se ralla con los objetos punzantes.

### **Poliéster con fibra de vidrio**

Está fabricado con poliésteres insaturados y reforzados con fibras minerales u orgánicas. Éstas proporcionan resistencia mecánica y mejoran la difusión de la luz.

Este plástico se presenta en forma de placa y se fabrica con una mezcla de un 65% de resinas termo endurecibles de poliésteres no saturados y con un 35% de fibra de vidrio o de nylon, aproximadamente; esta fibra sirve para reforzar la placa.

Este material está formado por poliésteres y una manta de fibra de vidrio; además, para evitar los efectos de alteración por los agentes atmosféricos de la fibra de vidrio, en el proceso de fabricación, se forman en la placa una capa superficial de resinas, poliéster o se incorpora una lámina de polifluoruro de vinilo o politerftalato de etilo por una de las caras de la placa.

La propiedad principal del poliéster es la de tener un gran poder de difusión de la luz, creando en el interior del invernadero una iluminación uniforme. Con toda materia orgánica las placas de poliéster se ven afectadas por la radiación UV que produce en ellas cambios de color. El amarillo primitivo adquiere tonos más fuertes según va pasando el tiempo, que se transforman en tonos tostados, para terminar adquiriendo tonalidad marrón. El viento, arena, lluvia, nieve y granizo, e incluso el polvo, trabajando en conjunto y con la ayuda de la radiación UV y la oxidación se combinan para desgastar la superficie de las placas y erosionarlas, dando lugar al florecimiento de las fibras y a su oscurecimiento. Ello da lugar a una pérdida de transparencia y a una reducción del poder de difusión de la luz.

La erosión producida por los agentes atmosféricos puede ser corregida mediante la aplicación de una capa de gel o resina endurecida sobre la superficie de la placa.

Las láminas de poliéster reforzado tiene una transparencia a las radiaciones solares comprendidas entre el 80-90%. El poder de reflexión está entre 5 y 8%; su poder absorbente es del 15-20%.

El poliéster reforzado con fibra de vidrio tiene un gran poder absorbente para las radiaciones UV de la luz; la lámina de polifluoruro de vinilo es aún más absorbente en esas radiaciones. Tiene un gran poder de difusión a la luz.

Este material plástico es muy opaco a las radiaciones de larga longitud de onda, o radiaciones nocturnas. Se asemeja al vidrio. El coeficiente de dilatación térmica es muy bajo.

En los invernaderos de poliéster, reforzado con fibra de vidrio, la falta de radiaciones UV puede originar problemas en los invernaderos dedicados a la producción de plantas, que luego va a ser plantada al cultivo en aire libre.

Su flexibilidad permite que pueda ser adaptadas a las estructuras curvas a las cuales se sujetan fácilmente por tornillos que se atraviesan.

Las placas reforzadas con fibra de vidrio tienen una duración variable entre 8 y 15 años, según el sistema de protección que se haya aplicado a la placa. El problema de la duración de estas placas no está en su resistencia física, sino en la pérdida de transparencia a medida de que pase el tiempo.

Si la placa no está protegida exteriormente, en seguida es erosionada por los agentes atmosféricos y a los pocos años de ser utilizada puede quedar excesivamente opaca. Además, sin esa protección las radiaciones UV de los rayos solares degradan la resina de poliéster, dando la tonalidad amarillenta.

Cuando la placa, en su fabricación, se protege con una capa de gel se retrasa la erosión pero no el amarillamiento. El poliéster protegido con una capa de gel tiene una duración mayor que las placas que no llevan esa protección.

El poliéster se puede proteger durante el proceso de su fabricación con una lámina de fluoruro de polivinilo; esta lámina resulta uno de los protectores de poliéster más duradero y resistente a los agentes atmosféricos y a la acción degradadora de las radiaciones UV de la luz solar.

Las placas de poliéster se fabrican en anchuras de 1,20 metros, por la longitud que se precise, y 2-3 mm de espesor.

Estas placas se fabrican en distintos perfiles: trapezoidal, escalera, ondulado, etc. aparte de darle mayor resistencia, permite enlazar unas placas con otras y fijarlas a los soportes y estructuras.

### **Policloruro de vinilo (PVC)**

Se obtiene por polimerización del monómero cloruro de vinilo. Procede del acetileno y del etileno, derivados éstos del petróleo y de la hulla. Este material es rígido y es necesario añadirle plastificantes, con objeto de obtener láminas flexibles.

Se presenta en placas lisas u onduladas con espesores entre 1 a 1,5 mm. Su principal ventaja es una opacidad a la radiación térmica menor del 40%, y una alta transmisión a la radiación visible, aproximadamente del 90%.

Los filmes de PVC se presentan en su versión de PVC armados que consisten en una red interior que mejora las cualidades físicas de la lámina, por contra se reduce la transmisión.

Para mejorar su comportamiento se añaden antioxidantes, estabilizantes y absorbentes UV. Así, el PVC fotoselectivo-fluorescente es aquel en que se han añadido aditivos que mejoran la captación entre los 0,5 y 0,6 mm.

Los materiales de PVC tienen el inconveniente de fijar bastante el polvo en su superficie.

### **Polietileno (PE)**

Es el plástico flexible más empleado actualmente para forzado de cultivos en invernaderos, túneles y acolchado. Esto se debe principalmente a su bajo precio, a sus buenas propiedades mecánicas, y a la facilidad para incorporar aditivos que mejoran sus prestaciones. El PE junto al polipropileno (PP) y al PVC, son los termoplásticos de más consumo.

Es un derivado de la hulla y del petróleo y se obtiene mediante la polimerización del etileno utilizándose en su fabricación varios procesos y sistemas catalíticos. La mayor parte del PE para invernaderos se fabrica por el proceso de alta presión y catálisis de radicales libres mediante peróxidos.

Atendiendo a su densidad los PE se clasifican en:

- Baja densidad: < 930 kg/m<sup>3</sup>.
- Media densidad: 930 – 940 kg/m<sup>3</sup>.
- Alta densidad: > 940 kg/m<sup>3</sup>.

Para el cerramiento de invernaderos se utiliza sólo el de baja densidad (baja cristalinidad) y alto peso molecular (bajo índice de fluidez). Una de las características del PE es que su alargamiento en el punto de rotura es cercano al 500 %. Un material se considera degradado cuando su alargamiento se ha reducido en un 50 % de su valor inicial. El PE se degrada por la radiación UV y el oxígeno, por lo que la exposición permanente a la intemperie provoca su rotura al perder las propiedades mecánicas.

Para evitar esto es común añadir en el proceso de fabricación del PE diversas sustancias:

- Absorbentes de radiación UV (derivados de benzotriazoles y benzofenona).
- Secuestradores de radicales libres.
- Desactivadores (sales orgánicas de níquel).
- Estabilizantes (Hindered Amines Light Stabilizers).

Así existen dos grandes grupos de aditivos:

- Aditivos de proceso. Destinados a evitar la degradación térmica durante la extrusión (antioxidantes) o para mejorar la procesabilidad del polímero.
- Aditivos de aplicación. Se añaden al polímero con el fin de obtener las cualidades deseadas: deslizantes, antibloqueo, estabilizantes frente a UV, aditivos térmicos, pigmentos.

El PE transparente tiene un poder absorbente de 5 al 30% en los espesores utilizados en agricultura; el poder de reflexión es de 10 al 14%; el poder de difusión es bajo. Según esto, la transparencia del PE está comprendida entre el 70-85%, es decir, dentro del recinto cubierto por el material plástico se percibe un 15-30% menos de luz aproximadamente que en el exterior.

El PE de baja densidad es el material plástico que menos resistencia tiene a la rotura. El de alta densidad tiene más resistencia que el PVC flexible pero menos que el resto de los demás plásticos. Se desgarran con facilidad.

El PE es el material plástico que menos densidad tiene; es decir, es el que menos pesa por unidad de superficie a igualdad de grosor.

El PE no se oscurece como ocurre con el PVC y el poliéster. Debido a su gran transparencia, el PE transparente da lugar durante el día a un elevado calentamiento del aire y suelo del interior del invernadero.

En el mercado existen tres tipos de polietileno:

a) Polietileno Normal.

Presenta muy poca opacidad a las radiaciones nocturnas del suelo; es permeable en un 70% a las radiaciones de longitud de onda larga que emiten el suelo y las plantas.

En el PE transparente normal se forma una lámina de agua, que aunque tiene inconvenientes para los cultivos, retiene un poco el calor que emiten las plantas y el suelo durante la noche.

Las láminas de PE normal, cuando se utilizan como cubierta de invernadero, sino lleva en su composición antioxidantes e inhibidores de rayos UV, la duración de éstos tipos de plásticos no excede de un año, reduciéndose a 10 meses cuando la luminosidad es muy fuerte y prolongada y las oscilaciones térmicas son considerables.

b) Polietileno Normal de Larga Duración

Este tipo de PE tiene unas características idénticas al PE normal, a excepción de su duración, que es bastante mayor, debido a los antioxidantes e inhibidores que lleva en su composición.

La duración de este tipo de plástico es de 2 a 3 años, según la luminosidad y el régimen de viento al que se éste expuesta la lámina.

c) Polietileno Térmico de Larga Duración

El PE transparente térmico es un plástico que tiene la propiedad de dificultar mucho el paso de las radiaciones nocturnas (tiene una permeabilidad del 18% a las radiaciones longitud de onda larga en grosores de 800 galgas). Esto permite a los invernaderos cubiertos con este material que se anule casi en su totalidad la inversión térmica y que las temperaturas mínimas absolutas sean de unos 2 ó 3 °C más elevadas a las registradas en cubiertas de PE normal.

El PE transparente térmico, por los aditivos que se emplean en su fabricación, tienen un gran poder de difusión de la luz, que en algunas marcas comerciales puede llegar al 55% de la radiación luminosa que atraviesa la lámina de plástico; también, por la misma razón de los aditivos añadidos, tienen un buen efecto antigoteo.

La técnica de la coextrusión permite combinar propiedades que no pueden ser reunidas por un polímero único, las propiedades más comunes son optimización, termicidad, estabilidad frente a las radiaciones UV, mejora de las propiedades mecánicas, antimoho, antipolvo.

Copolímero Etil-Acetato de vinilo (EVA).

Actualmente se están fabricando los copolímeros de etileno y acetato de vinilo (EVA). Se sintetiza por calentamiento suave de etileno y AV en presencia de peróxidos. La proporción usual en AV para agricultura oscila entre el 6 % y el 18 %. Un mayor contenido en AV aumenta su opacidad al IR pero disminuye su resistencia mecánica. Esta formulación mejora las propiedades físicas del polietileno incluyendo su resistencia a la ruptura en bajas temperaturas y al rasgado.

Su transparencia a la luz visible cuando el material es nuevo es más alta que la del polietileno térmico, la opacidad a las radiaciones térmicas depende del contenido de acetato de vinilo, siendo necesario del 15 al 18% de VA para conseguir un buen nivel térmico para un espesor de 0,15 a 0,20 mm.

Resulta más caro que el polietileno térmico. De entre los films plásticos es el que presenta más resistencia a los UV.

Los problemas más importantes que presentan los copolímeros EVA son su excesiva plasticidad (cuando se estiran no se recuperan), gran adherencia al polvo lo que puede provocar reducciones de hasta un 15 % en transmisividad a la radiación solar. Son difíciles de lavar debido a su alta carga electrostática.

Respecto a la duración de la lámina como cubierta de invernadero es de 2 años para los grosores de 800 galgas y de 1 año para los grosores de 400 galgas.

En las láminas de copolímero EVA con un alto contenido de acetato de vinilo (AV), son los recomendables para cubierta de invernadero en lugares geográficos con excesiva luminosidad y temperaturas elevadas, por las grandes dilataciones que sufre este material (cuanto más porcentaje de AV mayor dilatación con calor), que luego da lugar a bolsas de agua de lluvia y la rotura por el viento.

## **v) Plásticos flexibles**

Son materiales sintéticos, compuestos generalmente por moléculas orgánicas con un elevado peso molecular; termoplásticos, es decir, permiten ser sometidos a diferentes ciclos térmicos pudiendo ser fundidos y solidificados tantas veces como sea necesario; y materiales ligeros, de fácil transporte y manipulación.

### **Policloruro de vinilo (PVC)**

Es un material rígido que mediante plastificantes se consigue transformar en flexible. Las láminas se fabrican por calandrado lo que limita el ancho de la lámina a 2 m, llegando hasta 8 m mediante sucesivas soldaduras. Su densidad es de 1250 – 1500 kg/m<sup>3</sup>, siendo más pesado que el PE.

Su resistencia al rasgado es muy baja, por lo que requiere de estructuras poco agresivas que mantengan bien sujeta la película. También se le añaden antioxidantes, estabilizantes y absorbentes UV.

Transmite la luz visible en porcentajes elevados, pero con baja dispersión. Su elevada electricidad estática hace que el polvo se adhiera fácilmente, restándole transmisividad. Su elevado contenido en cloro le proporciona un buen efecto barrera al IR.

El PVC envejece más lentamente que el PE; la degradación o envejecimiento del PVC se traduce en pérdidas de transparencia, coloración de la lámina y fragilidad a la rotura.

El envejecimiento o degradación del PVC es debido a cambios químicos producidos por el calor y la luz en presencia del oxígeno; también se debe a que el plastificante se disuelve. Hay algunos microorganismos que viven a expensas de los carbonos de los plastificantes.

La duración de estos materiales dependen del tipo de plastificante empleado en su fabricación y la clase de PVC; el flexible tiene menos duración que el armado y, a su vez, éste dura menos que las placas rígidas. Se estima su duración entre 2 ó 3 años para láminas flexibles, siendo superior a 6 años para láminas rígidas.

Cuadro 11 Valoración de las principales propiedades de cuatro de los materiales de cubierta plásticos más utilizados

PROPIEDAD	PE	PVC	EVA	PC
Resistencia a UV	+/-	-/+	+	+
Transparencia a rad. Visibles	-/+	+	+	-
Propiedades térmicas	-/+	+	+/-	+
Antigoteo	-	-	-	+
Propiedades mecánicas	-/+	+/-	+	+
Compatibilidad con aditivos	-	+	+	+
Resistencia al rasgado	+	+	-	+
Resistencia a las bajas temperaturas	-	-	+	+
Resistencia a las altas temperaturas	+	-/+	-	+
Precio	+	-	+	-
Anchuras grandes	+	-	+	-

Fuente: Montero; Antón, 1993.

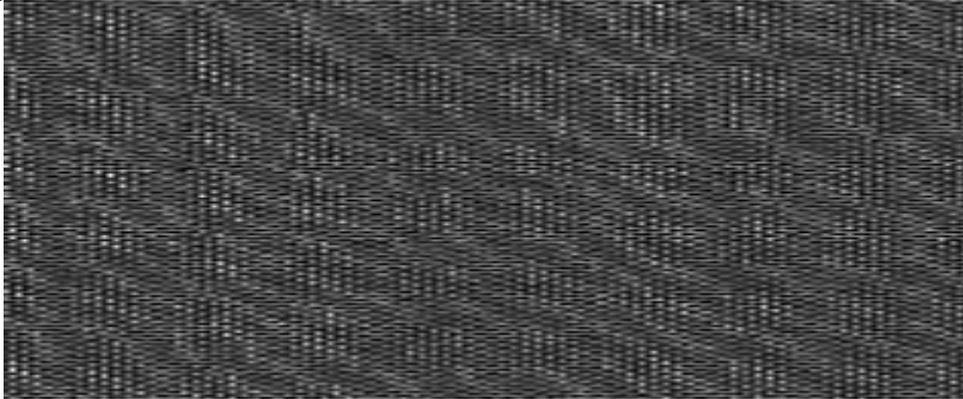
### 1.9.3 Malla Antiáfidos

Las mallas antiáfidos se colocan en las paredes de los invernaderos, con la finalidad de mejorar la ventilación, ya que son de un material plástico tejido que dejan pasar el aire, pero no dejan pasar a los insectos y áfidos que pudieran transmitir enfermedades de tipo viral a la planta cultivada. La malla antiáfidos o contra insectos es fabricada con monofilamento redondo de polietileno de alta densidad, con aditivos para protección antioxidante y de rayos ultravioleta, resiste a la intemperie un mínimo de 4 años en condiciones normales de operación (SABSA, 2003).

Con éstos componentes puede manejarse de manera adecuada un cultivo bajo cubierta, sin embargo, para ello es necesario que el clima del lugar no sea muy extremo y se mantenga la temperatura y humedad ambiental dentro de los rangos óptimos que necesita la planta. Esto implica una gran ventaja, ya que no se requiere incrementar los costos de producción para mejorar el ambiente, ya que esto se logra únicamente con un buen diseño de la nave o cubierta. Pero, también existen lugares donde es imposible mantener los rangos óptimos

ambientales por lo cual es necesario instalar sistemas automáticos de protección ambiental.

Fotografía 6 Malla antiáfidos



#### 1.9.4 Malla piso

Es una malla para suelo que detiene la luz solar. Es el método más efectivo y económico para controlar las malezas en el campo de producción y el invernadero. El tejido de polipropileno negro evita el crecimiento de malas hierbas, sin embargo permite el paso de agua, luz y nutrientes a las plantas y cultivos siendo compatible con todos los sistemas de riego. Su fuerte constitución evita rasgaduras y agujeros, tiene una franja verde o blanca cada 34 centímetros para alinear las plantas dentro del invernadero. Se ha estabilizado a los rayos ultravioleta para resistir los rayos directos del sol, por lo cual tiene una vida útil de por lo menos 5 años (SABSA, 2003).

La malla piso también mantiene un ambiente más limpio dentro del invernadero, ya que el suelo no tiene contacto directo con las plantas, si estas se encuentran en algún contenedor como bolsas o macetas, lo cual ayuda a evitar la aparición de enfermedades de tipo fungoso.

Actualmente también se están comercializando mallas piso de color blanco para ayudar a tener mayor luz reflejante en el envés de las hojas y así ayudar a algunas especies de plantas a mejorar su eficiencia fotosintética.

Fotografía 7 Malla piso para invernadero color negro



### **1.9.5 Sistemas de protección ambiental**

La energía requerida para calentar un invernadero depende de varios factores como son los patrones de clima local, la fecha de siembra, los cambios climáticos en el invernadero, el diseño del mismo, la disponibilidad de equipos de control y la capacidad de la planta para absorber calor. Existen infinidad de equipos y dispositivos cuya eficiencia depende en gran parte de una correcta interpretación de la información que generan (Bojórquez, 2005).

Las modernas estructuras de los invernaderos están diseñadas con un mínimo de partes sólidas que permiten el paso de la radiación y por lo mismo cuentan con una inercia térmica muy limitada. Esto quiere decir que normalmente los invernaderos, aunque tienen la capacidad de retener la energía calorífica de las radiaciones, responden rápidamente a los cambios climatológicos del exterior, con lo cual se puede generar un desequilibrio en la energía disponible en su interior. Los ejemplos de un desequilibrio térmico ya sea de frío o de calor se pueden traducir en una elevada temperatura o una disminución drástica de ésta. En el caso de una elevada temperatura, repercute en una elevada transpiración del cultivo, mayor crecimiento vegetativo, una disminución de la concentración de nutrientes en los frutos, y en los casos extremos hasta la pérdida completa del cultivo por deshidratación (Bringas, 2004). Cuando la temperatura disminuye, el cultivo crece más lentamente, se tienen deficiencias de nutrientes, especialmente el fósforo, la polinización se ve reducida y por consiguiente también la formación de frutos, en casos extremos puede haber daños por heladas y muerte de las plantas cultivadas.

