

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA

Director General

Dr. Felipe I. Arreguín Cortés



Coordinador de Riego y Drenaje

Dr. Nahún Hamed García Villanueva

Subcoordinador de Ingeniería de Riego

Dr. Waldo Ojeda Bustamante

Jefe de Proyecto

Dr. Jorge Flores Velázquez

Participantes del IMTA

Dr. Jorge Flores Velázquez

Dr. Waldo Ojeda Bustamante

Dr. Pedro Pacheco Hernández

M.C. Juan Manuel Angeles Hernández

Dr. Mauro Iñiguez Covarrubias

Apoyo Externo

Regulo Nájera Solís

Juan Bahena Sánchez

Índice

1.	Introducción general	1
1.1.	Objetivo general	2
1.1.1.	Objetivos específicos.	2
1.2.	Antecedentes	3
2.	Proyecto Ejecutivo para la construcción de Invernadero para la Innovación y transferencia de tecnología	4
2.1.	Introducción	4
2.2.	Resumen.....	5
2.2.1.	Líneas estratégicas de actividad.	6
2.3.	Marco de Referencia	7
2.3.1.	Sistemas de Producción de Agricultura Protegida: Situación actual	7
2.3.2.	Situación mundial.....	8
2.3.3.	Situación de la agricultura protegida en México.	8
2.3.4.	Problemática en México.	9
2.4.	Creación del Centro de Innovación para el Desarrollo, Formación y Trasferencia de Tecnologías en Agricultura Protegida (CIDFTT)	13
2.5.	Justificación.	18
2.6.	Definición de los objetivos estratégicos del Centro.....	20
2.6.1.	Investigación básica y aplicada.	20
2.6.2.	Transferencia de tecnología.....	20
2.6.3.	Programa de formación.....	20
2.7.	Factores asociados a la competitividad de la producción bajo invernadero.	20
2.7.1.	Mano de obra.....	21
2.7.2.	Energía.	21
2.7.3.	Insumos.	22
2.8.	Necesidades de Asistencia técnica y desarrollo tecnológico.	23
2.9.	Resultados esperados.....	24
2.9.1.	Área de impacto	24
2.9.2.	Requerimientos de capacitación.	26

2.9.3.	Características del invernadero para formación.	27
2.9.4.	Equipos adicionales a los invernaderos	28
2.9.5.	Otra infraestructura requerida en el Centro.	28
2.9.6.	Gestión de relación con universidades y otros centros.....	29
2.9.7.	Relación con centros relacionados con agricultura.....	29
2.9.8.	Relación con centros de incubación, aceleración de agronegocios y parques tecnológicos agropecuarios.....	29
2.10.	Gestión de recursos.	29
2.11.	Fases de implementación del CTTC.	31
2.12.	Fase I: Instalación de infraestructura e inicio de programas y plan de investigación.....	33
2.12.1.	Infraestructura.....	33
2.12.2.	Programas de investigación.	33
2.12.3.	Programas de transferencia de tecnología.	34
2.12.4.	Programas de formación.	34
2.13.	Fase II: Fortalecimiento de los programas de transferencia y aceleración de capacidades para investigación, publicación y actualización de paquetes y transferencia de tecnología.....	36
2.13.1.	Infraestructura.....	36
2.13.2.	Programas de investigación.	36
2.13.3.	Programas de transferencia de tecnología.	37
2.13.4.	Identificar potenciales investigadores que puedan ser apoyados para realizar estudios de posgrado.....	37
2.13.5.	Programas de formación.	37
2.14.	Fase III: Consolidación de competencias, programas de formación, habilitación de infraestructura para capacitación.	37
2.14.1.	Infraestructura.....	37
2.14.2.	Programas de investigación.	38
2.14.3.	Programas de transferencia de tecnología.	38
2.14.4.	Programas de formación.	39
2.15.	Requerimientos de infraestructura y equipo del Centro.	39
2.15.1.	Infraestructura.....	39
2.16.	Equipamiento del Centro.....	40
2.17.	Estudio financiero.....	43

2.17.1. Inversión inicial.....	44
2.18. Mecanismos de transferencia.....	46
2.18.1. Líneas de investigación y validación tecnológica.....	46
2.18.2. Cuartos de crecimiento (Plant growth rooms):.....	47
2.18.3. Invernaderos para pruebas de validación.....	48
2.19. Programas de transferencia de tecnología.....	49
2.19.1. Pruebas demostrativas de componentes de paquetes tecnológicos.....	50
2.19.2. Consultoría.....	51
2.19.3. Difusión del conocimiento.....	51
2.19.4. Red de técnicos especializados en agricultura protegida.....	51
2.19.5. Laboratorios.....	52
2.20. Programas de formación.....	52
2.20.1. Cursos prácticos.....	53
2.20.2. Talleres.....	53
2.20.3. Seminarios.....	53
2.21. Referencias.....	53
3. Compilación y análisis de la información sobre la Agricultura Protegida en Morelos55	
3.1. Introducción.....	55
3.2. Objetivos del estudio.....	56
3.2.1. Objetivo general.....	56
3.2.2. Objetivos específicos.....	56
3.3. Situación de los cultivos en invernaderos.....	57
3.3.1. Situación actual de los cultivos protegidos en México.....	57
3.3.2. Situación actual de los cultivos protegidos el estado de Morelos.....	58
3.4. El clima en el estado de Morelos.....	60
3.4.1. Red de estaciones climatológicas en el estado de Morelos.....	60
3.4.2. La temperatura.....	60
3.4.3. La precipitación.....	61
3.5. Manejo de la temperatura o Control del clima dentro del invernadero.....	62
3.5.1. Mallas sombras.....	62
3.5.2. Encalado de mallas y cubiertas.....	63
3.5.3. Nebulizaciones.....	64

3.6.	Las plantas y sus condiciones ambientales.....	64
3.6.1.	Temperaturas Extremas y óptimas para los cultivos	64
3.7.	Tipos de cubiertas de invernaderos.....	65
3.7.1.	Cubiertas rígidas	65
3.7.2.	Cubiertas flexibles.....	65
3.8.	Clasificación de invernaderos por niveles tecnológicos.....	66
3.9.	Estructuras de invernaderos.....	67
3.10.	Tipos de invernaderos.....	68
3.10.1.	Invernaderos tipo cenital	68
3.10.2.	Invernaderos tipo túnel.....	68
3.10.3.	Invernadero diente de sierra.....	69
3.11.	Equipo de Fertirrigación	69
3.11.1.	La Fertirrigación	69
3.11.2.	Operación del sistema de fertirriego.....	69
3.11.3.	Equipos con succión venturí.....	69
3.11.4.	Dosificadores de abono mediante inyección	70
3.12.	Manejo del suelo	70
3.12.1.	Cultivo en suelos.....	70
3.12.2.	Cultivo en sustratos.....	71
3.12.3.	Acolchado plástico	71
3.13.	Necesidades de los cultivos	72
3.13.1.	Luminosidad.....	72
3.13.2.	Humedad relativa	72
3.13.3.	Temperatura	73
3.14.	Instituciones financieras.....	73
3.14.1.	FIRCO.....	73
3.14.2.	FIRA.....	74
3.14.3.	Financiera Rural.....	74
3.15.	Materiales y métodos	75
3.15.1.	Compilación de información	75
3.15.2.	Elaboración y aplicación de encuesta	75
3.15.3.	Visitas de campo.....	76

3.15.4. Análisis de la información de campo obtenida.....	76
3.16. Resultados y discusión.....	77
3.16.1. Tipología de productores.....	78
3.16.2. Tipología de invernaderos.....	82
3.16.3. Necesidades de capacitación.....	90
3.17. Problemática de la Agricultura Protegida.....	92
3.17.1. Asesoramiento.....	92
3.17.2. Plagas y enfermedades.....	93
3.17.3. Energía Eléctrica.....	95
3.18. Bibliografía.....	96
4. Anexos.....	99
4.1. Anexo 1. Encuesta aplicada.....	99
4.2. Anexo 2. Memoria fotográfica.- Hojas de visitas a invernaderos.....	116
4.3. Anexo 3. Directorio de instituciones.....	160
5. Artículos de Agricultura Protegida.....	162
5.1. Effect of drag coefficient over the natural ventilation system in a Screenhouse by using CFD.....	162
5.1.1. Introduction.....	162
5.1.2. Materials and methods.....	164
5.1.3. Results and discussion.....	165
5.1.4. Conclusion.....	166
5.1.5. Literature cited.....	167
5.1.6. Tables.....	170
5.1.7. Figures.....	171
5.2. Energy exchange by convection in a closed greenhouse a pipe heating system: a CFD analysis.....	173
5.2.1. Abstract.....	173
5.2.2. Introduction.....	174
5.2.3. Methodology.....	176
5.2.4. Results and discussion.....	178
5.2.5. Conclusions.....	181
5.2.6. Acknowledgements.....	182
5.2.7. References.....	182

Índice de figuras

Figura 1. Cuartos de crecimiento para planta.....	47
Figura 2. Espacio para maniobras.....	48
Figura 3. Invernaderos para crecimiento de planta.....	49
Figura 4. Invernaderos para transferencia de tecnología.	50
Figura 5. Red de estaciones climatológicas.....	60
Figura 6. Invernaderos muestreados en el estado de Morelos.....	77
Figura 7. Edad del productor	79
Figura 8. Nivel de estudio del productor	79
Figura 9. Miembro de alguna organización productora agrícola.....	80
Figura 10. Años en agricultura protegida.....	80
Figura 11. Rango de años en agricultura protegida.....	81
Figura 12. Importancia de la actividad agrícola en tiempo.	81
Figura 13. Instituciones que otorgan financiamiento al productor.	82
Figura 14. Tipos de invernaderos en el estado de Morelos.....	83
Figura 15. Estructura de una Multinave, Invernadero tipo cenital, en el municipio de Jantetelco, Morelos.	84
Figura 16. Invernadero tipo mariposa, domo o doble ventila, en la localidad de Ixtlilco el Grande municipio de Tepalcingo, Morelos.	85
Figura 17. Superficie de invernaderos.	86
Figura 18 . Al fondo la malla sombra en el interior de un invernadero con producción de pepino.....	87
Figura 19 Vista del exterior de un invernadero con cal en la parte frontal y lateral de la malla antiafidos como regulador de temperatura, en Amayuca, Mor.....	88
Figura 20. Vista exterior de un invernadero con aplicación de cal en las mallas para bajar la temperatura dentro del invernadero en el municipio de Mazatepec, Mor.	88
Figura 21. Vista exterior de un Invernadero con aplicación de cal sobre la malla antiáfido, en el municipio de Jantetelco, Mor.	89
Figura 22. Sistema de riego con estaca en un cultivo de jitomate (A) y sistema de riego con cintilla en un cultivo de pepino, Temoac, Mor. (B).....	89
Figura 23. Sistemas que cuentan con programador de riego (A) y El tipo de energía con la que funcionan (B).	90
Figura 24. Tipo de capacitación/educación ha tenido en Horticultura protegida.....	90
Figura 25. Importancia de aprender temas relacionados con la producción	91
Figura 26. Tipo de asesoría técnica que recibe el productor.	93
Figura 27. Principales plagas en los cultivos bajo Agricultura Protegida.	93
Figura 28. Principales enfermedades en los cultivos bajo agricultura protegida.	94
Figura 29. Tipo de asesoría que le gustaría recibir al productor.	94
Figura 30 Tipo de energía con que funciona el sistema de riego.....	95

Índice de cuadros

Cuadro 1. Etapas de desarrollo del CTTC.....	14
Cuadro 2. Apoyos del sector público en Agricultura Protegida en México.....	24
Cuadro 3. Apoyos al sector público en agricultura protegida en México.....	25
Cuadro 4. Tipología de la tecnología de Agricultura Protegida.....	25
Cuadro 5. Plan de desarrollo de obras de infraestructura del CTTC	31
Cuadro 6. Resumen de superficie a construir o habilitar	40
Cuadro 7. Relación de las unidades de equipo requerido por cada área en el centro	40
Cuadro 8. Presupuesto del costo de la infraestructura del centro, años 1 a 5 (pesos constantes de 2015).....	44
Cuadro 9. Presupuesto de equipamiento del centro, años 1 a 5 (pesos constantes de 2015).....	45
Cuadro 10. Presupuesto de infraestructura y equipamiento del centro, años 1 a 5.....	46

1. Introducción general

Con la evolución de la agricultura se crearon tecnologías que han permitido el incremento en los rendimientos de los cultivos, tal es el caso de la agricultura protegida también conocida como cultivo en invernaderos. El invernadero reporta incremento en la productividad de cualquier cultivo, y existen caso que supera 10 veces con respecto al campo abierto.

La actualidad de la agricultura protegida, indica que tecnológicamente está dominado el proceso de producción, pero no ocurre lo mismo con la gestión de los recursos. Lograr una cosecha en un invernadero, dependiendo de la región geográfica, implica el consumo de agua y energía, con ello la degradación del suelo y el ambiente en general.

La tendencia actual en países con tradición agrícola es lograr el equilibrio en el uso de los recursos, y sobre todo reducir gradualmente el uso de energías fósiles, con fines de eliminarlo en un tiempo no mayor a 20 años, para lo cual es necesario el desarrollo de tecnologías alternativas, desde el manejo, la operación y adaptación.

A pesar del incremento en la superficie en México, el desarrollo tecnológico sigue estado supeditado a empresas extranjeras dejando de lado la formación de cuadros técnicos y el desarrollo de tecnologías que aprovechen los recursos de cada región en México.

Desde el punto de vista académico, existe un hueco que las universidades, centros de investigación y las mismas instituciones gubernamentales, sea por decisión o por omisión siguen dejando disperso el desarrollo y aplicación al sector.

Con el planteamiento que aquí se expone, la Coordinación de Riego y drenaje en el IMTA, pretende una participación activa en la generación de metodologías de transferencia y capacitación de agricultores y con ello contribuir al desarrollo del sector agricultura protegida.

1.1. Objetivo general

Plantear el Diseño conceptual de un centro de investigación para la innovación y transferencia de tecnología para favorecer una agricultura protegida sustentable, mediante el uso eficiente del agua y la energía.

Promover el desarrollo y fortalecimiento de la agricultura protegida en México, atendiendo a las necesidades de desarrollo tecnológico, innovación, capacitación, transferencia y normativo que enfrentan los productores, técnicos, profesionales y personas en proceso de formación en agronomía.

1.1.1. Objetivos específicos.

- Articular la investigación, la transferencia tecnológica y la formación con las necesidades expresadas por pequeños, medianos y grandes productores.
- Participar en la formulación de estrategias en agricultura protegida en México.
- Fortalecer las competencias técnicas de los productores y/o técnicos responsables de los sistemas de producción de agricultura protegida.
- Preparación de los mismos para procesos de certificación y atención a las tendencias de los mercados.

1.2. Antecedentes

Un invernadero es un sistema, capaz de transformar una serie de insumos en alimentos, con un costo no solo económico sino energético que está en función de variedades productivas, tales como localización geográfica, tipo de cultivo, variedad, condiciones ambientales, etc. Un invernadero debe ser capaz de transformar las variables ambientales externas en un ambiente confortable para las plantas y organismos en general, lo que indica que si el ambiente externo cambia, el ambiente del invernadero estará supeditado a las características constructivas y equipo instalado para generar condiciones propicias para el desarrollo del cultivo.

Aun cuando la agricultura protegida es un sistema agrícola alternativo productivo, requiere de habilidades altamente especializadas de los productores, una aplicación oportuna de insumos, y un monitoreo de las condiciones del ambiente, planta, sustrato y humedad.

El mayor aprovechamiento de la oportunidad que ofrece la agricultura implica mantener una visión continua de innovación en los proyectos involucrados, ya que el mercado exige productos inocuos de calidad de manera continua en el mercado. El tomate de invernadero mexicano incrementó 7 veces su participación en el mercado estadounidense en el periodo 1998-2004.

La producción de cultivos bajo agricultura protegida intensiva es un reto donde no solo es necesaria la disponibilidad de tierra y agua como recursos necesarios y fundamentales, sino que el productor debe encontrar la combinación idónea de los recursos físicos, químicos, biológicos y hasta culturales para lograr productos de calidad con precios competitivos.

2. Proyecto Ejecutivo para la construcción de Invernadero para la Innovación y transferencia de tecnología

2.1. Introducción

México es uno de los países con mayor incremento en la superficie bajo agricultura protegida que crece a una tasa anual de 16%, consumiendo grandes cantidades de agua, energía y en general, de recursos e insumos que deben ser optimizados para su uso racional. Actualmente se estima que la superficie destinada a cultivar en ambientes protegidos en México, es del orden de 30,000 ha. Por lo cual, es pertinente y necesario que el IMTA participe en el desarrollo y transferencia de tecnología para la producción de cultivos bajo invernaderos.

Debido al éxito logrado y al incremento de apoyos gubernamentales, de la agricultura bajo invernadero, la alta demanda de estructuras y equipos ha propiciado la llegada a México de una gran variedad de estructuras y equipos para la producción de cultivos, cuyo diseño e instalación no ha considerado condiciones locales de clima, cultivo y manejo.

En varios casos, han aparecido graves problemas para generar ambientes propicios para el desarrollo de cultivos en términos de humedad y temperatura ambiental. Lo anterior ha repercutido en el incremento en costos de producción, la necesidad de cambios en el manejo del cultivo, así como en la estructura y en equipos. El cambio tecnológico de la agricultura a campo abierto, agricultura protegida, ha sido frustrante para varios productores terminando en el abandono de sus invernaderos.

El reto de una agricultura protegida sustentable es inminente y necesario. Para alcanzar el éxito, se requiere de la participación de los sectores educativos y gubernamentales, como pilares fundamentales de su desarrollo para integrar los numerosos factores que participan en la producción agrícola intensiva. Se requiere educación, divulgación y demostración del estado de arte en la producción competitiva como se tiene en los países altamente competitivos en la agricultura protegida.

Uno de los factores iniciales es la formación de cuadros técnicos, que a pesar de la importancia en México son pocos los centros de innovación y educación en agricultura protegida. Ante esta necesidad, es de especial interés del IMTA

participe en la solución de problemas nacionales donde el uso y manejo del agua son parte sustancial del manejo sustentable de sistemas de producción agrícola. Con este proyecto se crea una línea de investigación para atender un área de oportunidad que el país y el estado de Morelos demanda. El IMTA tiene recursos humanos suficientes para abordar esta línea de investigación, pero requiere de la estructura y de la integración de un grupo multidisciplinario para trabajar este tema en particular.

La construcción de un centro de desarrollo en agricultura protegida, aunado con el fortalecimiento del recurso humano es fundamental para apoyar el estado y a productores que deciden cambiar a sistemas de producción bajo agricultura protegida.

2.2. Resumen

Se pretende la construcción de un módulo que contemple la integración de las tecnologías aplicadas y los procesos de capacitación para su transferencia.

- **Manejo del clima.** Mostrar a los productores el funcionamiento del invernadero debido al efecto del clima y su repercusión en el crecimiento y desarrollo de los cultivos. Para que sean capaces de tomar decisiones apropiadas en cuanto al manejo del clima en sus invernaderos.
- **Manejo del cultivo.** Los productores deben conocer los procesos involucrados en la producción plantas en invernadero, y con ello aprender a planear las actividades necesarias de realizar en el ciclo fenológico de un cultivo. Para ello se apoyarán del módulo de invernaderos para realizar prácticas y llevar a cabo de propia mano las operaciones involucradas en un ciclo de producción.
- **Manejo de riego y nutrición del cultivo.** Con sistemas de riego desarrollados localmente al alcance de pequeños productores, que garanticen la eficiencia en la aplicación del agua y los nutrientes, se podrán establecer prácticas de programación y aplicación del riego. La preparación de soluciones nutritivas, así como la vigilancia de la respuestas del cultivo a estas aplicaciones, serán actividades a desarrollar
- **Manejo de suelo o sustrato.** El sistema de soporte del cultivo, tiene implicaciones con el calendario de riego, la inocuidad y desarrollo del cultivo, por lo que determinar el tipo de medio en el cual se establece el cultivo, son de las actividades de planeación y manejo necesaria. En función del tipo de medio

(suelo o sustrato), se debe planear un manejo durante el ciclo y así evitar problemas futuros.

- **Manejo de pos cosecha y comercialización.** Desde la selección de la semilla debe contemplarse el fin de la producción; si es para comercio local, o regional existen variedades con alta vida en anaquel que puede ser efectivo para su venta y comercialización. Las vías de comercialización y tratamiento de la cosecha, implica actividades de planeación y estrategias para fomentar el éxito en la venta.
- **Minimizar el impacto ambiental negativo.** El uso eficiente de los recursos naturales, además de permitir un abatimiento de los costos de producción y elevar las utilidades marginales, han de permitir un desarrollo sustentable como actividad económica, lo cual ha de repercutir en beneficios relacionados con el cuidado al medio ambiente. Favorecer el manejo de forma pasiva, mediante diseños que permitan captar la mayor cantidad de luz, ventilación efectiva y riegos programados, son factores determinantes en el disminuir contaminación.

Modelo de comercialización a la medida de los pequeños agricultores que promueva las buenas prácticas que mantenga el valor del producto y evite intermediarios.

Indicadores de Impacto

- Numero de productores que iniciaron la transición de cielo abierto a agricultura protegida.
- Nivel de aprovechamiento de la estrategia de capacitación.
- Productos tecnológicos desarrollados durante el proyecto instalados en el módulo.
- Caracterización del modulo que nos permita transferir su tecnología y su escalamiento.
- Validación del modelo de comercialización.

2.2.1. Líneas estratégicas de actividad.

- Investigación, innovación, adopción y apropiación del desarrollo tecnológico.
- Transferencia de habilidades, capacidades, y procesos para inversiones en agricultura protegida.
- Formación y apoyo del capital humano.

2.3. Marco de Referencia

2.3.1. Sistemas de Producción de Agricultura Protegida: Situación actual

La producción de hortalizas en México se ha convertido en una de las principales actividades económicas. Dedicada a satisfacer el mercado estadounidense, la superficie cultivada en ambiente protegido se incrementa alrededor del 20 % anual; no obstante aún se deben vencer barreras tecnológicas y autogenerar modelos basados en las condiciones de clima locales optimizando la producción para ofrecer cosechas de calidad sostenidas durante el año. Lograr productos de calidad implica el control del clima interior del invernadero; esto dependerá en gran medida de la capacidad que el sistema de ventilación tenga para renovar el aire caliente y húmedo del interior por un aire más fresco del exterior.

Desde el punto de vista agronómico, un invernadero es aquella estructura capaz de acondicionar el ambiente de tal manera que proveer al cultivo las condiciones suficientes para que este desarrolle su potencial. En este sentido, un invernadero representa marcadas ventajas respecto al cultivo en campo abierto, desde la reducción de riesgos por meteoros o plagas, hasta la calidad del producto que puede darse con un manejo agronómico.

Así mismo, en la expansión del sistema de producción en agricultura protegida o Invernaderos, muchas veces el diseño agronómico está ausente con lo cual, al importar modelos o la tecnología de climas extremos, se importa también problemas de manejo, que pueden ser evitados mediante un diseño que tome en cuenta las condiciones medioambientales locales.

México cuenta con ventajas significativas para la producción de cultivos en ambientes controlados, sin embargo para provecharlas debe vencer una serie de barreras relacionadas con los capitales de inversión, tecnológicos y desde luego de mercado; en este sentido entre los procesos críticos para el desarrollo del sector pueden mencionarse:

- Mercadeo y distribución, ubicación de las instalaciones,
- gestión y manejo,
- diseño del invernadero,
- control ambiental,

- sistemas de cultivo,
- uso de fertirrigación,
- balance nutrimental adecuado,
- manejo integrado de plagas,
- manejo apropiado de cosecha y poscosecha.

2.3.2. Situación mundial.

La evolución de la agricultura protegida ha pasado de ser un sistema altamente consumidor de recursos y generador de contaminación, para convertirse en una opción viable en la producción de cosechas. La innovación tecnológica aplicada a este sector ha generado una gama de alternativas de producción, con el uso eficiente de los recursos, agua, suelo, clima, ambiente. Este avance tecnológico, ha ocasionado que la superficie dedicada al cultivo de invernaderos se haya estabilizado, y los nuevos sistemas que se están construyendo sean diseñados en función de las condiciones medioambientales locales.

A pesar de que no existe un padrón único de la superficie cultivada en invernaderos, en parte por la dispersión, en parte por su dinámica, de acuerdo con estimaciones realizadas por diversas dependencias es posible manejar una superficie que rebasa los 2 millones de has en 2015. Asia mantiene el liderazgo, donde China cuenta como 1.5 millones (Espí et al., 2006, citado por Agugliaro, 2007), Japón y Corea, con 60 000 has cada una. La segunda zona con mayor desarrollo es la Mediterránea con aproximadamente 190,000 hectáreas, en donde destacan España con 67,700 ha, Italia con 55,800 ha y Turquía con 23,000 ha (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, España, 2008), mientras que Holanda, el líder en desarrollo tecnológico en el sector, reporta 4,480 hectáreas (Oficina de Control de Estadísticas de los Países Bajos, 2009) (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, España, 2008). Con la particularidad que en la mayoría de estos países se ha llegado a la frontera de la superficie para actividades agrícolas.

2.3.3. Situación de la agricultura protegida en México.

En México, la horticultura protegida en los últimos años ha estado en constante crecimiento y desarrollo. En el año 2013, la SAGARPA reporta que en México existen 19,985 unidades de cultivo protegido; 66 % corresponden a invernaderos, 11 % a macro túneles, 10 % a casa sombra, 5 % a micro túneles, 5 % techo sombra y 3 % pabellón (SIAP, 2013).

La verdadera expansión ha sido de 2010 a la fecha; en el año 2005 tenía 3200 ha (AMPHI, 2009), principalmente túneles en el Estado de México, en 2010 ya contaba con el doble y actualmente, de acuerdo a las proyecciones propias derivada de encuestas con los constructores de invernadero, entre túneles, mallas sombra e invernaderos, la superficie dedicada a cultivos protegidos está cercana a has 30 000 ha.

Sinaloa concentra la mayor superficie en el País, y junto con Jalisco, Baja California y Michoacán, cubre en 50 % de la superficie en México. La zona centro que supera el 15%, casi 10% en los estados de la zona Occidente y el 30% restante disperso en las demás regiones del país (SAGARPA, 2008).

De acuerdo a información reportada por la SAGARPA (2008), la superficie de agricultura protegida se encuentra distribuida en un 44% como invernaderos, 51% malla sombra y otras técnicas de protección el 5% restante. Asimismo, el 79% de los invernaderos se ubican en el rango de alta y media tecnología, el 17% en la zona media solamente y el 5% restante en baja tecnología.

Esta misma fuente (SAGARPA, 2008) indica que los principales cultivos producidos bajo agricultura protegida son: tomate (38%), pimiento (16%), pepino (11%), Ornamentales (2%), Melón (1%) y otros cítricos y forrajes con el 32.6%. Hay que destacar que la superficie de cítricos, así como la de otros frutales, utiliza malla sombra como base de la protección del cultivo.

2.3.4. Problemática en México.

Los avances en la actividad agrícola, han contribuido a la degradación del ambiente y continúa las necesidades de alimentos: el desafío del hombre será satisfacer las demandas de una mayor población con menos tierra agrícola y agua.

Por otra parte, Sánchez-Salazar y Martínez-Galicia (2006) consideran que uno de los efectos del cambio climático, será el ascenso de temperatura, reflejándose en un aumento de la evaporación y evapotranspiración, una reducción de la precipitación y de los escurrimientos, lo que incidirá, a mediano plazo, en el incremento de la desertificación y de redistribución del recurso hídrico. Las variaciones en la distribución del agua y temperatura, tendrán efectos diferenciados sobre el uso del suelo y la distribución de los seres vivos (cultivos, ganado o asociaciones vegetales naturales), entre los que se pueden mencionar:

1. **Sequía.** Con información de 2,434 estaciones meteorológicas, la estimación de los indicadores de déficit de humedad, índice de aridez e índice de amenaza de sequía, sirvió para el cálculo del nivel de amenaza de sequía agrícola por estado. Los estados con un nivel alto y muy alto son Baja California, Baja California Sur y Coahuila y de grado medio Chihuahua, Nuevo León, Sinaloa, Tamaulipas y Yucatán.

Además, considerando el balance hídrico del suelo, con la información de las estaciones y la metodología de Thornthwaite y Matter (1955), se obtuvo la representación espacial de las regiones, con cuando menos una humedad de suelo mayor a 30 por ciento de su capacidad de campo (CC) y de manera continua en periodos de 60, 90 y 120 días. Lo anterior corresponde al requerimiento mínimo de agua para realizar actividades agropecuarias en temporal, los cuales no son viables en Baja California, Baja California Sur y Coahuila así como en la mayor parte de Chihuahua, Sonora, Nuevo León y San Luis Potosí, los cuales justificarían acciones en materia de agricultura protegida.

2. **Lluvias torrenciales.** La ubicación de México dentro de una zona intertropical, lo hace susceptible a los embates de huracanes. Debido a éstos y a las obras hidráulicas disponibles se pueden captar 150 mil millones de m³ de agua (37% de la media anual). La falta de infraestructura para captar mayores escurrimientos o el escaso mantenimiento en algunas de ellas, no permite aprovechar los beneficios de la precipitación, ni enfrentar períodos de lluvias mayores al promedio.

Otro fenómeno que provoca precipitaciones de importancia, sobre todo en la región noroeste de la república mexicana, es el desplazamiento de frentes fríos provenientes de las zonas polares, que forman las tormentas de invierno, siendo los estados más afectados los comprendidos en la península de Baja California, Sonora y Sinaloa lo que limita las acciones dentro de la agricultura protegida.

3. **Granizadas.** Las granizadas se asocian a lluvias torrenciales y provocan a daños a los cultivos debido a su ocurrencia en épocas atípicas de alta susceptibilidad para éstos. De 1979 a 1988 Guanajuato fue el más afectado en términos de superficie agrícola y con mayor frecuencia del fenómeno, no obstante, Chihuahua con 51% de la superficie dañada,

presentó mayores daños económicos y una frecuencia más baja del fenómeno climático.

4. **Heladas.** La ocurrencia de heladas ha impactado en la agricultura de Chihuahua, Puebla, México y Tlaxcala en los que hay más de 100 días al año con heladas que justifican el desarrollo de medidas de ejecución y prevención en la agricultura protegida. De acuerdo a la cartografía de días con heladas, elaborada a partir de registros diarios de temperatura mínima del Servicio Meteorológico Nacional, se detectó que este tipo de eventos se presenta, en más de la mitad del territorio nacional, en los meses de enero a diciembre y alrededor de un 35 por ciento en febrero, marzo y noviembre, ocurriendo en menor proporción en octubre y abril, meses con mayor riesgo para la agricultura. Los estados con mayor riesgo de pérdidas agrícolas por heladas tempranas (octubre) son Chihuahua, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Sureste de Coahuila y Sur de Nuevo León, Distrito Federal, Tlaxcala, México, Hidalgo y Puebla. Por otra parte, el mayor riesgo de pérdidas agrícolas por heladas tardías (abril) ocurre en parte de Zacatecas, Durango, Chihuahua, Baja California y Sonora.

Por la mayor frecuencia de fenómenos climáticos los estados prioritarios para tomar acciones en materia de agricultura protegida, son: Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Sonora, el resto de estados, sobre todo los de heladas tempranas o tardías, justifican acciones por las pérdidas agrícolas que implican. Sin embargo, debe considerarse que los invernaderos en climas extremos pierden competitividad debido al costo de la energía para su operación eficiente.

5. **Limitantes del suelo.** Otro factor importante a considerar como situación natural adversa para la agricultura en México, es el relieve y tipo de suelo. El 64 por ciento del territorio nacional se descarta debido a que es demasiado montañoso; con pendientes mayores de 25° y con suelos muy delgados debido a la erosión. Los suelos planos de la península de Yucatán son delgados y calcáreos. Una buena parte de los suelos tropicales presenta acidez, mientras que muchos de los suelos que pudieran irrigarse en las zonas áridas son salinos.

Existen diferentes riesgos para México dada la diversidad climática del país. En consecuencia no es posible establecer una estrategia estándar en la agricultura protegida, por lo que es necesario consolidar acciones que partan de una estrategia de regionalización agroclimática para esta, que permita definir

lineamientos para zonas templadas, regiones áridas extremosas, para climas tropicales y subtropicales en los cuales se incluyan el trópico húmedo y el seco. Debido a la marcada sensibilidad de los cultivos frente a las variaciones ambientales el control del clima del invernadero en uno de los principales problemas que quedan por resolver para el mejor desarrollo de las plantas, lo cual puede lograrse en gran medida mediante una correcta gestión del sistema de ventilación que para dicho fin haya sido diseñado. Tomando en cuenta los costos energéticos, económicos y ambientales que de él se derivan, resulta un ideal poder controlar el clima mediante un sistema de ventilación natural, basado en dimensiones, formas y posición de apertura de ventanas.

Los principales invernaderos mexicanos presentan características propias en cuanto a dimensiones y condiciones ambientales, por eso entender la dependencia del movimiento del aire al interior de invernadero, en función de las dimensiones del invernadero, de la posición y combinación de las ventanas, y de las condiciones ambientales exteriores (Temperatura, velocidad del viento, radiación), son temas que interesan con el fin de aportar información relacionada con los sistemas de ventilación y consecuentemente la manera de mejorarla.

El fortalecimiento de la agricultura protegida en México demanda una base sólida de apropiación de la tecnología a través de su transferencia y de capacitación, lo cual motiva la necesidad de crear centros especializados en investigación, innovación, transferencia de tecnología y capacitación práctica, con la finalidad de no poner en riesgo la rentabilidad de las inversiones que se realizan en este sector así como su impacto en la capacidad de generar empleos calificados y mejor remunerados.

Considerando los resultados del estudio realizado al nivel de cada Delegación Estatal de la SAGARPA por la AMPHI (2009), se identificó que del total de los proyectos que han sido sujetos de apoyo por parte de los programas de la misma Secretaría, el 15% han sido abandonados. Las principales causas de abandono identificadas fueron: sin mercado seguro, falta de capacitación, ubicación aislada, uso inadecuado de la tecnología.