Es por ello, que al diseñar un invernadero, se tomen en cuenta los factores y elementos climáticos, así como la especie que se va a cultivar para establecer un adecuado sistema de control ambiental. Existen lugares donde únicamente con una altura y diseño adecuada del invernadero, paredes con buena ventilación de aire y el cultivo apropiado se consiguen buenos rendimientos, en caso contrario es necesario instalar un sistema de ventilación y calefacción automatizada.

El control ambiental tiene por objetivo prevenir un desequilibrio de la temperatura, lo cual se logra a través del reemplazo de aire caliente y húmedo del interior del invernadero por aire fresco del exterior, o bien a través del calentamiento del aire en el interior del invernadero si la temperatura es muy baja.

Con el uso de sensores y controles, se puede manejar el ambiente dentro del invernadero. Los sistemas pueden ser simples o muy sofisticados. Para el caso de un sistema de control ambiental simple, se instalan ventiladores de aspas o también llamados extractores de aire, paredes húmedas con paneles de hemicelulosa, un calentador de gas y cortinas plegables de plástico en las paredes laterales del invernadero, a los ventiladores, pared húmeda y calentadores se le instala un sensor de temperatura y se programan para su encendido a temperaturas críticas. Así por ejemplo, si la temperatura es mayor al rango óptimo se enciende el sistema de enfriamiento que incluye la pared

húmeda y los ventiladores, el agua que circula por la pared húmeda enfría el aire que proviene del exterior y los ventiladores lo hacen circular dentro del invernadero y posteriormente lo expulsan enfriando el invernadero, el sistema se apaga cuando se alcanza nuevamente la temperatura óptima. Por otro lado, si las temperaturas tienden a ser muy bajas (esto ocurre generalmente en las noches), por la tarde se bajan las cortinas plásticas y en transcurso de la noche si la temperatura disminuye por debajo del rango óptimo se encienden los calentadores hasta llegar nuevamente al rango óptimo y por las mañanas se levantan nuevamente las cortinas plegables. Estos sistemas de automatización son recomendables para instalaciones pequeñas y son de menor costo y fáciles de operar.

Los sistemas sofisticados se utilizan generalmente para instalaciones muy grandes y donde se quiere obtener la máxima eficiencia y productividad. De acuerdo a ACM Horticultura España, 2002, un sistema de control ambiental complejo consta de las siguientes partes:

- a. Ordenador de comunicación y control.
- b. Estación meteorológica.
- c. Estación de clima.

El ordenador de comunicación y control se trata de una PC (computadora personal) de gama alta conectado en tiempo real con la estación de clima, mediante él se visualiza, modifica, almacena e imprime los datos y parámetros de cada invernadero.

La estación meteorológica está formada por los sensores exteriores que monitorean los elementos como temperatura, precipitación, humedad relativa, etc. Esta estación está conectada a la estación de clima mediante fibra óptica para asegurar la fidelidad de los datos obtenidos.

La estación de clima es el cerebro de la instalación. Este equipo procesa los datos recibidos de los sensores, y en función de cómo se programe trabajara con los equipos de enfriamiento (ventiladores y pared húmeda, micro aspersores) y calefacción (calentadores de gas o de aire caliente). El software de este equipo incluye el control de los siguientes sistemas: Ventilación cenital, ventilación lateral, pantalla térmica, calefacción, recirculación de aire y humidificación. Cada uno de éstos módulos está identificado por su propio icono en pantalla de tal manera que se puede identificar y controlar rápidamente. Estos sistemas de control ambiental son muy costosos y se requiere de personal técnico altamente especializado, la ventaja principal con respecto a los sistemas de control simples es que desde una oficina se puede monitorear toda el área de producción y además se tienen datos de clima constantemente en actualización.

Para que todos estos sistemas funcionen de manera adecuada, el técnico deberá conocer los parámetros preestablecidos para cada tipo de cultivo e invernadero, y programar las temperaturas deseadas. Los sensores y las alarmas serán las herramientas de control y por ello, es necesario que su funcionamiento sea verificado con frecuencia (Bojórquez, 2005).

## Capítulo 2 El sistema hidropónico

El término hidroponía deriva del vocablo griego “hydro” que significa agua, y “ponos”, equivalente a trabajo o actividad. Literalmente se traduce como “trabajo en agua” o “actividad en agua” (Sánchez y Escalante, 1988). Actualmente se considera como el establecimiento de cultivos sin suelo.

Entonces con la definición anterior se puede considerar a la hidroponía como un sistema de producción en el que las raíces de las plantas se riegan con una mezcla de elementos nutritivos esenciales disueltos en agua.

Y el que, en vez de suelo, se utiliza como sustrato un material inerte, o simplemente la misma solución. Dentro de los materiales inertes se puede utilizar la arena, perlita, turbas, el tezontle, la fibra de coco y materiales de importación como la lana de roca.

En la actualidad trabajar un sistema hidropónico es manejar cualquier tipo de material inerte usado adecuadamente con una solución nutritiva, aunado al desarrollo de los plásticos, los sistemas hidropónicos dieron un importante avance. Además este sistema se hizo más eficiente con el uso de bombas apropiadas, controladores de riego, tuberías de plástico, válvulas solenoides, inyectores, computadoras y otros equipos, ha sido posible automatizar completamente los sistemas de producción, reduciendo los costos operacionales.

Los cultivos hidropónicos producen mejor calidad bajo invernadero en todas las condiciones climáticas, particularmente para cultivos de alto valor económico como las flores y hortalizas siempre y cuando se tenga el conocimiento adecuado de este sistema.

El trabajo hidropónico puede abarcar varios niveles, desde cultivos muy baratos, convenientes para personas de escasos recursos, hasta personas con niveles de producción a mediana y gran escala que pueden llegar a producir más con esta técnica que con los procedimientos tradicionales.

Hoy en día es de suma importancia tener métodos alternativos de los cultivos tradicionales para evitar la erosión y desgaste del suelo, así como la deforestación y destrucción de ecosistemas.

En este caso, la hidroponía es una alternativa variada y rentable para estructurar proyectos de producción aprovechando al máximo, los recursos disponibles en diferentes regiones.

## **2.1 Principios de la hidroponía**

La hidroponía es una alternativa para producir alimentos sin tener que esperar a la lluvia o sin temer a los fenómenos de sequía y exceso de agua, fenómenos que han encarecido el abasto de alimentos en todo el mundo.

Además esta técnica permite incorporar al cultivo regiones del país que abarcan desde terrenos poco fértiles o muy pequeños hasta las azoteas de una ciudad donde una familia de personas que no se hayan dedicado a la agricultura pueden cultivar hortalizas con éxito, para su autoconsumo y con una buena capacitación se puede lograr hasta la comercialización.

## **2.2 Sistemas de hidroponía**

De lo que trata la hidroponía es que tengamos el mayor control posible sobre el desarrollo de las plantas.

Por ejemplo, hay sustancias que son necesarias para el desarrollo de la planta, pero puede que en un tipo de tierra no estén en la cantidad correcta, y que además sea difícil averiguar cuánto tienen. Por ejemplo el nitrógeno. Compuestos necesarios de N para la planta, pueden ser muy abundantes en un tipo de tierra y muy escasos en otra. Hay tierras que son sumamente fértiles y hay tierras que no sirven para cultivar nada. Entonces la tierra es una mezcla muy complicada que nos hace muy difícil tener el control total sobre las plantas.

Para dedicarse a cultivar hortalizas, flores o frutos con hidroponía es necesario conocer los sistemas que se pueden emplear. Hay dos sistemas para realizar la hidroponía:

### **1 El cultivo en agua**

Las plantas viven directamente en el agua, en la que se han disuelto los nutrientes, que están en contacto con las raíces de la planta. El agua es oxigenada previamente para evitar que las plantas sufran por falta de oxígeno y mueran.

### **2 El cultivo en sustrato**

Las plantas crecen en un material sólido, inerte y libre de nutrientes que es el sustrato. Este sustrato ayuda a fijar a la raíz de planta sirviéndole de sostén. Los nutrientes son disueltos en el agua, que al circular por el sustrato, está en contacto con la raíces de las plantas. El sustrato guarda el aire y la humedad, y debe de tener un buen drenaje para eliminar el exceso de agua y de nutrientes. Este sistema es el más recomendado.

### 2.3 Ventajas y desventajas de la hidroponía

Según Sánchez y Escalante, 1988, así como Miranda (1999), la hidroponía se considera como un sistema de producción agrícola con una gran cantidad de ventajas técnicas y económicas, entre las cuales se pueden mencionar las siguientes:

1. Balance ideal de agua, aire y nutrientes.
2. Humedad uniforme y ahorro de agua.
3. Excelente drenaje.
4. Permite una mayor densidad de población.
5. Se pueden corregir rápidamente las deficiencias o excesos de nutrientes.
6. Perfecto control de pH.
7. No se depende tanto de los fenómenos meteorológicos.
8. Se obtiene mayor rendimiento y calidad por unidad de superficie que un cultivo en suelo (ver Cuadro 1).
9. Posibilidad de varias cosechas al año.
10. En los trabajos de mantenimiento del cultivo se puede utilizar mano de obra no calificada y de forma permanente.
11. Constituye una opción en condiciones limitadas de suelo, clima y agua.
12. Es un sistema versátil que puede ser adaptado a condiciones específicas ambientales, socioeconómicas y tecnológicas.

Cuadro 12 Rendimiento Cultivo comparativo en suelo a cielo abierto y en invernadero e hidroponía.

Cultivo	Suelo (ton/ha)	Invernadero e hidroponía (ton/ha)
Tomate rojo	30-40	100-200
Pepino	10-30	100-200
Chile	20-30	60-60

Fuente: Sánchez y Escalante, 1988. Hidroponía

Los mismos autores señalan las siguientes desventajas:

1. Por si sola no asegura rendimientos superiores.
2. El cuidado de los detalles es lo que otorga el éxito o el fracaso.
3. Las plantas se vuelven muy dependientes del hombre y son muy susceptibles a desbalances nutricionales, de agua y oxígeno.
4. Se requiere para su manejo de personal especializado.
5. Alta inversión inicial.
6. Se necesita de abastecimiento constante de agua.

El sistema de cultivo hidropónico es ideal para un invernadero, ya que ambos aspectos mejoran sustancialmente el sistema productivo y se controlan casi al 100% los factores que inciden en la producción agrícola (ver Cuadro 13).

Cuadro 13 Rendimiento Cultivo comparativo en invernadero en suelo e hidroponía

Cultivo	Suelo(kg/m <sup>2</sup> )	Hidroponía (kg/m <sup>2</sup> )	Diferencia promedio
Tomate rojo	12-14 (6 meses)	40-50(11 meses)	32 kg/m <sup>2</sup>
Pepino	8-15 (5 meses)	50-60 (11 meses)	43 kg/m <sup>2</sup>
Pimiento	6-10 (7 meses)	20-22 (11 meses)	13 kg/m <sup>2</sup>
Berenjena	8-10 (7 meses)	30-33 (11 meses)	22 kg/m <sup>2</sup>

Fuente: Bringas, 2004. Perspectivas de los Invernaderos. Revista Productores de Hortalizas. Febrero de 2004.

## 2.4 El sustrato

El sistema de cultivo con sustrato, que parece ser el que mejores resultados ha dado, es conveniente saber lo básico de este medio.

Lo que se necesita en lugar de la tierra es una cosa que se llama “sustrato”, que quiere decir “lo de abajo”; o sea, lo que va a estar en la base de las plantas.

Se llama sustrato a un medio sólido inerte que cumple 2 funciones esenciales:

- i) Anclar y sostener las raíces protegiéndolas de la luz y permitiéndoles respirar.
- ii) Contener el agua y los nutrientes que las plantas necesitan.

Los gránulos de que está compuesto el sustrato deben permitir la circulación del aire y de la solución nutritiva. Se consideran buenos los que permiten la presencia entre 15% y 35% de aire y entre 20% y 60% de agua, en relación con el volumen total. Muchas veces resulta muy útil mezclar sustratos buscando que unos aporten lo que les falta a otros.

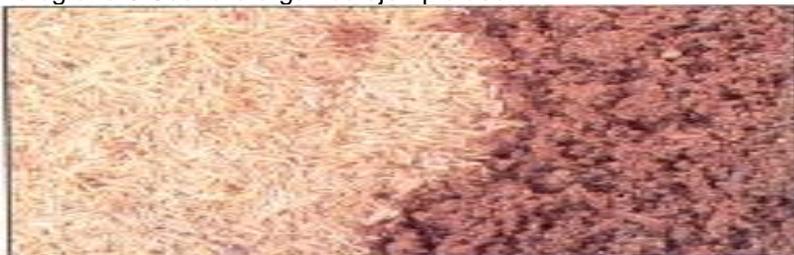
Para elegir o combinar los sustratos, hay que tener en cuenta las características que se espera que tenga:

- Retención de humedad.
- Alto porcentaje de aireación.
- Físicamente estable.
- Químicamente inerte.
- Biológicamente inerte.
- Excelente drenaje.
- Que posea capilaridad.
- Liviano.
- De bajo costo.
- Alta disponibilidad.

### 2.4.1 Sustratos más utilizados

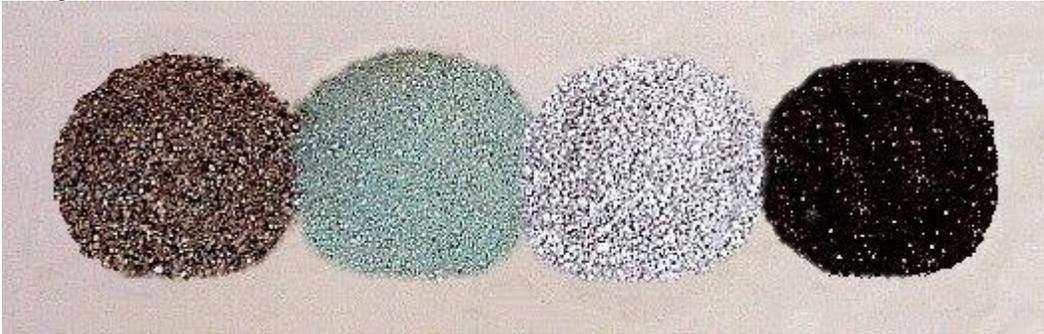
a) Orgánicos. La cascarilla de arroz, la viruta y el aserrín de madera, la cáscara de coco. Sin embargo, estos sustratos no se recomiendan para el cultivo hidropónico, ya que no son duraderos y, al degradarse, pueden obstruir el paso de la solución nutritiva o del oxígeno. Además, pueden contaminar con facilidad al pudrirse, desarrollando hongos o lama.

Fotografía 8 Sustrato orgánico ejemplo aserrín



b) Naturales. La grava, la arena ver fotografía 9 (fina, media o gruesa, puede ser de cuarzo, de río o de construcción), el tezontle, la piedra pómez con carbón mineral, la piedra volcánica (como el basalto), la perlita (que se vende como agrolita), la vermiculita, el ladrillo triturado, las tejas molidas (libres de elementos calcáreos o cemento), la mica (que es un mineral que forma como laminitas transparentes. En el espacio que queda entre estas laminitas cabe una cantidad enorme de agua, por lo que este mineral es bastante apropiado para realizar la germinación).

Fotografía 9 Sustratos naturales



c) Sintéticos. El hule espuma, el “tecnosport “, los pelets o esponjas de polipropileno (trozos de plástico), el poliuretano, el poliestireno, el polietileno, la espuma plástica.

Fotografía 10 Hule espuma



## 2.5 El sistema de riego

Cuando se programa la instalación del sistema de riego en un invernadero, se está abordando un punto clave en el posterior funcionamiento del mismo, ya que al modificar intencionalmente los aportes naturales, que en el cultivo tradicional se producen en forma de lluvia, es necesario realizar un correcto diseño que permita un suministro de agua en todo momento y con la máxima garantía, tanto de calidad como de cantidad de la aplicación.

La instalación de un invernadero soporta una considerable inversión, motivo por el cual es fundamental que el sistema de riego responda en todo momento a las necesidades de las plantas cultivadas, a las que llevará no solamente el contenido hídrico tan necesario para su crecimiento, sino también, de forma frecuente aporta nutrientes de micro y macroelementos, actuando también como simples reguladores de factores microclimáticos tan importantes como son la humedad y la temperatura.

El sistema de riego es de suma importancia, ya que este determina la disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas cultivadas. El sistema de riego puede ser por subirrigación, aspersión, microaspersión, riego por goteo por cinta y riego por goteo localizado. La decisión final del sistema se a utilizar dependerá del cultivo, método de cultivo, el costo y la posibilidad de automatizar el sistema para inyectar adecuadamente los nutrientes a la zona de cultivo. Cada uno de ellos se puede automatizar y obtener una mayor eficiencia en el uso del agua y regar sin necesidad de personal en intervalos durante todo el día, todos los días del año.

La automatización puede ser sencilla o simple y compleja. La automatización sencilla se utiliza para pequeños módulos de producción, en este caso todo el riego se maneja en una sola sección y con un temporizador o control digital (también llamado timer) se enciende el sistema de riego en varios intervalos durante el día todos, los días del año.

La automatización compleja se utiliza para instalaciones muy grandes donde es necesario el seccionamiento del riego, ya que el sistema de bombeo no es capaz de regar de manera simultánea y uniforme toda el área de producción. Para ello es necesaria la instalación de los siguientes componentes:

a) Válvulas solenoides. Son válvulas o llaves de paso que se instalan en cada sección de riego, la apertura o el cierre de las mismas se obtiene a través de los impulsos eléctricos que provienen del controlador.

b) Controladores. Es el sistema principal del control de riego, con este equipo se puede programar la hora, el intervalo de riego, los días que se van a regar, la sección y el orden de riego en cada una de ellas. En el mercado se pueden adquirir controladores desde 4 hasta 48 secciones de riego (Rain Bird, 2004).

c) Relevadores. Es un dispositivo electrónico que manda la señal de encendido del controlador al sistema eléctrico para el encendido de la bomba de agua.

### 2.5.1 Sistemas de riego en hidroponía

Las formas de riego más empleadas hasta ahora son: por goteo, aspersión, subirrigación, por gravedad, etc.

#### i) Riego por goteo

Dentro de los sistemas hidropónicos, el sistema de riego por goteo es el más usado en nuestro país. La solución nutritiva es proporcionada a cada planta a través de goteros conectados en mangueras de goteo de polietileno de color negro. El riego se hace aplicando pequeñas cantidades de solución nutritiva directamente en la zona de la raíz. El sistema es muy usado para la producción de cultivos de fruto como tomate, pimiento, melón, pepinillo y sandía.

Fotografía 11 Riego por goteo



## ii) Riego por aspersión

El agua se deja caer sobre el follaje desde una cierta altura a manera de lluvia. Es un sistema que se ha utilizado mucho pero que actualmente está en desuso. Ver fotografía 12.

Fotografía 12 Riego por aspersión



## iii) Subirrigación

Esta es una técnica de riego que consiste en suministrar el agua a la base de la maceta. Se realiza mediante el llenado de agua de una bandeja donde están colocadas las macetas.

Fotografía 13 Riego por subirrigación



Entre los sistemas más conocidos están:

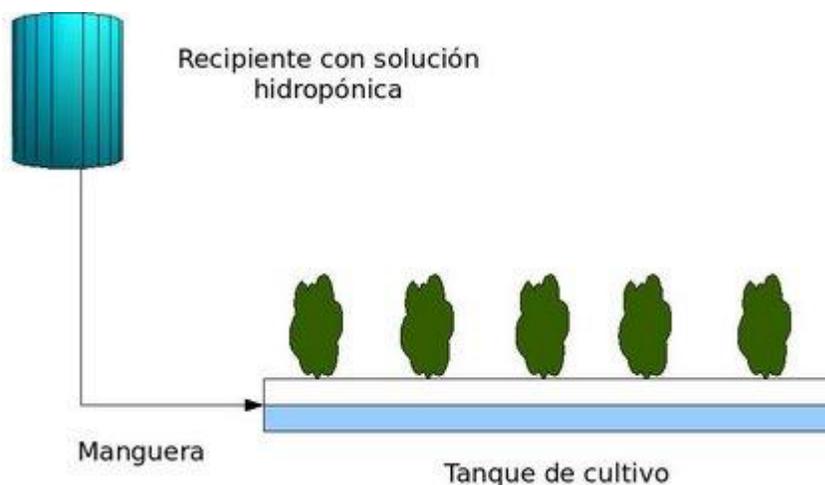
#### iv) Riego por gravedad

En este sistema se cuenta con la ayuda de la gravedad para realizar el riego. Este tipo de sistemas es muy común en operaciones pequeñas y altamente recomendables para cultivo casero. Este sistema se caracteriza por su bajo costo de fabricación y su relativa eficiencia.

El sistema consiste en un recipiente con dos orificios que sirven como sistema de drenaje para la solución hidropónica. Se llena el recipiente con el medio de cultivo de preferencia. A los orificios ubicados a cada lado del recipiente se conectan mangueras para facilitar el drenado. Estas mangueras deben estar perfectamente selladas con el recipiente, para evitar fugas se puede utilizar una conexión de manguera en el orificio y con silicón se puede sellar las fugas entre el recipiente y las mangueras. Las mangueras de cada lado se conectan a tinajas que se utilizarán para regar el sistema.

En este sistema el recipiente de solución hidropónica se eleva más arriba del tanque de cultivo. Por acción de la gravedad el tanque se llena con la solución regando el cultivo. Para dejar que las raíces absorban oxígeno el tanque se pone por debajo del nivel de tanque de cultivo para drenar la solución. Este procedimiento se realiza varias veces al día para oxigenar las plantas.

Figura 7 Sistema de riego por gravedad



## **v) Recirculante (NFT)**

En este caso NFT son las iniciales de Nutrient Film Technique que es una expresión en inglés que significa “la técnica de la película nutriente”. También se le llama sistema de recirculación continua.

Ya que consiste en recircular continuamente la solución con los nutrientes por una serie de canales de PVC. El sistema es muy usado para cultivos de rápido crecimiento como la lechuga y albahaca.

En la Figura 8 se muestra el sistema de riego paso por paso. Este sistema consiste en el tubo de PVC con orificios a lo largo para introducir las plantas. Las plantas pueden estar suspendidas de un medio de soporte como una cuerda o en un pequeño recipiente como medio de crecimiento para contener la planta.

Se hace pasar una pequeña película de solución constante sobre las raíces para mantenerlas hidratadas. El flujo de solución se controla con una válvula de paso. El tubo se pone con una inclinación para facilitar el flujo de la solución y evitar que se estanque.

Una variación de este sistema es utilizar una película de plástico por debajo de las plantas. La película de plástico se recomienda negra para reducir la penetración de la luz y así prevenir la formación de hongos. Este punto es muy importante, las raíces nunca deben de estar en contacto directo de la luz solar, debido a que esta promueve la formación de hongos y de más agentes dañinos a la planta.

La gran ventaja de este método es que la raíz adquiere todo el oxígeno que necesita para su desarrollo. Pero como todo sistema este presenta un defecto. Cuando la masa de raíces crece en tamaño, puede llegar a llenar el canal por donde circula el agua y detener el flujo de solución.

Esto causa que el agua se estanque y la planta quede sin oxígeno. La falta de oxígeno mata a la planta además de generar agentes patógenos en el sistema. La solución es el proporcionar un canal suficientemente grande donde las raíces no obstruyan el flujo de agua y cultivar plantas de poco tiempo de cosecha.

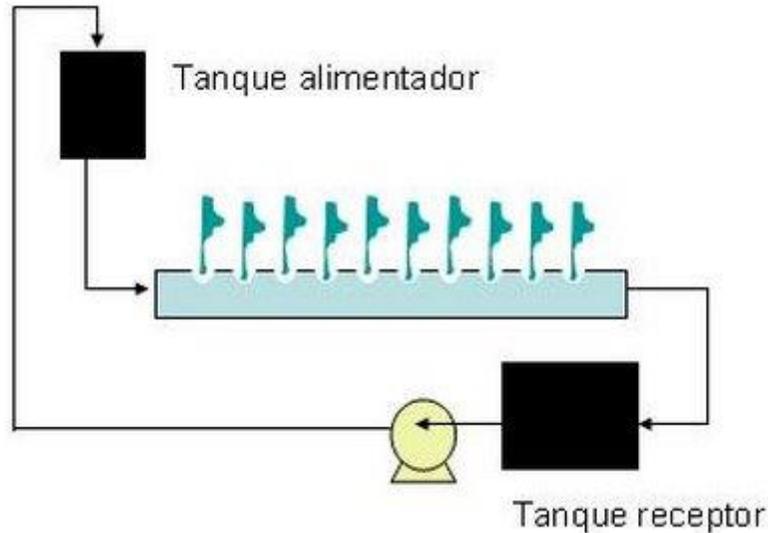
Una vez que se ha instalado el canal con las plantas la solución se debe hacer pasar constantemente. Por lo que se requiere un sistema de recirculación de fluido.

El método adecuado es el de utilizar un tanque en la parte superior como se observa en la figura que este alimentando los canales con suficiente solución.

Se utiliza una válvula para controlar el flujo de solución y así controlar el espesor de la película. En la parte final de sistema se instala otro tanque

receptor de solución donde se conecta una bomba para recircular la solución al primer tanque.

Figura 8 Sistema de riego NFT



#### vi) Raíz flotante

Es el sistema hidropónico por excelencia, ya que las raíces de las plantas están sumergidas parcialmente en la solución nutritiva. La principal técnica comercial es la Técnica de Flujo Profundo (DFT, Deep Flow Technique), donde planchas de poliestireno expandido que sostienen un determinado número de plantas, flotan sobre una solución nutritiva aireada frecuentemente a través de una compresora.

Este sistema se usa en proyectos de hidroponía, generalmente para cultivar hortalizas de hojas, como lechuga, albahaca, apio, menta, hierba buena, entre otras. Fotografía 14

Fotografía 14 raíz flotante



Es muy importante airear la solución nutritiva; esto se puede hacer inyectando aire con una compresora o manualmente, utilizando un batidor plástico limpio, por lo menos dos veces al día. De esta manera es posible redistribuir los nutrientes y oxigenar la solución. La presencia de raíces de color oscuro es un indicador de una mala oxigenación y esto limita la absorción de agua y nutrientes, afectando el crecimiento y desarrollo de las plantas.

### **vii) Aeropónico**

Este sistema Aeropónico, las plantas se colocan sostenidas en agujeros en planchas de termo por (poliestireno expandido). Las raíces están suspendidas en el aire debajo de la plancha y encerradas en una cámara de aspersion. La cámara está sellada por lo que las raíces están en oscuridad y saturadas de humedad. Por nebulización se hace llegar la solución nutritiva a las raíces.

### **viii) Sistema de columnas**

El sistema permite una alta producción de plantas por unidad de área, aunque solo puede aplicarse a plantas de porte pequeño. Es muy usado para la producción de fresas.

## **2.6 Componentes básicos de un sistema hidropónico**

Cualquier método de cultivo en hidroponía está compuesto de los siguientes elementos.

### **2.6.1 Plantas**

En general cualquier especie puede cultivarse en hidroponía. Sin embargo por el costo de la inversión y mantenimiento se recomiendan especies de alto valor económico como las hortalizas y las flores de corte. Actualmente para obtener los máximos beneficios de éste sistema productivo se están utilizando variedades híbridas de alto potencial de rendimiento y de periodos largos de producción.

### **2.6.2 Solución nutritiva**

Es la disolución en el agua de todos los nutrimentos que la planta necesita. Con ésta se riegan las plantas desde su establecimiento hasta la fase de cosecha. Para ello se utilizan fertilizantes químicos de alta solubilidad. En el manejo de la solución nutritiva se requiere de conocimientos básicos de química, nutrición vegetal y manejo del agua de riego.

### **2.6.3 Sustrato**

Es el material que sustituye al suelo. Estos pueden ser inertes o que no contienen ningún nutriente ni reaccionan con el agua de riego, por ejemplo, la arena, el tezontle, la perlita, la agrolita y la lana de roca. También pueden ser

de origen orgánico, que contienen ciertos niveles de nutrientes y además reaccionan con el agua de riego, por ejemplo el peat moss y la fibra de coco.

#### **2.6.4 Contenedores**

Son los recipientes que contiene el sustrato donde se establecen las plantas. Estos pueden ser de diferentes formas, tamaños y también de diferente material. Los contenedores pueden ser camas o bancales y bolsas de polietileno de diferentes tamaños.

Las camas pueden ser de 1.2 a 1.6m de ancho de diferente longitud con una profundidad de 40 cm con una pendiente menor al 0.5%. Las camas se pueden construir de materiales como concretos, ferrocemento, madera, lámina galvanizada, poliéster, acrílico, ladrillo y polietileno. Pueden estar por arriba del nivel del suelo o a nivel del mismo.

También pueden utilizarse bolsas de polietileno, las más comunes son las de polietileno negro calibre 400; sin embargo, actualmente también se utilizan las de color blanco para aprovechar el reflejo de la luz difusa en hortalizas como jitomate y el pimiento morrón; los tamaños van desde los 7 litros de capacidad hasta 18 litros, tomando en cuenta que a mayor volumen, en caso de alguna falla en el sistema de riego, el riesgo de estrés de la planta será menor.

### **2.7 Fertiirrigación o nutrición vegetal**

Se entiende por nutrición el conjunto de fenómenos o procesos de alimentación que contribuyen al crecimiento y desarrollo de un ser vivo. Un nutriente o nutrimento es entonces un alimento para la conservación, crecimiento o desarrollo de un ser vivo (Sánchez, 1999).

Nutrimientos los encontramos en la naturaleza como el agua y el aire, en los fertilizantes químicos y en los abonos orgánicos. En la hidroponía se utilizan principalmente los fertilizantes químicos, altamente solubles, ya que se aplican en el agua de riego.

### **2.8 Elementos esenciales**

De acuerdo con Arnon y Scout (1939), citados por Sánchez y Escalante (1998), para que un nutrimento se considere como esencial para las plantas debe cumplir con tres requisitos:

Las plantas deben ser incapaces de completar su ciclo de vida en ausencia del elemento mineral. Las funciones del elemento no podrán ser sustituidas por otro elemento. El elemento debe estar directamente involucrado en el metabolismo de las plantas.

Se ha demostrado que los siguientes elementos son considerados como nutrimentos esenciales para las plantas (Medina, 1993):

Carbono. Forma el esqueleto de las moléculas orgánicas y por lo tanto la materia seca de las plantas.

Hidrógeno (H). Forma parte de numerosos compuestos necesarios para el crecimiento de las plantas.

Oxígeno (O). Es necesario para la respiración de las células de las plantas. Junto con el hidrógeno forman el agua, que es el principal constituyente del peso fresco de las plantas.

Nitrógeno (N). Constituye el protoplasma de las células y se utiliza en la síntesis de aminoácidos y proteínas. Así mismo estructura la clorofila y es la responsable del color verde y del crecimiento de las plantas.

Fósforo (P). Está presente en todas las células vivas de la planta y es utilizado para almacenar y transferir energía. Estimula el crecimiento de las primeras fases de desarrollo y la formación de raíces, acelera la maduración y aumenta la producción de semillas.

Potasio (K). Es importante para la formación y transporte de azúcares y almidón e interviene activamente en el cierre y apertura de los estomas, por lo que reduce la transpiración de las plantas. Contribuye a la formación de raíces y al aumento del tamaño y calidad de la fruta, también incrementa la resistencia a enfermedades fungosas.

Calcio (Ca). Traza las paredes celulares y por lo tanto es esencial para la formación de nuevas células, participa en el crecimiento de las plantas y de los frutos.

Magnesio (Mg). Al igual que el nitrógeno forma parte de las moléculas de clorofila y por lo tanto del proceso de la fotosíntesis y la coloración verde de las plantas.

Azufre (S). Es un constituyente de los aminoácidos, por lo que interviene en la síntesis de proteínas.

Hierro (Fe). Es indispensable para la formación de clorofila y por lo tanto de la coloración verde de las plantas, así mismo es un activador de procesos bioquímicos como la respiración, fotosíntesis o fijación simbiótica del nitrógeno.

Manganeso (Mn). Acompaña al hierro en la formación de clorofila y es un activador de algunas enzimas que intervienen en los procesos de crecimiento.

Boro (B). Interviene en la diferenciación de las células meristemáticas regula el metabolismo de los hidratos de carbono.

Cloro (Cl). Es necesario para las regulaciones fotosintéticas de las plantas.

Cobre (Cu). Es un activador de varias enzimas e interviene en la formación de vitamina A.

Zinc (Zn). Es un constituyente de varias enzimas y controla la síntesis de algunas hormonas vegetales.

Molibdeno (Mo). Interviene en la asimilación del nitrógeno por las plantas.

Los elementos esenciales se dividen en tres grandes grupos: Los macroelementos que incluye al C, H, O, N, P y K. Los elementos secundarios que incluye al Mg, Ca y S. Y por otro lado a los micro nutrientes que incluye al Fe, Mn, B, Cl, Cu, Zn y Mo. Esta clasificación se basa en la cantidad de nutriente utilizada por las plantas. Los nutrientes son absorbidos en forma iónica (combinados con otro elemento y con carga eléctrica), algunos de ellos tienen más de una forma de absorción.

## **2.9 Factores que intervienen en la absorción de los nutrimentos.**

### **Oxígeno en el sustrato**

El oxígeno del sustrato depende de la temperatura del aire y del agua. La temperatura del aire depende de la especie a cultivar y la temperatura del agua debe ser mayor a 15.5 °C.

### **Conductividad**

Conductividad Eléctrica (CE) del agua y de la solución nutritiva. Con una conductividad menor de 0.7 dS/m del agua se obtienen buenos resultados, en cambio con una CE de 0.7 a 3.0 dS/m existe una restricción de uso moderado, con CE mayores de 3.0 dS/m ya no se recomienda su utilización por los daños que puede causar a las plantas cultivadas.

### **Concentración de los nutrientes**

Es importante manejar un nivel óptimo de nutrientes en la solución nutritiva, aunque éste depende de la especie a cultivar y de la etapa de crecimiento.

## Capítulo 3 La producción de chile en México

El *Capsicum* en México es conocido como chile y representa una tradición cultural, ya que se considera como una de las primeras plantas cultivadas en Mesoamérica, en especial el *Capsicum annuum* que se domesticó desde la época prehispánica y es común observarlo en mesas de las diferentes clases sociales de este país.

Considerado como condimento dentro de la dieta básica del país por mucho tiempo y hasta la actualidad, ahora se comprueba en investigaciones medicas que es un potencial de vitaminas en especial la “C” y como anestésico muy efectivo.

Por el hallazgo de restos de chile fechados en la fase del Riego (7000 y 5000 a.c.) en la cueva de Coxcatlán, Puebla y en Ocampo, Tamaulipas es probable que el chile fuera el primer cultivo domesticado en Mesoamérica, y las semillas de chile mas antiguas que se encontraron son pequeñas con características del grupo silvestre, y probablemente sean de chiles de recolección.

La domesticación del chile precede a la del maíz, el frijol y la calabaza, sus principales acompañantes a través de la historia. (Long-Solís, 1986)

### 3.1 Origen

Junto con la calabaza, el maíz y el frijol, el chile fue la base de la alimentación de las culturas de Mesoamérica, originado entre Perú y Bolivia, y domesticado por primera vez en México. De América, el chile fue llevado a Europa, Asia y África por los conquistadores españoles y portugueses, y se convirtió en un cultivo de uso mundial.

El origen del *Capsicum* así como su domesticación se le atribuye al Nuevo Mundo por investigaciones botánicas ya que en ninguna otra parte del Mundo existen evidencias antes de la llegada de los españoles a estas tierras, y es conocido como chilli (palabra náhuatl) modificándolo a chile por los españoles o como pimienta, en otros lugares.

En un estudio realizado por la citogenética Barbara Pickersgill en 1971, estableció que el *capsicum annuum*, var. *áxim* se desarrolló de material ancestral con un karotipo asociado con plantas del sur de México y Guatemala (ver cuadro 15). Las especies domesticadas evolucionaron de diferentes especies espontáneas. Hay muchas variedades de chile, que la mayoría de las veces son el producto de las modificaciones del hombre por selección artificial. El origen de sus progenitores espontáneos proviene de Mesoamérica, la Cuenca Amazónica, y las zonas tropicales y andinas de Bolivia. Restos arqueológicos verifican su antigüedad desde 2500 a.C. en los Andes, y en una excavación en Paloma, Perú, fechada en 6000 a.c., se hallaron especímenes de cacahuates, calabazas y chiles.

Casi todos los chiles cultivados en México pertenecen a la variedad *áxim*, que es una planta anual que sin embargo, suele crecer como perenne en zonas tropicales. La domesticación de esta variedad ocurrió en Mesoamérica, con una evolución probable de la variedad *glabriusculum/aviculare*.

Cuadro 14 Especies cultivadas y origen

ESPECIE DOMESTICADAS	CONTROL DE ORIGEN
Capsicum áxim var. Annuum	México y Guatemala
Capsicum frutescens	Cuenca del Amazonas
Capsicum baccatum var. Pendulum	Zonas bajas de Bolivia
Capsicum chinense	Cuenca del Amazonas
Capsicum pubescens	Los Andes (Perú-Bolivia)

Fuente: Conaproch 2008

### 3.2 Nomenclatura

El género *Capsicum*, miembro de la familia de plantas solanáceas, fue así denominado en el siglo XVI por los herbarios europeos. Algunos botánicos la relacionan con la palabra griega *kapto* que significa “morder”. En varias lenguas occidentales el *capsicum* lleva un nombre relacionado con la pimienta.

En inglés se llama *chili pepper*; en francés, *piment enragé* o *poivre rouge*; en italiano *peperone* y *pimentão picante* en portugués.

La palabra española “chile”, modificación de la náhuatl *chilli*, sigue siendo utilizada en México y América Central. Los arahuacos, grupo cultural de la zona del Caribe, lo denominaban en el siglo XVI ají o axí. Los hispanos adoptaron ese vocablo a su paso y lo implantaron en la Nueva España de aquella época y en América del Sur, donde se emplea todavía. Actualmente, en el lenguaje popular, utiliza varios nombres según su apariencia (chile verde, güero o largo), o bien indicando su procedencia (poblano o jalapeño). Según su etapa de madurez, al verde chile poblano se le llama chile ancho cuando el fruto se ha secado, aun sin cosecharse.