Debido al alto costo que representa la inversión en agricultura protegida de nivel medio y alto, con rangos que oscilan entre 2.4 a 19.15 millones de pesos por hectárea (AMPHI, 2009), la necesidad de contar con centros de investigación, transferencia de tecnología y capacitación, se vuelve crítica, considerando que lo que se busca es el fortalecimiento competitivo de los clusters o tecno polos de desarrollo en agricultura protegida en México. Esto ha ocurrido en los países que

se destacan por su participación en el comercio mundial de productos de invernadero, como lo son España y Holanda, los que cuentan con reconocidos centros dedicados a estas labores de fortalecimiento de las ventajas competitivas de los productores que integran el cluster, llegando incluso a encontrar un atractivo en el mercado de exportación de tecnología agricultura protegida (insumos, capital humano, infraestructura, etc.).

Por ejemplo, los Países Bajos han logrado construir un sólido prestigio a nivel internacional; exportan tecnología a más de 120 países, producto de que sus fabricantes de invernaderos y tecnología asociada cuentan con una asociación que participa en el desarrollo de políticas públicas, estableciendo los estándares de calidad y acciones de promoción, lo que les ha permitido que el 30% de sus ingresos provienen de las exportaciones y por ello dedican una buena parte de sus investigaciones a la búsqueda de nuevas tecnologías que se puedan aplicar en otros países tales como China, Turquía, Egipto, España y México entre otros (Productores de Hortalizas, "Tecnología Holandesa", marzo 2009).

2.4. Creación del Centro de Innovación para el Desarrollo, Formación y Transferencia de Tecnologías en Agricultura Protegida (CIDFTT)

Esta propuesta plantea el desarrollo de un Centro de Transferencia Tecnológica y de Capacitación como respuesta a las necesidades actuales de investigación y desarrollo de tecnología con una visión estratégica y de negocios para una Agricultura Protegida Sustentable.

Líneas estratégicas

1. Investigación aplicada para la Innovación
2. Transferencia de tecnología
3. Capacitación y formación

El plan de desarrollo del centro ha sido contemplado en tres fases.

- Fase I: Instalación de infraestructura e inicio de programas de formación e investigación.
- Fase II: Fortalecimiento de los programas de transferencia y aceleración de capacidades para investigación, publicación y actualización de paquetes y transferencia de tecnología.
- Fase III: Consolidación de competencias, programas de formación, habilitación de infraestructura para capacitación.

Cuadro 1. Etapas de desarrollo del CTTC

Línea estratégica de actividad	Actividad	Resultados esperados		
		a 1 año	a 3 años	a 5 años
A. Programa de investigación básica y aplicada.				
<p>Generar, adaptar y validar tecnología orientada al establecimiento de una agricultura protegida sustentable, tomando en cuenta aspectos tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> desarrollo de mejores prácticas agrícolas, procesos productivos, las características de la estructura, y los requerimientos de automatización de equipos. <p>Manejo sustentable de energía.</p>	<p>Formular e implementar programas de investigación aplicada en agricultura protegida, considerando los cultivos de mayor demanda en México.</p>	<p>Plan de trabajo de investigación en las áreas de, coberturas, nutrición, control ambiental, automatización de procesos y manejo de fuentes de energía alternativas para invernaderos.</p>	<p>Un proyecto de investigación aplicada en cada una de las siguientes líneas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Gestión del clima y Automatización de procesos. Fuentes de energía alternativas 	<p>Líneas permanentes de investigación aplicada en las siguientes líneas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Automatización de equipos, infraestructura y procesos. Nutrición de cultivos. Materiales y coberturas. Fuentes de energía alternativas.
	<p>Infraestructura: habilitar 2 invernaderos, contar con tres aulas y 2 cuartos de crecimiento para investigación aplicada.</p> <p>Habilitar 2 laboratorios y un microtunel para germinación de semillas.</p> <p>Contar con un almacén para los insumos</p> <p>1 oficina, un auditorio, una estación climática y una cisterna</p>	<p>Contar con lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1 aula para capacitación. 1 invernadero para para investigación/validación 1 microtunel para germinación de semilla 1 laboratorio de análisis vegetal. 1 almacén de para insumos 1 estación climática 	<p>Contar con lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1 aula para capacitación 1 oficina 1 auditorio 1 cuartos de crecimiento 1 laboratorio de análisis químico y nutrición vegetal 1 Cisterna 	<p>Contar con lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1 aula 1 casa sombra 1 oficina 1 invernadero para transferencia de tecnología 1 microtunel para germinación de semilla 1 cuartos de crecimiento

Línea estratégica de actividad	Actividad	Resultados esperados		
		a 1 año	a 3 años	a 5 años
B. Programa de transferencia de tecnología.				
Desarrollar, validar y difundir paquetes tecnológicos en agricultura protegida, orientados a mejorar la productividad y la rentabilidad de los sistemas de producción, atendiendo las necesidades de los diversos productores.	Formular e implementar el programa de actividades de transferencia de tecnología en agricultura protegida, en función de las necesidades expresadas por los productores.	<p>Plan de trabajo de transferencia de tecnología.</p> <p>Publicación y difusión de los siguientes paquetes tecnológicos en agricultura protegida.</p> <p>Automatización de invernaderos.</p> <p>Cultivo del tomate.</p> <p>Cultivo del pepino</p>	<p>Actualización de los paquetes tecnológicos ya publicados.</p> <p>Publicación y difusión de los siguientes paquetes tecnológicos en agricultura protegida.</p> <p>Cultivo de gerbera.</p> <p>Cultivo de pimiento</p> <p>Cultivo de rosa.</p> <p>Cultivo de melón.</p> <p>Publicación del manual de referencia para el manejo de energías alternativas para invernaderos.</p>	<p>Actualización de los paquetes tecnológicos y manuales ya publicados.</p> <p>Publicación y difusión de paquetes tecnológicos con base en la demanda expresada por organismos y grupos de productores.</p> <p>Publicación del manual de referencia para el manejo de estructuras de invernadero.</p>
	Desarrollar e impulsar la formación de redes de técnicos expertos en agricultura protegida, que permita transferir tecnología para intercambio de información, mejore la capacitación y su desarrollo.	<p>Organizar 1 seminario de intercambio de experiencias en investigación y transferencia de tecnología en agricultura protegida.</p> <p>Formular el programa de eventos anuales de intercambio de</p>	<p>Organizar al menos 1 seminario anual de intercambio de experiencias en investigación y transferencia de tecnología en agricultura protegida.</p> <p>Mantener actualizados los programas de eventos</p>	<p>Organizar 2 seminarios de intercambio de experiencias en investigación y transferencia de tecnología en agricultura protegida.</p> <p>Mantener actualizados los programas de eventos anuales de</p>

Línea estratégica de actividad	Actividad	Resultados esperados		
		a 1 año	a 3 años	a 5 años
		<p>experiencias en investigación y transferencia de tecnología en agricultura protegida.</p> <p>Formular el programa de eventos de demostración tecnológica en agricultura protegida.</p>	<p>anuales de intercambio de experiencias y de demostración tecnológica en agricultura protegida.</p> <p>Organizar 1 eventos anuales de demostración tecnológica en agricultura protegida.</p>	<p>intercambio de experiencias y de demostración tecnológica en agricultura protegida.</p> <p>Organizar 1 evento anual de demostración tecnológica en agricultura protegida.</p>
	Habilitar invernaderos y casa sombra para demostración tecnológica	Contar con 1 invernadero demostración tecnológica.	Reforzar los programas de demostración tecnológica	Contar con 1 casa sombra para demostración tecnológica

Línea estratégica de actividad	Actividad	Resultados esperados		
		a 1 año	a 3 años	a 5 años
C. Programa de formación.				
	Formular e implementar un programa de formación de técnicos en agricultura protegida.	Haber realizado al menos: 1 curso	Estar ofreciendo anualmente, al menos: 1 curso corto. 1 curso largo de producción.	Estar ofreciendo anualmente al menos: 1 cursos largo por ciclo de producción.
Diseñar e implementar programas de formación y actualización adecuados a las necesidades técnicas, manejo de invernaderos y administrativas, que ayuden a mejorar la productividad y rentabilidad de los sistemas de producción de agricultura protegida, a costos accesibles para los productores.	Habilitar infraestructura para dar soporte a los programas de formación Habilitar invernaderos programas de formación práctica	Uso de Invernaderos Desarrollo de las actividades de capacitación y evaluación para la certificación de profesionales y personal técnico en agricultura protegida Haber formulado y presentado la propuesta de certificación de personal técnico relacionado con agricultura protegida.	Contar con la suficiente infraestructura (invernadero, aulas, auditorio) que refuercen la formación del personal técnico especializado en agricultura protegida.	Contar con un programa anual integral de capacitación y desarrollo para la certificación de personal técnico y profesionales en agricultura protegida Sistemas auxiliares, Equipos (calefacción), energías alternativas, automatización Contar con 1 invernadero y 1 casa sombra para programas de formación

2.5. Justificación.

En una economía caracterizada por la constante aparición de nuevos productos, procesos y servicios, la forma en que los países desarrollan fortalezas para competir en el comercio mundial de alimentos, representa uno de los desafíos más importantes que enfrenta la sociedad. Así, el crecimiento económico, particularmente de los países en desarrollo, debe basarse en el aumento de sus capacidades para la utilización de nuevas y mejores tecnologías que les permita producir bienes y generar servicios en forma competitiva para satisfacer los patrones de demanda en el mercado mundial, que con el tiempo, se han vuelto más exigentes.

El desarrollo de las capacidades requiere, como elementos fundamentales, la generación de conocimiento y la aplicación del ya existe, con el propósito de aumentar la competitividad en los diferentes eslabones que conforman las cadenas de valor. Con el tiempo, la investigación ha permitido la continua incorporación de innovaciones tecnológicas en la producción agrícola, de donde se destaca el manejo de sistemas de producción de agricultura protegida, con la cual se han incrementado los rendimientos y se ha mejorado la calidad de los productos obtenidos, lo que ha permitido, en la mayoría de los casos, que los productores que han incorporado tecnología de agricultura protegida, obtengan mejores condiciones de acceso a los mercados y una mayor rentabilidad de su sistema productivo.

Para lograr que los productores agropecuarios adopten y adecúen la tecnología a sus condiciones particulares de producción, se requiere formular estrategias de transferencia de tecnología que incorporen actividades tales como: el desarrollo de investigación básica y aplicada, la demostración tecnológica y la capacitación y el fortalecimiento de las competencias del personal, tanto en aspectos técnicos como de gestión de la empresa. Con base en lo anterior, para el desarrollo y fortalecimiento de los sistemas de producción de agricultura protegida en una región o país, se demanda la necesidad de ofertar suficiente soporte tecnológico que permita a los productores conocer y mejorar las técnicas de manejo de cultivos y la infraestructura de soporte que permite el máximo aprovechamiento del conocimiento agronómico.

La experiencia en algunos países asiáticos y europeos indica la necesidad de la creación de centros especializados en investigación y desarrollo tecnológico relacionados con agricultura protegida, los cuales, por lo general, se han implementado mediante esquemas de colaboración entre la iniciativa privada y pública interesadas en impulsar el desarrollo tecnológico, fomentando la generación y fortalecimiento de

entidades que se dediquen a mejorar las capacidades técnicas y de gestión de los involucrados en los sistemas de producción agrícola protegida.

El fundamento de los negocios de servicio consiste en proporcionar algún tipo de asistencia a los productores agrícolas, para que éstos puedan superar el conjunto de restricciones, internas y externas, que enfrentan en las fases de implantación del negocio, su desarrollo y su fortalecimiento para generar condiciones que mejoren su capacidad competitiva.

La gama de actividades que puede ofrecer una unidad de prestación de servicios de transferencia de tecnología y capacitación especializada es muy amplia, considerando que todas ellas están encaminadas a resolver la problemática que enfrentan los productores, considerando entre dichas actividades las siguientes: el diagnóstico permanente de necesidades de investigación y transferencia de tecnología, la incorporación de innovaciones y el desarrollo tecnológico, el entrenamiento del personal involucrado en la adopción tecnológica, el fortalecimiento de la capacidad comercial, el aprovisionamiento de información, el desarrollo de relaciones colaborativas con otros negocios y la difusión de programas de fomento.

Algunos servicios provistos por el sector público han tenido alcances externos limitados y no han sido sustentables económicamente, por lo que dependen fundamentalmente de la transferencia de subsidios. Los servicios financiados con fondos públicos y operados por particulares, han tendido a ser empleados, principalmente, por la “élite” de productores, lo que ha derivado en críticas por su baja efectividad para trabajar con el sector más desprotegido de los productores (Cristopolos, 2002).

Adicionalmente, los fondos públicos disponibles para otorgar servicios por los particulares han sido limitados, resultando en una continua dependencia por parte de los beneficiados de la ayuda externa, la cual, al desaparecer o reducirse, provoca que los mecanismos de entrega del servicio se colapsen (Katz, 2002).

Con base en lo anterior, es necesario que para el desarrollo de un negocio de servicios con un futuro sostenible, se considere tener en cuenta el estudio de viabilidad del mismo, es decir, que existen las condiciones económicas, políticas, tecnológicas, ambientales, legales, de capacidad administrativa y financieras para que el centro de servicios pueda implementarse y desarrollarse.

En los siguientes apartados se describen todos estos elementos.

2.6. Definición de los objetivos estratégicos del Centro.

Los objetivos estratégicos fueron divididos en 3 apartados, describiéndose éstos a continuación.

2.6.1. Investigación básica y aplicada.

- Generar, adaptar y validar tecnología orientada a mejorar la competitividad de los sistemas de producción de agricultura protegida, tomando en cuenta aspectos tales como:
- La fisiología de los procesos productivos,
- El manejo sanitario de cultivos,
- El desarrollo de mejores prácticas agrícolas,
- Los requerimientos de automatización de equipos, infraestructura y procesos.
- Condiciones ambientales dentro del invernadero
- Las características de la estructura, y
- Los requerimientos de automatización de equipos.
- Manejo sustentable de energía.

2.6.2. Transferencia de tecnología.

- Desarrollar, validar y difundir paquetes tecnológicos en agricultura protegida, orientados a mejorar la productividad y la rentabilidad de los sistemas de producción, atendiendo las necesidades de los diversos tipos de productores.

2.6.3. Programa de formación.

- Diseñar e implementar programas de formación y actualización adecuados a las necesidades técnicas, manejo de invernaderos y administrativas, que ayuden a mejorar la productividad y rentabilidad de los sistemas de producción de agricultura protegida, a costos accesibles para los productores

2.7. Factores asociados a la competitividad de la producción bajo invernadero.

Con base en la realización de varias encuestas realizadas a productores y algunas empresas que cuentan con producción en invernaderos, se identificaron los siguientes factores críticos que están asociados a la competitividad de la producción bajo invernaderos.

2.7.1. Mano de obra.

Como regla generalizable, la agricultura protegida es considerada como intensiva en el uso de mano de obra, presentando mayor uso de la misma en la medida en que incrementa la productividad por unidad de superficie.

Representa un costo significativo en el cultivo, motivo por lo cual se considera como una ventaja comparativa para regiones con bajos costos. A diferencia de la producción sin protección, se tiene una mayor eficiencia en la relación tiempo-rendimiento, situación que puede repercutir en una mayor capacidad para la remuneraciones de trabajadores más competentes.

La mayoría de los productores cuenta con superficies pequeñas, en promedio 2000 m², debido a esto la remuneración es por jornal. Por cada 1000 m² de superficie se requiere de un jornal para realizar las actividades agrícolas, cumpliendo con un total de ocho horas por jornal, las actividades son variadas y esto depende de la etapa de desarrollo en que se encuentre el cultivo.

Es posible desarrollar las competencias del personal con base en la práctica, debido a que en la mayoría de las labores a realizar no se demanda un grado previo de especialización o estudios universitarios. Para el caso de algunas empresas, cada empleado tiene designada un área para realizar las labores. Los puestos que demandan preparación académica formal y experiencia práctica son muy bien remunerados y enfrentan una demanda creciente.

Se prefiere la mano de obra femenina a la masculina, para ciertas actividades específicas, como son, la cosecha, debido al mayor cuidado con el que se llevan a cabo las labores por parte de las mujeres.

Algunos de los grandes productores se han visto en la necesidad de contratar personal que no radica en las localidades aledañas a la ubicación de los invernaderos, por lo que ha sido necesario incurrir en costos adicionales de transporte de personal.

2.7.2. Energía.

Los invernaderos que han incorporado tecnología para la climatización, reportan altos consumos de energía en forma estacional para lograr aumentos de la temperatura en época de otoño-invierno y disminuciones de la misma

principalmente durante el verano. Una ventaja sustancial consiste en que tengan acceso a combustibles de bajo costo, por ejemplo, suministro continuo de gas a través de gasoductos.

Alto costo de extracción de agua en zonas donde los mantos freáticos están a mayor profundidad, les obligan a buscar esquemas que sean más eficientes en la transformación de agua a producto terminado.

Demanda de fuentes alternas para la generación de la energía requerida para el manejo de los sistemas de fertirrigación, la climatización y la automatización de los procesos de climatización.

Es por ello que este tipo de tecnologías difícilmente son empleadas por el agricultor, solo son unos cuantos los invernaderos que cuentan con este tipo de tecnologías debido a los altos costos y alta demanda de energías. La mayoría de los invernaderos son de baja tecnología.

Existe una gran cantidad de invernaderos que no cuentan con energía eléctrica, por lo que difícilmente pueden automatizar procesos, o tener al alcance ciertas tecnologías

2.7.3. Insumos.

Existe un mundo de proveedores de agroquímicos, la demanda y la oferta es amplia, pero es el productor quien decide cual es el que mejor satisface sus necesidades y le da los mejores resultados.

Alto costo de semillas y/o material vegetal para siembra. Los proveedores de semilla (plántula) de buena calidad son escasos y hay que convenir con ellos con suficiente anticipación para poder recibir la planta en tiempo y forma. Algunos grandes productores de hortalizas consideran como posible el realizar alianzas estratégicas con productores de plántula, con la finalidad de maquilar con ellos la producción de sus requerimientos de material vegetativo.

Es por ello que en algunas zonas, muchos productores ha optado por el uso de esqueje para el caso de planta de tomate, obteniendo esqueje de muy buena calidad y con las mismas características productivas, a menor precio.

Se ha presentado un aumento considerable en el costo de fertilizantes en general lo que ha impactado en el costo de producción de los cultivos. Por lo mismo, los productores buscan generar esquemas de integración en la red de suministro, a través de los cuales puedan obtener productos a menor costo, así como la conducción de prácticas de manejo del cultivo que le permita una mayor eficiencia en la transformación de kilogramo de nutriente a producto cosechado.

Los materiales requeridos para la producción, tales como sustratos, bolsas, equipo y consumibles de riego, refacciones y suministros requeridos para el mantenimiento de equipos de soporte para la climatización y el control de suministro de alimento a las plantas, todos ellos, provienen principalmente de mercados en el exterior, exponiendo con ello a los productores al riesgo cambiario que puede provocar alta volatilidad en el precio de los insumos.

Debido a los altos costos de todos estos insumos para la producción, el productor se ha adaptado a realizar el trasplante en suelo directo, es decir sin utilizar bolsa, sustratos inertes y acolchados.

2.8. Necesidades de Asistencia técnica y desarrollo tecnológico.

La demanda por asistencia técnica es alta, la baja productividad y los precios son muy volátiles, por estas razones el productor carece de asistencia de un técnico especializado en agricultura protegida.

Las necesidades del productor por recibir asistencia técnica son principalmente en la nutrición del cultivo, el control de plagas y enfermedades.

Existen pocos especialistas en el manejo de sistemas de producción de agricultura protegida, principalmente en el caso de casa sombra, invernaderos, micro y macro túneles. En el caso de acolchados se reporta mayor disponibilidad de técnicos, sin ser esta suficiente.

El nivel de desarrollo tecnológico para agricultura protegida en los centros de investigación es bajo y la transferencia de la tecnología es de difícil acceso para los productores.

Existe poca difusión de la tecnología de agricultura protegida.

Los pequeños productores, siendo éstos mayoría, presentan resistencia a la adopción y adecuación de innovaciones y desarrollo tecnológico, en ocasiones, omitiendo las diferencias que existen entre los sistemas de producción a cielo abierto y los que incorporan infraestructura para la agricultura protegida. Adoptar tecnología implica mayores costos de producción y difícilmente se adapta a pequeñas superficies (menores a 3000 m²).

2.9. Resultados esperados

2.9.1. Área de impacto

Hasta el año 2007, el sector público había derramado más de dos mil millones de pesos cubriendo casi poco más de 2 mil doscientas has (PROAP, SAGARPA, 2009). (PROAP, SAGARPA, 2009). El programa de Fondo de Riesgo Compartido para el Fomento de Agronegocios fue el programa que invirtió más recurso en infraestructura para invernaderos, apoyando a un total en el 2007 de 1125.8 has (cuadro 2).

Cuadro 2. Apoyos del sector público en Agricultura Protegida en México

Programa	Agricultura Protegida 2001 – 2007			
	Proyectos	Monto federal (MDP)	Beneficiarios	Superficie (ha)
Fomento Agrícola	2,796	501.1	12,053	559.2
PAPIR	2,884	356.2	27,366	305.3
FOMAGRO	293	670.6	9,677	1,125.80
Desarrollo Rural (menor 3 ha)	101	517.4	1,710	211.2
Total	6,074	2,045.3	50,796	2201.6

Fuente: PROAP, SAGARPA, 2009.

En el periodo 2013-2014 los programas Agricultura protegida y PROCURA aportaron 946 millones de pesos en infraestructura para invernaderos (cuadro 3).

Cuadro 3 Apoyos al sector público en agricultura protegida en México.

Agricultura Protegida 2013 ¹ ,2014 ²				
Programa	Proyectos	Monto federal (MDP)	Beneficiarios	Superficie (ha)
Agricultura Protegida ¹	1872	504.6	478	
PROCURA ²		441.4	496	

La clasificación de invernaderos se realiza de acuerdo a la tipología, equipos y tecnología utilizada, que considera tres niveles: baja, media y alta (Pieter de Rijk, 2008) En el cuadro 4 se describe el tipo de tecnología en base al ambiente y medio de crecimiento.

Cuadro 4. Tipología de la tecnología de Agricultura Protegida.

Tecnología	Ambiente ¹	Medio de crecimiento ²
Baja	100% dependiente del ambiente, uso de tecnologías simples similares o utilizadas en cultivo a cielo abierto.	Suelo, arena, macetas, riego por goteo, controles manuales
Media	Semiclimatizados.	Suelo o sustrato, riegos programados computarizados
Alta	Climatización automatizada (mayor independencia del clima externo), riegos computarizados, inyecciones de CO ₂ , uso de sustratos.	Sustrato, riego computarizado

Fuente 1: Pieter de Rijk. Evolución del sector de agricultura protegida en México.2008.

Fuente 2: North American Greenhouse Producción (2014) Adaptado de La Revista Productores de Hortalizas, Mayo 2015.

La brecha entre las necesidades de la demanda de crecimiento del sector de agricultura protegida y la oferta tecnológica existente para apoyar este crecimiento pone en riesgo los siguientes aspectos:

- El efecto multiplicador del recurso público que ha sido de 3 pesos privados por cada peso público, lo que significa que se tiene una inversión total entre 7 y 9 mil millones de pesos en agricultura protegida que requieren atención.
- El valor de la producción bajo sistemas de agricultura protegida alcanzó en 2008 una cantidad cercana a los 10 mil millones de pesos para el mercado nacional y más de 400 millones de dólares para el mercado de exportación que se pueden perder si no se fortalece la capacidad nacional para atender las necesidades tecnológicas de los sistemas de producción.
- El empleo generado por esta actividad se pone en riesgo, ya que de ella dependen en forma directa cerca de 54,000 personas y otras 200,000 en forma indirecta.
- Los ingresos de empresas y productores incluyendo entre 3,000 y 5,000 pequeños productores y ejidatarios que han optado por esta forma de producción y que no cuentan con soporte tecnológico.

Se propone para el primer año la realización de una agenda, 1 seminario y un curso que serán impartidos en las instalaciones del centro. Asimismo, para atender la necesidad de intercambio de experiencias entre especialistas y técnicos en agricultura protegida, el coordinador de formación se dará a la tarea de organizar un seminario anual que incorpore temas de interés para los potenciales participantes.

En promedio se estima que un curso tenga duración de 24 horas, distribuidos por lo regular en días con 8 horas de trabajo efectivo. En el caso del seminario, la duración media estimada es de 2 días. El número de participantes promedio por curso se estimó en 20 y en los seminarios de 40 asistentes.

La difusión de los servicios del centro permitirá el crecimiento de estos eventos de formación, estimando que pueda alcanzarse un nivel de al menos 4 cursos, 4 seminarios y 2 eventos de demostración de tecnologías en agricultura protegida.

2.9.2. Requerimientos de capacitación.

Se tienen identificados cinco niveles de capacitación, con base en el nivel de dominio del conocimiento requerido.

- Grower: requiere un alto nivel de dominio de todos los factores técnicos relacionados con la tecnología empleada al nivel de la estructura del

invernadero, así como conocimientos agronómicos sobre el cultivo o cultivos bajo producción.

- Agrónomo o técnico: El nivel de dominio se enfoca a los conocimientos agronómicos sobre el cultivo bajo su supervisión. Por lo regular requiere del soporte periódico de un grower para revisar el estado de desarrollo que guarda el cultivo.
- Técnico de estructura: Corresponde a personal técnico con conocimientos de todos los elementos de soporte que se utilizan en el sistema de producción, tales como: abastecimiento de agua y nutrientes requeridos por el cultivo, sistemas de control, sistemas de operación de la estructura del invernadero, etc.
- Obrero: corresponde a personal que trabaja día a día en las actividades del cultivo. Estas personas requieren fundamentalmente adquirir dominio sobre las habilidades requeridas en el manejo del cultivo, tales como: monitoreo de plagas, manejo de soportes, manejo de la planta, cosecha, etc.
- Administrativa: corresponde al personal que trabaja en las áreas operativas del negocio.

2.9.3. Características del invernadero para formación.

- Propósito: contar con espacio en donde se puedan mostrar y desarrollar las habilidades de los participantes en cursos y seminarios.
- Se instalan cultivos a nivel comercial, seleccionando diferentes cultivos por invernadero o zona de invernadero, tales como: tomate, pimiento, pepino, rosa, etc.
- El invernadero contara con herramientas de monitoreo de ciertas variables climáticas.
- Se busca que la producción de estos invernaderos sea rentable, por lo que deberá negociarse la comercialización a través de una empresa establecida.
- Invernaderos para pruebas de demostración, cursos y seminarios.
2 invernaderos, con una superficies de 2,000 y 1,000 m², distribuidos en 4 y 2 naves con una superficie de 500 m² cada nave.
- Estructuras de protección para demostrar aspectos relacionados con desarrollo del cultivo, rendimiento, climatización, manejo de infraestructura, nutrición del cultivo, riegos, control de plagas y enfermedades. etc.
- 1 Casa sombra para pruebas de demostración, cursos y seminarios. Con una superficie de 1000 m².

2.9.4. Equipos adicionales a los invernaderos

Considerar al momento de la adquisición del invernadero el tipo de equipamiento con el que serán instalados, lo cual considera:

- Sistema de riego.
- Equipo de sondas para control de pH y CE.
- Sistema para fertirrigación.
- Equipo de medición de humedad relativa, radiación solar, concentración de CO², humedad del suelo y temperatura.
- Sistemas de control y automatización.

Adicionalmente, se requiere que el centro cuente con:

- Aulas para capacitación del personal. Se propone la construcción de tres aulas con capacidad para 20 participantes cada una. Se debe considerar que la división de las aulas pueda ser removida, de tal forma que se pueda contar con un espacio para seminarios con cupo para 60 participantes.
- Oficinas administrativas, laboratorio, almacén en general para los insumos y herramientas y control de sistemas automatizados y cabezal de riego.
- Sistema de refrigeración; Equipos acondicionamiento de humedad y temperatura (fog system).
- Equipos para calefacción.

2.9.5. Otra infraestructura requerida en el Centro.

- Estación climatológica.
- Estas aulas contarán con el equipo suficiente para capacitación por lo que estarán equipadas con computadora y equipo para videoproyección, sillas mesas de trabajo, pintarrones.
- Área de servicio:
- Para proporcionar elementos que permitan la adquisición de conocimientos y la difusión del mismo, se propone contar con un espacio para biblioteca y manejo de recursos digitalizados.
- Contar con un espacio para la dirección del centro, los servicios administrativos y la coordinación de las áreas de formación, transferencia de tecnología e investigación.
- Área para alimentos de personal.

- Contar con un área para esparcimiento de trabajadores y participantes en los cursos y talleres.

2.9.6. Gestión de relación con universidades y otros centros.

Uno de los aspectos estratégicos clave para el éxito del centro consiste en el desarrollo y mantenimiento de relaciones de colaboración con diferentes organismos, entidades y empresas relacionadas con los sistemas de producción y tecnología de agricultura protegida, tales como universidades, centros relacionados con agricultura, otros centros de desarrollo tecnológico, incubadoras y aceleradoras de negocios agrícolas y parques tecnológicos agropecuarios.

A. Relación con universidades.

Se contempla la gestión de alianzas con universidades nacionales y extranjeras que cuenten con programas académicos y de vinculación con la agricultura protegida. Una de las principales fuentes de investigadores e instructores con los que puede operar el centro provendrá de dichas universidades.

2.9.7. Relación con centros relacionados con agricultura.

Gestionar redes de intercambio de experiencias para la difusión del conocimiento y el intercambio tecnológico con otros centros de investigación y formación, nacionales e internacionales, relacionados con la agricultura protegida.

2.9.8. Relación con centros de incubación, aceleración de agronegocios y parques tecnológicos agropecuarios.

Gestionar con los centros dedicados a la formación de nuevos empresarios en el sector de agricultura protegida.

2.10. Gestión de recursos.

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

A nivel nacional se destacan las siguientes entidades u organismos:

- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).
- Secretarías de Desarrollo Agropecuario del Estado de Morelos (SEDAGRO) y de otros estados, particularmente aquellos en los que se cuenta con mayor superficie de unidades de producción en agricultura protegida.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).
- Sistema Nacional de Capacitación y Asistencia Técnica Rural Integral (SINACATI).
- Instituto Nacional para el Desarrollo de Capacidades del Sector Rural, A. C. (INCA Rural).
- Fondo Nacional de Apoyos para las Empresas Sociales (FONAES).
- Fondo de Capitalización e Inversión del Sector Rural (FOCIR).
- Fondos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA).
- Financiera Rural.
- Empresas y organismos privados relacionados con la producción en sistemas de agricultura protegida.
- Universidades y centros de investigación y desarrollo tecnológico que incluyan programas o líneas relacionadas con la producción en sistemas de agricultura protegida.

2.11. Fases de implementación del CTTC.

Cuadro 5. Plan de desarrollo de obras de infraestructura del CTTC

Obra	Superficie (m ²)		
	2016	2018	2020
Aulas	40 m ²	40 m ²	40 m ²
Invernadero demostración/validación/transfere ncia	2000 m ²	-	-
Casa sombra	-	-	1000 m ²
Oficinas	-	20 m ²	20 m ²
Auditorio	-	120 m ²	-
Invernadero transferencia de tecnología	-	-	1000 m ²
Investigación			
Microtunel para semillero	100 m ²	-	150 m ²
Cuartos para crecimiento	-	36 m ²	36 m ²
Almacén de insumos	20 m ²	-	-
Servicios de análisis			
Laboratorio de análisis vegetales	48 m ²	-	-
Laboratorio de análisis químico y nutrición vegetal	-	60 m ²	-
Estación climática	-	9 m ²	-
Cisterna	-	25 m ²	-

Con base en las estimaciones realizadas, se considera una superficie construida total de 4,764 metros cuadrados, distribuida la obra en tres años, con 2,208 m² el primer año, 310 m² para el segundo año y 2,246 m² en el tercer año de operación.

Con las obras de la primera fase, se logra desarrollar infraestructura que permita la generar, validar y transferir tecnología en agricultura protegida, impartición de los programas de formación, disponiendo de aulas equipadas con tecnología de

información, un invernadero y un microtúnel para germinación y preparación de plántula, un almacén para guardar insumos y herramientas de trabajo y un laboratorio de análisis vegetal.

Una estructura de casa sombra en donde se desarrolle actividad productiva bajo condiciones comerciales, así como un espacio para el manejo de soluciones nutritivas. En transferencia de tecnología se propone el desarrollo de actividades de demostración de tecnología.

En la segunda fase se incrementará la superficie de aulas para reforzar la capacitación, se construirá una oficina administrativa, un auditorio para eventos, para los programas de investigación se propone la incorporación del primer lote de cuartos de crecimiento para el desarrollo de estudios que requieran control de las variables ambientales y de suministro preciso de insumos y una estación climatológica. Para reforzar los programas se contará con un laboratorio de análisis químico y nutrición vegetal. Contar con una cisterna para almacenar agua de lluvias, con una capacidad de 125,000 litros de agua.

Se incrementará la superficie dedicada a demostración tecnológica e investigación, con la incorporación de un invernadero de demostración con cubierta de policarbonato, así como dos invernaderos para validación tecnológica, con cubiertas de policarbonato y plástico, cada uno, respectivamente.

En la tercera fase, el fortalecimiento de los programas del centro, se añadirán un aula, una casa sombra para desarrollar cultivos comerciales y demostrativos, ampliación de oficinas administrativa principalmente para tener espacios diferenciados por línea de trabajo: formación, transferencia de tecnología e investigación, un invernadero con cubierta plástica para validación. Asimismo, se construiría un macrotúnel para reforzar la parte de germinación de plantas, tanto para el centro como de manera comercial a costos accesibles para los productores y empresas con producción en invernaderos. Se ampliará la superficie de cuartos de crecimiento.

A continuación se presenta una descripción general de las actividades a realizar por fase de implementación del Centro.

2.12. Fase I: Instalación de infraestructura e inicio de programas y plan de investigación

2.12.1. Infraestructura.

- Construcción y habilitación de las áreas de aulas, recinto de manejo de insumos, agua, servicios, con el propósito de contar con infraestructura que permita un manejo efectivo de la gestión y operación de actividades del centro.
- Construcción y habilitar un auditorio
- Adquisición y construcción de invernaderos para demostración, validación y transferencia tecnológica y habilitación de los mismos para los cursos y talleres prácticos.
- Adquisición de un macrotunel para germinación de semilla
- Construir un almacén para insumos y herramientas de trabajo.