### 3.3 Taxonomía

Los taxónomos modernos reconocen cinco especies cultivadas; *Capsicum yáxim*, *Capsicum frutescens*, *Capsicum yáximayt* Jackuin, *Capsicum pendulum* Willdenow, y *Capsicum pubescens* Ruiz y Paven, mismas que se encuentran distribuidas en tres centros de origen (Greenleaf, 1986; Pickergills, 1989, siendo México el principal centro de diversidad genética de *Capsicum. yáxim*. A pesar de su importancia, se han realizado muy pocos estudios sobre la diversidad genética de los diferentes tipos de *Capsicum* en México (Pozo 1991), además, hay muy poca información sobre la diversidad dentro de cada especie (Chávez, 1994).

La especie *Capsicum. yáxim* var. *Annuum* que es originaria de México, es la que presenta mayor variabilidad de formas cultivadas, se encuentra distribuida en todo el mundo y tiene amplia diversidad de tamaños, formas, colores, rango de maduración y grado de pungencia.

## Pungencia

La Pungencia se caracteriza popularmente el *capsicum* por ser un condimento picante. Este factor está determinado por la cantidad de capsicina (C<sub>18</sub> H<sub>27</sub> NO<sub>3</sub>) en el fruto, donde se encuentra principalmente en la placenta del chile. La capsicina está controlada por un gene dominante, del que carecen los chiles dulces como el pimiento morrón. Los pequeños suelen ser más picosos.

Cuadro 15 Taxonomía

<b>Reino</b>	<b>Plantae</b>
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Solanales
Familia	Solanaceae
Género	Capsicum
Especie	yáxim

Fuente: Conaproch 2008

### 3.5 Importancia internacional del chile

A partir del siglo XVI, el chile pasó a formar parte esencial en la cocina y costumbres de todo el mundo, pero con una gran importancia en Estados Unidos de América debido a la población latina que radica en ese país; además de Europa, Hungría, India, África, Oriente.

Sin embargo en Estados Unidos fue difundido con la llegada de los españoles a la zona sur: Arizona, Nuevo México, Texas y California. Por años su consumo se debió en gran medida a la concentración de población hispano-americana, pero en los últimos años su consumo se ha incrementado considerablemente.

El chile es una especia que ha tenido un considerable aumento de consumo en los últimos años, en todo el mundo. Mientras que desde hace siglos ha sido consumido principalmente en países en vías de desarrollo como los latinoamericanos, africanos y asiáticos, el consumo en países como los de la Unión Europea y Estados Unidos ha ido en aumento, por una parte, debido a la gran cantidad de inmigrantes que lo demandan, y por otra, la población en general ha empezando a dar sabor a sus platillos con el chile pimiento o dulce, lo que ha abierto camino poco a poco a los chiles picosos.

Desde 1993, la producción mundial de chiles ha tenido un crecimiento del 48% de la superficie y duplicando los volúmenes de producción. Este aumento en la producción de chiles se debe a la creciente demanda de este producto en todas sus presentaciones (fresco, seco y procesado), tanto para consumo directo como para usos industriales.

Según los datos más recientes de FAOSTAT (2006) la superficie mundial sembrada de chiles asciende a 1'696,891 hectáreas, con una producción de 25'015,498 toneladas. De 1993 a la fecha se observa un incremento del 40%

en los rendimientos unitarios, debido al uso de nuevas tecnologías, quedando en un promedio de 14.74 ton/ha.

De todo el mundo, China es el país que presenta una mayor participación en la producción de chiles. Su superficie sembrada actual es de 612,800 hectáreas, (cuadro 17) lo que representa un 36% de la superficie sembrada mundial, con una producción de 12'531,000 toneladas, esto es más de la mitad de la producción mundial de chiles al año.

Cuadro 16 Superficie sembrada por país

País	Área (Ha)	Rendimiento (Ton/Ha)	Producción (Ton)
<b>China</b>	612,800	20.45	12,531,000
<b>México</b>	140,693	13.17	1,853,610
<b>Turquía</b>	88,000	19.83	1,745,000
<b>Estados Unidos</b>	34,400	28.42	977,760
<b>España</b>	22,500	42.36	953,200
<b>Indonesia</b>	173,817	5.01	871,080
<b>Otros</b>	624,681		6,083,848
<b>Total</b>	1,696,891	14.74	25,015,498

Fuente FAOSTAT, 2006.

México ocupa el segundo lugar por el volumen de producción y el tercero en superficie cosechada, con 140,693 has y 1'853,610 toneladas, participando con el 8 por ciento del área y el 7 por ciento de la producción mundial en toneladas.

De acuerdo a la producción obtenida en tonelada les siguen, Turquía, Estados Unidos, España e Indonesia, representando juntos el 25% del volumen mundial de producción.

Los países que presentan rendimientos más altos son aquellos que emplean tecnologías de alta precisión para la aplicación de riegos y fertilizantes, entre los que se encuentran Holanda y Reino Unido con 262 y 247 ton/ha respectivamente. El siguiente grupo lo forman Kuwait, Austria, Israel, Bélgica, España, Japón y Francia, presentando rendimientos superiores a las 40 ton/ha. El promedio mundial es de 19.60 ton/ha.

Cuadro 17 Rendimiento promedio mundial

Países	Rendimiento (Ton/Ha)
Holanda	262.50
Reino Unido	247.27
Kuwait	70.00
Austria	55.38
Israel	51.30
Bélgica	42.50

España	42.36
Japón	41.89
Francia	41.54

Fuente FAOSTAT, 2006.

Un grupo intermedio de países con rendimientos entre 20 y 40 ton/ha lo integran Estados Unidos, Italia, Francia, Japón, Grecia y Turquía, entre otros.

México presenta un rendimiento de 13.17 ton/ha debido principalmente al uso de mediana a baja tecnología de producción que tienen varias de las regiones del país.

Desde 1993, el comercio mundial de chiles ha presentado un incremento promedio anual de 8% en el volumen, y 11% en los ingresos. Registros recientes de la FAO indican 1'701,512 toneladas con un valor de \$2'834,789 miles de dólares en 2004.

Así, el volumen de las importaciones se ha incrementado 128%, mientras que su valor lo ha hecho en 196% de 1993 a 2004. Las exportaciones han aumentado, en ese mismo período, un 106%, mientras que su valor económico ha ascendido en un 193%, según datos de la FAO.

Estados Unidos y Alemania son los dos países con una mayor participación en las importaciones, representando entre ambos el 43% del volumen y el 46% del valor de las importaciones mundiales. Les siguen Reino Unido, Francia, Holanda y Canadá.

Si bien es cierto que no se consume el producto en estos países en el mismo volumen que en América Latina, Asia o África, destinan una mayor superficie al cultivo de otros productos de mayor demanda en sus mercados, como el tomate o la papa, de ahí que abastecen sus necesidades de chile en los mercados externos, principalmente de las variedades no picantes.

Por otro lado, cabe señalar que en Estados Unidos se ha registrado un incremento en el consumo de chiles, en todas sus variedades, en un 38% en la última década, con un promedio de consumo por persona de 2.7 kilos en 2003-2005. Países como Alemania, Reino Unido y Francia procesan los chiles, ya sea para usos industriales o para alimentarios.

En 2004, México se ubicó como el principal exportador de chiles del mundo, con un volumen de 432,960 toneladas, según datos de la FAO, seguido de España y Holanda. Entre los tres abarcan más del 64% del volumen y 73% del valor económico de las exportaciones mundiales.

Respecto al valor de las exportaciones de chiles, sobresale Holanda que, con un volumen menor que los de España y México, recibe mayor proporción del valor de las exportaciones. Esto se debe principalmente a que la producción de Holanda, al

ser de invernadero con condiciones controladas, logra cosechas de excelente calidad durante los meses invernales, con lo que obtienen los mejores precios en los mercados internacionales. En la proporción inversa se encuentra China, que con un 4% del volumen mundial de exportaciones, representa únicamente el 1% del valor económico. Los precios de venta de los chiles dependen en gran medida del tipo y la calidad, así como la oportunidad de la época en la que se tiene disponibilidad.(cuadro 18)

Cuadro 18 Principales exportadores e importadores de Chile

Exportadores			Importadores		
País	Tons.	Miles de dólares	País	Tons.	Miles de dólares
Holanda	330,776	798,313	USA	445,997	742,838
España	395,437	675,032	Alemania	282,179	560,940
México	432,960	576,690	Reino Unido	115,984	269,291
USA	93,701	126,234	Francia	119,306	195,923
Canadá	49,206	106,103	Holanda	77,079	151,155
Israel	65,100	105,507	Canadá	95,726	141,562
China	66,579	15,217	Otros países	565,241	773,080
Otros países	364,528	408,494	Total	1,701,512	2,834,789
Total	1,798,287	2,811,590			

Fuente FAOSTAT 2006

### 3.6 Importancia nacional del chile

En México existen más de 40 variedades de chiles. La diversidad y la riqueza de los platillos preparados con este producto son impresionantes. Desde los típicos y consistentes moles de Puebla, Oaxaca y Yucatán, por hablar sólo de los más conocidos, hasta las refinadas salsas y adobos del estado de México, Guadalajara o San Luis Potosí; la variedad de gustos, sabores e ingredientes que en las cocinas del país se emplean en conjunción con los diferentes chiles, ha permitido el desarrollo de una gastronomía característica, exótica e incitante, de un gusto peculiar y sugerente, que no obstante las transformaciones y las influencias, conserva una tónica particular, debida, justamente, a la variedad de formas y maneras en que en nuestro país se consume el chile, ya sea seco, en polvo, o en su principal presentación en fresco o verde.

México destaca a nivel mundial por tener la mayor variabilidad genética de *Capsicum* *yáxim*, que ha dado origen a un gran número de variedades o tipos de chiles, entre los que destacan el serrano, jalapeño, ancho o poblano, pasilla, guajillo y de árbol.

En algunos estados del país se destinan superficies al cultivo del chile para deshidratado, especialmente, y en otros se destinan principalmente para producto fresco y encurtido.

México es, también, uno de los importantes productores de chiles en el mundo. El consumo de chiles por persona es mayor al consumo de arroz y de papa. En 2001 se registró un consumo per cápita de 8.7 kilogramos. Esto representa un incremento del 17.6% de 1980 a la fecha. El chile verde sigue siendo, junto con el maíz y el frijol, una importante fuente de alimentación para la población.

### 3.7 Siembra y producción

El cultivo del chile se ha extendido a todo el territorio nacional, ubicándose las regiones desde altitudes a nivel del mar hasta aquellas que se cultivan a una altura de 2500 msnm, sin embargo, ha sido esta gran diversidad de variedades, regiones, productores, etc., lo que ha imposibilitado que se pueda contar hoy en día, con estadística por variedad de chile.

El chile se siembra en la mayoría de los estados de la República, agrupados para su análisis en tres grandes áreas de acuerdo a las condiciones climáticas y tecnológicas que presentan:

**Región norte y noreste.** Alta tecnología adecuada. Por lo general tienen buenos rendimientos y productividad en base a la adopción de buena tecnología, tienen condiciones ambientales más o menos estables y adecuados canales de comercialización. En esta región sobresalen los estados de Chihuahua, Sinaloa, Sonora, Nayarit, Durango, Baja California, Baja California Sur y Sur de Tamaulipas quienes producen chiles jalapeños, bell, serranos,

cayenne, áxima , güeros y anchos. Esta región esta especializada en la producción de chiles frescos para al consumo directo o la industria de proceso.

**Región centro o Bajío.** Mediana tecnología. Comprenden zonas tradicionales de producción de chiles para deshidratar (anchos mulatos, pasilla, puya, guajillo); aún cuando se observa un creciente interés de producir para el mercado de frescos. Por lo general tienen tecnología de producción y los métodos de secado tradicionales, lo que ocasiona que tengan bajos rendimientos y productos de mala calidad. Los estados comprendidos en esta región son Aguascalientes, Guanajuato, Puebla, San Luis Potosí, Zacatecas y Querétaro.

**Región sur y sureste.** Baja tecnología. Se siembra principalmente de secano y humedad residual, lo que origina altos riesgos e inestabilidad de la producción. Las regiones de Veracruz, Oaxaca, Campeche y Quintana Roo, han disminuido, en algunos, su área sembrada o bien han permanecido estables; sin embargo, los rendimientos aún continúan siendo bajos y no compiten en mercados exigentes de productos de calidad. A pesar de esta situación, hay signos visibles de cambio tecnológico. Una situación diferente es el sur de Tamaulipas que tiene buena tecnología, obtiene altos rendimientos de frutos con calidad que compiten favorablemente en el mercado.

La superficie sembrada nacional fluctúa alrededor de las 180 mil hectáreas, de las cuales más del 90% cuenta con sistemas de riego. El rendimiento presenta grandes diferencias entre la siembra con riego y la de temporal, desde 38 ton/ha en el cultivo de chile bell en condiciones de riego, hasta 0.14 ton/ha en chile piquín de temporal. Regularmente el rendimiento bajo sistema de riego es por lo menos del doble del rendimiento obtenido en condiciones de secano. (Conaproch, 2006)

Cuadro 19 Principales Estados Productores de Chile en México (Verde)

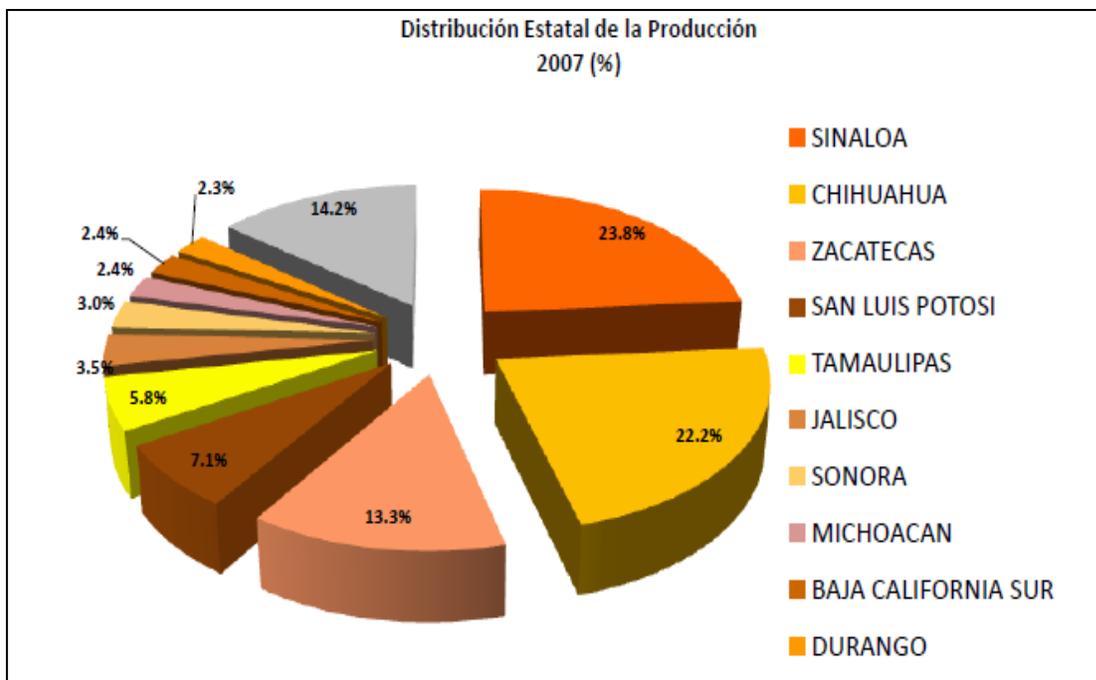
Estados Productores	has	Rendimientos
Aguascalientes	1,031	0.72
Baja California Sur	2,188	1.53
Campeche	6,113	4.28
Chihuahua	20,230	14.16
Durango	6,915	4.84
Guanajuato	6,991	4.89
Hidalgo	2,204	1.54
Jalisco	4,775	3.34
Michoacán	3,030	2.12
Oaxaca	2,562	1.79
Puebla	2,296	1.61
Quintana Roo	2,036	1.42
San Luis Potosí	13,406	9.38
Sinaloa	11,636	8.14
Sonora	1,330	0.93
Tamaulipas	2,795	1.96
Veracruz	4,155	2.91

Yucatán	440	0.31
Zacatecas	39,123	27.38
Totales	142,891	

Fuente: Conaproch 2006

Gráficamente podemos observar la distribución estatal de la producción de chile fresco en términos porcentuales:

Grafica 1 distribución estatal de chile fresco



Fuente: Siap, sagarpa 2008

La información de 2007 que se tiene respecto a las variedades o tipos específicos que se siembran, muestra que los que cuentan con una mayor superficie cosechada y producción son: chile jalapeño, serrano, poblano, yáximay y bell, entre los chiles verdes, y el ancho sobresale entre los deshidratados.

En México se cultivan 147.6 mil has de chiles, con una producción de cerca de 2.24 millones de toneladas de producto fresco. Durante 2007 el cultivo de chile verde figuró entre los principales cultivos hortícolas de exportación con una participación del 8.6% del total de las exportaciones superado únicamente por cultivos como el tomate, melón y pepino.

Existen diferentes tipos de Chiles según el grado de picor o que tanto “enchilan”; (la molécula que provoca el efecto picante se llama capsaicina) las unidades de medida son los grados Scoville, a mayor número de unidades scoville, mayor picor.

Cuadro 20 Grados de picor de chile

Tipo de Chile	° Scoville
Habanero	200,000-300,000.
Cayenne	30,000-50,000
Chile de árbol	25, 000.
Serrano	10,000-23,000
Chipotle	10,000
Anaheim	100-10,000
Jalapeño	2,500-5,000
Cascabel	3,000
Guajillo	3,000
Pasilla	2,500
Ancho	1,000-1,500
Poblano	1,000-1,500
Cherry	0-3,500.

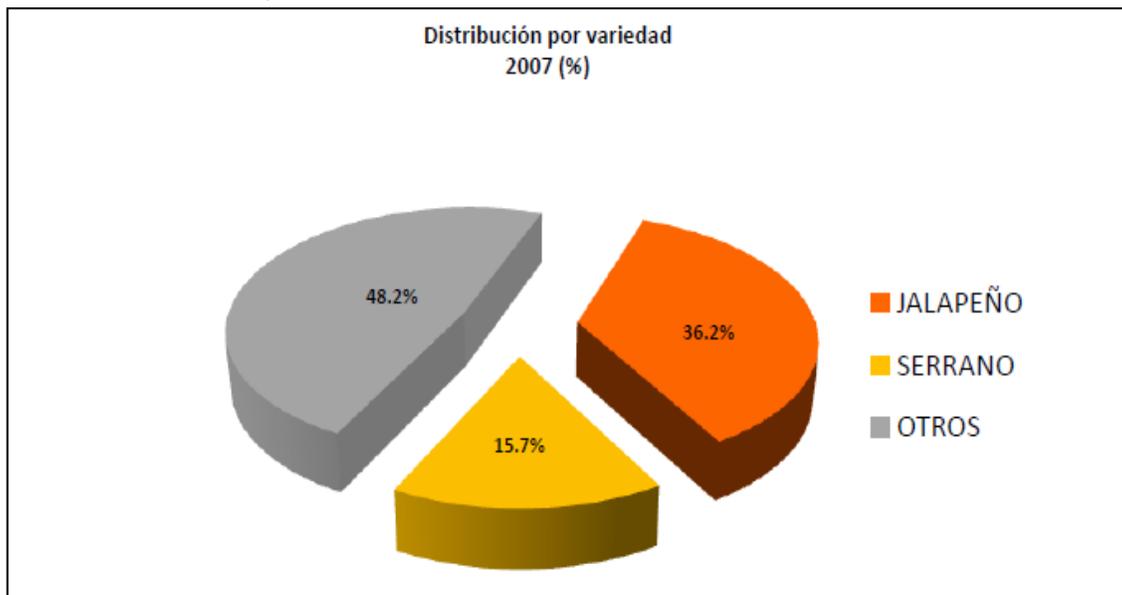
Fuente: SAGARPA 2008

Los chiles frescos son un componente económico importante para el consumo nacional. Hay estados y regiones productoras, especializadas en la producción de chiles en donde el productor ha ido adaptando e innovando a sus condiciones, mecanismos y procesos que le han permitido ofertar una amplia gama de chiles. Esta condición de chiles, permite almacenar el producto hasta por varios meses y así buscar mejores oportunidades de mercadeo.

La dinámica de siembra y de producción de los principales chiles frescos emigra de una región a otra o de un estado a otro, de acuerdo a la incidencia de la producción. En un principio la producción se desplazó de Puebla a Guanajuato, de ahí a Aguascalientes y actualmente a Zacatecas y Durango. Esta constante migración se debe al poco desarrollo tecnológico que se tiene, lo que obliga a los productores a buscar nuevas áreas.

Muchos productores de chile verde, ya sea para consumo fresco de la población o para la industria de proceso, han adoptado tecnologías de producción de vanguardia, a fin de obtener los máximos rendimientos unitarios, lo que ha permitido un crecimiento significativo en los rendimientos unitarios de este sector, donde el chile jalapeño( gráfica 2) es el más importante junto con el chile serrano representan más del 50% de chile verde producido en el país, tanto por el área, alrededor de 45 mil hectáreas, volumen de producción y la expansión al mercado de exportación de frutos frescos y procesados.

Grafica 2 distribución por variedad



Fuente: siap 2008

### 3.8 Chile jalapeño

El nombre de Jalapeño proviene de la ciudad de Xalapa Veracruz, en donde antiguamente se comercializaba el producto, aun cuando en esa región no se siembra este tipo de chile.

El jalapeño es un chile picante; sus frutos son firmes, aromáticos, de buen sabor y de aspecto atractivo por lo cual tienen muy buena aceptación en el mercado, tanto en el nacional como en el extranjero.

#### 3.8.1 Zonas productoras

En México se siembran alrededor de 45 mil hectáreas en todo el país. Sin embargo las regiones más importantes son:

La región de Delicias Chihuahua (ver tabla), en donde se siembran cultivares e híbridos de tipo jalapeño. Estos chiles se siembran bajo riego y en consecuencia, en esta región se obtienen buenos rendimientos unitarios.

Además hay otras regiones en las cuales se cultiva este tipo de chile en pequeña escala (áreas reducidas en los estados de Jalisco, Nayarit, Sonora, Sinaloa y Chiapas, en una superficie total de unas 1,000 ha).

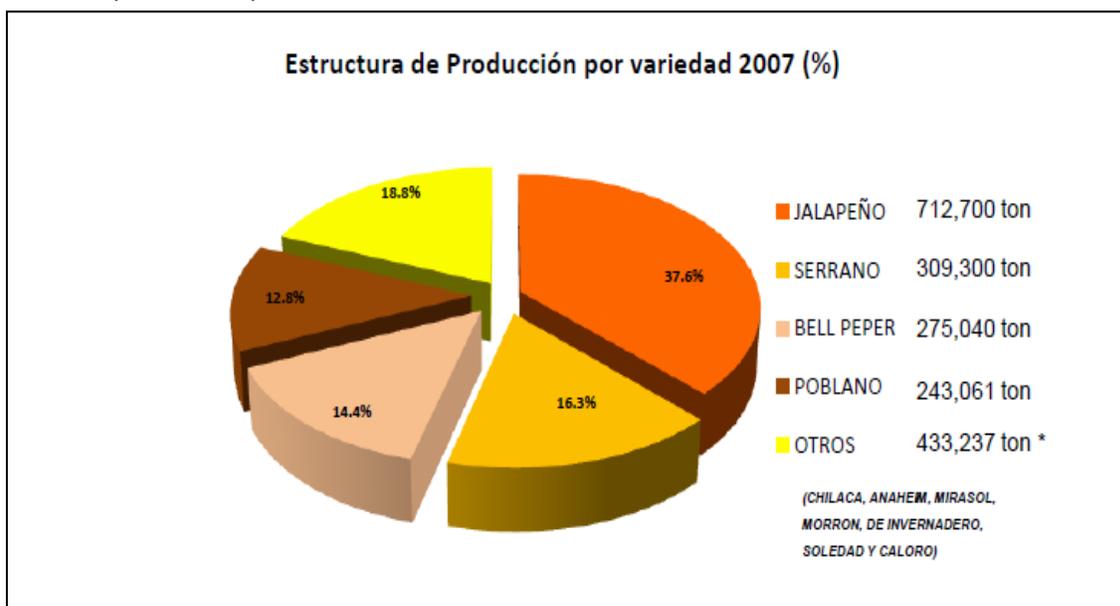
Cuadro 21 producción estatal de chile jalapeño

Estado	Producción (Ton)	%
Chihuahua	310,413	43.6
Sinaloa	132,282	18.6
Michoacán	83,284	11.7
Jalisco	43,002	6.0
Tamaulipas	26,566	3.7
Nuevo León	21,335	3.0
Nayarit	16,130	2.3
Región Lagunera	15,819	2.2
Chiapas	14,791	2.1
Otros	49,078	6.9
Total	712,700	100.0

Fuente: Siap, 2008

Las variedades Jalapeño, Bell-peper, Poblano y Serrano integran el 78% de la producción Nacional de chile fresco (1,537.9 miles ton)

Grafica 3 producción por variedad de chile



Fuente: Siap, 2008

### 3.8.2 Calidades de chile jalapeño

Cuadro 22 Calidad de Chile Jalapeño

Categoría	Largo (cm)	Diámetro (cm)	Peso (g)
Muy chico	Menos de 3.5	2.0	7.5
Chico	3.5 a 4.5	2.5	10.5 a 14.0
Mediano chico	4.5 a 5.5	3.0	14 a 21
Mediano grande	5.5. a 6	3.5	21 a 25
grande	Mayor de 6	3.5	Mas de 25

### 3.8.3 Características

**Forma.** El fruto ideal es de forma cónica, igual que los frutos del subtipo “típico”. Luego, le siguen en importancia los largos y los gruesos como los del subtipo “peludo”; después, los largos puntiagudos como los “espinaltecos”; los menos importantes son redondos u oblongos como los del subtipo “morita”.

**Corchosidades.** Este factor es importante para el proceso industrial ya que la corchosidad evita que la cutícula del fruto se desprenda durante el proceso de encurtido.

Se prefieren frutos que tengan de 30 a 60% de corchosidades, los chiles demasiado corchosos tienen poca aceptación en la industria y el mercado en fresco, pero tales chiles son ideales para la elaboración de chipotle. Este es, en México, un producto importante.

**Pericarpio.** Es deseable tener frutos con un pericarpio grueso ya que esta estructura le da mayor peso a los mismos, resisten mejor los problemas de transporte y al proceso de esterilización, lavado al vapor y de aplicación de presión durante el proceso industrial.

**Pedúnculo.** Es necesario que el pedúnculo quede adherido al fruto con el fin de evitar los daños de hongos y bacterias en el almacenaje.

**Color.** Se prefieren los frutos de color verde intenso y brillante.

**Pungencia.** Los frutos que tengan una pungencia intermedia son preferidos, aun cuando este carácter es difícil de cuantificar.

### **3.8.4 Usos del chile jalapeño**

Se estima que el 60% de la producción va a la industria de encurtidos, el 20% se consume en fresco y el 20% se utiliza en la elaboración del chipotle para el cual son preferibles los chiles con un alto grado de corchosidad, como lo son el meco y el típico.

### **3.9 Chile ancho o poblano**

Los chiles ancho, mulato, miahuateco y del chorro, los cuales son probablemente diferentes formas del género *Capsicum* que se obtuvieron en México desde antes de la llegada de los españoles. Hay evidencias históricas de que algunos de esos tipos de chile, tal como ahora se conocen, han estado presentes en la mesa de los mexicanos desde el siglo pasado.

Es muy posible que el cultivo en gran escala de estos chiles se haya iniciado en las cercanías de la Ciudad de México, quizás en el Valle de Puebla, por lo cual se les conoce como “chile poblano” al consumirse en estado verde. A pesar de que estas formas básicamente son similares, razón por la cual se han agrupado, existen pequeñas diferencias en algunas características del cultivo, en su adaptación y en su uso.

#### **3.9.1 Zonas productoras de chile ancho o poblano**

En México se cultivan anualmente más de 35 mil hectáreas con el tipo de chile ancho bajo condiciones de riego y siguiendo el sistema de trasplante de plántulas producidas en almácigos.

Las zonas productoras están ubicadas principalmente en los valles semiáridos del área central del país correspondiente a los estados de Guanajuato, San Luis Potosí, Durango, Zacatecas y Aguascalientes; en toda esta área, el cultivo se hace bajo riego.

Hay algunas otras zonas de menor importancia en la costa de los estados de Sinaloa, Nayarit, Coahuila y Baja California Sur.

#### **3.9.2 Descripción del tipo ancho**

Dentro del tipo de chile ancho existe una variabilidad en cuanto a características como altura y hábito de crecimiento de la planta, tamaño y color de las hojas y tamaño, forma, número de yáximay y color del fruto. Sin embargo, no se puede caracterizar morfológicamente una población específica de un determinado tipo para cada zona, pero sí es posible identificar varios fenotipos. Es frecuente encontrar dentro de un cultivar nativo o criollo de determinada región, una amplia gama de variabilidad en relación con las características mencionadas.

Plantas. Generalmente, son plantas sin pubescencia, de aspecto herbáceo, aunque con tallo que puede llegar a tener aspecto semileñoso; crecimiento compacto y altura de las plantas entre 60 y 70 cm. Generalmente, el tallo inicia su ramificación a menos de 20 cm. Del suelo, dividiéndose en dos o tres ramas, las cuales, a su vez, se bifurcan cada 8 a 12 cm., en forma sucesiva, unas cuatro o cinco veces.

Hojas. Son de color verde oscuro brillante, de forma ovado-acuminada. En las ramas inferiores las hojas son de mayor tamaño; miden de 7 a 12 cm de longitud por 4 a 9 cm de ancho. La venación es prominente; los pecíolos miden de 5 a 8 cm de longitud y son acanalados.

Flores. La flor tiene cinco pétalos de color blanco sucio; casi siempre hay una flor en cada nudo. El periodo de floración se inicia aproximadamente a los 50 días y continua hasta que la planta muere, normalmente a causa de heladas en el invierno.

Frutos. El fruto de este tipo de chile mide de 8 a 15 cm, tiene forma cónica o de cono truncado; cuerpo cilíndrico o aplanado, con un hundimiento o “cajete” bien definido en la unión del pedúnculo o base; el ápice es puntiagudo o bien, un poco chato. Tiene de dos a cuatro yáximay; la superficie es más o menos surcada y una pared gruesa. Antes de la madurez, el color es verde oscuro pero, al madurar, se torna rojo.

El fruto se cosecha sin madurar o bien maduro. El fruto sin madurar se consume en verde, sea en rajas o para chiles rellenos. Cuando se cosecha maduro se seca para utilizarlo en la elaboración de salsas, de moles u otros platillos.

### **3.9.3 Épocas de cosecha**

El productor cosecha los frutos de acuerdo con la demanda y los precios del mercado; si éste no se ha saturado y los precios son atractivos, el productor vende su producción en verde, pero cuando los precios declinan, deja madurar el fruto en la planta y luego lo seca por deshidratación. Una vez seco, el fruto se puede almacenar y vender la producción en forma gradual, en busca de mejores precios.

Algunos agricultores combinan su cosecha vendiendo en verde de uno a tres cortes y luego dejan secar el resto de la cosecha; otros, tienen que destinar toda la cosecha a fruto maduro para su secado.

### **3.9.4 Caracteres de calidad del fruto**

Para una buena comercialización del chile ancho, ya sea en verde o en seco, es necesario considerar varias cualidades que debe tener el fruto.

Tamaño: ya sea en chile verde o seco, se prefieren los frutos de más de 10 cm de largo y más de 6 cm de ancho, los cuales generalmente alcanzan un sobreprecio.

Forma: los frutos de forma cónica, con dos o tres yáximay, son más apreciados. Los tipos de cuerpo relativamente aplanado son más convenientes para la producción de chiles verdes. La base del fruto debe ser hundida, o sea, “el cajete” del fruto debe estar bien definido.

Color: los chiles verdes deben tener una coloración intensa y brillante, mientras que los chiles secos deben ser rojos-oscuros.

Textura: los frutos verdes deben ser completamente lisos, mientras que los chiles ya secos deben tener un aspecto rugoso.

Pungencia: se prefieren los frutos de pungencia intermedia y con el aroma característico del buen chile. Sin embargo, estas características son difíciles de cuantificar.

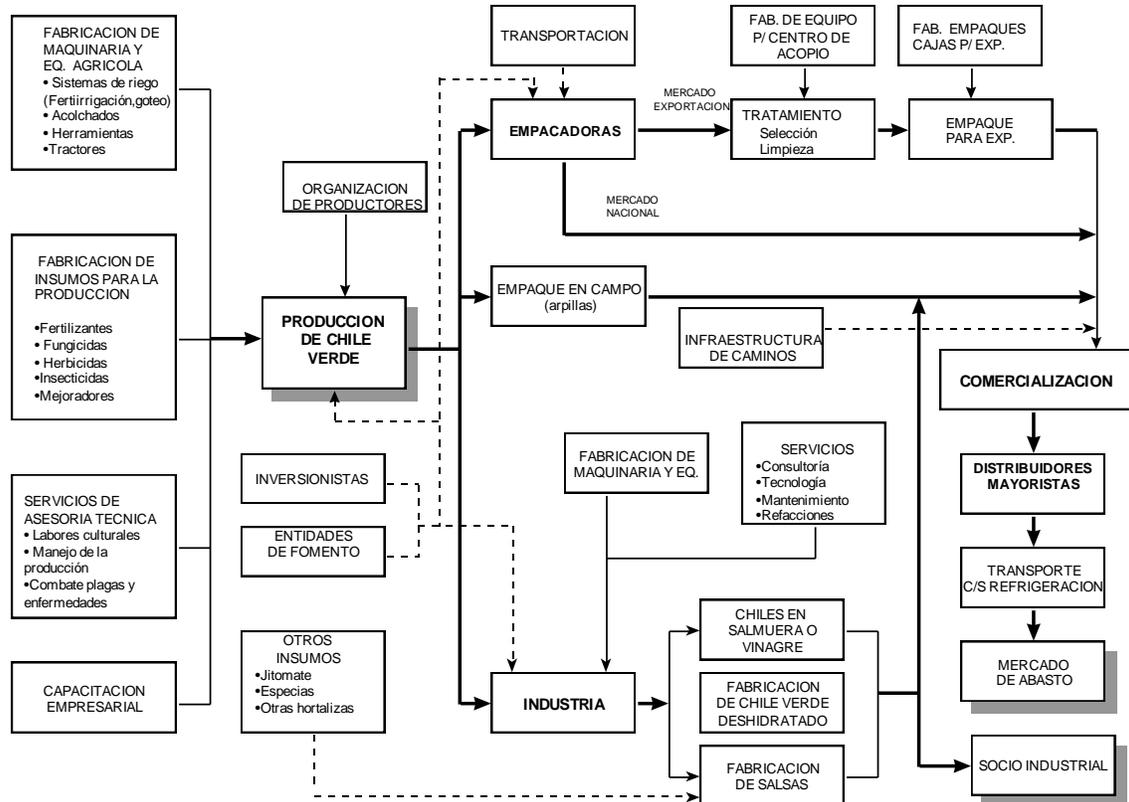
Pericarpio: se prefieren frutos con pericarpio grueso, pues esta característica les da un mayor peso tanto en verde como en seco. Posiblemente esta característica o factor esté relacionado con otras cualidades como el sabor y el aroma.

Pedúnculo: para la comercialización, es casi imprescindible que el pedúnculo quede adherido a la base del fruto, excepto cuando éste se vende seco para su industrialización.

### 3.10 Comercio

El Chile es una hortaliza que se cultiva en casi todo el país en los dos ciclos agrícolas y forma parte del grupo de los principales productos hortofrutícolas exportados. El 80% de la producción nacional se consume internamente.

Cuadro 23 Cadena productiva del Chile verde

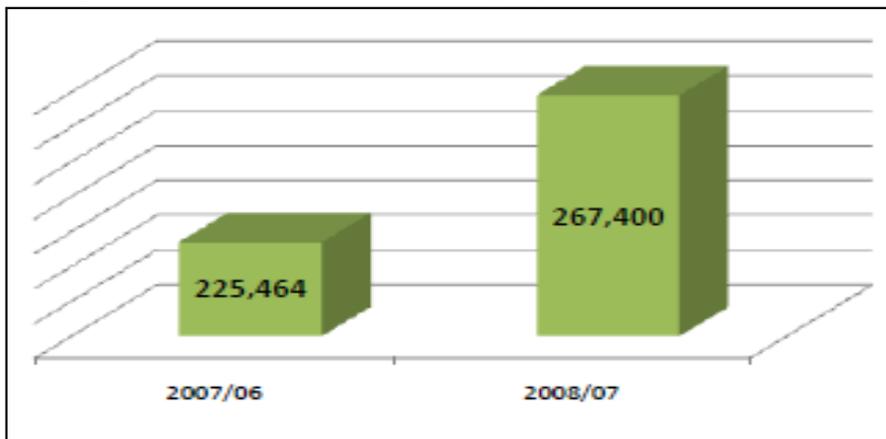


Fuente: Anuario Sagar, Nayarit 2008

El volumen destinado a las exportaciones se mantiene relativamente constante desde 1998, y se concentra en pocas regiones y estados aptos para la producción de invierno, con tecnología de riego y regularmente localizadas cerca al mercado estadounidense. Del volumen exportado en 2004 de 432,960 toneladas, la participación en Estados Unidos es del 85% del total exportado y el resto corresponde a Canadá. México es, a su vez, el mayor proveedor de chiles frescos de Estados Unidos.

Más del 95% del total de las exportaciones se realizan durante el periodo comprendido de diciembre a abril, época en que las producciones en Estados Unidos y Canadá son bajas y los chiles mexicanos pueden competir con ventaja.

Grafica 4 Exportaciones de chile fresco a USA (ton)



Fuente: siap 2008

Los productos frescos más exportados consisten en chiles tipo bell y jalapeños. Los principales estados productores de chiles para exportación son Sinaloa, que aporta el 85.6%, le siguen Sonora, con el 7%, Tamaulipas con el 3.4%, Nayarit con el 2.1% y el resto corresponde a Jalisco 0.6%, Veracruz 0.5%, Baja California 0.4% y Guanajuato 0.4%.