2.12.2. Programas de investigación.

Se tienen identificadas las siguientes líneas prioritarias de investigación en función de los factores asociados a la competitividad de la producción bajo invernadero, las cuales son:

- Competencias requeridas en los trabajadores.
- Uso eficiente de energía y sus fuentes alternativas.
- Automatización de estructuras y procesos en invernaderos.
- Uso eficiente del agua en sistemas de agricultura protegida.
- Sustratos y contenedores para la producción bajo condiciones hidropónicas.
- Nutrición vegetal y formulación de soluciones nutritivas.
- Caracterización fisiológica de los procesos productivos en agricultura protegida.
- Manejo sanitario de cultivos en agricultura protegida.
- Desarrollo de mejores prácticas agrícolas.
- Características de las cubiertas de invernaderos y casa sombra.
- Características de los materiales empleados para acolchado.
- Condiciones ambientales de los cultivos.

La estrategia de operación inicial de los programas de investigación en el centro consiste en que la dirección técnica del centro gestione con empresas, productores, entidades y organismos gubernamentales y no gubernamentales, el desarrollo de trabajos de investigación que atiendan una demanda específica de uno o varios productores.

El trabajo de investigación sería llevado a cabo por especialistas bajo la figura de investigadores asociados, contando con el soporte de los recursos e infraestructura del centro. Este es el modelo de desarrollo de investigación que ha resultado ser más efectivo en diferentes centros de investigación y desarrollo tecnológico en el extranjero.

2.12.3. Programas de transferencia de tecnología.

Proponer a las universidades y centros de investigación nacional, la recopilación de información y paquetes tecnológicos relacionados con la producción de los principales cultivos bajo agricultura protegida (invernaderos, casa sombra y acolchados). Esta recopilación puede ser integrada en una serie de publicaciones que estarán disponibles al público en forma impresa y digitalizada. Para su publicación se pueden gestionar apoyos gubernamentales y de empresas privadas que estén relacionadas con la agricultura protegida, de tal forma que pueda retribuirse económicamente el trabajo de los recopiladores, para garantizar que sean publicaciones con calidad en presentación y contenido.

Elaboración del programa de difusión de los paquetes tecnológicos a través de reuniones de intercambio tecnológico con productores, técnicos, centros de investigación y días de demostración, los cuales pueden ser auspiciados con fondos gubernamentales o patrocinios de empresas privadas relacionadas con la agricultura protegida.

2.12.4. Programas de formación.

Desarrollar alianzas con universidades, centros de investigación y otros organismos de fomento a la agricultura protegida, con el propósito de contar con especialistas para los programas de formación, así como el desarrollo de trabajos en investigación y transferencia de tecnología.

- Desarrollo de cursos / seminarios diseñados en conjunto con los solicitantes.
- El centro organiza el curso en función de la demanda expresada por los solicitantes.
- Se requiere desarrollar una relación de especialistas que puedan impartir cada uno de los temas de los cursos y seminarios mencionados en los cuadros anteriores (cuadro 1)

Lista de cursos y seminarios que pueden ofrecerse:

Programas de corta duración:

- Diseño, construcción e instalación de invernaderos.
- Ventilación y control climático en invernaderos:
- Automatización de invernaderos
- Manejo de técnicas prácticas para modificar el ambiente dentro del invernadero.

Programas de larga duración.

- Producción de tomate y pepino en invernadero.
- Producción de cultivos sin suelo (hidroponía)
- Producción de cultivos de pimiento.
- Manejo de fertirriego en agricultura protegida.
- Control biológico en invernaderos.
- Manejo integrado de plagas y enfermedades en agricultura protegida.
- Poscosecha y comercialización de productos de agricultura protegida.
- Modelos de seguimiento y trazabilidad de productos hortícolas.
- Formulación de proyectos de inversión en agricultura protegida y gestión de su financiamiento.
- Habilidades directivas.
- Otros cursos y talleres que pueden ofrecerse para diversos cultivos.
- Formulación de estrategias para el desarrollo de buenas prácticas de manufactura (bpm).
- Certificación de los sistemas de producción y comercialización de productos hortícolas.
- Capacitación de supervisores en sistemas de agricultura protegida.
- Manejo de sistemas eléctricos, electrónicos y mecánicos en agricultura protegida.
- Automatización de estructuras de invernadero.
- Manejo de la radiación solar en cultivos de invernadero.
- Manejo y uso de agroquímicos

- Preparación de soluciones nutritivas

Organizar misiones tecnológicas internacionales para productores e industrializadores a regiones que destaquen por el desarrollo tecnológico y comercial de los sistemas de producción de agricultura protegida, tales como Holanda, Israel, España, Francia, Italia, Canadá, etc.

Organizar un seminario de intercambio de experiencias en investigación y transferencia de tecnología en agricultura protegida.

Conformar la red de especialistas en agricultura protegida y proponer la realización de un seminario semestral de intercambio de experiencias entre participantes, acompañado por la exposición de destacados investigadores y consultores en la materia.

2.13. Fase II: Fortalecimiento de los programas de transferencia y aceleración de capacidades para investigación, publicación y actualización de paquetes y transferencia de tecnología.

2.13.1. Infraestructura.

- Crear un programa de adquisición y habilitación de cuartos de crecimiento para la investigación básica y aplicada que requieran un control estricto de las variables ambientales y suministros al cultivo.
- Ampliar aulas.
- Estación meteorológica.
- Construir un auditorio para eventos demostrativos.
- Crear un laboratorio de análisis químico y nutrición vegetal.
- Construcción y habilitación del área de oficinas para técnicos.

2.13.2. Programas de investigación.

- Actualizar el diagnóstico sobre necesidades de transferencia de tecnología para enfocar los programas de acuerdo a las necesidades.

Esta fase se distingue por la especialización de funciones directivas en el centro. Una vez que los programas de formación demanden que el responsable de dicha área se dedique exclusivamente a ellos, será necesario contratar los servicios de una persona que se haga cargo de las áreas de transferencia de tecnología e investigación.

2.13.3. Programas de transferencia de tecnología.

- Actualización de los paquetes tecnológicos relacionados con la producción de los principales cultivos bajo agricultura protegida (invernaderos, casa sombra y acolchados) y generación de nuevo material con base en los resultados de investigación generados en el centro.
- Fortalecer el programa de difusión de los paquetes tecnológicos a través del desarrollo de grupos de intercambio tecnológico y días de demostración.

2.13.4. Identificar potenciales investigadores que puedan ser apoyados para realizar estudios de posgrado.

2.13.5. Programas de formación.

- Fortalecer las alianzas con universidades, centros de investigación y otros organismos de fomento a la agricultura protegida.
- Definir la agenda de cursos y talleres con base en un diagnóstico de necesidades de formación de los sistemas de producción de agricultura protegida.
- Continuar con las misiones tecnológicas internacionales para productores e industrializadores a regiones que destaquen por el desarrollo tecnológico y comercial de los sistemas de producción de agricultura protegida, tales como Holanda, Israel, España, Francia, Italia, Canadá, etc.
- Fortalecer la red de especialistas en agricultura protegida, con la consolidación de los seminarios semestrales de intercambio de experiencias entre participantes, acompañados por la exposición de destacados investigadores y consultores en la materia. Asimismo, incorporar un segundo seminario de categoría internacional.

2.14. Fase III: Consolidación de competencias, programas de formación, habilitación de infraestructura para capacitación.

2.14.1. Infraestructura.

- Ampliación de aulas
- Construcción y habilitar una casa sombra para demostración y desarrollo de tecnología.

- Con base en la actualización de los diagnósticos en formación, transferencia de tecnología e investigación, se llevarán a cabo las obras de expansión o remodelación de la infraestructura disponible en el Centro.
- Ampliación de oficinas.
- Complementar el programa de validación tecnológica con la adquisición y construcción de nuevos invernaderos, que permitan el desarrollo de un mayor número de proyectos de investigación enfocados a la solución de problemas por parte de productores.
- Ampliar la superficie de un macrotunel para germinación y desarrollo de plántula, el cual también proporcionara el servicio a productores y empresas del estado que desarrollen actividades relacionadas con agricultura protegida.
- Complementar el programa de adquisición y habilitación de cuartos de crecimiento para la investigación básica y aplicada que requieran un control estricto de las variables ambientales y suministros al cultivo

2.14.2. Programas de investigación.

Validar tecnología orientada al establecimiento de una agricultura protegida sustentable. Líneas permanentes de investigación aplicada en las siguientes líneas:

- Automatización de equipos
- Infraestructura y procesos
- Nutrición de cultivos
- Materiales y cubiertas
- Fuentes de energías alternativas

La condición de autosuficiencia financiera del centro permitirá considerar la contratación de investigadores, con base en las principales áreas de conocimiento en la que se estén desarrollando los proyectos.

2.14.3. Programas de transferencia de tecnología.

- Actualización de los paquetes tecnológicos y manuales ya publicados.
- Publicación y difusión de paquetes tecnológicos con base en la demanda expresada por organismos y grupos de productores.
- Publicación del manual de referencia para el manejo de estructuras de invernadero.
- Organizar dos seminarios de intercambio de experiencias en investigación y transferencia de tecnología en agricultura protegida.

- Mantener actualizados los programas de eventos anuales de intercambio de experiencias y de demostración tecnológica en agricultura protegida.
- Organizar 1 evento anual de demostración tecnológica en agricultura protegida.
- Generar paquetes tecnológicos relacionados con la producción de los principales cultivos bajo agricultura protegida (invernaderos, casa sombra y acolchados) y generación de nuevo material con base en los resultados de investigación generados en el centro.

La autosuficiencia financiera del centro permitirá considerar la contratación de consultores y especialistas en agricultura protegida.

2.14.4. Programas de formación.

- Proponer la integración de programas de posgrado en agricultura protegida con universidades nacionales e internacionales, considerando al Centro como el eje para el desarrollo de los estudios de investigación de los estudiantes.
- Ofrecer anualmente un curso por ciclo de producción.
- Contar con un programa anual integral de capacitación y desarrollo para la certificación de personal técnico y profesionales en agricultura protegida.
- Capacitación en los temas de Sistemas auxiliares, manejo de equipos, uso de energías alternativas, automatización de invernaderos.

2.15. Requerimientos de infraestructura y equipo del Centro.

Con base en el tipo de actividad de investigación, transferencia de tecnología, formación y servicios, a continuación se presenta la relación del requerimiento de infraestructura y equipamiento para el Centro, considerando un horizonte de 5 años.

2.15.1. Infraestructura.

La infraestructura comprende toda la obra civil, invernaderos y áreas de maniobra que requiere el Centro para su operación. Un mayor detalle de las especificaciones podrá ser consultada en el cuadro 7).

En el cuadro 6 se muestra un resumen de la superficie que se necesita habilitar para desarrollar el trabajo de investigación del centro.

Cuadro 6. Resumen de superficie a construir o habilitar

No	Concepto	Superficie a construir en metros cuadrados		
		2016	2018	2020
1	Aulas	40	40	40
2	Invernaderos validación/demostración/transferencia	2000	-	1000
3	Casa sombra	-	-	1000
4	Oficinas	-	20	20
5	Auditorio		120	
6	Macro túnel para germinación de semilla	100	-	150
7	Cuartos de crecimiento	-	36	36
8	Almacén para insumos	20	-	-
9	Laboratorios	48	60	-
10	Estación climática	-	9	-
11	Cisterna	-	25	-
	Total	2217	310	2246

2.16. Equipamiento del Centro.

A continuación se presenta una relación de los equipos, materiales y mobiliario requerido por el centro en cada una de sus distintas áreas de operación (cuadro 7). En el anexo al presente documento se presentan información relacionada con potenciales proveedores de equipo y mobiliario para el centro, así como las especificaciones técnicas de los cuartos de crecimiento y algunos equipos.

Cuadro 7. Relación de las unidades de equipo requerido por cada área en el centro

No.	Área y concepto	2016	2018	2020
		Unidades requeridas a principios de año		
1	Aulas			
	Mesas	10		10
	Sillas	25		25
	Proyector	1	1	1

No.	Área y concepto	2016	2018	2020
		Unidades requeridas a principios de año		
	Pintarrones	2	2	2
2	Invernaderos de validación/demostración/ transferencia			
	Accesorios para invernadero	1	1	1
	Sensores de Humedad del aire, temperatura, humedad del suelo, radiación, velocidad y dirección del viento, concentración de bióxido de carbono.	18	18	12
	Computadora para captar datos	2	1	1
	Extractores de aire	6	6	6
	Removedores de aire	6	4	6
	Computadora	2		
	Aspersor motorizado	2	2	2
	Sistema de refrigeración	1	1	
3	Casa sombra			
	Sensores de humedad del suelo			2
	Sensores de radiación solar			4
	Sensores de Velocidad y dirección del viento			3
	Aspersora motorizada			2
	Tijeras multiusos			2
4	Oficinas			
	Escritorios		2	2
	Mesas		1	1
	Silla		3	3
	Impresora		2	1
	Computadora		2	1
	Papelería (paquetes varios)		30	40
	Estantería		2	2
5	Auditorio			
	Sillas		20	
	Proyector		1	
	Mesa		1	
6	Macro túnel para germinación de semilla			

No.	Área y concepto	2016	2018	2020
		Unidades requeridas a principios de año		
	Mesas fijas	5		8
	Charolas para germinación	50		60
	Sustrato para germinación	8		10
	Paquete de Herramientas básicas	1		-
	Sistema de riego	1		-
7	Cuartos de crecimiento			
	Unidad de crecimiento		1	1
	Mesas de trabajo		3	2
8	Almacén para insumos			
	Estantería	1		
9a	Laboratorio de análisis vegetales			
	Escritorios	2		
	Sillas de laboratorio	3	2	3
	Mesas de trabajo	2		2
	Bancos	4	2	2
	Cámara de flujo laminar	1		1
	Placa de petri	50	40	20
	Frascos tipo gerber	50		
	Bisturís	40	40	40
	Mecheros	6	2	1
	Autoclaves	1	1	
	Refrigeradores	1		1
	Microscopios compuestos	2		1
	Microscopios de disección	1		1
	Balanza analítica	1		1
	Medidor de pH	2		2
	Estufa bacteriológica	1		
	Portaobjetos	150	150	150
	Piseta	3	2	2
	Propipeta	2	1	1
	Agitador magnetico	1		1
	Bagueta o varilla de agitación	2	2	2
	Embudo	2	1	1

No.	Área y concepto	2016	2018	2020
		Unidades requeridas a principios de año		
9b	Laboratorio de Análisis y nutrición vegetal			
	Sillas de laboratorio		3	2
	Mesas de trabajo		2	
	Espectrofotómetro de Ab.At.		1	
	Kit de probetas/vasos, etc.		1	
	Estantería		1	
	Colorímetro		1	
	Balanza gravimétrica		1	
	Balanza analítica.		1	
	Agitador magnético		1	
	Probetas		3	2
	Matraz erlenmeyer		4	2
	Micro pipetas		3	3
	Autoclave		1	
10	Estación climática			
	Estación climática		1	
11	Cisterna			
	Bomba para agua		1	
	Manguera		1	
	Abrazadera para manguera		4	

2.17. Estudio financiero.

Los cuadros que se presentan a continuación contienen un resumen de las estimaciones realizadas en relación con la inversión inicial y reinversiones requeridas, así como el cálculo de los ingresos y egresos para los primeros cinco años de operación del centro, tiempo en el cual se estima que bajo un escenario normal, se lograría la autosuficiencia financiera.

2.17.1. Inversión inicial.

Cuadro 8. Presupuesto del costo de la infraestructura del centro, años 1 a 5 (pesos constantes de 2015).

No	Concepto	Costo /m2	Inversión estimada en pesos.		
			2016	2018	2020
1	Aulas	1,800	72,000	72,000	72,000
2	Invernaderos de validación/demostración/transferencia	750	1,500,000	-	750,000
3	Casa sombra	300	-	-	300,000
4	Auditorio	2,500		300,000	
5	Macro túnel para germinación de semilla	500	50,000	-	75,000
6	Cuartos de crecimiento	2500	-	90,000	90,000
7	Almacén para insumos	1,800	36,000	-	-
8	Laboratorios	2100	100,800	126,000	-
9	Estación climatológica	-	-	45,000	-
10	Cisterna	1800	-	45,000	-
	Total		1,758,800	678,000	1,287,000
	Acumulada		1,758,800	1,436,800	3,723,800

De acuerdo con el cuadro anterior, se requiere una inversión en infraestructura por 3.7 millones 723 mil 800 pesos, distribuida de la siguiente manera; 1 millón 758 mil 800 pesos para el año de instalación del Centro. 678 mil pesos para el segundo año y 1 millón 287 mil pesos para el tercer año de operación. El área que demanda mayor inversión es la que comprende los invernaderos y casa sombra, seguida por los laboratorios y los cuartos de crecimiento.

Hay que considerar que el espacio para cuartos de crecimiento contempla un total de 2 unidades y espacio de maniobra. A partir del año 2018 se tiene contemplada la adquisición de un cuarto de crecimiento.

Cuadro 9. Presupuesto de equipamiento del centro, años 1 a 5 (pesos constantes de 2015).

No	Área y concepto	Costo Total	Inversión requerida en equipamiento		
			2016	2018	2020
1	Aulas	58,300.0	23,850	10,600	23,850
2	Invernaderos de validación, demostración, transferencia	728,0	323000	279000	126000
3	Casa sombra	66500.0			66500
4	Oficinas	303,4		175,700	127,700
5	Auditorio	13,500.0		13,500	
6	Macro túnel para germinación de semilla	94,3	65100		29,200
7	Cuartos de crecimiento	150,000.0		77,500	72500
8	Almacén de insumos	10,000.0	10,000		
9	Laboratorio de análisis vegetales	309,562.0	164,584	36,764	108,214
10	Laboratorio de análisis químicos y nutrición vegetal	218,350.0		143,100	75,250
11	Estación climática	45,000.0		45,000	
11	Cisterna	13,740.0		13,740	
	Total	2,010,652			
	Totales por año		586,534	794,704	629,214
	Total acumulado.		586,534	1,381,238	2,010,652

En el cuadro 9, el área que más inversión requiere de equipamiento son los invernaderos, seguido de los laboratorios. Para el año 2016 se requiere de una inversión de equipamiento de 586 mil 534 pesos, para el 2018 se requiere de una inversión de 794 mil 704 pesos, y finalmente para el año 2020 la inversión en equipamiento será de 629 mil 214 pesos.

En el cuadro 10 se muestra la inversión total que requiere de Infraestructura y equipamiento en los 5 años. Para la primera fase se requiere de una inversión inicial de 2 millones 345 mil 334 pesos, Para la segunda fase la inversión requerida es de 1 millón 916 mil. Para el tercer y último periodos requiere de una inversión de 1 millón 916 mil 214 pesos.

Se requiere de un monto total de la inversión de 5 millones 734 mil 452 pesos. Con este recurso se obtendrá la infraestructura, equipo y herramienta necesaria para un mejor desarrollo integral del centro de investigación.

Cuadro 10. Presupuesto de infraestructura y equipamiento del centro, años 1 a 5

No.	2016 (1era. Fase)	2018 (2da. Fase)	2020 (3ra. Fase)	Total
Infraestructura	1,758,800	678,000	1,287,000	3,723,800
Equipamiento	586,534	794,904	629,214	2,010,652
Total	2,345,334	1,472,904	1,916,214	5,734,452

2.18. Mecanismos de transferencia.

2.18.1. Líneas de investigación y validación tecnológica.

Las líneas de investigación que se propone para el centro son las siguientes:

- Sustratos.
- Nutrición vegetal.
- Sanidad vegetal.
- Manejo del cultivo.
- Tecnología de agricultura protegida.
- Infraestructura.
- Automatización de invernaderos.
- Climatización.
- Coberturas.
- Manejo eficiente de recursos.
- Buenas prácticas agrícolas.
- Uso eficiente del agua.
- Uso eficiente de la energía.

Para el desarrollo de los proyectos de investigación, se requiere que el centro cuente con infraestructura especializada para conducir los ensayos y pruebas que permitan controlar el comportamiento de las distintas variables relacionadas con los cultivos y su medio ambiente. Por tal motivo, se propone la siguiente infraestructura y equipo para dar soporte a la investigación.

2.18.2. Cuartos de crecimiento (Plant growth rooms):



Figura 1. Cuartos de crecimiento para planta

1 unidad con mecanismos para controlar y programar temperatura (refrigeración y calefacción), control de humedad relativa ambiental, radiación fotosintética, termoperíodo, fertirrigación con sistemas individualizados para manejo de fotoperíodo y sombreado (figura 2).

Especificaciones por cuarto de crecimiento:

- Cada cuarto de crecimiento tendrá una unidad para crecimiento.
- Espacio para maniobras.
- La construcción que protege los cuartos de crecimiento considera:
 - Altura: 4m.
 - Hermetismo para evitar presencia de polvo y mantener temperatura del recinto entre 15 y 21°C.
- Especificaciones de los cuartos de crecimiento recomendados en anexos: Fitotron SGR113.PFH.J, Fitotron SGR221.PFH.J



Figura 2. Espacio para maniobras.

2.18.3. Invernaderos para pruebas de validación

Unidad con superficies de 2000 m² para realizar ensayos de validación y transferencia de tecnología (figura 3).

Tipos de cubierta: cubierta de polietileno

Con mecanismos de protección para manejo de climatización, desarrollo de cultivo, manejo de infraestructura, humedad relativa y temperatura, etc.

Mesas de cultivo que permitan el manejo de unidades experimentales al interior de cada invernadero.



Figura 3. Invernaderos para crecimiento de planta.

Estos invernaderos, junto con los que se proponen más adelante para el área de formación y transferencia de tecnología, contarán con una unidad central para el manejo de agua, soluciones nutritivas, control de automatización, etc.

2.19. Programas de transferencia de tecnología.

La actividad de transferencia de tecnología considera pruebas de demostración de componentes y paquetes tecnológicos, así como la consultoría que pueda ofrecerse a través de la figura de consultores asociados, es decir, profesionales que son contratados bajo la figura de honorarios para brindar asesoría a los sistemas de producción con agricultura protegida que así lo soliciten.

A continuación se presenta una relación de la infraestructura necesaria para dar soporte a los programas de transferencia de tecnología.

2.19.1. Pruebas demostrativas de componentes de paquetes tecnológicos.

Invernaderos para transferencia de tecnología y formación.

Estructuras de protección para demostrar todos los aspectos relacionados con el desarrollo y manejo del cultivo, rendimiento, climatización, pruebas de variedades, manejo de infraestructura, etc.

Se iniciara con 4 naves con superficies cada una de 500 m² posteriormente se reforzara con dos naves más de la misma superficie.

Todos con cubierta plástica

1 unidad de casa sombra con superficie 1000m².



Figura 4. Invernaderos para transferencia de tecnología.

Para pruebas de demostración a cielo abierto se requiere disponer de por lo menos una superficie de 3 hectáreas, o bien, recurrir a productores colaboradores. En estas superficies se pueden desarrollar parcelas demostrativas del centro de investigación iniciando en algunas partes del estado, dividiéndola en la parte baja media y alta, con sus respectivos tratamientos para cada cultivo.

2.19.2. Consultoría.

El centro podrá ofrecer servicios de asistencia técnica y consultoría a productores de sistemas de agricultura protegida de manera accesible. Se puede hacer convenios de colaboración para realizar asesoría a través de las empresas, instituciones gubernamentales y no gubernamentales involucradas con la agricultura protegida.

2.19.3. Difusión del conocimiento.

- Acervo bibliográfico (impreso y digital).
- Espacio para consulta en línea de material en internet y digitalizado.
- Sistema de clasificación para manejo de información comercial sobre insumos y productos relacionados con la producción en sistemas de agricultura protegida.
- Publicaciones de resultados de investigación y transferencia de tecnología.
- Edición de material impreso y digitalizado relacionado con las actividades desarrolladas por el centro.
- Publicación de notas técnicas y folletos informativos.
- Relación de documentos que describan los diversos componentes de la tecnología asociada a los sistemas de producción de agricultura protegida.

2.19.4. Red de técnicos especializados en agricultura protegida.

A. Seminarios y congresos.

Se debe de impulsar la formación de redes de técnicos expertos en agricultura protegida, que permita transferir tecnología para intercambio de información, que a través de estas herramientas mejore la capacitación y su desarrollo.

Organización y participación en eventos relacionados con la difusión de investigación y tecnología relacionada con los sistemas de producción de agricultura protegida.

2.19.5. Laboratorios.

A. Laboratorios de análisis vegetales.

Detección y diagnóstico de los principales agentes patógenos (artrópodos, bacterias, hongos, nematodos y virus) en los cultivos.

Alianza potencial con Comité de Sanidad Vegetal en el estado, universidades o empresas privadas que ofrezcan el servicio.

Equipos sugeridos para el laboratorio de sanidad vegetal:

Se debe de contar con el material necesario para llevar a cabo los trabajos de investigación. Los laboratorios deben de estar lo mejor posible equipados para tener un mejor resultado y que este sea lo más certero posible.

B. Análisis químico y nutrición vegetal.

Análisis de suelos, sustratos, análisis de tejidos vegetales, análisis de contenido de nutrientes.

Considerar la posibilidad de intercambiar información con laboratorios de renombre que operan en el país.

Equipos sugeridos para el análisis de suelos y plantas:

Espectrofotómetro de absorción atómica, microkjeldahl, cromatógrafo, colorímetro y lote de instrumental.

2.20. Programas de formación.

La estrategia comprende la impartición de cursos, talleres y la organización de seminarios. Los cursos están enfocados a fortalecer el conocimiento teórico y el desarrollo de habilidades prácticas de los participantes. Los talleres están enfocados a mostrar y desarrollar competencias prácticas. Los seminarios buscan el intercambio de experiencias de investigación y mostrar los nuevos avances tecnológicos en materia de agricultura protegida.

2.20.1. Cursos prácticos.

Cursos de corta duración.

Cursos de larga duración.

2.20.2. Talleres.

Formación de growers.

Fortalecimiento técnico.

Capacitación de personal.

Fortalecimiento de competencias administrativas.

2.20.3. Seminarios.

Sesiones de trabajo de los grupos de intercambio tecnológico a través de la red de técnicos especializados en agricultura protegida.

2.21. Referencias.

Agugliaro, Francisco Manzano, 2007. Gasificación de residuos de invernadero para la obtención de energía eléctrica en el sur de España. Interciencia. FEB-01-2007.

Brealey, Richard y Stewart Myers. Principios de Finanzas Corporativas. 2da. Edición, México, D.F., McGraw Hill. 1992

Carey, Edward E.; Jett, Lewis; Lamont, William J. Jr.; Nennich, Terrance T.; Orzolek, Michael D.; Williams, Kimberly A. 2009 "Horticultural Crop Production in High Tunnels in the United States: A Snapshot". HortTechnology. 2009 Jan-Mar 19(1); p. 37

Castilla, N.; Hernandez, J.. 2007. "Greenhouse technological packages for high-quality crop production." Acta horticulturae. 2007 Sept.; (761) p. 285.

Coss B. Raúl. "Análisis y Evaluación de Proyectos de Inversión", 2ª. Edición, México, Limusa, 1986.

De Pascale, S.; Maggio, A.. "Sustainable protected cultivation at a Mediterranean climate. Perspectives and challenges." Acta horticulturae. 2005 Oct. (691 (1)); p. 29.

- Espinosa, Manuel, Claudia Lima, Annegret Fonseca. 2008. "Diagnóstico de necesidades de investigación y transferencia de tecnología en agricultura protegida". Estudio preliminar, Fundación Produce Querétaro, A.C.
- Espinosa, Manuel, Espinosa, Manuel, Claudia Lima, Annegret Fonseca. 2008. "Plan de Negocios para establecer y operar el Centro Nacional de Transferencia de Tecnología para Invernaderos en el Estado de Querétaro", fundación Produce Querétaro, A.C.
- Henten, E.J. van; Bakker, J.C.; Marcelis, L.F.M.; Ooster, A. van't; Dekker, E.; Stanghellini, C.; Vanthoor, B.; Randeraat, B. van; Westra, J , 2006. "The adaptive greenhouse--an integrated systems approach to developing protected cultivation systems." Acta horticulturae. 2006 Oct. (718); p. 399.
- Jensen, Merle. 2009 "Factores de éxito", 6 de junio, 2009, Revista Hortalizas.
- Lamont, William J. Jr. 2009. "Overview of the Use of High Tunnels Worldwide". HortTechnology. 2009 Jan-Mar; 19(1); p. 25
- Miller, Fred. 2008. "Center for Agricultural and Rural Sustainability". Arkansas land and life. 2008 Fall-Winter; 13(2); p. 7.
- Pieter de, Rijk, 2008. Evolución del sector de agricultura protegida en México en línea. En: <http://www.amhpac.org>
- Singh, B.; Sirohi, N.P.S.. 2006. "Protected cultivation of vegetables in India: problems and future prospects." Acta horticulturae. 2006 June 710; p. 339
- Wien, Chris H. 2009. "Floral Crop Production in High Tunnels". HortTechnology. 2009 Jan-Mar 19(1); p. 56

3. Compilación y análisis de la información sobre la Agricultura Protegida en Morelos

3.1. Introducción

La agricultura protegida en México se ha desarrollado de manera muy distinta en diferentes regiones del país, desde invernaderos de altos costos hasta invernaderos económicos con baja tecnología, esta actividad está enfocada principalmente a la producción de hortalizas, siendo el tomate el principal cultivo que se produce en estas condiciones con más del 75% seguido del pimiento con el poco más del 12%. México es uno de los países con mayor incremento en la superficie bajo agricultura protegida que crece a una tasa anual del 16 %, consumiendo grandes cantidades de agua, energía y en general de recursos e insumos que deben ser optimizados para su uso racional.

El gobierno federal a través de las instituciones gubernamentales ha impulsado programas de apoyo a productores agrícolas del país, principalmente a través de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), estos recursos destinados para la implementación de la Agricultura Protegida ha permitido un buen desarrollo y en los últimos años se ha incrementado la superficie sembrada en este nuevo sistema de producción.

La agricultura protegida en el estado ha aumentado en los últimos años, gracias a que cada vez son más los productores que utilizan este tipo de sistema de producción y a los buenos resultados que se han obtenido. Existen casos en los cuales hay productores que obtienen rendimientos hasta cinco veces mayores que en comparación con la producción a campo abierto, y con producto de mejor calidad. Es por ello que debido a estas buenas experiencias muchos productores se han sumado y han optado por cambiar el tipo de sistema de producción, siendo esta la más apropiada en muchos de los casos debido a las condiciones ambientales.

La agricultura protegida ha permitido el incremento en los rendimientos agrícolas, la producción en épocas del año en que es difícil obtener cosechas, gracias a estos sistemas se ha logrado obtener producción fuera de tiempo en ambientes controlados, el ahorro de agua por el uso de sistemas de riego por goteo y micro aspersión. Por otro lado, el mal manejo o la falta de asistencia técnica, ha provocado obtener malos resultados como rendimientos bajos, pérdidas por enfermedades, y sumado a estos problemas, los altos costos de los insumos, como son mallas anti-áfidos, plásticos,

agroquímicos, entre otros. En varios casos, han aparecido graves problemas para generar ambientes propicios para el desarrollo de cultivos en términos de humedad y temperatura ambiental. Lo anterior ha repercutido en el incremento en costos de producción, la necesidad de cambios en el manejo de los cultivos así como en la estructura y en equipos. El cambio tecnológico de la agricultura a campo abierto a agricultura protegida, ha sido frustrante para varios productores y terminado en el abandono de invernaderos.

El presente documento es producto de los trabajos encargados por el IMTA para realizar los estudios relacionados con la Agricultura Protegida en el estado de Morelos, para plantear actividades y acciones a mediano y largo plazo, para realizar un uso eficiente de agua y energía y con ello consolidarse como agente de cambio tecnológico de este importante sector del estado de Morelos. Por tal razón se requirió apoyo externo para realizar visitas de campo y documentar la situación actual y problemática que limita el desarrollo de este sector.

En este trabajo se abordan cuestiones relativas a la estructura de los invernaderos, equipamiento tecnológico, cultivos establecidos, principales problemas en la producción, la comercialización, financiamientos, capacitaciones.

3.2. *Objetivos del estudio*

3.2.1. Objetivo general

El objetivo general de este trabajo ha sido compilar la información bibliográfica y de campo de sistemas de producción bajo agricultura protegida con fines de Analizar su estado actual y tipología en zonas representativas del estado de Morelos

3.2.2. Objetivos específicos

- Compilar información base de bibliografía sobre Agricultura Protegida
- Visitar productores en campo con superficie de agricultura Protegida y aplicar una encuesta a productores emblemáticos de las distintas zonas
- Integrar la información obtenida de campo
- Elaborar un informe que concentre la información referente a Agricultura Protegida.

3.3. Situación de los cultivos en invernaderos

3.3.1. Situación actual de los cultivos protegidos en México

La agricultura protegida en México, llamada más formalmente Agricultura en Ambiente Controlado (CEA por sus siglas en inglés), permite producciones de primor (plantaciones que exigen cuidados especiales, fertilización, abrigo y protección del clima), de gran calidad y mayores rendimientos en cualquier momento del año, y que a la vez alargan el ciclo de cultivo al producir en las épocas más difíciles y por lo tanto permiten obtener mejores precios. La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) cuenta con programas que otorgan apoyos para construir, rehabilitar y modernizar invernaderos o micro-túneles (Gruposacsa, 2011)

La agricultura protegida en México es un sistema que utiliza cubiertas transparentes ó semi-transparentes y sirve para crear condiciones artificiales del clima. En palabras del Subsecretario de Agricultura de la SAGARPA, Mariano Ruiz-Funes, "la agricultura protegida es un sistema que contribuye a enfrentar los retos actuales de México y del mundo, coadyuva a la seguridad alimentaria, mitiga los efectos del cambio climático, utiliza eficientemente los recursos naturales, como el agua y el suelo, y genera oportunidades productivas y de empleo permanente en el sector rural" (Gruposacsa, 2011)

En México existen muchas regiones con condiciones naturales idóneas para el establecimiento de invernaderos, debido a ello la agricultura protegida se ha desarrollado en forma acelerada, ya que permite tener obtener productos de calidad tanto para mercados nacionales como de exportación. Los cultivos hortícolas presentan tendencia hacia la obtención de producción anticipada o fuera de estación, en condiciones diferentes a aquellas en las que tradicionalmente se cultivan a campo abierto. Esta tendencia a creado la necesidad de usar diversos elementos, herramientas, materiales y estructuras en la protección de cultivos con la finalidad de obtener productos de mejor calidad (Juárez et al., 2011).