La exportación de chiles deshidratados está limitada por la alta exigencia y severas sanciones con relación a las condiciones de inocuidad y seguridad, tanto en chiles enteros como molidos, ya que frecuentemente presentan residuos de pesticidas, fragmentos de insectos o roedores, debido al uso de sistemas artesanales y tradicionales en el secado y empaquetado de los chiles.

Las estadísticas de los últimos años muestran una marcada tendencia a importar chiles secos, y exportar chiles frescos. Los chiles secos importados en 2005 representaron el 85.5% del total de las importaciones, con 41,459.44 toneladas

Grafica 5 comercio internacional de chile



Fuente: Conaproch 2007

## **Capítulo 4 La producción de chile jalapeño y poblano en invernadero; Estudio de caso Facultad de Estudios Superiores Aragón 2008**

El presente capítulo es un reporte general de las actividades llevadas a cabo durante el estudio de caso de la producción de chile jalapeño y poblano bajo invernadero o agricultura protegida en Facultad de Estudios Superiores Aragón 2008; en el cual se conoció la producción de cultivos bajo invernadero y sistema de hidroponía y las actividades a realizar en estos sistemas de agricultura protegida. Trataremos de explicar los componentes principales característicos de la hidroponía.

El trabajo hidropónico puede abarcar varios niveles, desde cultivos muy baratos, convenientes para personas de escasos recursos como indígenas y personas de la tercera edad, hasta personas con niveles de producción a mediana y gran escala que pueden llegar a producir más con esta técnica que con los procedimientos tradicionales.

Hoy en día es de suma importancia crear métodos alternativos de los cultivos tradicionales para evitar la erosión y desgaste del suelo, así como la deforestación y destrucción de ecosistemas.

En este caso, la hidroponía es una alternativa variada y rentable para estructurar proyectos de producción aprovechando al máximo, los recursos disponibles en diferentes regiones.

Durante el tiempo de estudio de caso se llevaron diferentes actividades y se logró; buena capacitación, adiestramiento adecuado para el conocimiento práctico del manejo de invernaderos e hidroponía en sistemas protegidos, una investigación documental necesaria para poder operar estos sistemas adecuadamente y manejar los cultivos para obtener resultados favorables y poder recomendar este sistema a quien lo solicite.

## 4.1- Características de la FES Aragón

### Ubicación

La Facultad de Estudios Superiores Aragón perteneciente a la Universidad Nacional Autónoma de México se localiza en el H. Municipio de Netzahualcóyotl. (figura 9 y 10)

Facultad de Estudios Superiores Aragón Figura 9



Figura 10



Fuente: Google Maps 2009



## **Hidrografía**

Por el límite norte de poniente a oriente cruza el río de Los Remedios, de sur a noreste una rama del río Churubusco, en el límite noreste se encuentra el vaso del antiguo Lago de Texcoco. Asimismo, cuenta con el Lago del Parque del Pueblo que sirve como zona lacustre y ecológica.

## **Clima**

El clima predominante es templado, semiseco, con lluvias abundantes en verano y escasas en primavera; en invierno el clima es frío. La temperatura promedio anual es de 15.8°C, con una máxima de 34°C y una mínima de 5°C. La precipitación pluvial media anual es de 518.8 milímetros.

La humedad aumenta durante las lluvias de verano sobre todo por las tardes y noches. Se registran heladas en los meses de noviembre a marzo.

## **Características y uso de Suelo**

La mayor parte de la superficie del suelo está destinada a uso urbano. El suelo del lago desecado fue rellenado y está formado por humus, sedimentos y otros materiales

## **Aspectos Sociales**

Según el Censo 2005 de Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática. (INEGI), habitan el municipio 1 millón 140 mil 528 personas, de las cuales 587 mil 415 son mujeres, y 553 mil 113 son hombres.

## **Sectores Económicos, Empleo y Comercio**

De acuerdo a cifras del INEGI, en el año 2003 la Población Económicamente Activa (PEA) era de 478 mil 479 personas, y 98 mil 171 personas contaban con una fuente de trabajo dentro y fuera del municipio.

Existen alrededor de 22 mil 268 unidades económicas en el municipio, las cuales ocupan a 41 mil 046 personas, divididas en 22 mil 268 ocupadas en el sector comercial, 14 mil 981 en el sector de servicios, y 3 mil 797 en la manufactura.

## **Educación y Cultura**

En Netzahualcóyotl hay 508 planteles educativos públicos, de los cuales 113 son de nivel preescolar, 243 primarias, 68 secundarias, 34 de nivel medio superior, 4 de nivel Superior: Universidad Autónoma del Estado de México, Universidad Tecnológica de Netzahualcóyotl (UTN), la Facultad de Estudios Superiores de Aragón perteneciente a la Universidad Nacional Autónoma de México, que a su vez cuenta con el Centro de Extensión Universitaria de la UNAM, a través del cual se pueden cursar licenciaturas, posgrados y

doctorados a distancia, vía satelital; y la Universidad La Salle (institución privada).

Asimismo existen 29 Centros de Educación para Adultos, 15 escuelas especiales, un Centro de Desarrollo Comunitario para la Capacitación y Aprendizaje de Invidentes y Débiles Visuales, el Centro Municipal de Artes Aplicadas, así como la Escuela de Bellas Artes de Netzahualcóyotl (estatal).

Adicionalmente hay dentro del municipio 11 bibliotecas municipales y una del ISSSTE, 4 Casas de Cultura Municipales, 2 librerías (Municipio/FCE, y CONACULTA), 2 Centros Culturales, uno estatal, y otro municipal; el Centro Municipal de Educación para Adultos (CMEPA), dos Centros Culturales alternativos, un Centro de Información y Documentación Municipal (CIDNE).

## 4.2 Características del invernadero de la FES Aragón

Invernadero tipo túnel de 6.20 m de ancho por 21 metros de largo con cubierta de plástico UV, malla antiafido y malla piso negro.

Se utiliza bolsa de plástico calibre 400 color negro de 15 litros de capacidad como recipiente y tezontle fino rojo como sustrato, no se planta a piso por que el suelo no es apropiado.

Fotografía 15 Sustratos tezontle



El sistema de riego utilizado es por goteo con goteros individuales a cada una de las bolsas lo que implica el uso de dosificadores con capacidad de 8 litros, estacas, micro tubo y múltiple de cuatro salidas.

Se tiene un depósito de 2500 litros de capacidad y tubería PVC hidráulica de 1", con 1 filtro de disco.

También se cuenta con un sistema de tutores de perfil tubular de 1.5 pulgadas colocadas cada 3.5 metros y cable de acero 1/8" (fotografía 16 y 17)

Fotografía 16 Medidas y estructura de invernadero



Medidas de ancho de invernadero 6.20m.

Fotografía 17 Medidas a lo largo de invernadero



Medidas largo 21m.

## 1 Manejo de cultivo

En esta etapa se realizaron actividades de acuerdo a los requerimientos necesarios del programa del manejo de invernaderos para la producción de hortalizas:

- Asistir al curso de fertirrigación para conocer las formas de irrigación en sistemas de cultivos de agricultura protegida
- Conocimiento de las actividades a realizar en invernaderos
- Prácticas culturales
- Conocimiento adecuado de los invernaderos
- Principales componentes de invernaderos y materiales usados
- Seguimiento técnico de cultivos
- Ventajas y desventajas de sistemas protegidos

## 2 Preparación de invernadero

Esta etapa consistió en llevar a cabo las actividades necesarias para operar adecuadamente un sistema de agricultura protegida; de esta manera se llevaron a cabo diferentes actividades como:

- Mantenimiento de invernaderos
  - aseo
  - pintado
  - limpia de cultivos anteriores
  - revisión de sistemas de riego
  - llenado de bolsas con sustrato
  - cambio de bolsa y sustrato en ambas naves
  - reparación de fallas y desperfectos
- prácticas de seguimiento de cultivos

- podas
- fertilización
- tutoreo
- recolección de frutos
- control fitosanitario
- Plagas y enfermedades en nuestro ciclo de cultivo se encontraron las siguientes; mosca blanca, trips, paratrioza y cenicilla.

### 4.3 El cultivo del chile jalapeño variedad “Chichimeca”<sup>1</sup>

El chile del género *Capsicum*, de la familia *Solanacea*, es uno de los cultivos originarios de Mesoamérica (Greenleaf, 1986; Pickergills et al., 1989), y está constituido por aproximadamente 20 a 30 especies que se distribuyen en las áreas tropical y subtropical de Mesoamérica y otros países del mundo.

El nombre de Jalapeño proviene de la ciudad de Xalapa Veracruz, en donde antiguamente se comercializaba el producto, aun cuando en esa región no se siembra este tipo de chile.

El jalapeño es un chile picante; sus frutos son firmes, aromáticos, de buen sabor y de aspecto atractivo por lo cual tienen muy buena aceptación en el mercado, tanto en el nacional como en el extranjero.

Fotografía 18 Chile jalapeño variedad chichimeca mayo 2008



<sup>1</sup>Chichimeca: híbrido variedad mejorada de frutos firmes aromáticos y de buen sabor, planta compacta y vigorosa, frutos grandes en promedio (50 Gr.)\*, paredes gruesas, color verde oscuro.

#### 4.4 Chile poblano variedad “vencedor”<sup>2</sup>

Dentro del tipo de chile ancho existe una variabilidad en cuanto a características como altura y hábito de crecimiento de la planta, tamaño y color de las hojas y tamaño, forma, número de yáximay y color del fruto. Sin embargo, no se puede caracterizar morfológicamente una población específica de un determinado tipo para cada zona, pero sí es posible identificar varios fenotipos. Es frecuente encontrar dentro de un cultivar nativo o criollo de determinada región, una amplia gama de variabilidad en relación con las características mencionadas.

Fotografía 19 Chile poblano variedad vencedor mayo 2008



Este producto al igual que el jitomate tiene cuatro etapas importantes en su cultivo:

1. Siembra o almácigo.
2. Vegetativa
3. Floración
4. Fructificación

<sup>2</sup>Vencedor: híbrido variedad mejorada Su maduración es verde oscuro brillante para su cosecha en fresco y rojo escarlata para deshidratado. Su contenido de capsicina es medio, dándole el picor característico de este tipo de chile.

## 1 Siembra o almacigo

Es la etapa donde se pone a germinar la semilla ata el brote de plántula bajo cuidados especiales y como se muestra en la imagen en charolas de unicel o cualquier otro material adecuado para la germinación.

Fotografía 20 plántulas de chile



## 2 Etapa vegetativa o Transplante

En la etapa vegetativa el transplante es la principal actividad; se hace a sacos o bolsas de polietileno de 50 cm de largo por 25 cm de ancho previamente rellenos con sustrato inerte (**tezontle**) con partículas de 1 a 2 milímetros de diámetro libre de cualquier sustancia.

Se forman hileras con dos filas de sacos de cultivo separados por 50 cm. El espaciamiento entre hileras es de aproximadamente un metro. Se trasplanta una plántula por saco o bolsa.

Fotografía 21 prácticas de transplante



En esta etapa no se hace actividad alguna solo se recomienda estar al cuidado de las plantas que no se estresen por falta de agua o que el sistema de riego falle por alguna circunstancia, además de mantener la humedad adecuada.

Fotografía 22 variedades de chile plantadas



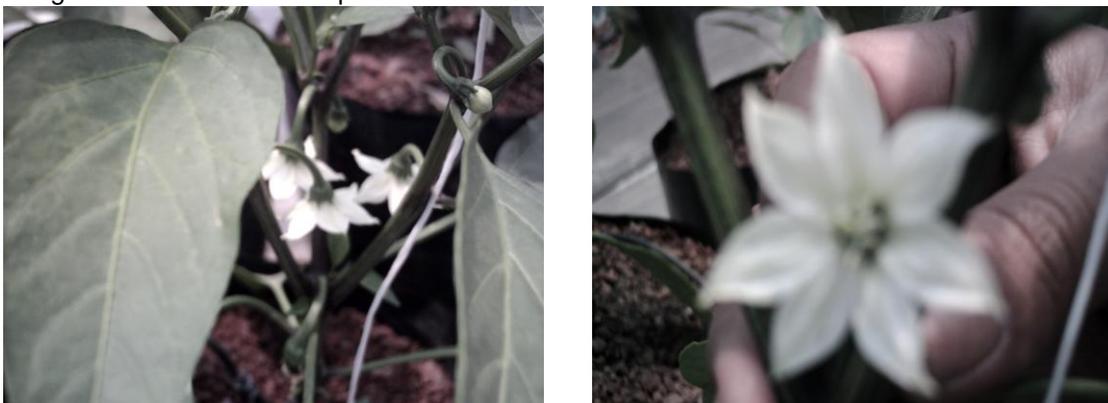
### 3 Etapa de floración

En este periodo como se indica empieza la floración de plantas en esta etapa se hacen actividades de primera poda o podad de formación; con la finalidad de mejorar las condiciones de cultivo en el invernadero y como consecuencia la obtención de producciones de una mayor calidad. Ya que con la poda se obtienen plantas equilibradas, vigorosas y aireadas.

Se delimita el número de tallos con los que se desarrollará la planta (normalmente 2 ó 3).

En los casos necesarios se realizará una limpieza de las hojas y brotes que se desarrollen bajo la "cruz" u orqueta.

Fotografía 23 floraciones en plantas de chile

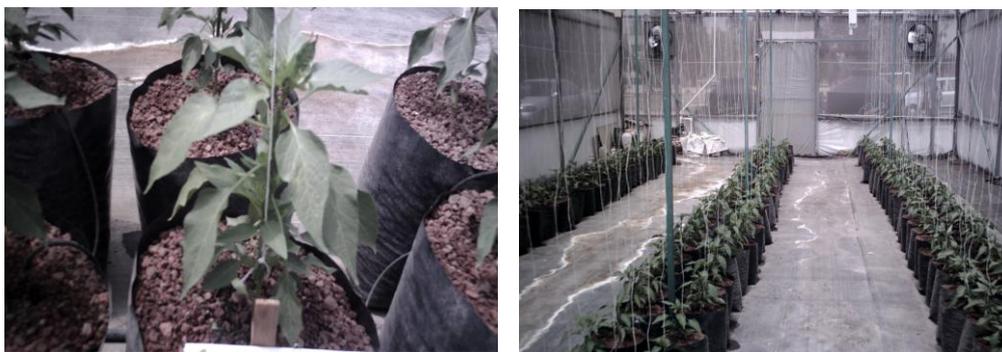


## 4 Tutorado

Es una práctica imprescindible para mantener la planta erguida, Las plantas en invernadero son más tiernas y alcanzan una mayor altura, por ello se emplean tutores que faciliten las labores de cultivo y aumente la ventilación.

Tutorado tradicional: consiste en colocar hilos de polipropileno (rafia). Estos hilos se apoyan en otros verticales que a su vez están atados al emparrillado a una distancia de 1,5 a 2m, y que son los que realmente mantienen la planta en posición vertical.

Fotografía 24 prácticas de tutorado



## 5 Podas

A lo largo del ciclo (aproximadamente 6 meses) de cultivo se irán eliminando los tallos interiores para favorecer el desarrollo de los tallos seleccionados en la poda de formación, así como el paso de la luz y la ventilación de la planta. Esta poda no debe ser demasiado severa para evitar en lo posible paradas vegetativas y quemaduras en los frutos que quedan expuestos directamente a la luz solar, sobre todo en épocas de fuerte insolación.

Es recomendable tanto en las hojas senescentes, con objeto de facilitar la aireación y mejorar el color de los frutos, como en hojas enfermas, que deben sacarse inmediatamente del invernadero, eliminando así la fuente de inóculo.

Fotografía 25 prácticas de poda en plantas de chile



## 6 Etapa de fructificación y corte

El fruto está listo para su corte cuando el chile mide de 8 a 15 cm, tiene forma cónica o de cono truncado; cuerpo cilíndrico o aplanado, con un hundimiento o “cajete” bien definido en la unión del pedúnculo o base; el ápice es puntiagudo o bien, un poco chato. Tiene de dos a cuatro yáximay; la superficie es más o menos surcada y una pared gruesa. Antes de la madurez, el color es verde oscuro pero, al madurar, se torna rojo.

Recolección se realiza cuando los frutos tienen las características anteriormente descritas, el fruto se corta donde el tallo hace una forma de “Y” para no dañar la planta.

En las fotos siguientes se muestra como se hace el proceso de recolección primeramente se observa planta por planta, que los frutos tengan las características adecuadas, tamaño y color, y posteriormente se corta del tallo cuidadosamente este proceso se repite varias veces hasta terminar el corte de chile ya sea poblano o jalapeño.

Fotografía 26 Momento de la recolección



Fotografía 27 Poblanos Verdes: tamaño, firmeza y color del fruto



Fotografía 28 Jalapeños Verdes: color, olor, tamaño y forma, además de yagas



Fotografía 29 Corte de chile



## 4.5 El sistema de riego

En los cultivos hidropónicos no puede faltar el uso de un sistema de riego para satisfacer las necesidades de agua de las plantas y proporcionarles los nutrientes que requieren. Los sistemas de riego que se utilizan, pueden ser muy simples, como uno manual con regadera, o bien muy sofisticados con controladores automáticos de dosificación de nutrientes, de pH y un programador automático de riego.

Nuestro sistema de riego es muy sencillo consta de un tanque para el agua y los nutrientes, tuberías de conducción de agua y goteros o aspersores (para dejar salir o aventar el agua), bomba y un programador automático de riego.

Fotografía 30 Accesorios para el sistema de goteo; 1 timer, 2 estacas y 3 tubin

1 timer



2 estacas



3 tubin



El tanque debe ser inerte (que no contenga sustancias contaminantes) con respecto a la solución nutritiva y de fácil limpieza, mantenimiento y desinfección. El criterio para seleccionar el tamaño varía según el cultivo, la localidad, el método de control de la solución nutritiva, etc.

Fotografía 31 Tinacos tanque para agua



Cuanto más pequeño sea, más frecuentemente habrá que controlar su volumen y composición.

Uno de los sistemas que tiene más ventajas, es el riego por goteo, mediante el cual el agua se lleva hasta el pie de la planta por medio de mangueras y se vierte con goteros que la dejan salir con un caudal determinado. Mediante este sistema se aumenta la producción de los cultivos, se disminuyen los daños por salinidad, se acorta el período de crecimiento (cosechas más tempranas) y se mejoran las condiciones fitosanitarias.

### **1 Conductividad Eléctrica (CE)**

Es necesario cuidar la calidad del agua con la que se hace la solución nutritiva para regar el cultivo de chile; esta debe tener una conductividad eléctrica entre 2.0 y 2.5 mS/cm.

La salinidad de una solución, puede ser enunciada de diferentes maneras. Una de ellas consiste en expresar la cantidad de sales disueltas en un volumen de solución. Otra forma simple y que sirve para muchos efectos, es indicar la salinidad de una solución por medio de su conductividad eléctrica.

### **2 El pH**

El pH requerido para una óptima producción del chile debe estar entre 5.5 y 6.5. Niveles de pH diferentes a los anteriores pueden obstaculizar la absorción de algunos alimentos; los niveles del pH debajo de este rango permiten la absorción excesiva de algunos alimentos, que pueden conducir a niveles tóxicos de esos elementos.

### **3 Solución Nutritiva**

La solución nutritiva se realiza tomando en cuenta los requerimientos de la planta y se elabora con el fin de satisfacer todas las necesidades de cualquier de los 18 nutrientes esenciales que la planta necesita para desarrollarse correctamente en hidroponía.

Existen ya productos que se consigue fácilmente en el mercado. Las soluciones usadas en nuestros cultivos son las siguientes y adecuándose a las etapas de desarrollo para ambas variedades de chile:

	nave II**	nave II	marzo			abril		
febrero	1ra quincena	2da quincena		1ra quincena	2da quincena		1ra quincena	2da quincena
etapa vegetativa	600g nitrato de potasio	600g nitrato de potasio	etapa de floración	600g nitrato de potasio	600g nitrato de potasio	aparición y crecimiento de frutos	600g nitrato de potasio	600g nitrato de potasio
	300ml ácido nítrico	300ml ácido nítrico		50g micro elementos	50g micro elementos		200g sulfato de potasio	200g sulfato de potasio
	150 ml ácido fosfórico	150 ml ácido fosfórico		200 ml ácido nítrico	200g sulfato de potasio		100g sulfato de magnesio	100g sulfato de magnesio
	50g micro elementos	50g micro elementos		75 ml ácido fosfórico	200 ml. Ácido nítrico		100g calcio	100g calcio
					75 ml. Ácido fosfórico		50g micro elementos	50g micro elementos
							200 ml ácido nítrico	200 ml ácido nítrico
mayo			Junio, julio y agosto			75 ml ácido fosfórico	75 ml ácido fosfórico	
maduración y corte	1ra quincena	2da quincena	Mantenimiento de fruto	1ra quincena	2da quincena			
	900g nitrato de potasio	1200g nitrato de potasio		900g nitrato de potasio	1200g nitrato de potasio			
	200g sulfato potasio	200g sulfato potasio		200g sulfato potasio	200g sulfato potasio			
	200g sulfato de magnesio	200g sulfato de magnesio		200g sulfato de magnesio	200g sulfato de magnesio			
	100g calcio	300g calcio		500g calcio	500g calcio			
	80g micro elementos	80g micro elementos		80g micro elementos	80g micro elementos			
	200 ml. Ácido nítrico	300 ml. Ácido nítrico		200 ml. Ácido nítrico	200 ml. Ácido nítrico			
	75 ml. Ácido fosfórico	75 ml. Ácido fosfórico		75 ml. Ácido fosfórico	75 ml. Ácido fosfórico			

Cuadro 24 soluciones nutritivas para ambos cultivos de Chile

Según la etapa de desarrollo en que se encuentren los cultivos, deberán ser las características de la medida nutritiva aplicada. Hay que tener mucho cuidado en la concentración de cada uno de los elementos que contiene la solución; ya que de otra manera se podrían tener complicaciones en el crecimiento de la plántula.

Fotografía 32 nutrientes utilizados para la alimentación de la planta



#### 4 Rendimientos obtenidos por cultivo

El rendimiento en la agricultura, **rendimiento de la tierra** o **rendimiento agrícola**, es la producción dividida entre la superficie. La unidad de medida más utilizada es la Tonelada por Hectárea (Tm/Ha). Un mayor rendimiento indica una mejor calidad de la tierra (por suelo, clima u otra característica física) o una explotación más intensiva (invernadero), en trabajo o en técnicas agrícolas (abonos, regadío, productos fitosanitarios, semillas seleccionadas, etc.). La mecanización no implica un aumento del rendimiento, sino de la rapidez en el cultivo.

En este contexto los rendimientos aproximados por cultivo, se obtuvieron de la siguiente manera; se tomo como muestra ocho plantas de las cuales se peso el fruto de cada una y así haciendo un estimado lo más exacto posible estos fueron los resultados:

Cuadro 25 rendimientos obtenidos

Muestra por fruto	peso (g) poblano	Peso (g) Jalapeño
Planta 1	84	50
Planta 2	84	50
Planta 3	84	50
Planta 4	84	50
Planta 5	84	50
Planta 6	84	50
Planta 7	84	50
Planta 8	84	50
	672	400
Peso promedio	84	50

Fuente: Elaboración propia 2008

Siguiendo los resultados de la tabla anterior tenemos lo siguiente:

(50g) (204 plantas) = 10 kg por corte aproximadamente de jalapeño

(84g) (222 plantas) = 18 Kg por corte aproximadamente de poblano

Por lo tanto los resultados obtenidos son:

Cuadro 26 Estimaciones de chile jalapeño y poblano

numero de corte	Fecha del corte	Rendimiento obtenido poblano Kg/unidad de producción	rendimiento obtenido jalapeño Kg/unidad de producción
1	08/05/ 2008	5	7
2	23/05 2008	30	35
3	29/05/2008	35	30
4	06/06/2008	25	19
5	13/06/2008	30	20
6	20/06/2008	30	20
7	27/06/2008	30	20
8	04/07/2008	20	18
9	18/07/2008	18	12
10	25/07/2008	12	10
11	08/08/2008	6	3
12*	25/08/2008	25	13
Total		266	207

\*ultimo corte realizado de fruto

Fuente: elaboración propia 2008.

Ciclo reducido a 6 meses aproximadamente; aunque el ciclo puede durar más tiempo con actividades similares para su cuidado.

Los anteriores resultados son rendimientos obtenidos a pequeña escala en una área total de 150m<sup>2</sup> ahora haremos una estimación a gran escala con dos naves de 500m<sup>2</sup> cada en una con chile jalapeño y en la segunda con chile poblano o hasta 1 ha con naves multitunnel tendremos las siguientes estimaciones de producción (cuadro 26 y 27).

Cuadro 27 Estimación de Volumen de producción de chile jalapeño (ton/ha)

		Ingreso estimado
Área (m2)	Vol. de producción	(\$10.00/kg)
75	0.207	
500	1.38	\$13,800.00
1ha	27.6	\$276,000.00

Fuente: elaboración propia 2008

Cuadro 28 Estimación de Volumen de producción de chile Poblano (ton/ha)

		Ingreso estimado
Área (m2)	Vol. de producción	(\$13.00/kg)
75	0.266 Ton.	
500	1.77 Ton.	\$23,010.00
1ha	35.46 Ton.	\$460,980.00

Fuente elaboración propia 2008

#### 4.6 Monitoreo de elementos climáticos

El clima es un recurso natural que afecta a la producción agraria. Su influencia en un cultivo determinado, no depende sólo de las características climáticas de la localidad en que esté situado, sino también en gran medida de las condiciones en que se desarrolla la producción. Es decir, tiene tanta importancia el nivel de exposición del cultivo al clima, como el nivel de vulnerabilidad.

El objetivo del monitoreo es conocer un poco mejor la influencia que las condiciones climáticas tienen en el rendimiento de los cultivos e incrementar así la capacidad del sector agrario para comprender y responder al clima.

Para ello, el monitoreo de elementos climáticos consistió en llevar a cabo un registro consecutivo de las siguientes variables, tratando de explicar parte de la variación de la productividad agraria:

- Temperaturas,
- temperatura de agua, y
- humedad relativa

Todo esto con la finalidad de mantener un adecuado desarrollo de los cultivos y un óptimo crecimiento, y de saber como el clima influye en los cultivos; cuadro 29:

Cuadro 29 Registro o monitoreo de la solución nutritiva

Fecha	Ph	C.E.	Temperatura Agua °C	humedad relativa %	pH	C.E.	temperatura agua °C	Humedad Relativa %
05/03/2008	5,6	1,7	25	18,6	5,2	1,3	25	16,5
12/03/2008	5,9	1,2	20	29,8	6,3	0,95	20	36,6
02/04/2008	5,7	1,6	28	18,9	5,7	1,4	26	23,2
07/04/2008	6,9	1,3	28	24,3	6,3	0,9	27	21,4
09/04/2008	6,9	1,5	26	30,6	6,1	1,2	26	25,3
21/04/2008	6,1	1,6	25	33,7	6,2	1,3	23	30,3
30/04/2008	6,2	1,9	26	46,8	6,4	1,9	20	40,7
Temperatura promedio de agua fue de 25 °C Humedad relativa media 30,6%								
Fuente: elaboración propia 2008 cultivo chile jalapeño y chile poblano								

La temperatura hace referencia a la cantidad de calor, o a la cantidad de vapor de agua (humedad relativa) que tiene el aire. Entre la atmósfera y la superficie terrestre se produce un intercambio permanente de calor a través de los movimientos del aire, la evaporación y la condensación del vapor de agua. En función de lo anterior la finalidad de conocer cómo se comporta la temperatura al interior del invernadero y de qué manera influye en el cultivo. Si hay pérdida de agua o exceso de esta y cuanta humedad hay entre las plantas.

La temperatura media máxima al interior del invernadero (cuadro 30) se observó de 43°C. La temperatura máxima diaria, es decir, la mayor registrada en un día en un lugar, suele darse entre las 14 y las 16 horas (horario solar), mientras que la

temperatura mínima se registro de 11°C; la temperatura mínima diaria se suele observar entre las 6 y las 8 horas.

De qué manera influyen estas variables en el cultivo de chile:

- a) En el grado de pungencia o picosidad; a mayor temperatura mayor pungencia.
- b) Tamaño del producto menor temperatura mayor tamaño de producto en chile poblano
- c) Mayor maduración de productos a altas temperaturas
- d) Requerimientos de agua diaria, en que periodos durante el transcurso del día
- e) Calidad de productos.

## Capítulo V

### Propuesta de proyecto cultivos bajo ambiente protegido (invernadero)

La producción de cultivos bajo ambiente protegido (invernadero) es una de las técnicas más modernas que se utilizan actualmente en la producción agrícola. La ventaja del sistema de invernadero sobre el método tradicional a cielo abierto, es que, bajo protección, se establece una defensa entre el medio ambiente externo y el cultivo. Esta barrera limita un microclima que permite proteger el cultivo del viento, lluvia, plagas, enfermedades, hierbas y animales. Igualmente, esta protección permite al agricultor controlar la temperatura, la cantidad de luz y aplicar adecuadamente control químico y biológico a favor del cultivo.

Otra de las ventajas que tiene este tipo sistemas tecnológicos es que pueden servir como solución a la utilización del recurso agua, que como sabemos en la actualidad es un problema de consideración. De acuerdo a la Comisión Nacional del Agua, 80% del consumo de agua en el país se destina para actividades agrícolas.

Otro punto importante de la producción bajo invernadero es la generación de empleos permanentes. El gran problema del campo es que la siembra tradicional involucra el plantar, emigrar y regresar a cosechar, lo que no crea más allá de empleos temporales que son durante la siembra y en la cosecha, los invernaderos necesitan mano de obra fija debido a las diversas actividades que hay que hacer en su interior.

En este contexto, me permito hacer una propuesta de proyecto utilizando estos sistemas de producción para cultivos de hortalizas, frutas o flores, en los que se puedan utilizar como alternativas u opciones de producción.

Con este tipo de proyectos se pretende:

- ⊕ Elaborar opciones de producción para la formalización de industrias campesinas de productos frescos y de calidad.
- ⊕ Crear fuentes de empleo fijas para la gente de las comunidades y sus alrededores que lo soliciten.
- ⊕ Alternar las formas de producir y comercializar sus productos.
- ⊕ Capacitar a la gente involucrada en el proyecto para poder realizar las funciones pertinentes de cada quien.
- ⊕ Concientizar a los participantes en el proyecto que es de vital importancia su participación en la producción para poder tener éxito en los resultados.

- ⊕ Ubicar nichos de mercado con la finalidad de evitar los intermediarios, para la venta del producto

En este contexto, y en el marco de la Estrategia Nacional de Agricultura Protegida, cuya política implica fomentar la agricultura protegida coordinadamente en los tres órdenes de gobierno, como un sistema de producción alternativo, competitivo y sustentable para el desarrollo integral de la gente del campo, se impulsan proyectos de inversión que integren la producción a través de esquemas de red que agrupen a productores de diferentes capacidades de producción por superficie y desarrollo tecnológico, para integrarse a una dinámica de producción con visión de mercado.

## 5.1 Ventajas y desventajas de la agricultura protegida

Análisis de ventajas y desventajas del ambiente protegido (invernadero) para diversos cultivos:

<b>Ventajas:</b>	<b>Desventajas.</b>
Producción concentrada	Alta inversión inicial
Ocupa lugar importante dentro de la producción de hortalizas	Proporción baja de superficie para la producción extensiva
Reducción de costos de producción	Infraestructura limitada en México
Control de condiciones ambientales	Altos costos en la capacitación técnica
Tecnificación de diversos cultivos (hortalizas, frutos, flores)	Expectativas de crecimiento ilimitadas
Desarrollo de variedades para su exportación de alta calidad	Bajo nivel de tecnificación
Crecimiento exponencial de este sistema de producción a nivel nacional	Poco apoyo de autoridades municipales
Establecimiento industrial para estos sistemas	Precios de venta diferenciados
	Descuido de las instalaciones del sistemas de producción

## 5.2 Plan de trabajo individual o colectivo

Conformar el grupo de trabajo.

Tramitar el Acta Constitutiva si así lo necesita él o los interesados.

Elegir a las personas que se encargarán de representar legalmente al grupo para las diferentes actividades o gestiones.

Una vez establecida la organización delegar responsabilidades.

Crear con la participación de todos los miembros del grupo, el respectivo reglamento interno; con el fin de que todos participen y no surjan desacuerdos en la forma de actuar del grupo sobre tareas asignadas a todos los actores participantes.

Asignación del trabajo de acuerdo con las aptitudes de cada miembro del grupo; pero no olvidando que se realizará en conjunto para cumplir el objetivo.

Es recomendable cumplir con lo siguiente, antes de llevar a cabo una inversión y así evaluar la viabilidad y rentabilidad del proyecto.

Determinar la ubicación idónea, analizando; altitud, latitud, necesidades de agua, electricidad, gas, disponibilidad de mano de obra permanente y buenas vías de comunicación

Seleccionar la estructura de invernadero, equipamiento, empaque y materiales adecuados a las condiciones que prevalecen en el sitio a instalar el proyecto.

Formular una estrategia de producción continua para abastecer el mercado durante el período más largo del año.

Establecer con puntualidad ¿a quién se va a vender?, ¿Cómo se va a vender?, y ¿a qué precio? se debe vender el producto para obtener una positiva relación beneficio-costos.

Visualizar alianzas estratégicas y logística de ventas al mercado local, regional y hasta internacional.

Se debe crear el manual de Organización y Procedimientos del Invernadero donde se genere ; imagen, visión, misión, objetivo general, objetivos particulares, valores, políticas generales, normas generales, normas de seguridad, políticas de calidad, política salarial, capacitación y asesoría, estructura organizacional (organigrama, áreas fundamentales y áreas de tipo

consultor), recursos humanos, instalaciones, recursos materiales, descripción de puestos, diseño de procedimientos, diagramas de flujo de cada una de las descripciones de puestos y de procedimientos.

Cada uno de los conceptos anteriores tiene su fundamento en la necesidad de tener algún sustento administrativo de lo que se debe hacer y cómo se debe hacer en esta microempresa (invernaderos), así como quién lo debe hacer.

Otorgar cursos de capacitación constante a todos los niveles de operación.

El financiamiento para la instalación de invernaderos dependerá de la cooperación de los involucrados así como del apoyo municipal, estatal o federal para la elaboración de estos proyectos que son parte del Plan Nacional de Desarrollo del país.

### **5.3 Mercado para productos obtenidos bajo el sistema de invernadero**

- Mercado de la comunidad
- Mercado regional
- Supermercados
- Exportación de productos de calidad

### **5.4 Características de productos de este sistema**

- Alto tiempo de almacenamiento
- Producto de calidad
  - Sabor
  - Tamaño
  - Durabilidad
  - Libre de plaguicidas
- Mejor precio

## 5.5 Cotización de invernaderos precios reales

Presupuesto para la construcción de invernaderos para la producción de cultivos de hortalizas, frutas y flores.

### Invernaderos de producción

Cuadro 30 Superficie de invernadero

<b>NAVE DE</b>	<b>160 M2</b>
ANCHO	6.60 M
LARGO	24.00 M
RETENIDAS PERIMETRALES	NO
ALTURA DE POSTE	2.50 M
ANCHO DE NAVE	6.60 M
INVERNADERO TIPO	SI
TUNELCON VENTILA CENITAL	

Tipo de invernadero: invercenital reforzado

Catalogo de conceptos: el siguiente cuadro se presenta el análisis de insumos y presupuestos

Cuadro 31 Catalogo de conceptos de insumos y presupuesto

No.	Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unit	Importe
1.-	Invernadero tipo túnel atrium 660 para superficie de <b>160 m2</b>	Pza	1	\$ 72,515.73	<b>\$ 72,515.73</b>
2.-	Colocación de malla grown cover en piso para inv. De 160 m2.	Pza	1	\$ 2,734.62	<b>\$ 2,734.62</b>
3.-	Sistema de control de temperatura para superficie de 160 m2	Pza	1	\$ 45,496.88	<b>\$ 45,496.88</b>
4.-	Sistema de microaspersión para superficie de 160 m2	Pza	1	\$ 18,806.33	<b>\$ 18,806.33</b>
5.-	Sistema de riego por goteo para invernadero de 160 m2	Lote	1	\$ 15,315.38	<b>\$ 15,315.38</b>
6.-	Colocación sistema de calefacción para superficie de 160 m2	Pza	1	\$ 15,513.50	<b>\$ 15,513.50</b>
<b>Subtotal</b>					<b>\$ 170,382.43</b>
<b>Iva</b>				<b>Tasa 0 %</b>	
<b>Total</b>					<b>\$ 170,382.43</b>

Información facilitada por la Licenciatura en Planificación para el Desarrollo Agropecuario 2008

## 5.6 Cálculos Inversión para invernadero de superficie de 500 m2

A continuación se presentan los cálculos de; la inversión, amortización, y gastos de operación y mano de obra necesarias para el funcionamiento de este sistema;

así como su punto de equilibrio (nota: se toma como ejemplo volumen de producción de chile vistos en cuadros anteriores para hacer los siguientes cálculos).