La productividad de la agricultura en México es baja. El porcentaje de población empleado en actividades agrarias (17%) es muy elevado teniendo en cuenta la escasa proporción que representa la agricultura dentro del total del PIB (4%). Debido a este motivo, desde el gobierno se está tratando de impulsar proyectos de modernización agrícola y reconversión productiva hacia cultivos que ofrezcan una mayor productividad

y aportar un mayor valor. Es destacable la dualidad existente en la agricultura mexicana. Diferenciándose claramente dos tipos de agricultores: Una mayoría de pequeños agricultores dedicados a la subsistencia, y un número reducido de agricultores importantes que se enfocan hacia la exportación. Los principales productos cultivados bajo invernadero son el tomate (73%), Pimiento y pepino, dirigidos principalmente a la exportación, el principal mercado es Estados Unidos, País al que va destinado el 85% de las exportaciones de este tipo (Guantes, 2006)

El ritmo de crecimiento de la agricultura protegida en México es de 1200 hectáreas por año, predominando casas sombras e invernaderos de baja tecnología, con crecimiento promedio anual de la agricultura protegida es de 12%. Los principales cultivos que se producen en agricultura protegida son el jitomate (70%), pimiento (16%) y pepino (10%). En los últimos años se ha intensificado la diversificación de cultivos como papaya, fresa, chile habanero, flores y plantas aromáticas. (AMHPAC, 2015)

Los estados donde se concentra la mayor parte de la producción bajo invernaderos son los de Michoacán, Sinaloa, Baja California, Jalisco y Sonora. Recientemente, se ha iniciado y está creciendo rápidamente, el cultivo de hortalizas de invernadero en el norte (Chihuahua, Zacatecas) y en Yucatán. Los principales proveedores de invernaderos en México, son empresas de países extranjeros, entre los que destacan Estados Unidos, Holanda, Francia, Israel, Canadá y España, que está ganando cada vez una mayor cuota de mercado. Estos proveedores extranjeros de invernaderos son hoy en día, los impulsores de la industria (Guantes, 2006).

3.3.2. Situación actual de los cultivos protegidos el estado de Morelos

De acuerdo a datos de la SAGARPA (2010) citado por Nieves *et al.*, (2011) la superficie de invernaderos en Morelos es de 541 has. El 80% de las 40 mil unidades productivas atienden el mercado local o regional o nacional pero sólo el 0.17% atienden el mercado extranjero; entre el 26 y 52% de las unidades de producción agrícola también orientan su producción hacia el consumo familiar.

El sistema de producción en invernaderos se considera como “tecnología de punta”. Debido a los problemas fitosanitarios que se han presentado en condiciones de campo, los productores han optado por adquirir esta nueva tecnología de vanguardia. Prácticamente, esta tecnología se usa en todo el estado, sin embargo, los principales municipios en que se cultiva jitomate bajo estas condiciones son Atlatlahucan, Yautepec, Tlayacapan, Jantetelco, Tepoztlán.

En invernaderos, se siembra principalmente en sustratos hidropónicos que consisten principalmente de tezontle, grava, arena, agrolita, vermiculita, etc., o en pocos casos directamente en el suelo (FUPROMOR, 2011).

En el estado de Morelos, los productores emplean el sistema de riego por goteo utilizando una solución nutritiva compuesta de diferentes fertilizantes de tal manera que contengan micro elementos y macro elementos. Generalmente la solución nutritiva se prepara en tinacos o depósitos fuera del invernadero de donde se distribuye (FUPROMOR, 2011).

La falta de organización y compromiso entre los productores y con instituciones de apoyo, no se cuenta con una organización que respalde al productor. Esto crea problemas al momento de tramitar financiamientos ya que se hace en forma personalizada y/o se desconocen los trámites a realizarse. Con la desorganización, también se tienen problemas para la obtención de apoyos que se destinan a los productores organizados bajo un régimen jurídico legalmente constituido.

Además esto limita la representatividad ante otras asociaciones para cualquier intercambio de tecnología. Competencia, saturación de mercados y fluctuación en precios, se tiene que competir por el mercado con otros estados productores de jitomate (Sinaloa, Baja California, Michoacán y San Luis Potosí, principalmente) que tienen grandes avances tecnológicos, y están mejor organizados desde la producción hasta la comercialización e industrialización. Dicha competencia hace que los mercados se saturen y que haya una reducción en los precios y consecuentemente una baja en las ganancias económicas de los productores.

Falta de recursos y altos costos de producción, se habla de falta de recursos para producir. Lo anterior, aunado a los altos costos de los insumos (semilla, fertilizantes, pesticidas, sistema de riego e incluso la mano de obra) incrementa los costos de producción del jitomate, minimizando los márgenes de ganancia o careciendo de ella y Otro de los problemas que aqueja a los productores de jitomate es la falta de infraestructura para la producción. Uno de los puntos más críticos es la falta de infraestructura para riego. (COLPOS 2004)

3.4. El clima en el estado de Morelos

3.4.1. Red de estaciones climatológicas en el estado de Morelos

En la figura 5 se muestra la distribución de las estaciones climatológicas de acuerdo a datos del Servicio Meteorológico Nacional.

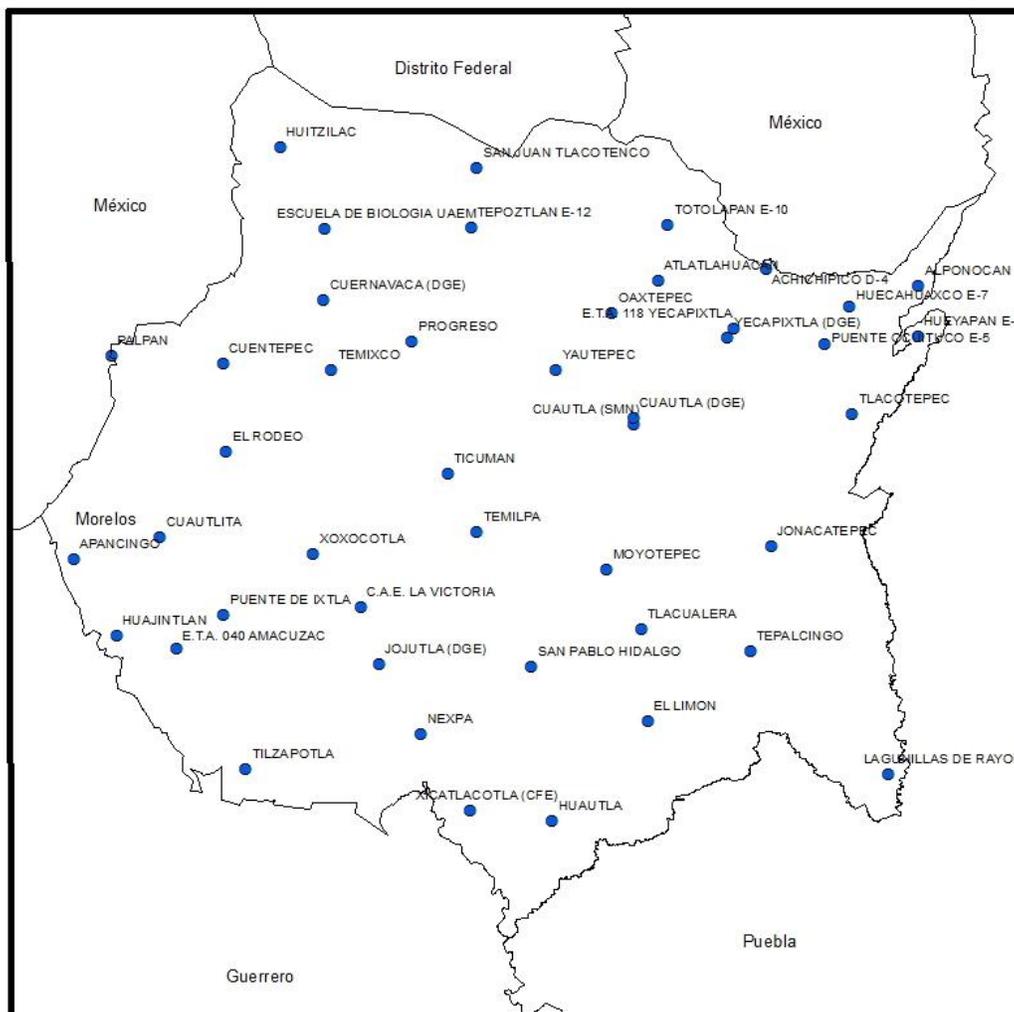


Figura 5. Red de estaciones climatológicas.

3.4.2. La temperatura

En Morelos durante la primavera, la temperatura media anual es alta (31.9°C), durante el periodo de verano la nubosidad es alta, por lo que la temperatura se atenúa a por la presencia de nubosidad y precipitación. Debido la variación de la altitud, latitud y la topografía, dan a lugar a diversas zonas térmicas.

1-La zona fría es la superficie más pequeña influida en la parte noreste por las corrientes térmicas derivadas del Popocatepetl, es el área coincidente con las mayores altitudes del estado, con temperaturas medias anuales menores a 5°C.

2-Zona semifría caracterizando la zona subsecuente a la fría en la región del Popocatepetl y en la porción norte por los escurrimientos del Ajusco, registra una temperatura media anual entre 5 y 12°C, está localizado en la parte más alta del estado.

3-Zona templada, tiene temperaturas medias anuales entre 12 y 18°C, con temperaturas del mes más frío de -3 y 18°C. Estas condiciones existen en la porción paralelamente situada por debajo de la anterior caracterizando lugares como Apapasco, Tres Cumbres, Huecahuasco, Huitzilac, Tetela del volcán y Tlacualera, entre otras.

4-La zona semicálida, ubicada al sur de la templada, típica por registrar temperaturas medias anuales entre 18 y 22°C, incluye localidades como Cuernavaca, Tlayacapan, Huastepic, Yecapixtla y Palpan.

5- Zona cálida se encuentra se encuentra integrada por la prolongación de la zona de pie de monte, el centro de la entidad conjuntamente con la montaña sur sustituye el 60% en la superficie estatal; presenta temperaturas medias anuales entre 22 y 26°

3.4.3. La precipitación

En Morelos la ocurrencia de las lluvias es en verano, ya que inicia a mediados de mayo, y termina en la primera quincena de octubre, (concentrándose en esta temporada el 95 o 95% de la precipitación total anual). En la mayor parte del estado, el mes más lluvioso es junio, seguido de los meses de Julio, septiembre y finalmente agosto. La influencia orográfica juega un papel primordial en la distribución de la precipitación total anual, los valores más altos se registran en la sierra del chichinautzin y en los límites superiores a Huitzilac y laguna de Zempoala, así como en las faldas del pococatepec, donde se reciben precipitaciones anuales mayores a 1500 mm.

De acuerdo a la climatología (1971-2000) en el estado de Morelos la precipitación anual es de 978.3 mm. El mes en el que se presenta la mayor acumulación de lluvia es en el mes de Junio (21.5%) y el mes de agosto (20.4%) como se muestra en la figura 6.

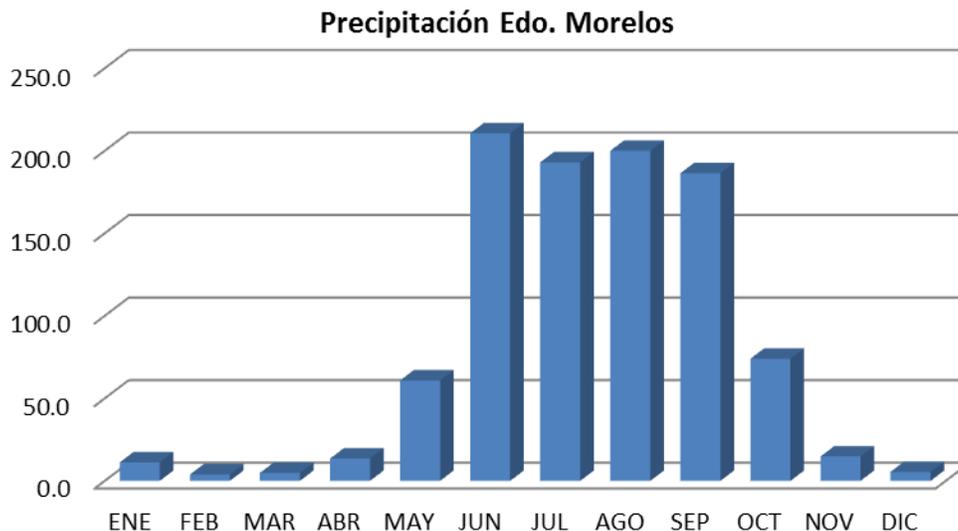


Figura 6. Clima Característico en Morelos.

3.5. Manejo de la temperatura o Control del clima dentro del invernadero.

3.5.1. Mallas sombras

El sombreado consiste en la posibilidad de disminuir la radiación solar en función de la cantidad de energía o iluminación que requieran los cultivos. Resulta de mayor importancia en las regiones con alta radiación como los trópicos secos y las zonas áridas con alta radiación (Castilla, 2005).

Las mallas de sombra cumplen una función de proporcionar a las plantas condiciones micro climáticas apropiadas. Combinadas con una buena ventilación provocan una reducción de la temperatura interior del invernadero así como de la transpiración del cultivo. Deben transmitir la mayor cantidad de radiación fotosintéticamente activa posible, y reflejar la mayor cantidad de radiación infrarrojo corto. La colocación de las mallas de sombreado en el exterior del invernadero produce una mayor disminución de la temperatura dentro del mismo. La evacuación del calor que se genera por el incremento de la temperatura en la malla, debido a la absorción de radiación, se produce en el exterior por acción del viento. Sin embargo, las mallas exteriores tienen el inconveniente de una vida útil más limitada, además el montaje ha de ser fijo durante los periodos de insolación más intensos, por lo que su automatizado se imposibilita.

En el caso de las mallas interiores la energía absorbida por la red se transforma en un flujo de calor que debe ser eliminado mediante ventilación. Las mallas colocadas dentro del invernadero dificultan el movimiento vertical del aire desde la zona de cultivo, y el paso del aire caliente hacia las ventanas cenitales. Debido a ello es importante tener en cuenta que el sombreo debe asociarse a un sistema de ventilación eficiente que permítala eliminación de calor mediante extractores del aire cálido del interior del invernadero (Bastida, 2011).

Las mallas no sólo se utilizan como elemento de sombreo, sino que se emplean en las ventanas de los invernaderos con el objetivo de impedir la entrada de insectos y reducir el uso de pesticidas. Las mallas sombra o para sombreo pueden usarse como protección mediante una cubierta cuya finalidad es reducir la radiación directa y proteger los cultivos de lluvias, granizos, vientos, insectos o aves, además de evitar el exceso de temperatura. El objetivo del empleo de una malla sombra no sólo es reducir la cantidad de luz, también tiene como finalidad evitar el exceso de temperatura. Si se considera que el calor es producido por la radiación infrarrojo cercano del espectro electromagnético o energía radiante del sol, una malla sombra ideal debería ser un filtro selectivo que detuviera esa radiación sin afectar la parte visible o útil para la fotosíntesis (Juárez et al., 2011).

El color más utilizado en las mallas sombras es el negro, aunque también se usan colores verdes, blancos, azules, rojos. Mediante el uso de mallas se puede reducir entre un 10% a 95% del total de la luminosidad del sol en un lugar determinado, para reducciones menores se utilizan otro tipo de mallas, como las antigranizo (Juárez et al., 2011).

La cantidad de luz que se deja pasar el interior, depende de la especie bajo cultivo. Las mallas sombras se usan el invernadero para disminuir luminosidad colocadas por debajo, sobre o por encima de la cubierta del invernadero con el propósito de proporcionar sombra y disminuir la cantidad de energía luminosa que penetra al interior (Bastida, 2011).

3.5.2. Encalado de mallas y cubiertas

La aplicación de cal no puede hacerse nunca con homogeneidad y por tanto existen diferencias en la cantidad de luz que llega a las plantas. La preparación de la mezcla también influye en la transmisión de radiación. El efecto del blanqueo sobre las temperaturas del aire varía según el tipo de invernadero sobre el que se utilice. Así, un

invernadero bien ventilado notara menos el efecto del encalado que otro más hermético (Valera et al., 1999).

3.5.3. Nebulizaciones

La nebulización o “fog” consiste en distribuir en el aire un gran número de partículas líquidas de tamaño próximo a 10 μ m. Debido al escaso tamaño de las partículas, su velocidad de caída es muy pequeña, de modo que permanece suspendida en el aire del invernadero el tiempo suficiente para evaporarse sin llegar a mojar los cultivos. Si las condiciones ambientales hacen que las gotas se depositen sobre las hojas, la cantidad de agua depositada es suficientemente pequeña como para no dañar los cultivos (Valera M. et al., 1999).

La nebulización reduce significativamente el flujo de transpiración del cultivo, de manera más o menos proporcional a la intensidad de nebulización. Su efecto se produce esencialmente sobre la componente advectiva de la transpiración, ya que el déficit de saturación interno sufre bajadas importantes durante los periodos de nebulización. La temperatura del aire del invernadero también sufre descensos significativos del orden de 3-4 °C para elevadas intensidades de nebulización. (Boulard T. et al., 1991).

3.6. **Las plantas y sus condiciones ambientales**

3.6.1. Temperaturas Extremas y óptimas para los cultivos

Cuando se relaciona la temperatura con el desarrollo vegetal interesa conocer los diferentes tipos de temperaturas que inciden sobre los cultivos (Maroto, 2000):

- a) Temperatura biológica o cero vegetativo, es aquella temperatura por debajo de la cual, la planta detiene su crecimiento y deja de desarrollarse.
- b) Temperaturas críticas o extremas que pueden soportar un cultivo. Son las máximas o mínimas, por debajo o por encima de las cuales se pueden producir daños a las plantas cultivadas. Así las temperaturas mínimas por debajo de las cuales las plantas ya no se desarrollan están cerca de cero grados y las temperaturas máximas, en las cuales se detienen el crecimiento por la degradación de las proteínas de los tejidos vegetales, se ubican por arriba de los 35 a 40 grados, en diferentes especies.
- c) las temperaturas óptimas. Temperaturas en las cuales las plantas presentan su mejor desarrollo, siempre y cuando los otros factores no se han limitantes. En la actualidad se maneja como un rango y no como un punto único.

El mismo autor menciona, que los efectos perjudiciales de las temperaturas extremas sobre las plantas varían con las especies, las variedades, el estado del desarrollo de las plantas, las condiciones climáticas. Existen algunas especies que sobreviven a temperaturas muy bajas durante los periodos de inactividad o reposo, sin embargo la mayoría de los cultivos agrícolas no resisten las bajas temperaturas. Cada especie presenta un rango óptimo en el que obtiene su máximo desarrollo crecimiento y producción.

No es fácil definir la temperatura óptima para la respuesta de la planta. No puede determinarse tan exactamente como la letal y umbral, si bien es posible fijar un intervalo óptimo para una localidad y cultivo específicos. En el caso de rendimientos, no hay estándar absoluto fijado para el óptimo y tampoco puede servir el promedio de altos rendimientos de todas las regiones geográficas, ni el de los cultivos en invernadero. Prácticas culturales diferentes proporcionarían distintos contenidos de agua y oxígeno en el suelo que afectarían a su temperatura (Valera et al., 1999).

En el estudio de temperaturas óptimas, la de los órganos de las plantas es un dato esencial. Así, la temperatura de la hoja es un mejor indicador de la temperatura que la del aire. La temperatura de un invernadero puede ser lo bastante elevada para producir daños, pero con la misma temperatura del aire en las parcelas del cultivo, la temperatura de las hojas puede no alcanzar valores perjudiciales para las plantas. La velocidad del viento, gradiente de presión de vapor y la transpiración pueden reducir la temperatura (Valera et al., 1999). Se puede adoptar como temperatura foliar la medida de las temperaturas, a tres alturas distintas y sobre varias plantas, obtenidas mediante termopares en contacto con las hojas (Stanghellini, 1985).

3.7. Tipos de cubiertas de invernaderos

3.7.1. Cubiertas rígidas

Existen varios tipos de plásticos que se comercializan como placas rígidas o semirrígidas y que se pueden utilizar como material de recubrimiento: poliéster reforzado con fibra de vidrio (GRP), policloruro de vinilo (PVC) rígido (no plastificado), polimetacrilato de metilo (PMMA) y policarbonato (PC) (Valera et al, 2014).

3.7.2. Cubiertas flexibles

Entre las propiedades más importantes de los plásticos agrícolas en general y para cubiertas de invernaderos en particular, se han considerado las propiedades

radiométricas, que se refieren al comportamiento de los filmes en las distintas partes del espectro electromagnético, así como las propiedades mecánicas, aquellas que definen el comportamiento de los plásticos antes el esfuerzo o deformación además del tiempo en que los materiales mantienen sus propiedades en los filmes a los que se les adicionan adictivos (Díaz *et al*, 2001).

Existen una multitud de láminas flexibles para cubiertas de invernaderos: polietileno de baja densidad, al cual se le añaden aditivos estabilizantes denominados HALS () y otros para mejorar determinadas propiedades como el efecto termico, la duración, fotoselectividad, estabilizantes a la luz ultra violeta, etc., copolímeros de etileno y acetato de vinilo; laminas coextruidas; PVC plastificado (armado o sin armar); polipropileno (PP); y mallas permeables de polietileno de alta densidad (Valera *et al*, 2014).

3.8. Clasificación de invernaderos por niveles tecnológicos.

Juárez *et al.*, 2011, en relación al nivel de tecnificación de invernaderos en México, la mayoría de estos se consideran de baja y media tecnología, en función de lo siguiente:

1) Tecnología baja: es 100% dependiente del ambiente, al hacer uso de tecnologías simples similares a las utilizadas en cultivos a intemperie.

2) Tecnología media: corresponde a estructuras modulares o en batería que están semi-climatizadas, con riegos programados, y puede ser en el suelo o en hidroponía. Por lo general la productividad y calidad es mayor que en el nivel anterior.

3) Tecnología alta: en este nivel se incluyen instalaciones que cuentan con control climático automatizado (mayor independencia del clima externo) riegos, computarizados y de precisión, inyectores de CO₂ para ello cuentan con sensores y dispositivos que operan los sistemas de riego y ventilación, pantallas térmicas para el control de la iluminación y cultivo en sustratos.

Por otra parte, Guantes, 2006, menciona que en México existe una amplia gama de tecnologías para cubrir los cultivos, desde el punto de vidrio y plástico hasta la maya-sombra. Dentro los invernaderos se distinguen normalmente tres niveles dependiendo de su grado de tecnificación:

Invernaderos de baja tecnología (IBT): estructuras de baja inversión; 100% dependiendo del ambiente externo; obliga a tecnologías de producción simple, similares a las utilizadas en el cultivo a la intemperie; limitada automatización y mecanización.

Invernadero de mediana tecnología (IMT): Estructuras de mediana inversión; ambiente externo influenciado por las condiciones externas solo en caso de clima extremo; permite tecnologías avanzadas de producción.

Invernaderos de Alta Tecnología (IMT): estructuras de elevada inversión; mayor nivel de independencia del medio externo; alta automatización y mecanización; diseño y uso de estructuras internas que promueven eficiencia en el uso del espacio; reducción en costos de producción.

3.9. Estructuras de invernaderos

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

Las estructuras más utilizadas de la agricultura protegida son los invernaderos, malla sombra, túneles altos y bajos (Juárez et al., 2011).

Los invernaderos permiten modificar y controlar de forma más eficiente los principales factores ambientales que intervienen en el desarrollo y crecimiento de las especies vegetales, ya que en su interior se reproducen microclimas ideales para aumentar los rendimientos agrícolas, al margen de las condiciones ambientales externas (Bastida, 2006).

Los invernaderos modernos son acondicionados con una serie de mecanismos y equipo necesario para controlar la temperatura la luminosidad, la humedad ambiental y del sustrato, la ventilación y aireación el aporte el CO₂, los riegos y la fertilización. De tal manera que cada cultivo se le proporciona las mejores condiciones para su pleno desarrollo y máximos rendimientos (Bastida, 2006).

La estructura, armazón o cuerpo del invernadero, por lo general se construye con postes de soporte, también conocidos como puntales, columnas o pilares. Estos postes reciben las cargas de las piezas que sostienen las cubiertas, soportando el peso de ellas y los aparatos de mecanización o automatización, así como el peso de las cargas exteriores debidas al viento y a la precipitación en sus diferentes formas (Bastida, 2006).

3.10. Tipos de invernaderos

3.10.1. Invernaderos tipo cenital

El invernadero cenital es de una sola nave y el baticenital se construye en baterías de dos o más naves. La característica principal de este tipo de invernaderos es que cuentan con una ventila que se ubica en el cenit o parte alta superior de la construcción cuya función es liberar el aire caliente que por diferencia de densidad se acumula en la parte superior del invernadero. Es ideal para climas templados. La mayoría de estos invernaderos en México se construyen para el cultivo de jitomate de crecimiento indeterminado. La ventila cenital es de dos tipos dependiendo de las condiciones específicas del lugar donde se ubica:

Ventila cenital semifija: cuenta con una malla anti insectos (25x25), además de una cortina enrollable de polietileno, que se abre o cierra dependiendo del clima.

Ventila cenital fija: únicamente cuenta con una malla anti insectos (25x25) (innovaagro, 2015).

3.10.2. Invernaderos tipo túnel

El invernadero multitúnel, también llamado de tipo industrial, se caracteriza por la forma semicilíndrica de su cubierta y por su estructura totalmente metálica (Gráficas 25 y 26). Este tipo de invernadero se está extendiendo en la actualidad en explotaciones tecnificadas, por su mayor capacidad para el control de las variables microclimáticas. Los actuales modelos de invernaderos multitúnel están constituidos en su totalidad por tubos de acero galvanizado, en su mayor parte de sección cilíndrica, con diámetros entre 25 y 60 mm y con espesores de 1,5-3 mm. La unión entre las diferentes piezas se realiza mediante bridas o abrazaderas, conformadas en frío mediante corte y prensado de chapas galvanizadas con espesores de 1,5-2,5 mm, y fijados con tornillos (Valera *et al*, 2014).

3.10.3. Invernadero diente de sierra

Una variación de los invernaderos tipo capilla, que se comenzó a utilizar en zonas con muy baja precipitación y altos niveles de radiación, fueron los invernaderos a una vertiente. Estos invernaderos, contaban con una techumbre única inclinada en ángulos que variaban entre 5° y 15° (orientados en sentido este-oeste y con presentación del techo hacia la posición del sol -norte para el hemisferio sur-). El acoplamiento lateral de este tipo de invernaderos dio origen a los conocidos como “dientes de sierra”. La necesidad de evacuar el agua de precipitación, determinó una inclinación en las zonas de recogida desde la mitad hacia ambos extremos (Bouzo y Gariglio, 2011)

3.11. *Equipo de Fertirrigación*

3.11.1. La Fertirrigación

Fertirrigación o fertigación, es el proceso mediante el cual los fertilizantes o elementos nutritivos que necesita una planta son aplicados junto con el agua de riego. Cuando además de fertilizantes se aplica otro tipo de productos químicos como herbicidas, insecticidas, fumigantes de suelo, acondicionadores de suelo (enmiendas) y compuestos que permiten el buen funcionamiento de los sistemas de riego presurizados (goteo, microjet y micro-aspersión), se usa el término “quemigación”. (Martínez, 1998)

Consiste en dar el abono disuelto en el agua de riego, distribuyéndolo uniformemente. Con la fertilización se da el alimento en óptimas condiciones para que se pueda aprovechar inmediatamente, y no tenga que pasar un tiempo más o menos largo, en disolverse y alcanzar la profundidad de las raíces (Moya, 1998).

3.11.2. Operación del sistema de fertirriego

La operación del inyector comienza con la apertura de las dos válvulas auxiliares una instalada a la entrada y la otra a la salida del venturi. Para lograr succión se debe cerrar parcialmente la válvula reguladora de presión hasta que se haya conseguido el flujo de succión propio del dispositivo. (Martínez, 1998)

3.11.3. Equipos con succión venturí

Estos equipos se basan en el principio de la conservación de la energía mecánica de los fluidos, por el cual el aumento de velocidad del fluido producido en un punto por el

estrechamiento de la tubería origina una pérdida de presión en dicho punto. Estos sistemas constan de una tubería paralela a la red principal de riego por donde circula el agua a través de un estrechamiento donde se produce una gran depresión por el efecto Venturi. En este punto se conecta un pequeño conducto en derivación procedente del depósito de abonado, por lo que al originarse la depresión en el Venturi, se realiza la succión de la solución de abonado, inyectándose así al circuito principal (Valera *et al*, 2014).

Este sistema suele constar de tres o cuatro depósitos diferentes, cada uno de los cuales se conecta a su propio Venturi (Gráfica 110), que permiten aplicar de forma individualizada los elementos principales (N-P-K), el Ca y los micro elementos y ácido nítrico, utilizado este último para la regulación del pH y la limpieza de la red de riego (Valera *et al*, 2014).

3.11.4. Dosificadores de abono mediante inyección

En estos sistemas se realiza una dosificación bastante exacta de los fertilizantes mediante la inyección de las soluciones nutritivas a presión en la red. Mediante una bomba auxiliar se succiona el líquido del depósito de abonado y se inyecta en la red principal a una presión superior a la del agua de riego. Estos dosificadores son bombas de pistón o de membrana, y su accionamiento puede ser eléctrico o mecánico. En algunos casos se utilizan dosificadores hidráulicos accionados por la presión de la propia red de riego. Estos sistemas están provistos de un sistema de control del nivel de los depósitos de fertilizantes que impiden la inyección de aire en la red. Igualmente en algunos casos los tanques están equipados con un sistema de agitación para mantener una concentración constante de la disolución y evitar la precipitación de los abonos (Valera *et al*, 2014).

3.12. Manejo del suelo

3.12.1. Cultivo en suelos

El cultivo en suelos naturales, depende del tipo de manejo. Actualmente en México todavía es común el cultivo de ornamentales y hortalizas en suelos naturales y suelos modificados a los que se les agrega arena, materia orgánica y otros sustratos inertes para mejorar el drenaje y otras características físicas o químicas de los mismos. En estos casos no se tiene un control completo del proceso de fertilización y nutrición de las plantas. El sistema de riego más avanzado en el cultivo en suelo es la fertirrigación o fertirrigación (López, 1997; Cadahia *et al*, 1998).

3.12.2. Cultivo en sustratos

El término sustrato o substrato se aplica a todos los materiales sólidos distintos de los suelos naturales, minerales u orgánicos, que colocados en un contenedor, en forma pura o mezclada, permiten el anclaje del sistema radical para el soporte de la planta. El sustrato puede ser de material químicamente inerte o activo, que puede o no aportar nutrientes al complejo procesos de la nutrición de las plantas (Cadahia et al, 1998).

Las principales funciones de los sustratos se pueden resumir en los siguientes aspectos; 1) proporcionan un medio apropiado para el desarrollo de las raíces que constituyen a la vez el soporte de las plantas, 2) retienen el agua y los nutrientes necesarios para las plantas y los aportan a los cultivos, 3) permite la circulación del aire para propiciar el intercambio gaseosa de las raíces, 4) actúa como amortiguadores de las reacciones químicas y los cambios del Ph (Martínez, 1994).

Los cambios de pH son más bruscos que los cultivos en el suelo y la temperatura puede presentar grandes fluctuaciones, particularmente en cultivos de plantas en macetas de color negro donde puede llegar a ser hasta de 30°C entre el día y la noche (Cabrera, 1999)

Los materiales empleados como sustratos deben reunir un conjunto de características físicas y químicas que los hagan aptos para el desarrollo de los cultivos. Cuando un material no reúne esas características pueden mezclarse diferentes elementos para preparar aquellas mezclas que reúnan las condiciones deseables. Las principales características que deben reunir los sustratos son; 1) alta capacidad de retención de humedad y nutrientes, 2) circulación eficiente del aire, 3) buen drenaje, 4) apropiada distribución de partículas, baja densidad y baja porosidad, 6) buena estabilidad física, 7) uniformidad y homogeneidad en tamaño y características, 8) capacidad de intercambio catiónico, 9) pH apropiado, 10) libre de enfermedades, malezas, plagas y sustancias tóxicas y 11) disponibilidad y bajo costo (Ansorena, 1994; Martínez, 1994; Cadahia et al., 1998; Cabrera, 1999).

3.12.3. Acolchado plástico

El empleo de una cubierta impermeable es fundamental para disminuir la pérdida del agua del suelo por evaporación, que además de aumentar el consumo de agua de riego produce un aumento de la humedad relativa en el interior del invernadero. Dada la necesidad de controlar la humedad interior en invierno para evitar el desarrollo de

hongos y enfermedades y al estar la ventilación restringida por las pérdidas de calor, se hace indispensable la colocación del acolchado plástico. Además, es un buen sistema para el control de malas hierbas (Valera M. et al., 1999).

Las técnicas de acolchado no constituyen propiamente una estructura para proteger cultivos en su totalidad, es una técnica cuya principal función es cubrir el suelo para proporcionar mejores condiciones de desarrollo para las raíces y lograr algunos cambios del medio favorables a los cultivos. (Bastida, 2004)

Las ventajas del acolchado están en función del color o tipo de acolchado. Entre las principales ventajas está en que los acolchados ayudan a adelantar la siembra en meses fríos, reducen el periodo de germinación y el desarrollo de los cultivos e incrementan los rendimientos y mejoran la calidad de los frutos. Como principal desventaja de la producción agrícola bajo el sistema de acolchados se tienen las siguientes: a) El sistema es más caro que los cultivos sin acolchados, b) se requiere de equipo especial para instalarlo y mayores conocimientos para su manejo, con relación a los necesarios para realizar agricultura convencional, c) los plásticos deben retirarse cuando termina el ciclo agrícola y, d) si no se retiran o recogen los plásticos aumentan la contaminación ambiental. En México la mayor superficie de acolchado se localiza en el noroeste del país, sobre todo en los estados de Sinaloa, Sonora y Baja California. En la actualidad los acolchados están ganando terreno en muchas otras regiones agrícolas, incluyendo su empleo dentro de los invernaderos (Bastida, 2004).

3.13. Necesidades de los cultivos

3.13.1. Luminosidad

La luz es la energía radiante que influye a través de su calidad, intensidad y periodicidad en el desarrollo y crecimiento de las plantas. El proceso fotosintético por el cual la planta utiliza la energía solar para su desarrollo depende tan solo de la fracción de radiación interceptada comprendida entre 400 y 700 nm, por lo que se denomina radiación fotosintéticamente activa (PAR). Esta se cuantifica mediante el número de fotones, dentro de dicho rango de longitudes de onda, que inciden sobre una superficie por unidad de tiempo dividido por el número de Avogadro (Valera M. et al., 1999).

3.13.2. Humedad relativa

En periodos cálidos la humedad relativa puede alcanzar el nivel de saturación cuando la temperatura exterior se aproxima a la temperatura interna o incluso llega a ser superior

y no es posible la condensación. En estas condiciones el control de la humedad relativa se realiza por medio de la ventilación (Valera M. et al., 1999).

Algunas de las técnicas ((Valera M. et al., 1999) para aumentar la humedad relativa son:

- El sombreado: al disminuir la temperatura se produce el aumento de la humedad relativa.
- Riego del suelo, de las plantas y del material de cubierta.
- Aumento de la circulación interior del aire que incrementa la evapotranspiración y disminuye la humedad relativa.
- Utilización por vaporización de agua que además producen una disminución de la temperatura interior.

3.13.3. Temperatura

La temperatura es la expresión cuantitativa que indica la intensidad o cantidad de calor que tiene un cuerpo, por lo tanto la temperatura es la medida del calor. El calor es una forma de energía resultado del estado de agitación de las moléculas o partículas de la materia. Como la energía, la luz que llega al interior de los invernaderos se transforma en calor aumentando la temperatura por arriba de la que existe en el exterior, con ello se propician condiciones micro climáticas particulares, que pueden ser propicias para el desarrollo de los cultivos, siempre y cuando no excedan determinados límites. (Alejo-Santiago et al; 2007)

La temperatura se puede regular y controlar de diversas formas; mediante ventilas, extractores y ventiladores, muros húmedos para enfriar, aspersores de agua, con cubiertas opacas y mallas sombra (para disminuir temperatura); para aumentar la temperatura se recurre a una serie de calentadores y algunas prácticas de manejo como cerrar el invernadero cuando existe temperatura alta y almacenar calor, así mismo se puede aumentar la temperatura utilizando plásticos de color negro en los laterales de la estructura. (Alejo-Santiago et al; 2007)

3.14. Instituciones financieras

3.14.1. FIRCO

El Fideicomiso de Riesgo Compartido FIRCO, es una entidad paraestatal, creada por Decreto Presidencial y sectorizado en la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), para fomentar los agronegocios, el

desarrollo rural por microcuencas y realizar funciones de agente técnico en programas del sector agropecuario y pesquero (FIRCO, 2015).

Los apoyos de los programas operados por FIRCO se han sustentado en el concepto de Riesgo Compartido, instrumento de política gubernamental, con el cual se coadyuva en el desarrollo integral del sector rural, mediante la canalización de recursos económicos complementarios, que minimicen el riesgo que implica el emprender inversiones para el fortalecimiento de cadenas y la diversificación productiva. Estos recursos serán recuperables sin costo financiero ni participación en utilidades, para facilitar una inversión sujeta a su recuperación al éxito de la misma. En el caso de recursos clasificados como subsidios, la recuperación de los mismos se hará en beneficio de los propios productores. El "Riesgo Compartido" es un instrumento de fomento que permite canalizar recursos públicos, privados o mixtos, para resolver la insuficiencia financiera de los inversionistas y sus limitantes iniciales para acceder al capital de riesgo ó al crédito requerido para emprendimiento y el éxito de sus proyectos (FIRCO, 2015) .

3.14.2. FIRA

Los Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura "FIRA", son cuatro fideicomisos públicos que tienen el carácter de entidades de la Administración Pública Federal, en los que funge como fideicomitente la Secretaría de Hacienda y Crédito Público y como fiduciario el Banco de México, cuyo fin es facilitar el acceso al crédito por medio de operaciones de crédito y descuento, así como el otorgamiento de garantías de crédito a proyectos relacionados con la agricultura, ganadería, avicultura, agroindustria, pesca y otras actividades conexas o afines que se realizan en el medio rural.

El objetivo de los apoyos es el de propiciar el acceso formal de los productores y empresas de los Sectores Agropecuario, Forestal, Pesquero y Rural al financiamiento mediante apoyos que les permitan organizarse para constituirse como sujetos de crédito, a través del fortalecimiento de sus empresas, la integración económica a las redes de valor, su articulación a los mercados, el uso de energías alternativas; considerando la aplicación de tecnologías de producción sostenible, así como el fortalecimiento de los Intermediarios Financieros para que estén en condiciones de ampliar y profundizar la cobertura de servicios financieros completos en el medio rural.

3.14.3. Financiera Rural

Para fomentar la capitalización del sector primario del País, la Financiera Rural opera distintos tipos de créditos, tanto de manera directa con el productor (primer piso), como a través de intermediarios financieros rurales (segundo piso):

Tipos de Crédito.

- Habilitación o Avío
- Refaccionario
- Simple
- Prendario
- Factoraje (Cadenas Productivas)
- Reporto
- Cuenta Corriente

Asimismo, la Financiera Rural cuenta con una amplia gama de Programas de Apoyo para Acceder al Crédito y Fomentar la Integración Económica y Financiera para el Desarrollo Rural.

3.15. Materiales y métodos

3.15.1. Compilación de información

La compilación de datos se obtuvo a través de la aplicación de una encuesta en campo a los productores, en dicha visita se observó directamente algunas características como los materiales de la estructura, el tipo de invernadero, el uso de acolchado en el suelo, sistema de riego, cultivo establecido, condiciones de la infraestructura.

Los datos principales que se obtuvieron de la aplicación del cuestionario fueron: Edad del productor, años trabajando en Agricultura Protegida, nivel de estudio, años de la construcción del invernadero, el tipo de estructura, la superficie, tipo de cubierta utilizada, tipo de sistema de riego, tipo de sustrato, la preparación del suelo, la siembra, la polinización, la fertilización, el control de plagas y enfermedades, la cosecha, la comercialización, financiamiento, problemas, asesorías, capacitación en Agricultura Protegida, deficiencias técnicas y tecnológicas, con un total de 111 preguntas.

3.15.2. Elaboración y aplicación de encuesta

La elaboración del cuestionario se estructuró con once temas, los cuales son: datos generales, estructura del invernadero, instalaciones y equipos en el invernadero, suelo o sustrato, manejo del cultivo, operación y mantenimiento del sistema, la comercialización del producto, fuente de financiamiento, percepción de problemas, asesorías, capacitación, necesidades, deficiencias técnicas, habilidades, tecnológicas.

Algunos de éstos se dividen en algunas sesiones dentro de las cuales se incluyen diversas preguntas como se puede observar en el cuestionario elaborado (anexo 8.1) La aplicación del cuestionario se realizó en las zonas más representativas, y se seleccionó al productor de forma aleatoria. El tiempo de la aplicación de la encuesta fue diverso, desde treinta y cinco minutos un tiempo máximo de sesenta minutos, esto dependía del interés que mostraba el productor por cada una de las preguntas que se realizaba.

3.15.3. Visitas de campo

Se realizaron las visitas de campo en las zonas de interés. Cuando se contactó al productor directamente se explicó el objetivo de la encuesta y que la aplicación era de forma aleatoria, por lo que a través de su aplicación se pretendía obtener información básica de la unidad productiva o invernadero. De igual forma se mencionó al productor el secreto estadístico explicando que los datos solo serán utilizados por agregación y sin referencia individual alguna. Con respecto al porqué de la encuesta se explicó que los datos obtenidos son de uso académico y serán usados para definir nuevas líneas de trabajo e investigación del Instituto Mexicano de la Tecnología del Agua. También se expresó que los resultados de dicho estudio estarán completamente disponibles para su información personal, además de puntualizar que dicho estudio pretende darle posibles mejoras a los problemas que se enfrentan actualmente en la producción bajo Agricultura Protegida del estado de Morelos en beneficio de cada agricultor.

3.15.4. Análisis de la información de campo obtenida

Los datos se concentraron en base de datos en Excel para su mejor manipulación. Se obtuvieron porcentajes, promedios y datos mínimos y máximos de la muestra.

3.16. Resultados y discusión

En la siguiente figura 6 se muestra la ubicación de los invernaderos visitados en las diferentes zonas del estado de Morelos

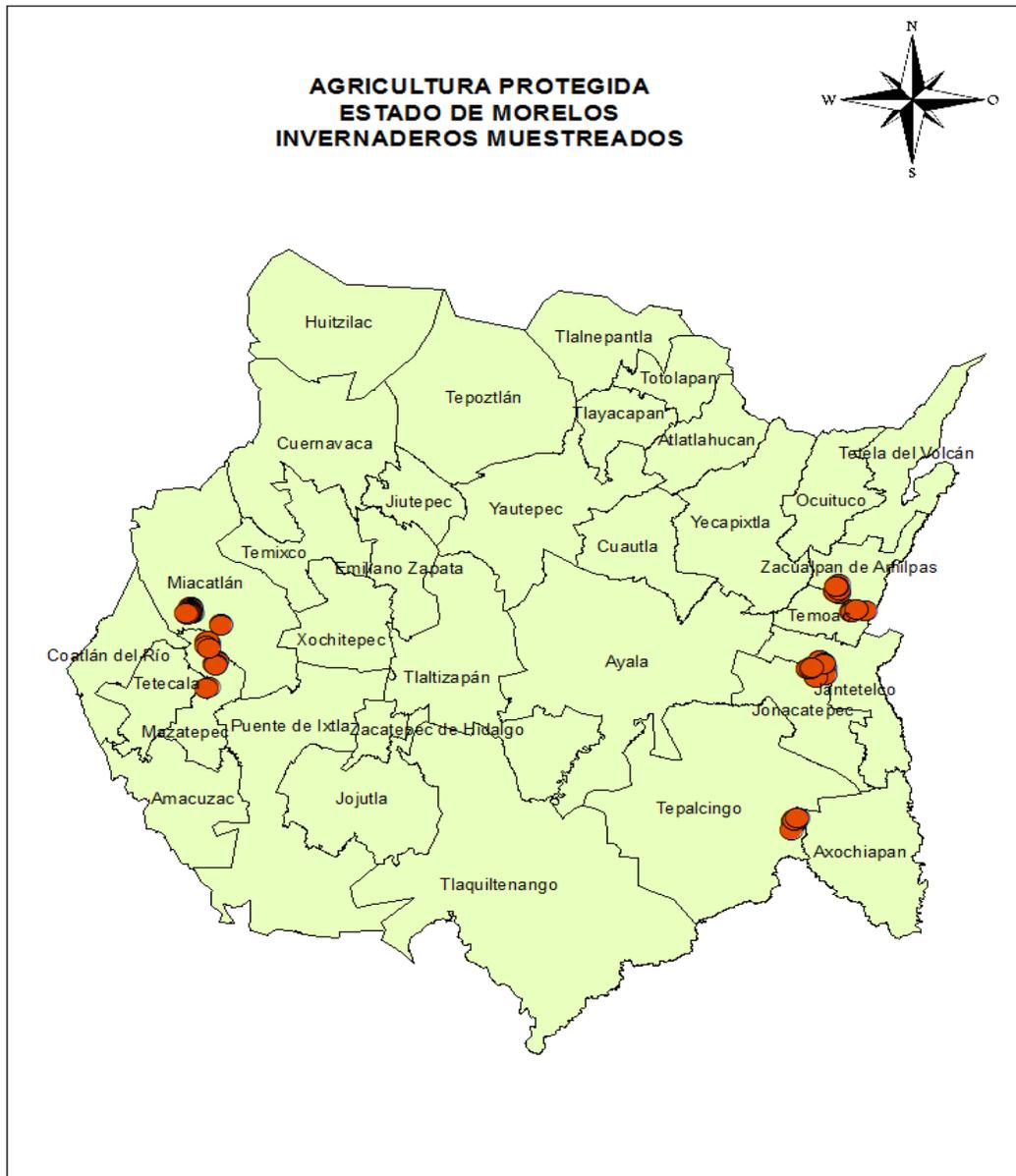


Figura 6. Invernaderos muestreados en el estado de Morelos.

3.16.1. Tipología de productores

De acuerdo a la encuesta aplicada a productores se identificaron tres tipos de productores, esto en función del mercado que abastecen, la herramienta y tecnología empleada para desarrollar las actividades en el invernadero. Los cuales se pueden describir a continuación:

1. Grandes productores

Características: la superficie sembrada mayor a 1 hectárea, sistema de riego automático, el tipo de sustrato empleado es fibra de coco en bolis, Ground cover, más del 80% de exportación, comedor, almacén de herramientas, Parigueltas para aspersiones de químicos, control de preparación de solución nutritiva y aplicaciones.

2. Medianos productores

Características: Superficies mayores a 0.4 hectáreas, uso de tezontle como sustrato, sistemas de riego puede o no estar automatizado, uso de bacterias benéficas aportadoras de nitrógeno, aspersores de motor, uso de sopladoras para polinizar.

3. Pequeños productores

Características: Superficies de 0.05 a 0.3 hectáreas, siembra en suelo, polinización manual, aspersores de mochila manual.

Referente a la edad del productor, de acuerdo con los resultados que se obtuvieron con la aplicación de la encuesta en la gráfica se observa que la mayoría de los productores se encuentran entre los 56 y 65 con un 25.8%, y entre el rango de los 25 y 35 años se encuentran el 22.6%, el mismo porcentaje para los que se encuentran entre los 45 y 55 años de edad (Figura 7).

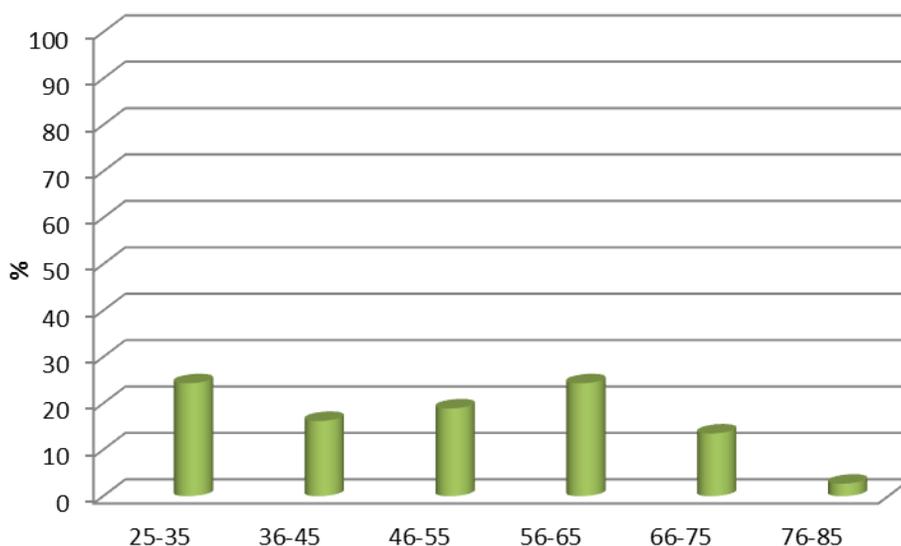


Figura 7. Edad del productor

El nivel de estudio de los agricultores encuestados se muestra en la gráfica. En la que se observa que el 35.5% cursaron la primaria, el 25.8% tienen una licenciatura y gran parte de estos realizan otra actividad, un 22.6% estudiaron la secundaria, 9.7% no tiene ningún grado de estudio (Figura 8).

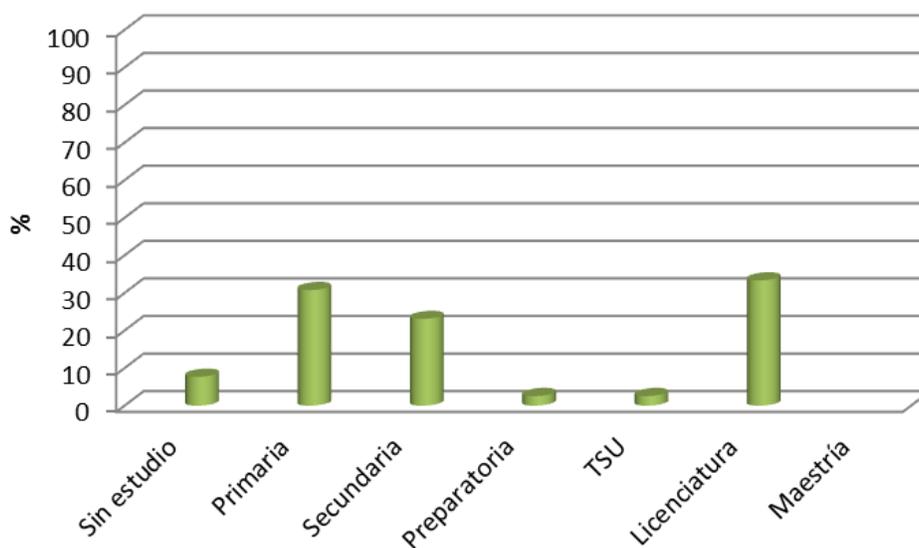


Figura 8. Nivel de estudio del productor

De los productores encuestados, los datos obtenidos (Figura 9) muestran que solo un 38.7% son parte de alguna organización de productores, forman parte de una sociedad

productora agrícola o se encuentran conformados con alguna razón social. La mayor parte no pertenece a ningún tipo de sociedad agrícola (61.3%).

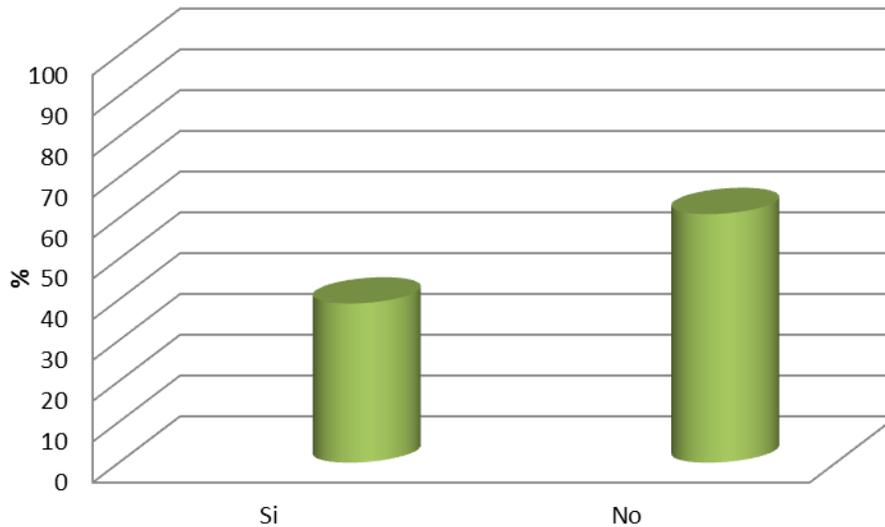


Figura 9. Miembro de alguna organización productora agrícola

Los resultados indican que hay productores que desde hace 15 años trabajan en agricultura protegida, es decir, iniciaron actividades en el año 2000 (Figura 10).

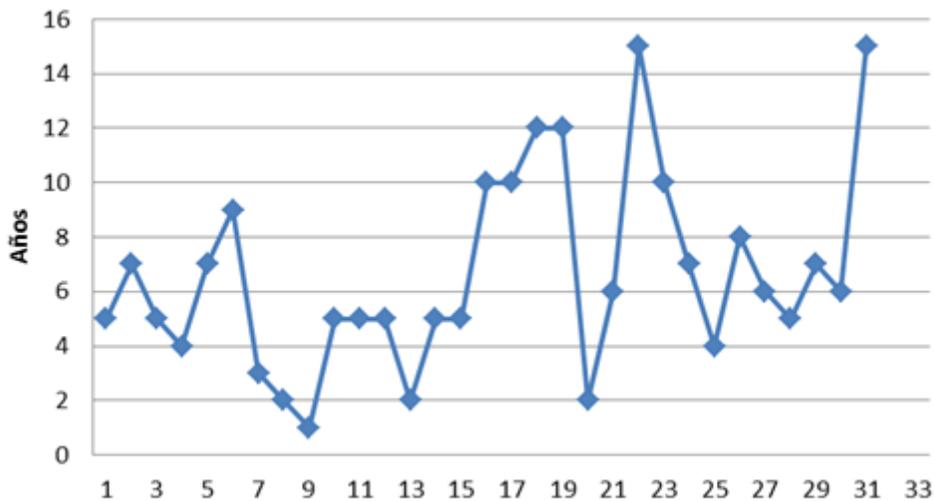


Figura 10. Años en agricultura protegida

El 48.4% de los productores se encuentra entre el rango de 1 a 5 años trabajando en Agricultura Protegida, 38.7% entre 6 y 10 años, y solo una pequeña parte de 12.9% de los productores del estado de Morelos se encuentran entre los rangos de 11 a 15 años respectivamente (Figura 11).

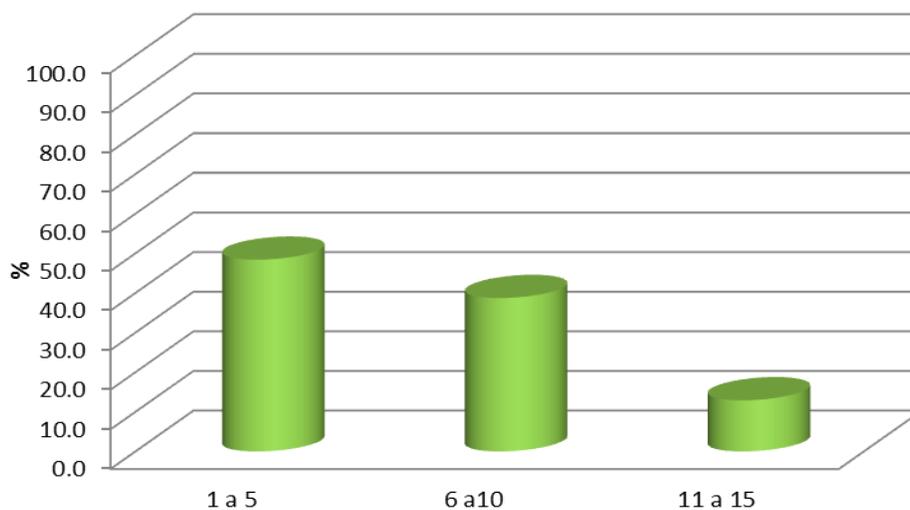


Figura 11. Rango de años en agricultura protegida

En cuanto a importancia de la actividad agrícola, el 71% de los dedica tiempo completo a esta actividad, el 25.8% medio tiempo y el resto (3.2) menos de medio tiempo (Figura 12).

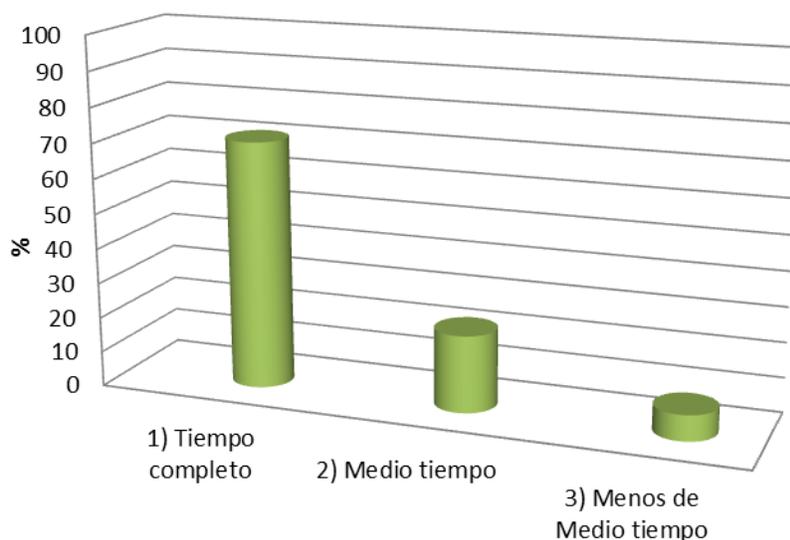


Figura 12. Importancia de la actividad agrícola en tiempo.

Poco más del 58% de los productores dicen que su actividad está creciendo en cuanto a infraestructura productiva, por otro lado, el 38.7% de los productores creen que su unidad productiva esta estacada, esto se debe a los bajos rendimientos, la falta de créditos para aumentar su superficie de siembra. En cuanto a lo que representan sus ingresos por ventas de los productos agrícolas para el 45.2% representa del 76 al 100%

de sus ingresos, mientras que para el 32.3% de los productores representa del 26 al 50% de sus ingresos.

En cuanto a las actividades realizadas solo un 29% de los productores realiza otra actividad, entre la cuales están; profesor, programas federales. Al preguntarle al productor cual fue su labor, oficio o profesión antes de ser agricultor, el 74.2% respondió que siempre ha sido agricultor, 16.1% trabajó en construcción 6.5% trabajó en actividades de construcción, el resto como peón o jornalero agrícola (3.2%).

En cuanto al financiamiento que ha recibido el productor se encontró que el 55% de los productores no ha recibido ningún tipo de financiamiento en los tres últimos años, 16% han recibido apoyo de SEDAGRO, 10% por parte de FIRCO y Gobierno del Estado, 6% de la Financiera Rural y un 3% por parte de SEDESOL han recibido apoyo en los tres últimos años (figura 13).

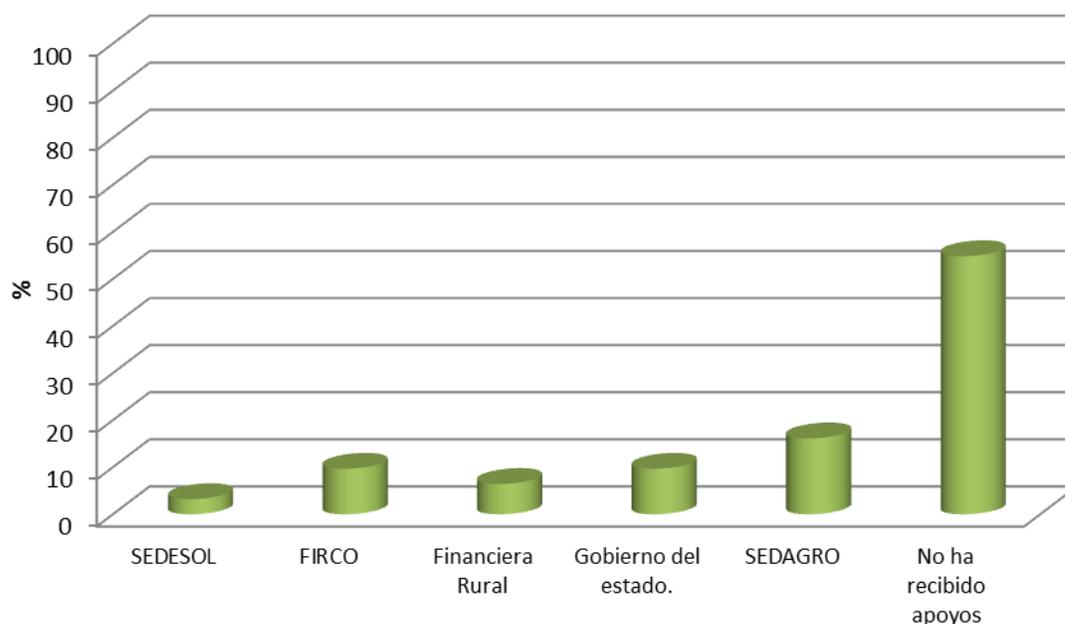


Figura 13. Instituciones que otorgan financiamiento al productor.

3.16.2. Tipología de invernaderos

Los invernaderos tipo cenital, son las estructuras más comunes en el estado de Morelos, en los cuales se cultiva principalmente Jitomate y pepino. Las estructuras son de metal, de tipo arreglo es multinave con cubiertas plásticas y costados con mallas antiáfidos. Los tipos de cubierta tanto techo como paredes frontales y laterales varían

de acuerdo a la zona. Por lo general, en la zona cálida los invernaderos solo en el techo están cubiertos con cubierta plástica.

Los costos varían de acuerdo a la constructora, el costo promedio por metro cuadrado es de \$250.00.

El costo aproximado de la cubierta por metro cuadrado va desde los 20.00 a 30.00 pesos, la vida útil en promedio es de 3 años, aunque dependiendo de la zona es la durabilidad del plástico, existen invernaderos que tienen más de 4 años sin cambio de cubierta plástica, aparentemente las condiciones son buenas. Aunque de lo contrario sería difícil obtener una buena cosecha si las condiciones del plástico no fueran las ideales.

Las dimensiones de los invernaderos son diferentes, existen invernaderos tipo cenital con alturas 9.5 metros a 7.5 metros de altura.

De los invernaderos muestreados, en la figura 14 se muestra que el 83.9% de los invernaderos en el estado de Morelos son de tipo cenital, el 12.9% son tipo mariposa llamados también tipo domo o doble ventila y solo un 3.2% es tipo diente de sierra.

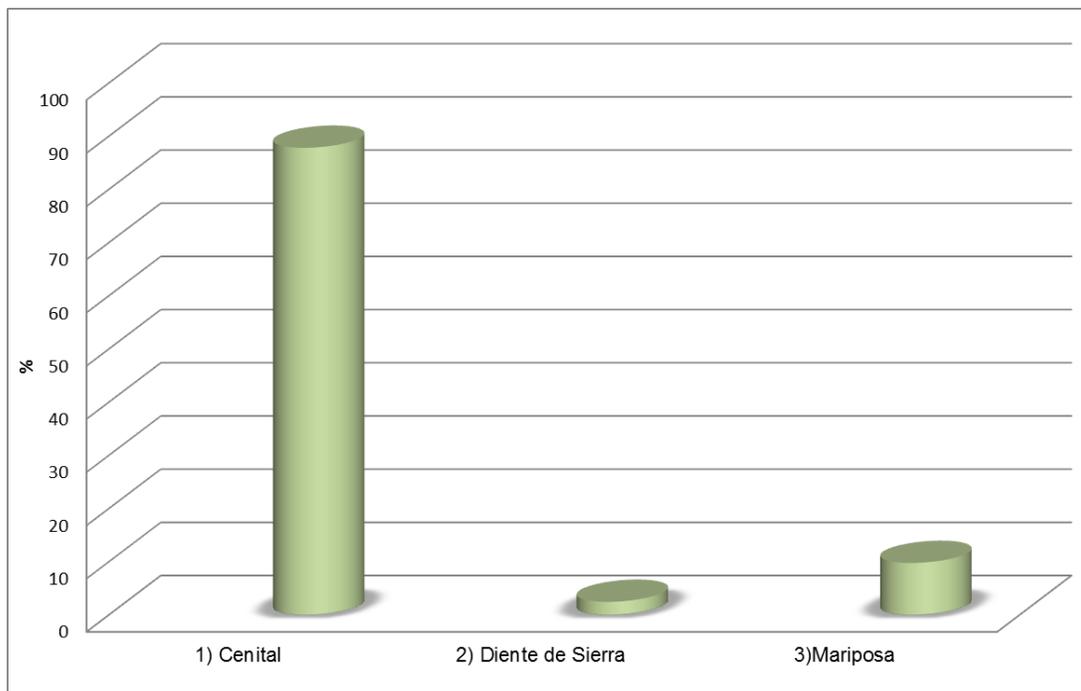


Figura 14. Tipos de invernaderos en el estado de Morelos.

En las siguientes imágenes se muestran los tipos de invernaderos más comunes ubicados en distintas zonas productoras bajo Agricultura Protegida del estado de Morelos. En la figura 15 se muestra la estructura de una Multinave de tipo cenital, ésta estructura es la más representativa en el estado de Morelos.



Figura 15. Estructura de una Multinave, Invernadero tipo cenital, en el municipio de Jantetelco, Morelos.

En la figura 16 se muestra una Multinave de tipo mariposa, domo o doble ventila, este tipo de invernadero fueron construidos entre los años 2002 y 2009 en el estado, a partir del 2010 no hay datos que indique que este tipo de invernaderos se han construido actualmente.



Figura 16. Invernadero tipo mariposa, domo o doble ventila, en la localidad de Ixtlilco el Grande municipio de Tepalcingo, Morelos.

De los datos obtenidos, un 38.7% de los productores tiene solo un invernadero, el 29% cuenta con dos, 19.4% cuenta con más de cuatro y un 12.9% cuenta con tres invernaderos. Respecto a los invernaderos visitados, el 50.7% tiene una superficie entre el rango de 1000 a 2000 m², 19.2% tienen una superficie entre los 2000 a 4000 m², 12.3% son menores a 1000 m², el 11% entre los 4000 a 6000 m², 2.7% con superficies entre los 6000 a 8000 m² y el mismo porcentaje para los que son de superficie de 15000 a 20000 respectivamente, por último 1.4% tienen una superficie entre los 10000 a 15000 m² (Figura 17).

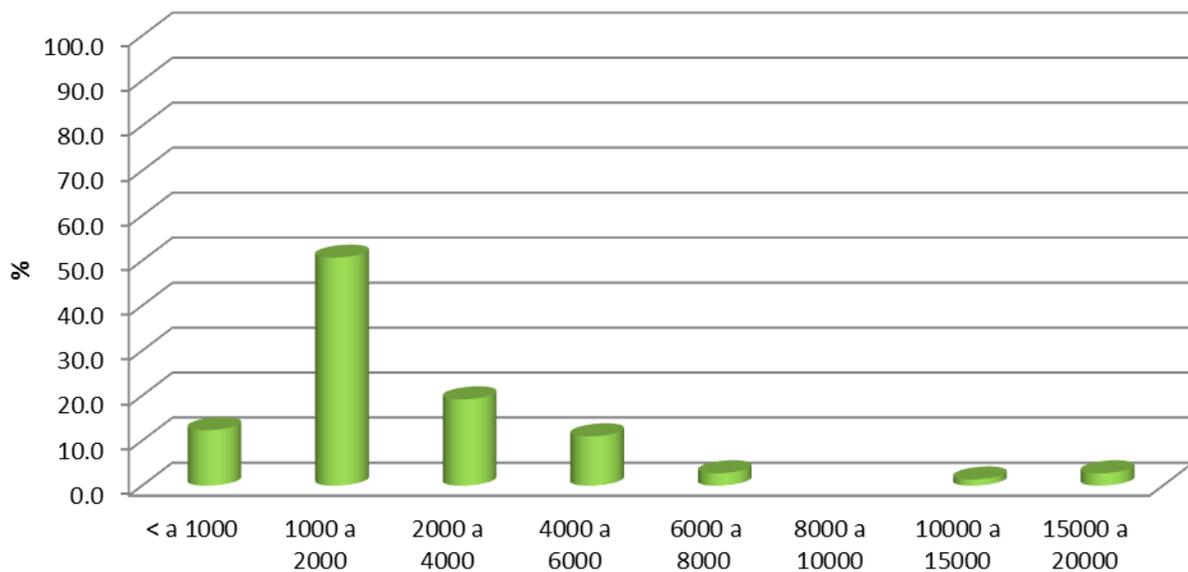


Figura 17. Superficie de invernaderos.