El concepto de invernadero presentado en el cuadro 31 contempla un área de producción de 500 m2 con datos de inversión tomados a escala de los cuadros 30 y 31

Cuadro 32 inversión

Concepto.	Unidad	Precio unitario	Unidad a utilizar		total.
<b>ACTIVO FIJO</b>					<b>427,500.00</b>
terreno de 500 m2	Lote	70,000.00	1	70,000.00	70,000.00
sistema de almacén y captación de agua	Lote	30,000.00	1	30,000.00	30,000.00
estructura para invernadero	m2	459.00			229500.00
sistema de riego por goteo	m2	96.00			96,000.00
Sustrato	m3	50.00	40	2,000.00	2,000.00
<b>ACTIVO DIFERIDO</b>					<b>0.00</b>
<b>CAPITAL DE TRABAJO</b>					<b>27,173.13</b>
Plántulas	pieza	2.00	3,000.00	6,000.00	6,000.00
bolsas p/sustrato	pieza	1.79	3000	5,373.13	5,373.13
cajas de madera	pieza	7.00	0	0.00	0.00
Rafia	kilo	30.00	10	300.00	300.00
fertilizante p/ un ciclo	lote	15,500.00	1	15,500.00	15,500.00
<b>TOTAL</b>				<b>129,173.13</b>	<b>454,673.13</b>

Fuente: elaboración propia 2009

De acuerdo al cuadro 31 el área total del invernadero será de 500 m2 cuya inversión inicial tendrá un costo general de \$ **454,673.13**

Cuadro 33 amortización

CONCEPTO	VALOR ORIGINAL	TASA %	Nº DE AÑOS	CARGO ANUAL	VALOR RESIDUAL	COSTO DE REPOSICION
<b>DEPRECIACIONES</b>						
SISTEMA DE ALMACEN Y CAPTACION DE AGUA	30,000.00	25.0	4	7,500.00	30,000.00	30,000.00
ESTRUCTURA PARA INVERNADERO	229,500.00	25.0	4	114,750.00	229,500.00	229,500.00
SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO	96,000.00	25.0	4	24,000.00	96,000.00	96,000.00
SUSTRATO	2,000.00	25.0	4	500.00	2,000.00	2,000.00
<b>SUB-TOTAL</b>				146,750	587,000	587,000

<b>AMORTIZACIONES</b>						
<b>SUB-TOTAL</b>						
<b>TOTAL</b>				146,750	587,000	

Fuente: elaboración propia 2009

Cuadro 34 Calculo de mano de obra

concepto	jornal	costo del jornal (\$)	pago por jornal
Produccion	5	75.00	375.00
comercializacion	2	75.00	150.00
administracion	1	75.00	75.00
total dia	8		600.00
total semana			4,200.00
<b>total mensual</b>			<b>16,800.00</b>

Fuente: elaboración propia 2009

Cuadro 35 Gastos de administración

Concepto	Personas	pago	total mensual
servicios contables	1	250	250.00

Fuente: elaboración propia 2009

Cuadro 36 Gastos de operación

Concepto	total anual
mano de obra	201,600.00
<b>Total</b>	<b>201,600.00</b>

Fuente: elaboración propia 2009

Cuadro 37 Punto de equilibrio

PUNTO DE EQUILIBRIO	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<b>VENTAS</b>	<b>460,980.00</b>	<b>460,980.00</b>	<b>460,980.00</b>	<b>460,980.00</b>	<b>460,980.00</b>
INGRESOS	460,980.00	460,980.00	460,980.00	460,980.00	460,980.00
VALOR RESIDUAL				0.00	
<b>COSTOS FIJOS</b>	<b>348,350.00</b>	<b>348,350.00</b>	<b>348,350.00</b>	<b>348,350.00</b>	<b>348,350.00</b>
JORNALES	201,600.00	201,600.00	201,600.00	201,600.00	201,600.00
DEPRECIACION	146,750.00	146,750.00	146,750.00	146,750.00	146,750.00

<b>COSTOS VARIABLES</b>	<b>24,500.00</b>	<b>3,000.00</b>	<b>3,000.00</b>	<b>3,000.00</b>	<b>3,000.00</b>
PLANTULAS	6,000.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FERTILIZANTE Y PESTICIDA P/ UN CICLO	15,500.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SERVICIOS CONTABLES	3,000.00	3,000.00	3,000.00	3,000.00	3,000.00
<b>COSTO TOTAL ANUAL</b>	<b>372,850.00</b>	<b>372,850.00</b>	<b>372,850.00</b>	<b>372,850.00</b>	<b>372,850.00</b>
0					
<b>PUNTO DE EQUILIBRIO</b>	<b>367,903.19</b>	<b>350,631.87</b>	<b>350,631.87</b>	<b>350,631.87</b>	<b>350,631.87</b>
0					
PUNTO DE EQUILIBRIO %	79.81	76.06	76.06	76.06	76.06
<b>punto de equilibrio promedio:</b>		<b>\$</b> <b>352,790.78</b>	<b>76.53</b>		

## Conclusiones

Después de realizar este trabajo se puede concluir en:

Sin duda alguna México ofrece grandes ventajas climáticas para el cultivo protegido; aspecto que representa oportunidades de desarrollo y diversificación de la agricultura protegida; ya sea en sistemas como micro túneles (acolchados), macro túneles (pequeñas estructuras y plástico), casas sombra o invernaderos. Aprovechar estas ventajas de mercado y el mejoramiento de invernaderos nos permite tomar la iniciativa para la producción correcta de cultivos intensivos.

En este contexto la producción en invernadero o agricultura protegida es un método eficaz para productos de buena calidad. Permite proteger el cultivo y darle las mejores condiciones para tener mejores rendimientos que a cielo abierto; claro que en este sentido la inversión requerida es costosa.

Así mismo, la productividad por metro cuadrado se incrementa en varias veces al usar esta tecnología. Además, con este sistema se puede producir de manera intensiva en cualquier época del año.

En este sentido las construcciones de invernaderos en México ha crecido exponencialmente pasando de 800 has en el 2004 hasta 8000 en el 2009 incluyendo casas sombras.

Los invernaderos actualmente se destinan a la producción de hortalizas y flores por ser cultivos de mayor rentabilidad en donde destacan los estados de Jalisco, Sinaloa, Baja California, además el Estado de México está creciendo rápidamente con la instalación de estas estructuras.

La importancia de los invernaderos es que consiente producir bajo ambientes controlados y aislados. También existe diferencia de invernaderos que se han venido modificando de acuerdo a las necesidades de los productores del campo mexicano, de esta manera los invernaderos conocidos son:

Plano, Raspa y Amagado, Asimétrico o Inacral, de Capilla, doble Capilla, Túnel, túnel con Ventilación, de Cristal o Venlo. Cada uno con sus diferentes componentes básicos de estructura y cubiertas. (Explicados cada uno es sus respectivos apartados).

Como es sabido el cultivo bajo ambiente protegido, su principal característica es el sistema de riego en este sentido se conocen varias técnicas llamándose hidroponía que significa trabajo en agua; pero actualmente se considera como el establecimiento de cultivos sin suelo o en otro tipo de sustratos.

Así mismo hay dos sistemas para la utilización de la hidroponía que es en Agua o con sustrato inerte u orgánico (tezontle, fibra de coco).

En la actualidad es de gran importancia conocer los diferentes métodos de los cultivos para evitar seguir con la destrucción de los recursos naturales; así por tanto la hidroponía en sistemas protegidos es una alternativa variada y rentable para estructurar proyectos de producción aprovechando al máximo los recursos disponibles en las diferentes regiones del país.

La hidroponía también nos ayuda a tener un mayor control del desarrollo de la planta; balance ideal de agua, aire y nutriente; sin embargo, existente de igual manera desventajas, ya que las plantas necesitan de mayores cuidados para confirmar el éxito del cultivo, además de asegurar el abastecimiento constante de agua. Se conocen o se conocieron varios tipos de riegos como; riego por goteo, por aspersión, subirrigación, por gravedad, recirculante, raíz flotante, entre otros pero el más utilizado en nuestro país es el de riego localizado por goteo.

Al mismo tiempo el riego es la principal vía de nutrición para las plantas, de esta manera se asevera la utilización de este sistema.

El Capsicum en México o mejor conocido como chile representa una tradición cultural es considerada como una de las primeras plantas cultivadas en Mesoamérica de ahí su gran importancia en el consumo del mexicano, su origen junto con hortalizas como la calabaza, el frijol y el maíz eran la base de la dieta de las culturas prehispánicas.

Un condimento picante la principal característica del chile, conocido científicamente como "Pungencia" al grado de picor que por genética el chile contiene; el jalapeño tiene un grado de Pungencia más, que el poblano.

La importancia del chile hacia al exterior data a partir del siglo XVI al formar parte esencial en la cocina y costumbres de todo el mundo. El chile es una especie de creciente consumo en todo el mundo principalmente en países en vías de desarrollo, latinoamericanos, africanos y asiáticos

En este contexto el volumen de producción mundial de chile ha tenido un gran crecimiento, debido a la demanda, aunque México siendo uno de los principales consumidores es el segundo lugar productor de chile siendo superado por China. Sin embargo parece ser que México es autosuficiente en este producto ya que es uno de los principales exportadores.

Hacia el interior del país el Capsicum o chile es de suma importancia debido a que existen más de 40 variedades, y a sus diferentes formas de consumo ya sea en fresco o en seco, para la industria también es de gran significancia por los procesos de transformación que le otorga a este producto. Su siembra y cosecha se extiende en casi todo el país, desde regiones a nivel del mar hasta los 2500msnm.

La siembra del chile se divide en tres regiones principalmente, debido al grado de tecnología usada en la producción de chile; estas son; 1) Región norte y noreste

que abarca los estados del norte del país; 2) Región Centro o Bajío y 3) Región Sur Sureste que incluye a los estados del sur como Veracruz Oaxaca, Campeche entre otros.

Así en México se cultivan alrededor de 147 mil has de chile figurando entre los principales cultivos hortícolas.

En las principales regiones productoras de chile jalapeño se siembran aproximadamente más de 45 mil has siendo las principales Chihuahua, Sinaloa y Michoacán.

Los principales usos del chile jalapeño se estima que el 60% es utilizado por la industria de encurtidos, un 20% se consume en fresco y el resto se destina a la elaboración del chipotle.

En cuanto al chile Poblano o Ancho se cultivan más de 35 mil has en condiciones de riego y las principales regiones de producción son Guanajuato, San Luis Potosí Durango, Zacatecas y Aguascalientes.

El seguimiento técnico del cultivo de chile jalapeño y poblano en invernadero en la Facultad de Estudios Superiores Aragón. Se obtuvo conocimiento práctico de las actividades llevadas a cabo como la capacitación adiestramiento, identificación de las etapas de crecimiento en el cultivo de chile, además del conocimiento del manejo del invernadero y sistemas protegidos, la importancia que tiene para la Licenciatura de Planificación para el Desarrollo Agropecuario para la planeación y desarrollo del sector primario del país.

Finalmente, es posible afirmar que la continuidad del servicio social para la realización de este trabajo fue de gran ayuda tanto teórica, técnica y formativa para un egresado de la Licenciatura de Planificación para el Desarrollo Agropecuario.

La propuesta de proyecto cultivos bajo ambiente protegido; de acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo se implementa una propuesta como acciones integrales que consideran: la reorientación y la reconversión de la producción en sistemas protegidos, la certidumbre en los procesos comerciales, el fortalecimiento productivo mediante la adopción de nuevas y mejores tecnologías de producción, la capacitación y la asistencia técnica, la inversión en infraestructura moderna, el incremento al valor agregado, para que todo ello se traduzca en más y mejores oportunidades de desarrollo para los habitantes del campo. Además de analizar sus ventajas y desventajas de estos sistemas para que incidan directamente en la disminución de riesgo.

Para concluir con este estudio; obteniendo resultados positivos es recomendable el uso de la agricultura protegida,

## Recomendaciones

Sin duda alguna después de terminar con el estudio anterior de agricultura protegida se puede recomendar el establecimiento de invernaderos competitivos y contribuir a mejorar estos sistemas, para beneficios: sociales, naturales, económicos, tecnológicos etc.

La práctica de este sistema por medio del programa de servicio social me permite decir que se debe programar y planear, para obtener resultados positivos en cualquier cultivo que se produzca.

Al tener la experiencia de trabajar en invernaderos y formar este estudio de agricultura protegida se puede decir; lo que no se puede hacer; es dejar que por sí solo éste sistema de resultados positivos, por ningún motivo se debe dejar al olvido estas instalaciones ya que necesitan de mantenimiento para que no sean una mala inversión.

Hay que seguir ampliando las investigaciones sobre estos sistemas y especies a cultivar más adecuados para establecer producción continua ya que falta mucho por descubrir, este trabajo ayudara a tener conocimiento de lo que se está haciendo pero aun falta información que nos ayuda a seguir innovando en este desarrollo de sistemas productivo de cultivos.

Se considera apropiado concentrar agua de lluvia para abastecer este sistema y no hacerlo tan caro para la disposición de la producción. Otra área importante es la capacitación constante de los responsables de las áreas del sistema dentro y fuera del área de trabajo para evitar pérdidas constantemente.

La recomendación de este sistema sabemos que se puede tener producción más temprana que en campo abierto mayor densidad de plantas, mayor rendimiento, mayor control del cultivo y de problemas que aparezcan.

No hay que perder de vista la observación y control de las plagas porque en este sistema son de mucho mayor crecimiento y se multiplican rápidamente y lo que acarrearía una problemática severa para los cultivos.

Como Planificador para el desarrollo Agropecuario y después de realizado este escrito; recomiendo que para lograr buenos resultados se debe dar una formación y una capacitación al productor de:

- Inducción,
- Demostración,
- Ejecución,
- Retroalimentación,
- Apropiación de su sistema

## Fuentes de información

### Bibliografía

Ander Egg Ezequiel: Técnicas de investigación social; el Ateneo S.A de C.V.

Ávila Pacheco Simón David: Propuesta de Diseño de Investigación para Proyecto de Tesis “Evaluación de los programas de Desarrollo Rural en el Trópico Húmedo Mexicano. Enfoques y Resultados 1978-1990”; UNAM ARAGÓN 2003

Bastida Tapia, Aurelio, coord. Manejo y operación de invernaderos agrícolas. México. Universidad Autónoma Chapingo. 2006.

Castellanos Z., J. y Vargas T., P. 2003. El Uso de Sustratos en la Horticultura bajo Invernadero. En: Manual de Producción Hortícola en Invernadero. Muñoz R., J.J. y J.Z. Castellanos (Eds.). Patrocinado por INTECA (Innovaciones Tecnológicas en Agricultura. Guanajuato, México.

Cedillo Portugal Eugenio; Curso Hidroponía básica. Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Estudios Superiores Aragón Lic. En Planificación para el Desarrollo Agropecuario. Enero 2008

Cedillo Portugal Eugenio; Curso producción de hortalizas bajo invernadero. Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Estudios Superiores Aragón Lic. En Planificación para el Desarrollo Agropecuario. Agosto 2006

FIRA. 1998. Invernaderos: Construcciones e Instalaciones. Una Alternativa para Optimizar el Uso de los Recursos en el Sector Rural. Num. 305, Volumen XXX Fideicomisos Instituidos en Relación a la Agricultura en el Banco de México. Morelia, Michoacán, México.

García, E. 1981. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Para Adaptarlo a las Condiciones de la República Mexicana. México.

Janet Long-Solís, 1986, Del libro “Capsicum y cultura, La historia del chilli” de FCE, México

Muñoz R., J.J. y J.Z. Castellanos (2003). Manual de Producción Hortícola en Invernadero. Patrocinado por INTECA (Innovaciones Tecnológicas en Agricultura. Guanajuato, México.

Memorias, 2º Simposio Internacional Invernaderos 2008 “construcción, Producción e Insumos”, Toluca Edo. México 2008

Oton Martos,m. Sanchez-campillo,. Sanchez martinez. Novedades agricolas, S.A, Murcia España 2002

Rain Bird, 2004. Landcape Irrigation Products 2003-2004 Catalog. USA

Rodrigo Domenzain M; Curso hidroponía; Amar, A.C. 2008

SABSA, 2003. Catalogo: Materiales para invernadero. Serviagrícola del Bajío S.A. de C.V. Querétaro, México.

Sánchez D. C, F. y E. R. Escalante R. 1988. Hidroponía. Universidad Autónoma Chapingo. México.

Steta M. 2004. Informe sobre Producción de Hortalizas bajo Invernadero en México. IV Foro de Expectativas del Sector Agroalimentario y Pesquero en México. México, D.F.

Urrutia A. 2002. Perspectivas de la Industria de Invernaderos en México. Memoria del Congreso de la Asociación Nacional de Productores de Hortalizas en Invernadero. Guadalajara, Jalisco. Del 26 al 28 de julio de 2002.

#### Hemerografía

Ayuntamiento Constitucional de Netzahualcóyotl 1991-1993: Plan Estratégico de Desarrollo Municipal de Netzahualcóyotl 1991-1993.

Ayuntamiento constitucional de Netzahualcóyotl 1997-2000, Netzahualcóyotl, Historia de una Gran Ciudad.

Bojórquez, F. 2004. Sistemas de Protección: Operación de los Controles Automáticos de ventilación, Calefacción y Enfriamiento. Revista Productores de Hortalizas, Febrero de 2004. EUA

Both, A.J. 2004. Comparación de coberturas de invernadero. Revista Productores de Hortalizas, agosto 2004. EUA

Bringas G., L. 2004 (1). Perspectivas de los Invernaderos: Incremento de los Cultivos sin Suelo. Revista Productores de Hortalizas, Febrero de 2004. EUA.

Bringas G., L. 2004 (2). Sistemas de Ventilación Natural y Forzada: Conceptos Básicos, Balance Energético y Flujo de Aire en el Invernadero. Revista Productores de Hortalizas, Mayo de 2004. EUA.

Costa P. y G. Giaconelli 2005. Los Planes del Éxito. Agricultura Protegida: Productividad Basada en el Nivel Tecnológico. Revista Productores de Hortalizas, Febrero de 2005. EUA.

Minero A., A. 2004. Tendencias del Mercado. Análisis de la Superficie, los Cultivos y la Tecnología del Sector de los Invernaderos. Revista Productores de Hortalizas, agosto 2004. EUA

LLurba, M. 1997. Parámetros a tener en cuenta en los sustratos. Revista Horticultura N° 125 - Diciembre 1997.

Terres, V.; Artetxe, A.; Beunza, A. 1997. Caracterización física de los sustratos de cultivo. Revista Horticultura Nº 125 - Diciembre 1997.

2000 Agro; revista industrial del campo No. 39, Julio 2006

Páginas de Internet:

<http://www.nezahualcoyotl.gob.mx/index.php?id=historia>

[http://www.agroterra.com/plagasyenfermedades/detalles\\_PE.asp?IdPE=86](http://www.agroterra.com/plagasyenfermedades/detalles_PE.asp?IdPE=86)

[www.chili.com.mx/d/Campo/Agricultura/3.html](http://www.chili.com.mx/d/Campo/Agricultura/3.html)

[www.conaproch.org/documentos/Cultivo tropico de mexico.pdf](http://www.conaproch.org/documentos/Cultivo_tropico_de_mexico.pdf) -

[agrarias.tripod.com/metodos cultivo.htm](http://agrarias.tripod.com/metodos_cultivo.htm) - 103k

[http://www.infoagro.com/frutas/fresas\\_invernaderos.htm](http://www.infoagro.com/frutas/fresas_invernaderos.htm)

[http://www.conaproch.org/ch\\_chiles\\_diccionario\\_chilemanzano.htm](http://www.conaproch.org/ch_chiles_diccionario_chilemanzano.htm)

[http://www.mercanet.cnp.go.cr/SIM/Frutas y Vegetales/documentospdf/Chilepicante\\_Set02.pdf](http://www.mercanet.cnp.go.cr/SIM/Frutas_y_Vegetales/documentospdf/Chilepicante_Set02.pdf)

<http://agrinet.tamu.edu/trade/papers/tlc-agr2.pdf>

[http://alerce.inia.cl/agriculturatec/Espa%C3%B1ol/v.63\(2\)-Espa%C3%B1ol.htm](http://alerce.inia.cl/agriculturatec/Espa%C3%B1ol/v.63(2)-Espa%C3%B1ol.htm)

<http://camagro.com/actualidad/descarga/GuiaTecnicaChileVerde.pdf>

<http://www.invernaderos-tecnologicos.com>

<http://www.invernaderos-tecnologicos.com/invernaderos.html>