La orientación de los invernaderos depende principalmente de las dimensiones del terreno en que se va a construir, del total de invernaderos visitados el 41.9 tienen una orientación de Norte-Sur, mismo porcentaje para los que se encuentran de Noreste-Sureste, 12.9% están con orientación Noroeste-Sureste y solo un 3.2% se encuentran orientados de Este-Oeste.

De los invernaderos visitados, ninguno cuenta con climatización. Se utilizan técnicas para bajar la temperatura del interior. Un 12.9% utiliza el sombreado colocando malla sombra en la parte de salida del sol, para evitar el quemado del frutos por radiación. (figura 18).



Figura 18 . Al fondo la malla sombra en el interior de un invernadero con producción de pepino.

Un 9.7% utiliza aplica cal en la malla antiafidos para bajar la temperatura del interior, como se muestra en las figuras 19, 20, 21. El 77.4% de los productores no utiliza ninguna técnica de control de temperatura. De los invernaderos visitados en ninguno se cuenta con controlador climático.



Figura 19 Vista del exterior de un invernadero con cal en la parte frontal y lateral de la malla antifidos como regulador de temperatura, en Amayuca, Mor.



Figura 20. Vista exterior de un invernadero con aplicación de cal en las mallas para bajar la temperatura dentro del invernadero en el municipio de Mazatepec, Mor.



Figura 21. Vista exterior de un Invernadero con aplicación de cal sobre la malla antiáfido, en el municipio de Jantetelco, Mor.

El tipo de sistema de riego de la mayoría de los invernaderos es por estaca o mejor conocido por los agricultores como “araña”, el 58.1% utilizan este tipo de riego (imagen A), un 41.9% utiliza riego por goteo a través de cintilla (imagen B) (figuran 22).



Figura 22. Sistema de riego con estaca en un cultivo de jitomate (A) y sistema de riego con cintilla en un cultivo de pepino, Temoac, Mor. (B)

El 54% de los sistemas de riego no cuentan con un programador y el 46% si cuenta con un programador para riego, un alto porcentaje de esta no está en operación (Figura

23,a). Un 68% de los invernaderos que operan en estado de Morelos funcionan de manera eléctrica, el 27% funciona con gasolina, un 5% funciona con gas (Figura 23, b).

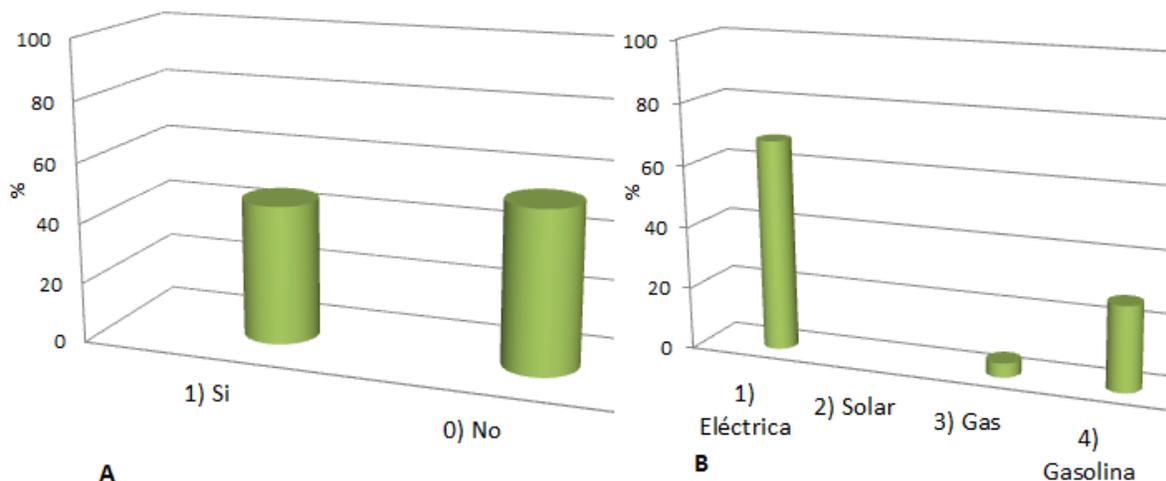


Figura 23. Sistemas que cuentan con programador de riego (A) y El tipo de energía con la que funcionan (B).

3.16.3. Necesidades de capacitación

Una parte fundamental para el mejor desarrollo de las actividades dentro del invernadero es la capacitación. En la figura 24 se observa que el 27% ha recibido cursos en la comunidad, 14% sin educación formal en horticultura, 7% llevo un programa vocacional en la escuela, un 2% con formación técnica de dos años, 12% han tomado cursos particulares y el 17% No ha recibido ningún tipo de capacitación.

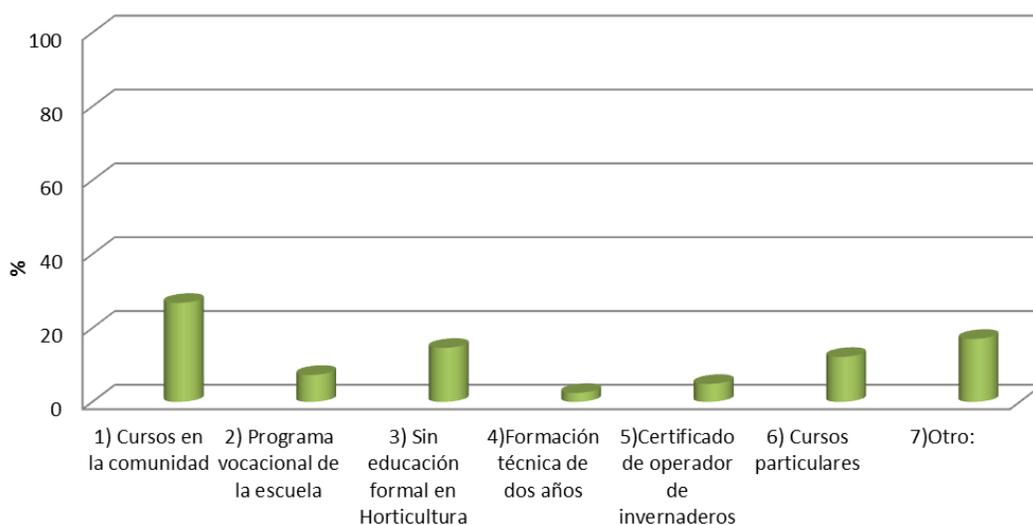


Figura 24. Tipo de capacitación/educación ha tenido en Horticultura protegida.

En la figura 25 muestra el grado de interés por parte del productor en aprender temas relacionados con la producción, de acuerdo a los temas el de mayor importancia según la valoración del productor con el 29% no tiene interés en aprender temas relacionado con la automatización de los invernaderos, el 23% mostraron poco interés. 39% mostraron mucho interés por aprender automatización de invernadero. Uno de los temas de mayor interés fue la nutrición vegetal, el 71% está interesado por aprender sobre la nutrición de las plantas, 23% con demasiado interés, solo un 6% tiene poco interés. El interés por aprender sobre los reguladores de crecimiento, 42% opinaron que poco, 39% opinaron que había mucho interés. Un 58% de los productores contestaron que es mucho el interés por reducir el uso de los pesticidas, 23% muestra poco interés, 10% menciona que no hay interés y 10% menciona que existe demasiado interés por reducir el uso de pesticidas. En cuanto a las condiciones internas del invernadero, el interés por la ventilación y enfriamiento del invernadero, al 32% no le interesa, 23% muestra poco interés, 39% tiene mucho interés y solo un 6% muestra demasiado interés por aprender sobre la ventilación y en el invernadero. Respecto al uso de insectos benéficos, el 19% no tiene interés por aprender temas relacionados, 32% tiene poco interés, 42% tiene mucho interés y 6% tiene demasiado interés por aprender temas relacionados con el uso de insectos benéficos.

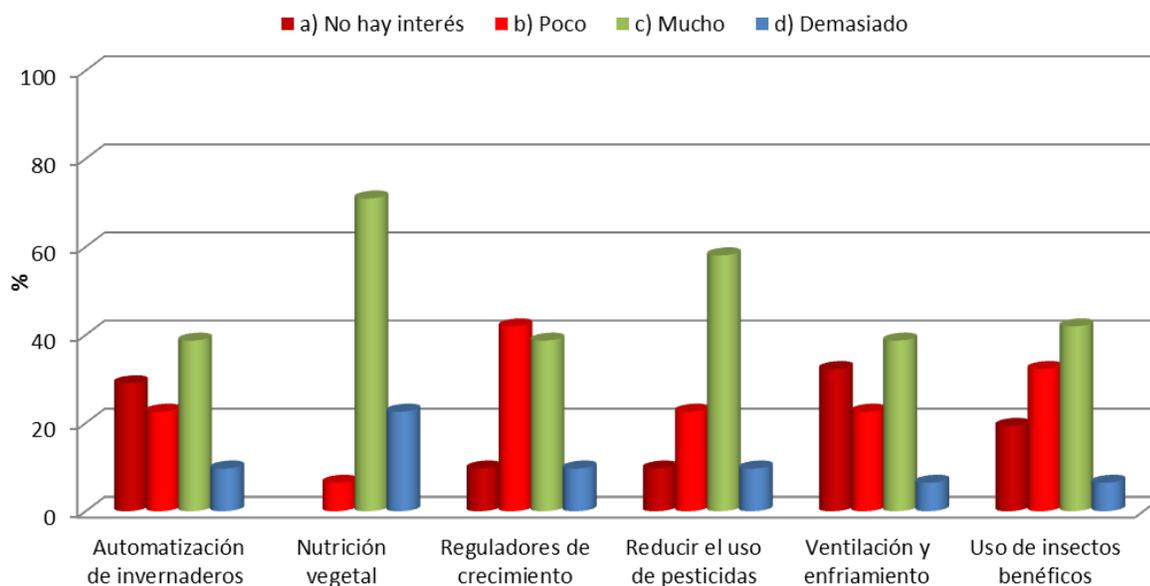


Figura 25. Importancia de aprender temas relacionados con la producción

3.17. Problemática de la Agricultura Protegida

3.17.1. Asesoramiento

En el estado de Morelos actualmente existen diversos problemas que enfrenta la producción bajo cubiertas o agricultura protegida.

Uno de los problemas más comunes en la producción es la falta de asesoramiento de un técnico especializado en producción bajo agricultura protegida, ya que el manejo en invernadero es completamente diferente a las condiciones de campo abierto. De acuerdo con las visitas realizadas directamente en la unidad productiva, se observaron muchas deficiencias del cultivo. Problemas de enfermedades tanto fungosas como bacterianas es decir, plantaciones en mal estado en cuanto a sanidad.

De acuerdo a la información obtenida de la encuesta a los productores (figura 26) el 27% recibe asesoramiento de un técnico particular, 37% recibe asesoramiento de técnicos de casas comerciales de agroquímicos, esto funciona debido a que el productor, cuando observa una anomalía o síntomas en la planta, corta parte de la planta afectada y la lleva a la “agroquímica” o casas comerciales para que le recomienden un producto. 7% recibe asesoría de técnicos de cooperativa, El 24% no recibe ningún tipo de asesoramiento, y solo un 5% recibe asesoría de compañeros agricultores (figura 26).

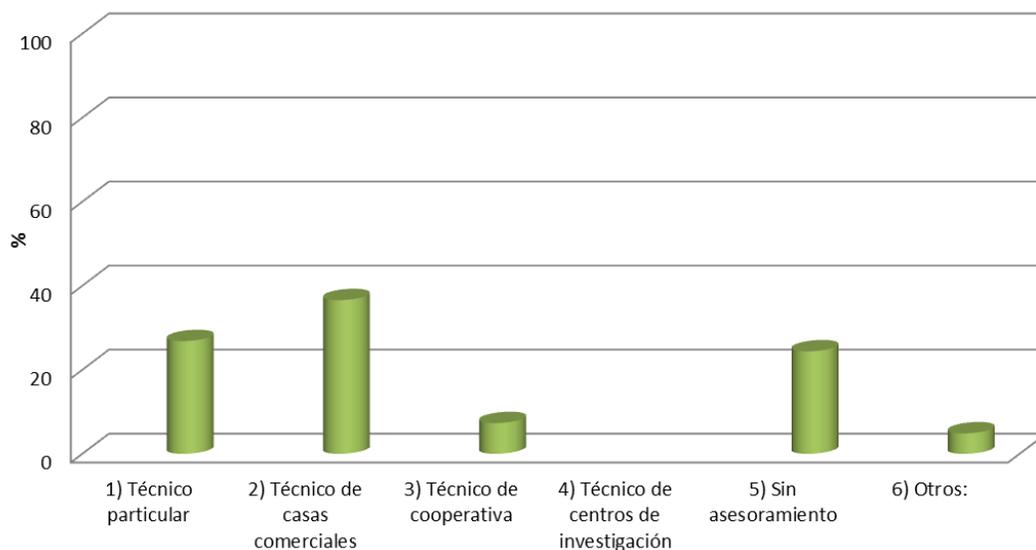


Figura 26. Tipo de asesoría técnica que recibe el productor.

3.17.2. Plagas y enfermedades

Aunque las condiciones son bajo agricultura protegida, existe un gran problema de plagas, en el cultivo de jitomate para el 80% de los productores la principal plaga es la mosca blanca, 46% menciona que la principal plaga que ha presentado el cultivo es el trips, el 44% de los productores mencionan que es la arañita roja, 37% indican que la principal plaga es el nematodo, 17% es el gusano trozador, y solo un 2% menciona que paratrioza (figura 27).

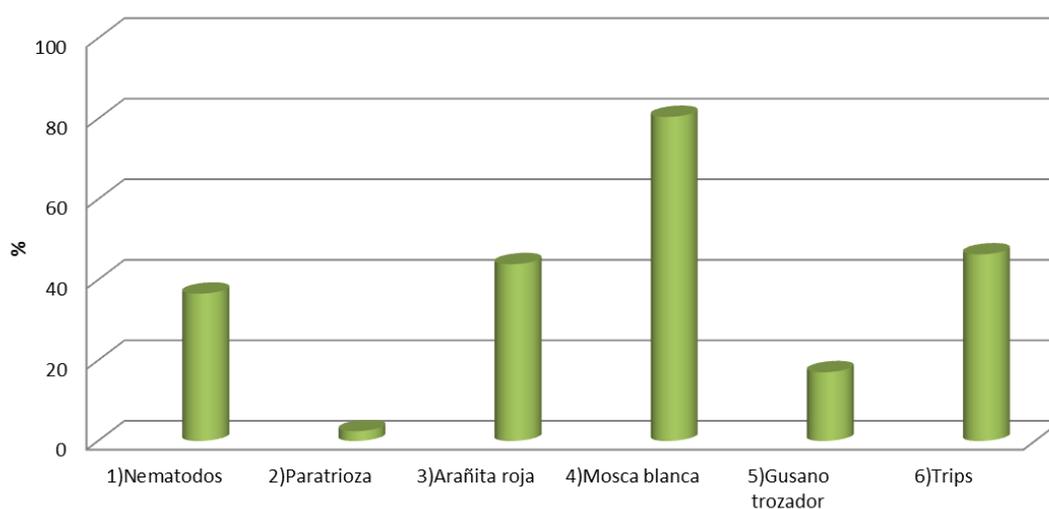


Figura 27. Principales plagas en los cultivos bajo Agricultura Protegida.

En cuanto a las enfermedades mas comunes, la cenicilla es una de las enfermedades mas comunes en laproduccion bajo invernaderos, principalmente en el cultivo de pepino, aunque tambien es comun en cultivos de jitomate, seguida del tizon tardío y tizon temprano, principalmente. Estas enfermedades se desarrollan sobre todo en la epoca de lluvias, yauqe las condiciones son ideales para el desarrollo de la enfermedad. Tambien el exceso de humedad por riegos muy prolongados es causa del surgimiento de esta enfermedad. (figura 28).

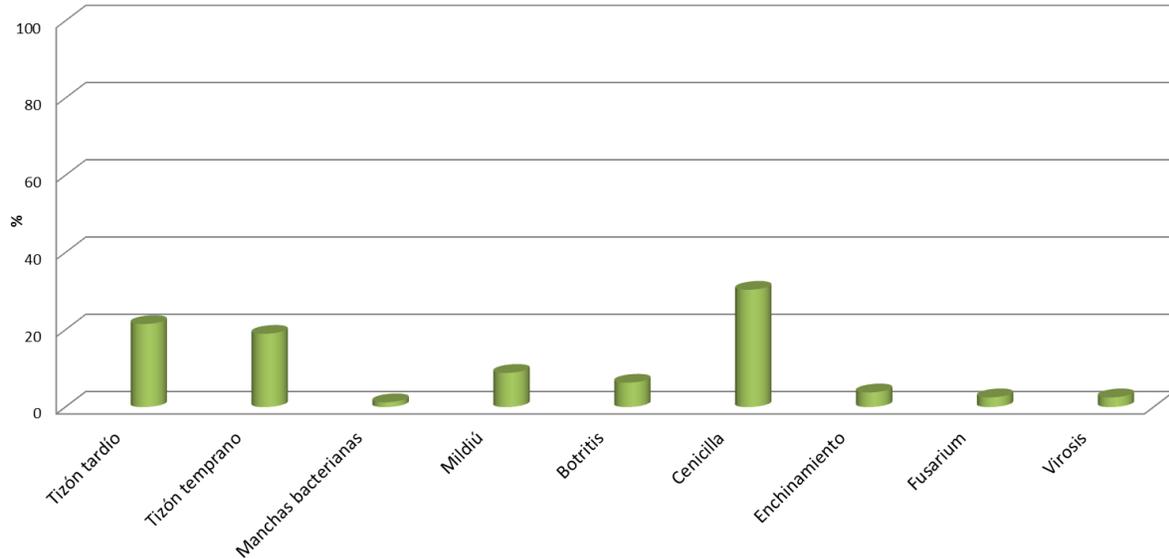


Figura 28. Principales enfermedades en los cultivos bajo agricultura protegida.

El 32.3% se le ha dificultado el control de enfermedades éste es uno de los principales problemas que actualmente enfrenta el productor. 19.4% se le ha dificultado el control de plagas.

En cuanto al tipo de asesoría que le gustaría recibir al productor, en la figura 29 se muestra los resultados de las encuestas aplicadas a productores. En la que se observa que el 58.1% le gustaría recibir asesoría técnica del manejo del cultivo. El 29% prefiere recibir asesoría financiera.

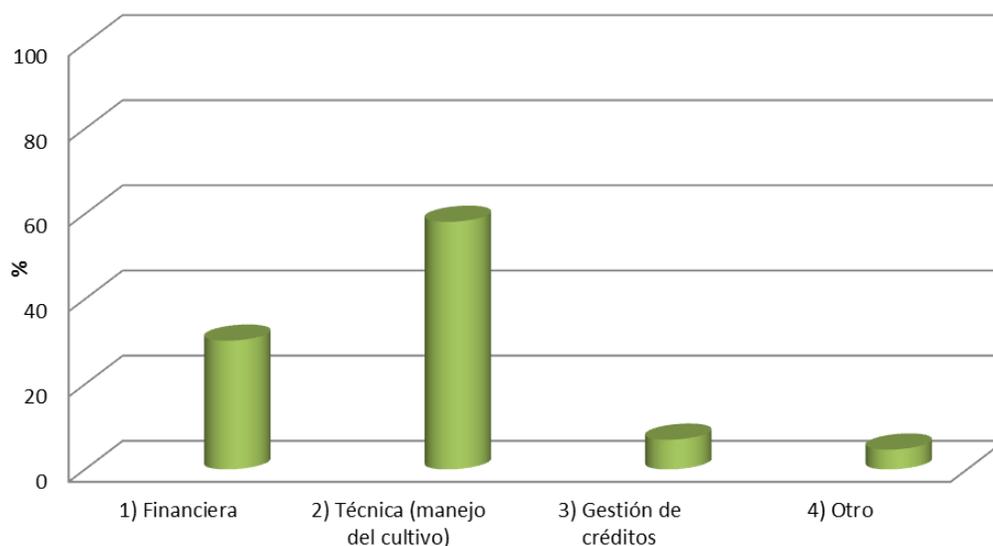


Figura 29. Tipo de asesoría que le gustaría recibir al productor.

3.17.3. Energía Eléctrica

En la figura 30 se muestran las dos fuentes de energía con que funciona el sistema de riego en los invernaderos. Se encontró que muchos de los invernaderos no cuentan con energía eléctrica, por lo que es difícil automatizar algunos procesos como el riego. El 46% de los invernaderos muestreados funcional con gasolina y el resto (54%) funcionan con energía eléctrica.

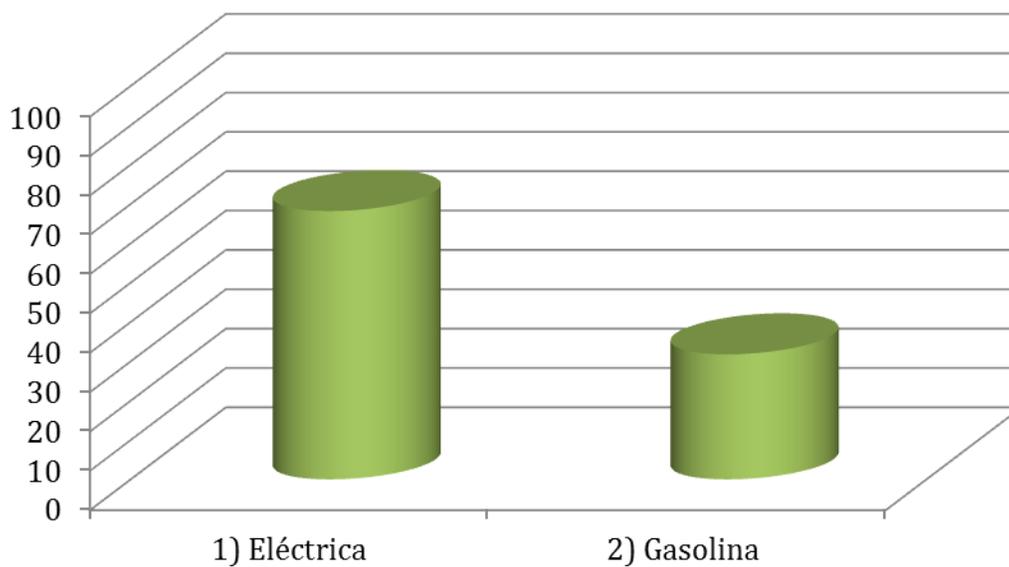


Figura 30 Tipo de energía con que funciona el sistema de riego

3.18. Bibliografía

- AMHPAC, 2015. Agricultura Protegida en México. [Consultado en 2015 mayo 29]
<http://www.amhpac.org/es/index.php/homepage/agricultura-protegida-en-mexico>
- Alejo S. G., Contreras M. E., Bugarín M. R., Jiménez M. V., Sánchez M. A.L. 2007. La agricultura Protegida en el estado de Nayarit. Universidad Autónoma de Nayarit, México. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Fitotecnia. 2011. Revista Fuente. 47-48.
- Cabrera R. I. 1999. Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivos para la producción de plantas en maceta. Chapingo, serie horticultura. Vol. V. No. 1-1999. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Cadahia L. C. et al 1998. Fertirrigación. Cultivos hortícolas y ornamentales. Mundi-prensa. España.
- Castilla P. N. 2005. Invernaderos de plástico. Tecnología y manejo. Mundi Prensa. Madrid España.
- COLPOS. 2004. Identificación y priorización de cadenas agroalimentarias en el estado de Morelos. Colegio de posgraduados. Campus Veracruz. Tepetates, Veracruz. 41 p.
- Díaz S. T. 2001. Los filmes plásticos en la producción agrícola. Mundi-prensa. Madrid, España.
- Fundación Produce Morelos A. C. 2011. Agenda de Innovación Tecnológica del Estado de Morelos. 194 pag.
- Innovaagro, 2015. Invernadero tipo cenital o baticenital. [Consultado en 2015 mayo 08]
http://innovaagro.mex.tl/994022_INVERNADERO-CENITAL-BATICENITAL.html
- Juárez L. P., Bugarín M. R., Castro B. R., Sánchez-Monteon A. L., Cruz-Crespo E., Juárez R. C., Alejo S. G., Balois M. R. Estructuras utilizadas en la agricultura protegida. Universidad Autónoma de Nayarit, México. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Fitotecnia. 2011. Revista Fuente. 21

- Maroto B. J. V. 2000. Elementos de horticultura General. Mundi-Prensa. Madrid-México, segunda edición.
- Martínez B. L. 1998. Manual de fertirrigación. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro regional de Investigación Intihuasi. Pag 77
- Nieves G. V., Olga van der V., Anne Elings, 2011. Mexican protected horticulture. Production and market of Mexican protected horticulture described and analysed. Pag. 108.
- Norma Mexicana para el Diseño y construcción de Invernaderos NMX-E-255-CNCP-2008. Diario Oficial de la Federación.
- Stanghellini C., 1985. Transpiration and temperature of greenhouse crops, in relation to internal and external resistances. Acta horticulturae, 174:87-95.
- Valera M.D.L., Belmonte U. L.J., Molina A. F. D., López M. A. 2014. Los invernaderos de Almería. Análisis de su tecnología y rentabilidad. Edición Cajamar Caja Rural. Pag. 504
- Boulard T., Baille A. y Le Gall F., 1991.- Etude de différentes méthodes de refroidissement sur le climat et la transpiration de tomates de serre. *Agronomie*, 11: 543-553.
- Ansorena M. J. 1994. Sustratos, propiedades y caracterización. Mundi-prensa. Madrid, España.
- Moya, T. J. A. 1998. Riego localizado y fertirrigación. 2da. Edición. Mundi-Prensa. Madrid, Barcelona. México.
- López G. J. 1998. Producción agrícola en invernadero, aspectos técnicos, económicos y ambientales. Memorias del VI ciclo de conferencias sobre producción en invernaderos y II congreso iberoamericano de plásticos en la agricultura. Guadalajara, Jalisco. México.
- Valera M. D. L., Molina A. F. D., Gil R. J. A. 1999. Los Invernaderos de Almería: Tipología y Mecanización del clima. Editorial. Universidad de Almería Servicio de Publicaciones. Pag. 268

Bastida T. A. 2006. Manejo y operación de invernaderos agrícolas. Serie de publicaciones Agribot. Departamento de preparatoria Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 238 p.

Guantes R. J. 2006. El Mercado de los Invernaderos en México. Oficina de Económica y Comercial de la Embajada de España en México. Pág. 54: 4-5

Bastida T. A. 2011. Los invernaderos y la agricultura protegida en México. Serie de publicaciones Agribot. Departamento de preparatoria Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 415 p.

Gruposacsa, 2011. La agricultura protegida. [Consultado 2015 mayo 06]. Disponible en: http://www.gruposacsa.com.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=151:la-agricultura-protegida&catid=5:noticias

4. Anexos

4.1. Anexo 1. Encuesta aplicada

Con la finalidad de fortalecer la información de campo referente a la Agricultura Protegida se realiza esta encuesta, con el objetivo de obtener la mayor información de la situación actual de la agricultura protegida. La agricultura protegida es una actividad que ha venido tomando cada vez mayor importancia dentro de la producción agrícola del país. El estado de Morelos es uno de los principales estados que ha reforzado y ha incrementado rápidamente la superficie con estos sistemas de producción en los últimos años.

Datos generales

Fecha: ____/____/____

Municipio
Localidad
Estado
Altitud (MSNM)
Longitud
Latitud

Nombre del productor
Edad (años)
Nivel de estudio

1. Esta de acuerdo en que los datos que proporcione sean publicados Si () No ()
2. Es usted miembro de alguna organización productora agrícola? Si () No ()
Cuál: _____
3. Cuántos años lleva trabajando en Agricultura Protegida? _____

4. Importancia de la actividad agrícola en tiempo

Tiempo completo
Medio tiempo
Menos de Medio tiempo

5. Importancia de la actividad agrícola en ingresos

Actividad	Alto	Bajo	Medio	Nulo
Producción hortícola (Jitomate, Pepino, Melón, etc.)				
Cultivos básicos (Sorgo, Maíz, Frijol, etc.)				
Plantaciones (Durazno, Cítricos, Aguacate, etc)				
Otras ventas (agrícolas) _____				
Otro (especifique) _____				

6. Que cree que está pasando con su actividad productiva agrícola

- 1) Decreciendo 2) Creciendo 3) Estancada 4) Está consolidada

7. Cuánto representa su ingreso por ventas de productos agrícolas de sus ingresos totales?

1) De 0 a 25%	2) De 26 a 50%	3) De 51 a 75%	4) De 76 a 100%
---------------	----------------	----------------	-----------------

8. Realiza otra actividad laboral o empresarial? Si () No ()

9.Cuál fue su labor, oficio o profesión antes de ser agricultor?

Siempre ha sido agricultor
Trabajo en construcción
Obrero
Jornalero o peón en agricultura
Otro (especifique)

Estructura del invernadero

10. Arreglo del invernadero

Mononave
Multinave



11. Numero de invernadero que actualmente tiene

Uno
Dos
Tres
Más de tres (especifique)

12. Tipo de invernadero:

Cenital	Semicilíndrico
Diente de Sierra	Asimétrico
Túnel.	Macro túnel
Parral plano	Otro: _____

13. Número de naves (capillas) del invernadero

Invernadero	No. De Naves	Superficie (m2)	Año	Costo
1				
2				
3				
4				

14. Orientación del invernadero.

<input type="checkbox"/>	N-S	<input type="checkbox"/>	E-O	<input type="checkbox"/>	NE-SO	<input type="checkbox"/>	NO-SE	<input type="checkbox"/>	Otro: _____
--------------------------	-----	--------------------------	-----	--------------------------	-------	--------------------------	-------	--------------------------	-------------

15. Material de que esta hecho el invernadero:

Metal () Madera () Otra: _____

16. Tipo de cubierta:

<input type="checkbox"/>	Plásticos flexibles	<input type="checkbox"/>	Plásticos rígidos	<input type="checkbox"/>	Otros: _____
<input type="checkbox"/>	Vidrio	<input type="checkbox"/>	Malla	<input type="checkbox"/>	

17. Costo de la cubierta (plástico, malla, etc/ rollo o m2) _____

18. Vida útil de la cubierta _____

19. Vida útil del invernadero _____

20. Tipo de ventana cenital

	Sin ventilación cenital
	Ventana deslizante moviendo el plástico
	Ventana abatible
	Ventana enrollable
	Abertura fija
	Mariposa
	Otro (especifique)

21. Accionamiento de las cortinas

	Manual
	Semiautomático
	Automático
	Sin cortinas
	Otro: Especifique

22. Estado de la cubierta:

Buena () Mala () Regular () Sucia () Otra:

23. Dimensiones del invernadero:

Dimensiones	Invar. 1	Invar. 2	Invar. 3	Invar. 4	Inver.5
Ancho					
Largo					
Altura al cenit					
Altura al canal					
Separación entre pilares internos/externos					

Instalaciones y equipos en el invernadero

Climatización del invernadero

24. Sistema de ventilación forzada:

	Extractores
	Ventiladores desestratificadores(internos)
	Ninguno
	Otro (especifique)

25. Ventilación del invernadero

	Ventanas laterales		Ventanas cenitales	Otros: _____
	Puertas laterales		Ninguna	

26. Cuál es la técnica que utiliza para controlar la temperatura:

	Sombreo		Paredes húmedas	Otros: _____
	Utilización de cal		Ninguno	

27. Su invernadero cuenta con controlador climático? Si () No ()

Empresa	
Marca	
Modelo	

28. Sistema de refrigeración por evaporación de agua:

	Nebulización de alta presión (tuberías metálicas)
	Nebulización de baja presión (solo agua)
	Ninguna
	Otro (especifique) _____

29. Sistema de calefacción

	Por agua	Tubería metálica sobre el suelo
		Tubería de plástico sobre el suelo
		Tubería aérea metálica
		Otro (especifique) _____
	Por aire	Calefactores de combustión directa
		Calefactores de combustión indirecta
		Otro (especifique) _____
	Ninguno	
	Otro (especifique) _____	

Sistema de riego

30. Tipo de sistema de riego:

	Riego manual (manguera)
	Riego de barras fijas
	Riego de barras móviles

Aspersores
Riego por platillo
Riego por goteo (cintilla)
Riego por goteo con emisores interlínea
Riego por micro aspersores
Riego por gravedad
Riego por goteo con estaca (espagueti)
Otro: _____

31. Con que tipo de energía funciona el sistema de riego?

Eléctrica
Solar
Gas
Gasolina
Otra(<i>especifique</i>):

32. sistema cuenta con programador de riego? Su
Si () No ()

33. Número de riegos por día: _____

34. Tiempo que dura el riego: _____

35. Horarios de riego: _____

36. Cantidad de agua aplicada por día/riego: _____
Etapa del cultivo: _____

37. Como define el tiempo y volumen de agua para la aplicación de riego:

Empíricamente
Temperatura y Humedad relativa
Evapotranspiración
Tensiómetros
Otros: _____

38.Cuál es la lámina de riego que aplica _____

39. Cuánta agua aplica por ciclo del cultivo _____

40. Realiza mantenimiento del sistema de riego? Si () No ()

41. Realizó análisis de agua? Si () No ()
En qué año? _____

42. Origen del agua

	Cantida d	Costo*
Pozo particular*		
Pozo comunitario		
Otro (especifique): _____		

Suelo/Sustrato

43. Qué tipo de sustrato utiliza?

<input type="checkbox"/> Roca volcánica o Tezontle
<input type="checkbox"/> Fibra de coco
<input type="checkbox"/> Arena de río
<input type="checkbox"/> Piedra pómez
<input type="checkbox"/> Suelo autóctono
<input type="checkbox"/> Vermiculita
<input type="checkbox"/> Perlita
<input type="checkbox"/> Mezcla
<input type="checkbox"/> Otro (especifique) _____

44. Porque utiliza sustrato? _____

45. Utiliza acolchado
Si () No ()

46. Color del acolchado:
Blanco () Negro () Gris () Transparente () Otro: _____

47. Cobertura instalada:
Total () En líneas () Otros: _____

Manejo del cultivo

Preparación del suelo/sustrato

48. Desinfecta el suelo o sustrato?

Si () No ()

49. Qué técnica utiliza?

	1) Solarización (Agua+Plastico)
	2) Biosolarización (Plástico + materia orgánica)
	3) Sólo de suelo a través del sistema de riego (Metansodio, Dicloropropeno, Cloropitrina Producto que utiliza:_____)
	4) Solarización + desinfectante de suelo a través del sistema de riego (en menor dosis) Producto que utiliza:_____
	5) Aplica algún producto de forma manual directo al lugar de trasplante. Producto que utiliza:_____
	6) Otro especifique:_____

50. Realizo análisis de suelo?

Si () No ()

En qué año? _____

Siembra.

51. Cuáles son los cultivo actualmente establecidos? _____

52. Cuáles son las variedad? _____

53. Cuál fue el cultivo (especie y variedad) de los dos últimos años de siembra? _____

54. Realizó:

	Transplante-Plántula		Siembra directa
	Trasplante-Esqueje		Otro (especifique):_____

55. De dónde obtuvo su planta? *Marque la opción correspondiente*

	Compro la semilla, y mando a germinar a un vivero
	Compro la semilla y puso a germinar
	Compro la planta lista para transplantar
	Compro la planta lista para transplantar-injertada
	Compro el esqueje y lo puso a enraizar
	Consiguió el esqueje con un amigo y lo puso a enraizar

	Pagó para poner a enraizar el esqueje.
	Otra (especifique)_____

56. Programa la fecha de siembra? Si () No ()
Por qué razón?_____

57. Desinfecta la planta al momento del trasplante? Si () No ()
Por qué? _____

58. Cuál es la distancia entre planta y planta?_____

59. Cuál es la distancia entre surcos?_____

60. _____Cuál es la
distancia entre pasillos?_____

61. Cuántas plantas tiene por metro cuadrado?_____

62. Cuál es su densidad de plantación?_____

63. Si alternara su cultivo, qué otro cultivo sembraría?_____
Por qué? _____

Polinización

64. Utiliza algún método para la polinización? Si () No ()

65. Cual método utiliza?

	Abejas
	Abejorros
	Aire
	Vibración manual/Utiliza una vara para golpear el soporte de tutoreo
	Otro:_____

66. _____Para
que cultivos_____

Operación y mantenimiento del sistema

Fertilización.

67. Qué tipo de fertilización utiliza? *Marque las opciones correspondientes*

<input type="checkbox"/>	Fertilización directa con fertilizantes de liberación lenta o controlada
<input type="checkbox"/>	Aplica lixiviados de forma foliar y dirigidos en el riego (orgánicos)
<input type="checkbox"/>	Compra las fuentes de fertilizantes y usted mismo prepara la solución nutritiva
<input type="checkbox"/>	Compra la mezcla de fertilizantes y solo aplica la cantidad recomendada
<input type="checkbox"/>	Fertilización biológica (microorganismos que aportan nitrógeno)
<input type="checkbox"/>	Asperja a la planta fertilizantes foliares (químicos)
<input type="checkbox"/>	Aplica la solución nutritiva y aplica fertilizantes de liberación lenta directa en suelo
<input type="checkbox"/>	Otro (<i>especifique</i>):

68. Ajusta la fertilización basado en la etapa de crecimiento del cultivo? Si () No ()

69. Calibra su inyector de fertilizantes durante el ciclo del cultivo? Si () No ()

Plagas y enfermedades

70. Por favor indique cuál de las siguientes sistemas alternativos utiliza actualmente o está interesado en aprender más acerca de:

Técnica	Técnica que utiliza actualmente	que Le gustaría tener más información
	Pesticidas convencionales	
	Nematodos benéficos	
	Aceites hortícolas/extractos vegetales	
	Reguladores de crecimiento de insectos	
	Jabones insecticidas	
	Control biológico	
	Envío de muestras para identificar enfermedades	
	Atrayentes de color	
	Atrayentes hormonales	
	Otro: _____	

71. Alterna entre diferentes productos químicos insecticidas para el tratamiento múltiple de problemas de insectos? Si () No ()

72. El control de plagas y enfermedades es:

Químico () Orgánico () Mecánica () Otra _____

73. Utiliza trampas para atrapar insectos plaga en el invernadero? Si () No ()

74. Cuáles son las plagas más comunes que ha presentado el cultivo: _____

75. Cuáles son las enfermedades más comunes que ha presentado el cultivo: _____

76. De esas enfermedades cuales ha sido las más difíciles de controlar: _____

77. Realizas aplicaciones como métodos preventivos: Si () No ()

78. Calibra su equipo pulverizador o mochila de forma regular? Si () No ()

79. Aplica desinfectantes de pisos del invernadero, bancos, estructuras fijas después de cada ciclo de cultivo? Si () No ()

80. Ha sufrido alguna intoxicación en el manejo del invernadero: Si () No ()

81. Utiliza equipo de protección para la aplicación de pesticidas? Si () No ()

Cosecha

82. Cuál es la cantidad de personas que sean miembros de su familia, que usted emplea en su invernadero de tiempo completo en un año o ciclo de cultivo. _____

83. Cuál es la cantidad de personas que no sean miembros de su familia, que usted emplea

en su invernadero de manera temporal o de tiempo completo en un año o ciclo de cultivo. _____

84. Periodo desde el trasplante a cosecha del primer corte: _____

85. Meses en que dura la producción? _____

86. Cada cuánto realiza la cosecha después del primer corte? _____

87. Numero de cajas o taras por nave: _____

88. Cuál es el rendimiento por metro cuadrado? _____

89. _____ Cuantos
Jornales utiliza por corte? _____

Comercialización del producto

90. Por favor clasifique sus tres mercados en el orden de importancia. 1 = *más importante*, 2 = *menos importante*, etc.

	Venta al por menor directa del invernadero
	Venta al por mayor directa del invernadero
	Venta al por menor a las tiendas
	Venta directa en la central de abastos
	Venta al por mayor/por menor de su propio negocio
	Venta al mercado extranjero (por favor especifique) _____
	Otro: _____

91. Cuáles son las fuentes de información que utiliza. *Por favor marque las opciones que correspondan*

<input type="checkbox"/>	Revistas especializadas	<input type="checkbox"/>	Otros productores
<input type="checkbox"/>	Libros especializados	<input type="checkbox"/>	Asesor técnico
<input type="checkbox"/>	Sitios de internet	<input type="checkbox"/>	Otro: _____

92. Cuáles son los precios de las ventas de los últimos 2 años (kg, Tara o caja)

Jitomate

Pepino

Otro cultivo

Precio mínimo
Precio normal
Precio alto

93. A quiénes compra lo necesario para realizar su actividad agrícolas? Considere insumos, agroquímicos, maquinaria, equipo, entre otros

(Semillas/Insumos/ Maquinaria /equipos)	Nombre del proveedor	Localización/geográfica (municipio, localidad)

Fuente de Financiamiento.

94. Apoyos gubernamentales recibidos en los tres últimos años:

Entidad	2012	2013	2014
1. SEDESOL			
2. Alianza contigo			
3. PESA			
4. FIRCO			
5. Secretaria de Economía			
6. Reforma Agraria			
7. CONAFOR			
8. Secretaria de Desarrollo Social			
9. FIRA			
10. Financiera Rural			
11. Fundaciones			
12. PROCAMPO			
13. Gobierno del estado.			
14. Gobierno Mpal.			
15. Competitividad			
16. ASERCA			
17. Trópico Húmedo			
18. No ha recibido apoyos			
19.			

Otros(Especifique)_____			
-------------------------	--	--	--

95. Indique sus requerimientos de infraestructura, maquinaria y equipo

Requerimiento	Si	No
1) Sistema de riego		
2) Maquinaria Agrícola		
3) Bodega y almacenes		
4) Electricidad		
5) Caminos		
6) Transporte		
7 Otro (especifique)		

96. Enumere los tres factores más importantes que considera son los que limitan su acceso al crédito institucional

1) Altas tasas de interés
2) Las instituciones están negando créditos a su actividad
3) Tramites complejos y tardados
4) El nivel de garantías exigida es muy alta
5) Inseguridad en el precio de venta y comercialización
6) Incertidumbre por la situación económica del país
7) informes del buró de crédito
8) Falta de interés de la banca (Igual q la pregunta 2, regresar y ver propuesta)
9) Desconoce cómo solicitarlo
10) Existe una baja rentabilidad de la actividad
11) Otros, mencione brevemente

97. Obtuvo algún financiamiento para obtener su invernadero: Si () No ()

98. Que programa fue el que lo apoyo para obtener su invernadero: _____

99. Recibe algún tipo de subsidio? _____

100. En que invierte sus utilidades? _____

Percepción de problemas

101. Valore los siguientes enunciados como problemas, en actividades agrícolas

Problema	Alto	Medio	Bajo	Nulo
1.- Incremento en la incidencia de plagas y enfermedades	3	2	1	0
2.- Dificultades en la comercialización (intermediarismo)	3	2	1	0
3.- Carencia de organización de productores	3	2	1	0
4.- Presencia de fenómenos meteorológicos adversos	3	2	1	0
5.- Bajos precios del producto	3	2	1	0
6.- Mano de obra escasa	3	2	1	0
7.- Incremento en el costo de los insumos	3	2	1	0
8.- Aumento en el costo de mano de obra	3	2	1	0
9.- Insuficiente infraestructura productiva	3	2	1	0
10.- Carencia de maq., instalaciones y eq. (Tractores, etc.)	3	2	1	0
11.-Bajos rendimientos de los cultivos	3	2	1	0
12.-Carencia de tecnología	3	2	1	0
13.-Ausencia de asistencia técnica productiva	3	2	1	0
14.-Competencia de otros productores	3	2	1	0
16. Escases de agua para riego	3	2	1	0
17.- Otros_____	3	2	1	0

Asesorías/capacitación/necesidades

102. Qué tipo de asesoría le gustaría recibir?

<input type="checkbox"/>	Financiera
<input type="checkbox"/>	Técnica (manejo del cultivo)
<input type="checkbox"/>	Gestión de créditos
<input type="checkbox"/>	Otro_____

103. Recibe asesoramiento de:

<input type="checkbox"/>	Técnico particular	<input type="checkbox"/>	Técnico de centros de investigación
<input type="checkbox"/>	Técnico de casas comerciales	<input type="checkbox"/>	Sin asesoramiento
<input type="checkbox"/>	Técnico de cooperativa	<input type="checkbox"/>	Otros:_____

104. Qué tipo de capacitación/educación ha tenido en Agricultura Protegida? *Marque todas las que correspondan.*

	Cursos en la comunidad
	Programa vocacional de la escuela o especialidad/diplomado
	Sin educación formal en Agricultura Protegida
	Formación técnica de dos años
	Certificado de operador de invernaderos
	Otro: _____

105. Por favor indique el nivel de importancia en aprender temas relacionados con la producción de plantas. Marque cada tema según sea su interés 1= No hay interés, 2 = Poco Interés, 3 mucho interés, 4 demasiado interés.

Temas de producción	No hay interés	Poco interés	Mucho interés	Demasiado Interés
Automatización de invernaderos				
Manejo de nutrición vegetal				
Reguladores de crecimiento				
Reducir el uso de pesticidas				
Ventilación y enfriamiento				
Uso de insectos benéficos				
Otro: _____				
—				

106. Por favor indique en que meses puede asistir a pláticas relacionadas con la producción.

Cualquier mes del año	Enero	Febrero	Marzo
	Abril	Mayo	Junio
	Julio	Agosto	Septiembre
	Octubre	Noviembre	Diciembre

107. Por favor indique los dos principales lugares para recibir capacitación o acudir a reuniones referentes a la producción. 1 = más importante, 2 = Segundo más importante

	Cuautla		Cuernavaca
	Reuniones en la zona más productora		Reuniones en cualquier parte del estado

108. Como le gustaría la reunión o programas organizados. 1 = más preferido, 2 = segundo más preferido, etc

	Reunión de un día		Talleres de 4 hrs
--	-------------------	--	-------------------

	Reunión de 3 hrs		Recorridos de campo
	Teórico practico (8 hrs)		Otro: _____

Deficiencias técnicas/habilidades/tecnológicas

109. Qué es lo que se le ha dificultado más en cuanto al manejo del cultivo _____

110. En cuanto a deficiencias tecnológicas que es lo que hace falta a su invernadero _____

111. Cualquier otro comentario que le gustaría hacer. _____

Gracias por su tiempo y esfuerzo por responder este cuestionario.

4.2. Anexo 2. Memoria fotográfica.- Hojas de visitas a invernaderos

Invernadero tipo cenital



Características

Superficie: 1000 m²

Altura al canal: 4 m

Altura al cenit: 7 m

Ventanas laterales
Abatibles

Techo y parte frontal
de los arcos: plástico

Vista lateral y frontal:
malla anti-áfidos

Con faldón de plástico



Cultivo: Jitomate
saladette

Tipo: Indeterminado

Variedad: 4401

Etapas: Producción

Siembra: En suelo
acolchado color
blanco

Tipo de riego: Goteo
localizado, espagueti

Invernadero tipo cenital



Características

Superficie: 700 m²

Altura al canal: 4 m

Altura al cenit: 7 m

Sin cortinas abatibles

Techo: plástico

Vista lateral y frontal:
malla anti-áfidos



Cultivo: Chile
habanero

Etapla fructificación

Siembra: Sustrato
(fibra de coco en
bolis) sobre ground
cover

Tipo de riego: Goteo
localizado con estaca

Invernadero tipo cenital



Características

Superficie: 1000 m²

Altura al canal: 4 m

Altura al cenit: 7 m

Sin cortinas laterales
abatibles

Techo: plástico

Vista lateral y frontal:
malla anti-áfidos

Cultivo: Jitomate
saladette

Tipo: Indeterminado

Variedad: Frodo

Etapas: Maduración

Siembra: Suelo con
acolchado color
negro-plata

Sistema de riego: Por
goteo con cintilla

Invernadero tipo cenital



Características

Superficie: 1000 m²

Altura al canal: 4 m

Altura al cenit: 7 m

Cortinas laterales
abatibles

Techo: plástico

Vista lateral y frontal:
malla anti-áfidos



Cultivo: Jitomate
Saladette Tipo
indeterminado

Variedad : Ramses

Etapas: Fructificación

Siembra: En bolsas
Sustrato (Tezontle)
bajo ground cover.

Tipo de riego: Riego
por goteo con estaca

Invernadero tipo cenital



Características

Superficie: 700 m²

Altura al canal: 4 m

Altura al cenit: 6.5 m

Sin cortinas laterales abatibles

Techo: plástico

Vista lateral y frontal:
malla anti-áfidos

Cultivo: Jitomate
Saladette Tipo
indeterminado

Variedad : Ramses

Etapas: Producción

Siembra: En bolsas
Sustrato (Tezontle

Tipo de riego: Riego
por goteo con estaca

Invernadero tipo cenital



Características

Superficie: 3000 m²

Altura al canal: 4 m

Altura al cenit: 7 m

Sin cortinas laterales abatibles

Techo: plástico

Vista lateral y frontal:
malla anti-áfidos



Cultivo: Jitomate
Saladette Tipo
indeterminado

Variedad : Ramses

Etapas: Floración y
amarre de frutos

Siembra: En suelo.

Tipo de riego: Riego
por goteo con cintilla

Invernadero tipo cenital



Características

Superficie: 1000 m²

Altura al canal: 4 m

Altura al cenit: 7 m

Sin Ventanas laterales abatibles

Techo: plástico

Vista lateral y frontal:
malla anti-áfidos

Cultivo: Jitomate
Saladette Tipo
indeterminado

Variedad : El cid

Etapas: Plántula

Siembra: En suelo con
acolchado.

Tipo de riego: Riego
por goteo con estaca

Invernadero tipo cenital



Características

Superficie: 1500 m²

Altura al canal: 4 m

Altura al cenit: 7 m

Sin cortinas laterales abatibles

Techo: plástico

Vista lateral y frontal:
malla anti-áfidos



Cultivo: Jitomate
Saladette Tipo
indeterminado

Variedad : El cid

Etapas: Finalización de
producción

Siembra: En suelo con
acolchado.

Tipo de riego: Riego
por goteo con cintilla

Invernadero tipo cenital



Características

Superficie: 1000 m²

Altura al canal: 4 m

Altura al cenit: 6.5 m

Sin cortinas laterales
abatibles

Techo: Plástico
Lados frontales y
laterales: Malla anti-
afidos

Cultivo: Jitomate
Saladette Tipo
indeterminado

Variedad : Kicapu



Etapa: producción

Siembra: En suelo con acolchado.

Tipo de riego: Riego por goteo con cintilla

Invernadero tipo cenital



Características

Superficie: 2000 m²

Altura al canal: 4 m

Altura al cenit: 7 m

Sin cortinas laterales
Abatibles

Techo y arcos
frontales: plástico

Lados frontales y
laterales: malla anti-afidos



Cultivo: Jitomate
Saladette Tipo
indeterminado

Variedad : 7701

Etapa: Fructificación

Siembra: En suelo

Tipo de riego: Riego
por goteo con cintilla

Invernadero tipo cenital



Características

Superficie: 1000 m²

Altura al canal: 4 m

Altura al cenit: 6.5 m

Sin cortinas laterales
abatibles

Techo y arcos
frontales: plástico

Lados frontales y
laterales: Malla anti-



áfidos

Cultivo: Jitomate
Saladette Tipo
indeterminado

Variedad :
Cuahutemoc

Etapas: Floración

Siembra: En suelo

Tipo de riego: Riego
por goteo con cintilla

Invernadero tipo cenital



Características

Superficie: 6000 m²

Altura al canal: 4 m

Altura al cenit: 7 m

Sin cortinas laterales
Abatibles

Techo y faldón :
cubierta plástica

Lados frontales y
laterales: Malla anti-



áfidos

Cultivo: Pepino Tipo indeterminado

Variedad : Centauro

Etapas: Mitad en Producción y Mitad en preparación del suelo

Siembra: En suelo

Tipo de riego: Riego por goteo con estaca

Invernadero tipo cenital

Características



Superficie: 1000 m²

Altura al canal: 4 m

Altura al cenit: 7 m

Sin cortinas laterales
Abatibles

Techo:Plástico

Lados frontales y
laterales: Malla anti-
afios



Cultivo: Jitomate
Saladette Tipo
indeterminado

Variedad : El cid

Etapas: Fructificación

Siembra: Sustrato
tezontle en bolsa

Tipo de riego: Riego
por goteo con estaca

Invernadero tipo cenital

Características



Superficie: 2000 m²

Altura al canal: 4 m

Altura al cenit: 7 m

Sin cortinas laterales abatibles

Techo: Plástico

Lados frontales y laterales: Malla anti-afidos



Cultivo: Jitomate
Saladette Tipo
indeterminado

Variedad : 7701

Etapas: Floración

Siembra: En suelo con
acolchado color
blanco.

Tipo de riego: Riego
por goteo con cintilla

Invernadero tipo cenital

Características



Superficie: 1000 m²

Altura al canal: 4 m

Altura al cenit: 6.5 m

Sin cortinas laterales
Abatibles

Techo: Plástica

Lados frontales y
laterales: Malla anti-
afidos



Cultivo: Jitomate
Saladette Tipo
indeterminado

Variedad : El cid

Etapas: Floración

Siembra: En suelo

Tipo de riego: Riego
por goteo con cintilla

Invernadero tipo cenital

Características



Superficie: 2000 m²

Altura al canal: 4 m

Altura al cenit: 6.5 m

Sin cortinas laterales
Abatibles

Lados frontales y
laterales: Malla anti-
áfidos



Cultivo: Pepino Ingles
Tipo indeterminado

Variedad :

Etapas: Finalización de
producción

Siembra: En suelo

Tipo de riego: Riego
por goteo con cintilla

Invernadero tipo cenital

Características



Superficie: 2000 m²

Altura al canal: 4 m

Altura al cenit: 7 m

Sin cortinas laterales
Abatibles

Lados frontales y
laterales: Malla anti-
afidos



Cultivo: Pepino Tipo
indeterminado

Variedad : Centauro

Etapa: Plántula

Siembra: En suelo con
acolchado color gris-
plata.

Tipo de riego: Riego
por goteo con cintilla

Invernadero tipo cenital

Características



Superficie: 4000 m²

Altura al canal: 4 m

Altura al cenit: 7.5 m

Sin cortinas laterales
Abatibles

Lados laterales y
frontales: Malla anti-
afidos



Cultivo: Pepino
Tipo indeterminado

Variedad : Centauro

Etapas: Vegetativa

Siembra: En suelo con
acolchado.

Tipo de riego: Riego
por goteo con cintilla

Invernadero tipo cenital



Características

Superficie: 1500 m²

Altura al canal: 4 m

Altura al cenit: 7 m

Sin cortinas laterales abatibles

Lados frontales y laterales: Malla anti-afidos

Cultivo: Pepino
Tipo indeterminado

Variedad : Centauro

Etapa: Finalización de producción

Siembra: En suelo con acolchado.

Tipo de riego: Riego por goteo con cintilla

Invernadero tipo mariposa o doble ventila.

Características



Superficie: 1500 m²

Altura al canal: 4 m

Altura al cenit: 7 m

Sin cortinas laterales
Abatibles

Lados frontales y
laterales: Malla anti-
afidos



Cultivo: Jitomate
Saladette Tipo
indeterminado

Variedad : El cid

Etapa: Plántula

Siembra: En suelo con
acolchado.

Tipo de riego: Riego
por goteo con estaca

Invernadero tipo cenital



Características

Superficie: 1000 m²

Altura al canal: 4 m

Altura al cenit: 6.5 m

Sin cortinas laterales abatibles

lados frontales y laterales: Malla anti-afidos



Cultivo: Jitomate
Saladette Tipo
indeterminado

Variedad : El cid

Etapas: Producción

Siembra: En suelo con
acolchado.

Tipo de riego: Riego
por goteo con cintilla

Invernadero tipo cenital



Características

Superficie: 1000 m²

Altura al canal: 4 m

Altura al cenit: 7 m

Sin cortinas laterales
abatibles



Cultivo: Pepino
Tipo indeterminado

Variedad : Centauro

Etapas: Producción

Siembra: En suelo

Tipo de riego: Riego
por goteo con cintilla

Invernadero tipo mariposa o doble ventila



Características

Superficie: 2000 m²

Altura al canal: 4 m

Altura al cenit: 6.5 m

Sin cortinas laterales
Abatibles

Lados frontales y
laterales: Malla anti-
afidos

Cultivo: Pepino
Tipo indeterminado

Variedad : Centauro

Etapas: Finalización de
producción

Siembra: En suelo

Tipo de riego: Riego
por goteo con cintilla

Invernadero tipo cenital	Características
	<p>Superficie: 2000 m²</p> <p>Altura al canal: 4 m</p> <p>Altura al cenit: 7 m</p> <p>Sin cortinas laterales abatibles</p> <p>Lados Frontales y laterales: Malla anti-afidos</p>
	<p>Cultivo: Jitomate saladette Tipo indeterminado</p> <p>Variedad : El cid</p> <p>Etapas: Finalización de producción</p> <p>Siembra: En tezontle</p> <p>Tipo de riego: Riego por goteo con cintilla</p>

--	--

Invernadero tipo cenital	Características
 	<p>Superficie: 2500 m²</p> <p>Altura al canal: 4 m</p> <p>Altura al cenit: 7 m</p> <p>Sin cortinas laterales Abatibles</p> <p>Arcos frontales cubiertos de plastico</p> <p>Lados frontales y laterales: Malla anti- áfidos</p> <p>Cultivo: Jitomate saladette Tipo indeterminado</p> <p>Variedad : El cid</p> <p>Etapa: Finalización de producción</p> <p>Siembra: En tezontle</p> <p>Tipo de riego: Riego por goteo con cintilla</p>

--	--

Invernadero tipo cenital	Características
 	<p>Superficie: 40 000 m²</p> <p>Altura al canal: 4 m</p> <p>Altura al cenit: 7 m</p> <p>Sin cortinas laterales abatibles</p> <p>Lados frontales y laterales: Malla anti-afidos</p> <p>Interior con malla sombra para disminuir la temperatura</p> <p>Cultivo: Pepino Tipo indeterminado</p> <p>Variedad :</p> <p>Etapas: iniciación</p> <p>Siembra en fibra de coco o bolis, sobre ground cover</p> <p>Tipo de riego: Riego</p>

	por goteo con cintilla
--	------------------------

Invernadero tipo cenital	Características
	<p>Superficie: 2500 m²</p> <p>Altura al canal: 4 m</p> <p>Altura al cenit: 7 m</p> <p>Lados frontals y laterales: Malla anti-afidos</p>

Invernadero tipo cenital	Características
	<p>Superficie: 3000 m²</p> <p>Altura al canal: 4 m</p> <p>Altura al cenit: 6.5 m</p> <p>Lados frontales y laterales: Malla anti-afidos</p> <p>Sin cultivo</p> <p>Malas condiciones de la cubierta y sistema de riego</p>

Invernadero tipo cenital

Características



Superficie: 1500 m²

Altura al canal: 4 m

Altura al cenit: 6.5 m

Lados frontales y
laterales: Malla anti-
afidos

Sin cultivo.

Invernadero tipo cenital

Características



Superficie: 60 500 m²

Altura al canal: 4 m

Altura al cenit: 7 m

Lados frontales y
laterales: Malla anti-
afidos



Limpieza y
preparación del
sustrato, reemplazo
de bolsas

Invernadero tipo cenital

Características



Superficie: 10 000 m²

Altura al canal: 4.5 m

Altura al cenit: 7.5 m

Lados frontales y
laterales: Malla
sombra anti-áfidos



Cultivo: Pepino
Crecimiento
indeterminado

Variedad : español

Etapas: Producción

Siembra: suelo

Tipo de riego: Riego
por goteo con cintilla

Invernadero tipo cenital

Características



Superficie: 5 000 m²

Altura al canal: 4 m

Altura al cenit: 7 m

Lados frontales y
laterales: malla anti-
afidos

Invernadero sin
actividad
Último ciclo sembrado
en 2013

Invernadero tipo mariposa o doble ventila

Características



Superficie: 4 000 m²

Altura al canal: 4 m

Altura al cenit: 6.5 m

Cortinas laterales
abatibles

Invernadero en malas
condiciones.

Ultimo ciclo de
siembra en 2014

Invernadero tipo cenital

Características



Superficie: 10 000 m²

Altura al canal: 4 m

Altura al cenit: 7 m

Lados laterales y
frontales: Malla anti-
afidos



Cultivo: Pepino
Tipo indeterminado

Variedad : Centauro

Etapas: Producción

Siembra: En suelo con
acolchado color gris

Tipo de riego: Riego
por goteo con cintilla

Invernadero tipo cenital

Características



Superficie: 5 000 m²

Altura al canal: 4 m

Altura al cenit: 7 m

Lados laterales y
frontales: Malla anti-
afidos



Cultivo: Pepino
Tipo indeterminado

Variedad : Centauro

Etapa: Fructificación

Siembra: En suelo

Tipo de riego: Riego
por goteo con cintilla

Invernadero tipo cenital



Características

Superficie: 1 000 m²

Altura al canal: 4 m

Altura al cenit: 7 m

Lados laterales y
frontales: Malla anti-
afidos

Situación: preparación
del terreno.

No se permitió el
acceso al invernadero.

Invernadero tipo cenital



Características

Superficie: 1 000 m²

Altura al canal: 4 m

Altura al cenit: 6.5 m

Lados laterales y
frontales: Malla anti-
áfidos

Invernadero en
preparación del suelo.

No se permitió el
acceso al invernadero.

Invernadero tipo cenital



Características

Superficie: 40 000 m²

Altura al canal: 4 m

Altura al cenit: 7 m

cortinas laterales
abatibles



Cultivo: Pepino
Tipo indeterminado

Variedad : Centauro

Etapas: Producción

Siembra: En suelo con
acolchado color gris

Tipo de riego: Riego
por goteo con cintilla

Invernadero tipo cenital

Características



Superficie: 3 500 m²

Altura al canal: 5 m

Altura al cenit: 6.5 m

Lados frontales y laterales. Malla anti-afidos



Cultivo: Jitomate

Variedad : Ramses

Etapas: Plántula

Siembra: En suelo con acolchado color gris

Tipo de riego: Riego por goteo con cintilla

Invernadero tipo cenital

Características



Superficie: 10 000 m²

Altura al canal: 4 m

Altura al cenit: 7m

Lados laterales y
frontales: Malla anti-
afidos

Invernadero en
preparación del suelo.

No se permitió el
acceso al invernadero.

Invernadero tipo cenital



Características

Superficie: 2 000 m²

Altura al canal: 3 m

Altura al cenit: 6.5 m

Lados frontales y
laterales: Malla anti-
afidos



Cultivo: Pepino
Tipo indeterminado

Variedad : Centauro

Etapa: Producción

Siembra: En suelo

Tipo de riego: Riego
por goteo con cintilla

Invernadero tipo cenital



Características

Superficie: 1 000 m²

Altura al canal: 4 m

Altura al cenit: 7 m

Lados frontales y
laterales: Malla anti-
afido

Invernadero en
preparación del suelo.

Invernadero tipo cenital

Características



Superficie: 1000 m²

Altura al canal: 4 m

Altura al cenit: 6.5 m

Cortinas laterales
abatibles



Cultivo: Pepino
Tipo indeterminado

Variedad : Centauro

Etapas: Producción

Siembra: En suelo con
acolchado color gris

Tipo de riego: Riego
por goteo con cintilla

4.3. Anexo 3. Directorio de instituciones

SAGARPA

Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación.

www.sagarpa.gob.mx/

Av. Municipio Libre 377.

Col. Santa Cruz Atoyac,

Del. Benito Juárez, C.P. 03310,

México, D.F. Tel: 3871-1000.

FIRCO

Fideicomiso de Riesgo Compartido

Av. Cuauhtémoc 1230, Pisos 15, 16 y PH,

Santa Cruz Atoyac, Benito Juárez, C.P.03310,

México, DF. Tel: 01(55)5062-1200

<http://www.firco.gob.mx/>

SEDAGRO

Secretaria de Desarrollo Agropecuario

Av. Atlacomulco 136,

Cantarranas, 62448

Cuernavaca, Mor.

01 777 312 1635

<http://agropecuario.morelos.gob.mx/>

FIRA

Fideicomiso Instituido en Relación con la Agricultura.

Jiutepec, Zacatepec, Kilómetro 12.5

Tezoyuca, Emiliano Zapata, Mor.

01 777 385 099

<https://www.fira.gob.mx>

UACH

Universidad Autónoma Chapingo

km 38.5 Carr. México - Texcoco. CP 56230,

Chapingo, Estado de México.

Tel (595)9521500

<https://www.fira.gob.mx>

AMHPAC

Asociación Mexicana de Horticultura Protegida
Juan Carrasco 787 Nte.Col. Centro C.P. 80000
Culiacán, Sinaloa.

Tel./Fax (667) 715 5830, (667) 715 9868

<http://www.amhpac.org/>

5. Artículos de Agricultura Protegida

5.1. *Effect of drag coefficient over the natural ventilation system in a Screenhouse by using CFD*

J. Flores-Velazquez and W. Ojeda
Mexican Institute of Water
Technology. IMTA. Paseo
Cuauhnáhuac 8532. Jiutepec,
Mor. México. 62550
e-Mail:
jorge_flores@tlaloc.imta.mx

A. Rojano A
University of Chapingo.
Chapingo, Mex. 56230.
Mexico

Abstract

Screenhouse is the one of the most important component in Mexican horticulture production system. It is rising in extension along with low technology structures (53 %) over typical plastic cover greenhouses (47 %). Among the main reasons are the average temperature condition in widely regions dedicated to crop production as well as the high cost for installing heating or ventilation systems. In this technology, particularly, tomato is the key crop with a 78 - 80 %, but sweet pepper (10 - 12 %) and cucumber (2 - 4 %). Normally, screenhouse is suitable installed in semiarid regions; however its management is based on traditional greenhouse knowledge. Nevertheless, CFD is used for analyzing thermal behavior in a big scale screenhouse by using the classical k-e method with four different sequential crops and mesh porosities. Preliminary results indicate not significant difference in the ventilation system. As a result, spatial thermal distribution is similar regardless of the crop and mesh porosities, in spite of Leaf Area Index.

Keywords: Air exchange, horticulture, thermal gradient, turbulence model.

5.1.1. Introduction

Mexico is the most important greenhouse crop producer in America. Along the country is possible to find a wide range of designs and sizes. The evolution of this crop production system, is the one with mesh structures, better known as Screenhouse (Rossel et al., 1979, Bustamante, 2001). In Spain Mediterranean coast (Pardossi et al., 2004) and humid tropical climate countries such as Israel, Turkey, Morocco and Greece is very common to find this type of construction, which aims to accomplish adequate returns

with low technology (Castilla and Hernandez, 2005). In Mexico, half surface dedicated to crop production in a protected culture is based on screen cover.

Even though the concept of this structure has certain advantages over the greenhouse with plastic or glass cover in humid tropical climates (Desmorais and Vigaya, 1997), it has the possibility to maintain a fresh environment inside within a zero energy cost, or too low, by maintaining a porous interface with the environment that lets keeping a naturally ventilated environment (Flores-Velazquez and Montero, 2008). It also represents a big disadvantage due to economically unfeasible to heat.

These covered mesh structures are generally constructed in higher extensions than the conventional greenhouses (Tanny et al., 2003a) and in semi-arid or warm regions because of the noticeable benefits compared to a conventional greenhouse, is the reason why its usage continues spreading and increasing the horticultural surface cropped in Screenhouse. Despite this trend, the use of this structure remains in a semi-empirical way, due to lack of knowledge on the physical behavior of the indoor environments that may be subject to the structure shape, Desmorais and Vigaya (1997) noted that the architectural configuration of the Screenhouse is one of the most representative and influencing factors of the inside temperatures, as well the mesh porosity that covers it, due to reduced ventilation that occurs at the boundary of the mesh (Miguel, 1998, Cabrera et al., 2006, Tanny and Cohen, 2003a, 2009). The size of the structure and the shape of roof are another aspect to consider, as has been experimentally analyzed in recent years Tanny et al. (2003b, 2008 and 2010) and Flores-Velazquez et al. (2013).

The use of Screenhouse is based on the results obtained from conventional greenhouses, where mainly studies have been done for ventilation and thermal behavior of greenhouses (Boulard and Baille, 1995, Baptista et al., 1999, Perez-Parra, 2004, Molina et al., 2005), and more recently biological (Pirkner et al., 2013, Ayala-Tafoya, 2015) and climatic issues (Montero et al., 2011). This issue intends to make a comparative analysis of the natural ventilation functioning in a large Screenhouse ($L \times W \times H = 245 \text{ m} \times 110 \text{ m} \times 4 \text{ m}$) with four different crops. Each crop has a specific characteristics, such as leaf shape, FAD, height, etc., as a consequence the drag coefficient is also different. Drag coefficient is calculated and simulated using Computational Fluid Dynamics (CFD), which simulates i) the impact of different crops assuming a porous coating and ii) the reduction of wind speed due to the obstacle that presents a well-developed tomato, pepper, eggplant and beans shrubberies. This work aims to show aerodynamic differences that occur in the natural ventilation in a Screenhouse with different types of crops.

5.1.2. Materials and methods

The use of a 3D model and considering that a crop developed with porous matrix structure covering as the basic aspects for the construction of the computational model and subsequent numerical analysis; Ansys Workbench was the software package used to perform the simulations. This work presents the results of a model that combines Screenhouse (Figure 1) and its surroundings to determine airflow patterns and environment temperature inside the Screenhouse. The characteristics of the porous medium structure is presented in Tables 1 and 2.

Numerical Model

The model used for describing the wind movement, assuming an incompressible viscous fluid is represented by the Navier-Stokes equations, mathematical deduction is typically explained by a mass and energy balance on a control volume, the ec.1 is a generalized form:

$$\frac{\partial(\rho\phi)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \bar{u}\phi) = \nabla \cdot (\Gamma \nabla \phi) + S\phi \quad (1)$$

The four terms that compound this equation are: transient, convection, diffusion and a source terms, the variable is the dependent variable that describes the flow characteristics at an specific time point location, is the density, the speed, in a 3D space, = (x, y, z, t).

The screen cover simulation (Porous Jump condition)

The use of anti-insect mesh in the screen house walls and roof, has been modeled in terms of permeability and porosity (Miguel et al., 1997). The equation of the fluid motion through a porous mesh can be derived from Forchheimer equation (Eq. 2).

$$\frac{\partial p}{\partial x} = \frac{\mu}{K} u + \rho \frac{C_F}{\sqrt{K}} |u| |u| \quad (2)$$

where μ = fluid dynamic viscosity [Kg. m⁻¹ s⁻¹]; K = intrinsic permeability of the medium (m²); C_F = inertial factor (Y), also called coefficient of nonlinear load loss, ρ = air density [Kg masa M⁻³]; u = air speed [M s⁻¹], and y = the thickness (es) of the porous material [m].

Taking the experimental data from Miguel et al. (1997), Valera et al. (2006), Teitel (2001) and Kamarudin (1999), using the technique of regression equations derived to calculate the permeability (Y) (Eq. 3) and loss coefficient inertia (K) (Eq. 4) according to the porosity of the mesh (ε). The characteristics of the mesh are shown in Table 1.

$$Y = 0.0342 \varepsilon^{-2.5917} \quad (3)$$

$$K = 2 e^{-7} \varepsilon^{3.5331} \quad (4)$$

The crop simulation (Porous Zone Condition)

The simulation of the crop is using the approach of a porous medium, where the pressure drop due to the inertia effect and can be expressed by Forchheimer equation (Eq. 2); This is included in the source term of the time Navier Stokes equation (Eq. 1), the interest variable (ϕ) represents the amount of time caused by the effect of growing friction, this friction force can be expressed per unit volume of coverage using the formula shown as (Eq. 5):

$$S_{\phi} = -L C_D v^2 \quad (5)$$

Where c is the air velocity ($m s^{-1}$), ρ refers to the density of crop leaf area ($m^2 m^{-3}$), and c is the friction coefficient (drag coefficient).

Grid arrangement and boundary conditions

Only half of the greenhouse was meshed in ANSYS in a symmetrically way (240x55x53) inserted into a domain of 735x165x53 divisions, the scheme used was Quad Pave and subsequent import into workbench, where the 3-D simulations were made, with external wind speed of $3 m s^{-1}$; The turbulence model was the SKE. Dimensions are shown in Table 2.

Dragging coefficients were estimated using experimental data for each crop by Molina-Aiz (2012) as shown in Table 3, by applying Eq. 1 and Eq. 3. The flow reduction due to crop, was simulated in the source term (S_{ϕ}) in Eq. 5. The leaves shape determines air flow under different crop shapes are shown in Figure 2.

5.1.3. Results and discussion

The differences in plant architecture and leave shape, even when each one are totally developed, causes differences in wind behavior along the Greenhouse. The pressure decay at the entrance of the structures is close to 80 % because the screen and generally in the length of the roof; it behaves differently with ventilation rate. This brings

as a result that the air input patterns in the Screenhouse border is important (Figure 3-4).

Figure 3 shows the marked variation of conditions in the immediately zone after pass the entrance interface, which is originated a significant drop in pressure, once superseded the area, the pressure difference on the roof is relatively small, which agrees with observations by Tanny et al. (2008) to find very slow speeds in the lower part of the crop (Figure 3A).

Figure 3A shows the scalar profile of wind velocity (m s^{-1}) and temperature (K) (Figure 3b) measured at 0.7 m in height (top part of the crop), both cases show higher reductions up to 85%, being more noticeable in the 20 - 30 m of Screenhouse, where velocity is reduced by up to 90% (Figure 3A), and high temperature (299 K). After that, variations are considered by the crop. According to Figure 2, pepper is the crop with big leaf over other, even the major drag coefficient is in tomato 0.26 (Table 3).

On the other hand, even if the distribution of wind velocity vectors in the Screenhouse bottom (crop area) are very similar (Figure 4), different drag coefficient between crops are simulated, and they generate different spatial distribution of wind directions and temperature (Figure 3 and 4), all of that cases show higher speed reductions to 70 - 82%, being more prominent when the pepper is simulate, in this case, the wind velocity remain constant along the Screenhouse (0.18 m s^{-1}) Figure 3A. The opposite case is when the bean leaf is simulated, with 0.3 m s^{-1} wind velocity along the screenhouse.

In addition, even if the distribution of wind velocity vectors in the crop area are very similar (Figure 4), wind speeds are reduced more in the pepper and tomato. As a consequence thermal difference can be until 1 K because leave shape and crop Leaf Area Density. Figure 4B shows a top view of the temperatures measured at 0.7 m in height (crop area), it shows a heterogeneous heat distribution, due to variations in air distribution (Figure 4A).

5.1.4. Conclusion

Screenhouse usage for horticultural crops has expanded in those semi arid regions of Mexico showing very good results. Related studies indicate that the height, the shape and dimensions of the structure bring differences in indoor air quality. In addition, the present work has observed wind velocity and temperature differences among crops. Each crop produces specific hinder in the exchange of air through the screenhouse,

resulting in a decrease in wind speeds inside, thusly it presents lower and stable temperature gradients.

Pepper plants were reducing wind velocity 0.18 m s^{-1} along the screenhouse and the bean leaves arise until 0.3 m s^{-1} , this difference represents a thermal gradient 1 K along 245 m length, between the window of air entry and exit. In spite of the difference in leaf shape, a little difference was observed in the rate of air renovation between crops studied. This promotes the theory that wind becomes stable once the leaves "align" to air flow. In consequence the flow rate is independent from the friction coefficient, associate to the leave crops.

5.1.5. Literature cited

Ayala-Tafoya, F, R. Sánchez-Madrid, L. Partida-Ruvalcaba, M. G. Yáñez-Juárez, F. H Ruiz-Espinosa, T. Velázquez Alcaraz, M. Valenzuela-López y J. M. Parra-Delgado. 2015. Producción de pimienta morrón con mallas sombra de colores. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 38 (1): 93 - 99, 2015.

Baptista, F.J., Bailey, B.J., Randall, J.M., and Meneses, J.F. 1999. Greenhouse ventilation rate: theory and measurement with tracer gas techniques. *Journal of Agricultural Engineering Research.* 72, 4: 363–374.

Boulard, T. and Baille, A. 1995. Modelling of air exchange rate in a greenhouse equipped with continuous roof vents. *Journal of Agricultural Engineering Research.* 65: 145-157.

Bustamante, O.J. de D. 2001. Bioespacios y la modificación microclimáticas alternativa para el control de "chino" en jitomate (*Lycopersicon Esculentum Mill*) y otras hortalizas. *Revista Horticultura Mexicana*, Vol 8, Num. 3. Sociedad mexicana de ciencias hortícolas. 48 p.

Cabrera F. J., J.C. López, E. J. Baeza, and J. Pérez-Parra. 2006. Efficiency of anti-insect screens placed in the vents of Almeria Greenhouses. *Acta Hort.* 719, 605-614.

Castilla, N., Hernandez, J., 2005. The plastic greenhouse industry in Spain. *Chronica Hort.* 45 (3), 15–20.

Desmoris, G. and Vigaya Raghoven, G. S. 1997. Thermal Characteristics of screenhouse configurations in a West-African tropical climate. *Acta Hort.* 493: 39-46.

Flores-Velazquez, J. and Montero, J.I. 2008. Computational Fluid Dynamics CFD study of large scale screenhouse. *Acta Hort.* 797, 117-122.

Flores-Velazquez, J., F. Villarreal, I.L. Lopez, J.I. Montero and D. Piscia. 2013. 3-Dimensional Thermal Analysis of a Screenhouse with Plane and Multispan Roof by Using Computational Fluid Dynamics (CFD). *Acta Hort.* 1008, ISHS 2013. 151-158.

Kacira, M., Sase, S., Okushima, L. 2004. Effects of side vents and span numbers on wind-induced natural ventilation of a gothic multi-span greenhouse. *JARQ* 38(4): 227-233.

Kamaruddin, R. 1999. A naturally ventilated crop protection structure for tropical conditions. Ph. D. Thesis. Silsoe College, Cranfield University. UK.

Miguel, A. F., Van de Brank, N. J., Bot, G.P.A. 1997. Analysis of the airflow characteristics of greenhouse screening materials. *J Agric. Engng. Res.* 67: 105-112.

Miguel A. F., N J Van de Braak, A.M. Silva, G. P. Bot. 1998. Physical Modelling of natural ventilation through screens and windows in greenhouses. *J. agric. enging. res.* 70, 165-176.

Molina-Aiz, F. D., Valera, D. L and Peña, A.A. 2005. Optimisation of Almeria-type Greenhouse

Ventilation performance with computational fluid dynamics. *ISHS* 691, 1: 433-440.

Molina-Aiz F.D, Valera D.L, Alvarez A.J, Madueño A. A Wind Tunnel Study of Airflow through

Horticultural Crops: Determination of the Drag Coefficient. *Biosystems Engineering.* 2006; 93: 447–457.

Montero, J. I., Hunt, G. R., Kamaruddin, R., Anton, A. and Bailey, B. J. 2001. Effect of ventilator configuration on wind driven ventilation in a crop protection structure for the tropics.

Journal of Agricultural Engineering Research. 80: 99-107.

Montero, J.I., P. Muñoz, M. C. Sánchez-Guerrero, E. Medrano, D. Piscia¹ and P. Lorenzo. 2011. Shading screens for the improvement of the night-time climate of unheated greenhouses. *Spanish Journal of Agricultural Research* 2013 11(1), 32-46

Pardossi, A., Tognoni, F., Incrocci, L., 2004. Mediterranean greenhouse technology. *Chronica Hort.* 44 (2), 28–34.

Pérez-Parra, J.J., Baeza, E., Montero, J.I., and Bailey, B.J. 2004. Natural ventilation of parral greenhouses. *Biosystems Engineering* 87, 3: 89-100.

Pirckner, M., U. Dicken and J. Tanny. 2013. Penman-Monteith approaches for estimating crop evapotranspiration in screenhouses- A case study with table grape. *Int J. Biometeorol.*

Rossel, H.W. and Ferguson J. M. 1979. A new and economical screenhouse for virus research in tropical areas. *FAO, Plant Protection Bulletin*, 27(3), 74-76.

Tanny, J., & Cohen, S. 2003a. The effect of a small shade net on the properties of wind and selected boundary layer parameters above and within a citrus orchard. *Biosystems Engineering*, 84, 57e67.

Tanny, J., Cohen, S., Teitel, M. 2003b. Screenhouse microclimate and ventilation: an experimental study. *Byosistem engineering*, 84 (3), 331-341.

Tanny, J., Teitel, M., Barak, M., y Esquirra, R.M. 2008. The effect of height on Screenhouse microclimate. *Acta horticulturae*, 801, 107-114.

Tanny, J., Möller, M. and Cohen, S. 2009. Aerodynamic properties of boundary layers along screens. *Biosystems Engineering* 102: 171–179.

Tanny, J., Dicken, U. and Cohen, S. 2010. Vertical variation in turbulence statistics and energy balance in a banana screenhouse. *Biosystems engineering* 106: 75-187.

Teitel, M. 2001. The effect of insect-proof screens in roof openings on greenhouse microclimate. *Agr. Forest. Meteorology*. 110: 13-25.

Valera, D. L., Alvarez, A.J. and Molina, F.D. 2006. Aerodynamic analysis of several insect-proof screens used in greenhouses. *Spanish Journal of Agricultural Research* 4, 4: 273-279.

5.1.6. Tables

Table 1 Mesh cover characteristics.

Dimensions	Porosity (%)	Red. of flux (%)	Diameter pore(mm)	Diameter thread (mm)	Effect viscosity (%)	Drag Coeff. (C ₂)
16.1x10.2	0.33	45	0.30	0.32	3.98e ⁻⁹	19185.7 0

Table 2 Computational model screenhouse sizes and Initial condition of simulations.

Dimensions (Lxwxh [m])	Cells Number	Soil Heat transfer	Exterior temperature	Wind Vel.
245x110x4	998 228	200 W m ⁻²	295 K	3 m s ⁻¹

Table 3. Characterization of four crops with different leaf shape (Adapted of Molina-Aiz, 2012).

Crop	LAD (m ² m ⁻³)	Cd	Sφ
Tomato	5.6	0.26	2.9
Pepper	5.8	0.23	2.7
Egg Plant	3.7	0.23	1.7
Beans	3.0	0.22	1.6

5.1.7. Figures



Figure 1 Screenhouse representation and computational model

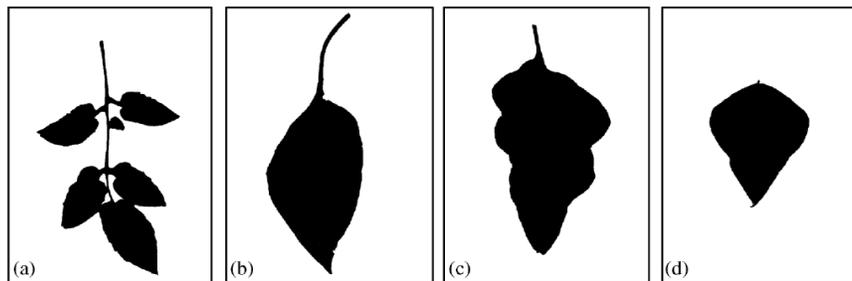


Figure 2. Morphology of the leaves of a) Tomato, b) Pepper, c) Egg Plant c) Beans. (Molina-Aiz, 2012).

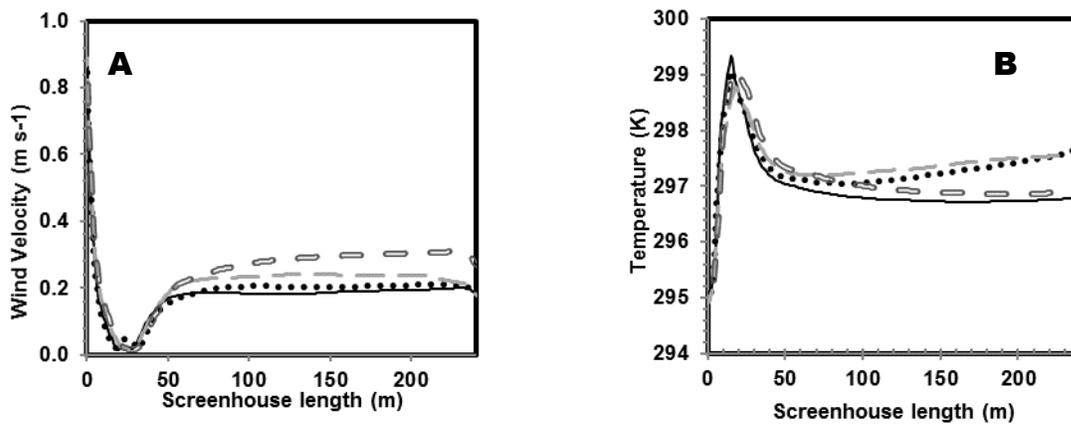


Figure 3 Wind velocity (a) and temperature (b) profiles the four crops
 (.....) Pepper, (○) Tomato, (—) Egg plant and (□) Bean

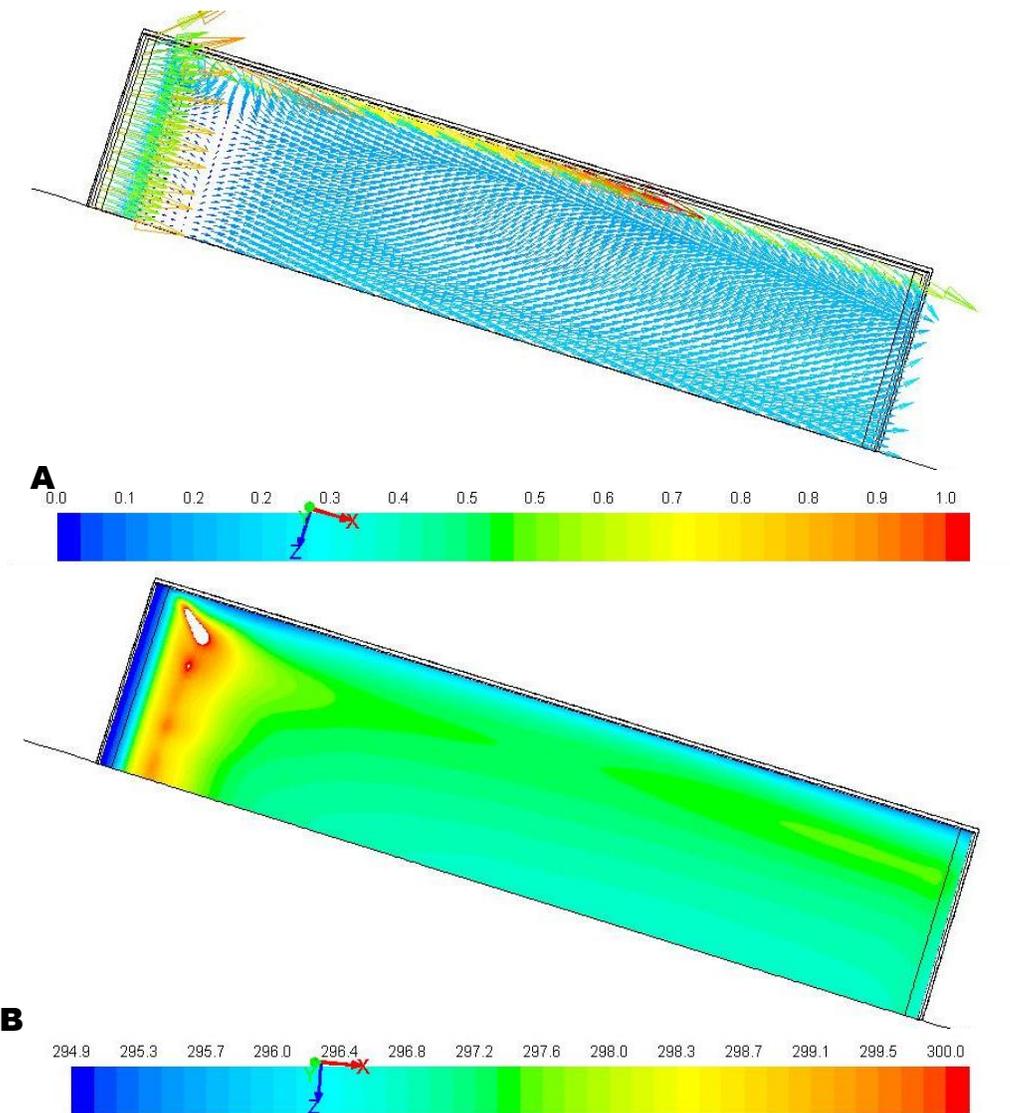


Figure 4 Top view of (A) wind velocity vectors (m s^{-1}) and (B) Temperature (K) at 0.7 m high, by pepper simulation. Exterior velocity 3 m s^{-1}

5.2. *Energy exchange by convection in a closed greenhouse a pipe heating system: a CFD analysis*



2950 Niles Road, St. Joseph, MI 49085-9659, USA
269.429.0300 fax 269.429.3852 hq@asabe.org www.asabe.org

An ASABE Meeting Presentation

Paper Number: [152190826](#)

Energy exchange by convection in a closed greenhouse a pipe heating system: a CFD analysis

Jorge Flores-Velázquez ¹
Abraham Rojano-Aguilar ²
Adriana Rojas-Rishor ³
Waldo Ojeda-Bustamante ¹

Mexican Institute of Water Technology, Morelos, Mexico ¹

Autonomous University of Chapingo, Texcoco, México ²

University of Costa Rica, San José, Costa Rica ³

Mexican Institute of Water Technology, Morelos, Mexico ¹

Written for presentation at the
2015 ASABE Annual International Meeting
Sponsored by ASABE
New Orleans, Louisiana
July 26 – 29, 2015

(The ASABE disclaimer is in a table which will print at the bottom of this page.)

5.2.1. Abstract

Climate control inside greenhouses are one of the most important cost in the production process. However in many regions with mild winters, low temperatures are only in a specific data and periods of time, in this case the simple natural convection can be applied and the atmosphere of greenhouse heating. The main objective of this work is to analyze the effects of natural convection under various temperature gradients and the relationship among physical and mathematical vortex nonlinearities, based on the

Boussinesq model defined on a piece smooth bounded domain with the classical theory of convection. Computational fluid dynamics (CFD) is used as an analytical tool to demonstrate the behavior of the wind in a closed greenhouse as a result of natural convection generate by heating. Tomato crop is also simulated as a porous zone with a source term in the balance equation.

Keywords. Thermal profile, Navier-stokes equations, velocity vectors, greenhouse.

5.2.2. Introduction

Greenhouse heating is one of the factors of greatest impact on production (Bakker, 1995). From the environmental point of view, the use of fossil fuels is a decline in agricultural production trends, and of course in the economic aspect; however, in regions with cold winters, are essential to achieve sustainable production. A method, which is minimum threshold, to prevent the temperature exceeding is based on the forces that are derived by a temperature gradient or convection. The heat source can be of various types like a collector wall, or a heating system based on water or gas driven by a pipe, are systems that most of the cold climate greenhouses used to maintain the temperature. The heating pipes (heating pipe) is an effective means of keeping the greenhouse warm convection heat and radiation heat, but also must find ways to increase efficiency. The position of these tubes and the power of the heating devices determine the spatial distribution of temperature and flow patterns induced by the movement of air due to the convective effect.

Teitel, Segal, Shklyar & Barak (1999), report that the best way to put the tubes is at half height and under cultivation, with the tubes near the leaves much as possible. Other configurations have been studied by several researchers (Popovsky, 1986; Boot & Van de Braak, 1995; Teitel & Tanny, 1998 and Roy, Boulard & Bailley, 2000), which

The authors are solely responsible for the content of this meeting presentation. The presentation does not necessarily reflect the official position of the American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASABE), and its printing and distribution does not constitute an endorsement of views which may be expressed. Meeting presentations are not subject to the formal peer review process by ASABE editorial committees; therefore, they are not to be presented as refereed publications. Citation of this work should state that it is from an ASABE meeting paper. EXAMPLE: Author's Last Name, Initials. 2013. Title of Presentation. In *2015 ASABE Annual International Meeting*. St. Joseph, Mich.: ASABE. For information about securing permission to reprint or reproduce a meeting presentation, please contact ASABE at rutter@asabe.org or 269-932-7004 (2950 Niles Road, St. Joseph, MI 49085-9659 USA).

highlight the influence of the heating system on cultivation and radiation aspects. As a result of these investigations, we have come to know the advantages of placing a heating system piping hot (heating pipe) at the bottom of the crop without affecting the evaporation of it (Kempkes & Van de Braak, 2000). Also favors the removal of moisture, a variable that is directly related with air quality and has been analyzed using computational fluid dynamics (CFD) to discuss various aspects, such as condensation of this flow (Piscia, Montero, Baeza, & Bailey, 2012) and cooling (Kim et al., 2008) especially in closed greenhouses (Flores, Mejía, Montero & Rojano, 2011).

From the numerical point of view, Boulard et al. (1999), performed experimental validation of a model based on CFD to analyze the thermal gradients, which found that the largest temperature differences occur in the first layers near the ground and under the roof, but inside the greenhouse temperatures can be more consistent and homogeneous distribution. Similarly, Tadj et al. (2007), used CFX (ANSYS, 2003) to analyze the airflow and temperature under three scenarios simulating tube position and a tomato crop, where they observed the same behavior of air and temperature, strong thermal gradients near the floor and ceiling, and homogeneous in the rest of the greenhouse.

In this case, the aim of this study is to discretize a Venlo greenhouse in response to the heating system pipes and fully developed tomato crop using computational fluid dynamics simulation considering two schemes, adiabatic wall temperature and external environment according to the experimental data recorded. The amount of information collected in last decades on the temperature and more recently on the moisture, it has grown enormously; be enough to say that the technological development and the requirements from different public and private sectors have made that the analysis of some of the micro meteorological factors at local level are considered of big relevancy.

The main issue of this study is regarding the two important issues concerning inner energy partitioning which are the variability across different climates and ecosystems and the mechanisms for this variability (García, 2001; Reichrat & Davies, 2002; Rojano et al., 2009). Energy partitioning at the surface is a complex function of longer-term interactions between biogeochemical cycling, disturbance on climate, and shorter-term interactions between plant physiology and the development of the air boundary layer. For instance, in details, longer time scales, leaf nitrogen, photosynthetic capacity, leaf area, canopy structure and maximum stomata conductance of individual species have adapted to the local climate demand and the supply of nutrients; however, on shorter time scales, stomata conductance responds to the local environment, which changes as the air boundary layer develops.

The “big leaf” or “single-source” idealization of a canopy, which depicts the surface characteristics using a limited parameter set, is a method for simplifying the effects these complex processes have in controlling surface flux characteristics. Because of three-dimensional and nonlinear canopy processes, single-source models are not always an acceptable modeling approach. Nevertheless, the “big leaf” idealization is a practical approach for quantifying the atmospheric and vegetation control of ecosystem energy fluxes without a detailed knowledge of complexity at each site. The “big leaf” paradigm parameterizes the canopy as a one-dimensional source for the turbulent exchange of fluxes.

5.2.3. Methodology

Description of experimental site

The experimental data was measured in the Department of Biosystem Engineering at the Humboldt University of Berlin, Germany, in a Venlo type glasshouse of four bays (Figure 1). A Venlo glasshouse type of 4 modules were used. It has 24 m long, 12.8 m wide and 6.8 m above. Each module measured 24 x 3.2 x 6.8 m (Figure 1). Sensors were placed in 7 heights, 0.1, 1, 2, 3, 4, 5 and 6 m to measure temperature (°C), relative humidity (%) and wind speed (m s⁻¹). The heat pipes are positioned one under each crop line (2 tubes with a diameter of 0.1 m) and four tubes at the roof of 0.05 m diameter. The greenhouse is fully closed and is located under climate conditions of the Humboldt University in Germany

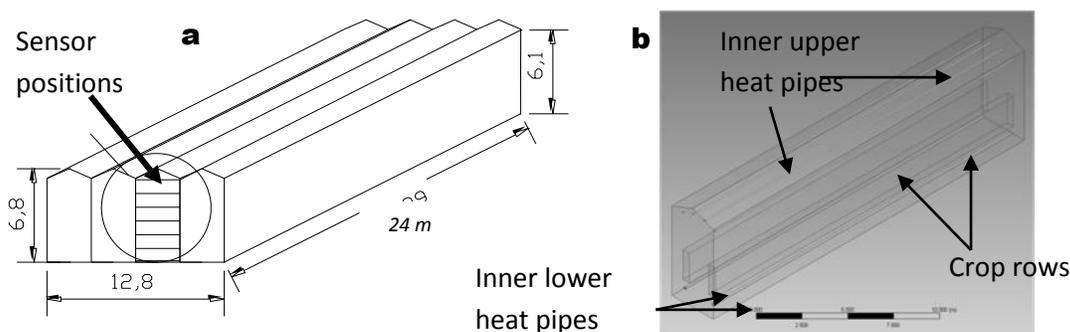


Figure 1. Schematic geometrical cabinet description, recording point zone, and pipes and plant locations.

Numerical model

Version 13.0 and ANSYS WORKBENCH program was used to carry out the simulations for the resolution of the three physical foundations that support the Navier Stokes equations: conservation of mass, momentum and energy. Each deduction is typically explained by a mass and energy balance on a control volume and applied to a greenhouse can be expressed as equation 1 (Anderson, 1995).

$$\frac{\partial(\rho\phi)}{\partial t} + \nabla \cdot (\bar{u} \phi) = \nabla \cdot (\Gamma \nabla \phi) + S_{\phi} \quad (1)$$

in which ρ is the density (kgm^{-3}), t is time (s), ∇ is the divergence operator, Γ the diffusion coefficient, u the velocity vector (ms^{-1}) and S the source term. The variable ϕ is a dependent variable and can be mass, velocity, temperature or chemical factor, describing the flow characteristics in a location and a specific time in three dimensional space $\phi(x, y, z, t)$. Boundary conditions and models used are listed in Table 1.

Table 1. Specific models activated and boundary conditions

Simulation Hypothesis	
Solver	Segregates discrete phase model with pressure and 3D simulation
Formulation	Implicit
Time development	Stationary
Viscosity function	Two equations k-e (standard wall) and buoyancy model
Energy equation	Activated
Phases Model	Multiple
Discrete phase model	Activated
Boundary Conditions	
External wind velocity	Null (adiabatic)
Temperature of lower tubes	303 K
Temperature of upper tubes	283 K
Crop simplification	Porous medium
Heat source	Constant, 100 (Exp.) W m^{-2}
Moisture source fraction	0.012
Greenhouse cover	Adiabatic (Heat flux = 0) Wall (T = 283 K)

Climate modeling

Air movement will be based on a temperature gradient and therefore phenomena of convective mass transport. Two models are basic for the analysis of this phenomenon: flotation model of natural convection, which considers the density variation as function of temperature and Boussinesq model which has proved suitable is given by equation 2 (Boulard et al., 2002).

$$\rho = \rho_i [1 - \beta (T - T_i)] \quad (2)$$

where ρ is density (kg m^{-3}), β is the coefficient of thermal expansion (K^{-1}) and T is temperature (K).

Air movement assumes a mixture of liquid, vapor and gas non-consumable. The standard equation that governs the mixing model and the mixture turbulence model which describes the flow of vapor mass fraction (f) can be written as equation 3 (ANSYS, 1997)

$$\frac{\partial}{\partial \varepsilon} (\rho f) + \nabla (\rho \bar{v}_v f) = \nabla (\gamma \nabla f) + R_e - R_c \quad (3)$$

where ρ is the density of the mixture (kg m^{-3}), v is the velocity vector (m s^{-1}), γ is the effective coefficient of trade exchange and R_e , and R_c are terms in the generation rate steam and condensation (change phase ratio).

5.2.4. Results and discussion

The experimental data (Figure 2) shows the variations of temperature for which a large spatial and temporal variability is observed and this may be related to local environmental conditions, i.e., as indicated by Montero, Muñoz, Anton & Iglesias (2005). Long wave flows which occur at night are the cause of need for heating throughout most of the structure due to the need to replace the heat that escapes by inversion, in the same manner, radiation heat stored in the soil in the greenhouse and assisted by convection from a very early hours may be sufficient to heat the gases in the most of the day, with only small periods to deliver heat through the tube (heat pipe).

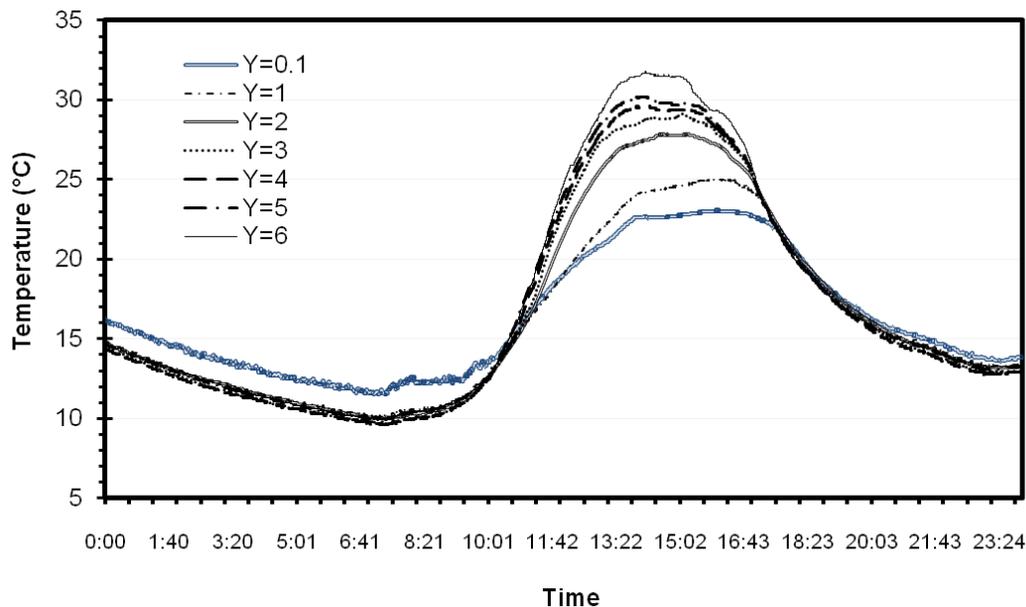


Figure 2. Temperature evolution (°C) recorded in the cabinet at 7 different levels.

The experimental results shows the highest thermal gradient (9°C) when the radiation heat flux is maximum (107 kw). In this scenario, the lapse rate follows the order of measurement sensors, being more pronounced closer to the floor, similar to those observed by other authors (Popovsky, 1986, Teitel & Tanny, 1998), in fact in the growing area (0.1-2 m) are 5 °C temperature difference. The remaining 4 are distributed in the 4 m of the greenhouse floor, however, during the night, if radiation heat is less than 60 kW, thermal gradients do not exceed 3 ° C. These environmental changes are observed by CFD, because numerically, are the boundary conditions which define a precise scenario. The graphical results indicate variations in temperature of 2 ° C between the growing area (1 m) to the top the greenhouse (5 m).

The presence of the crop in the greenhouse impacts directly on the control of the environment, during the day, favors a homogeneous distribution of air, but lacking a sink (closed greenhouse) the respiration rate of heat loss caused by having high rates of condensation and accordingly the relative humidity in the greenhouse is noticeably market. The model simulates the solution based on boundary conditions and models that are indicated in Table 1. Activated turbulence models floating mode and taking into account the approximation of Boussinesq aims to detect the air flows by convection because of the generated thermal gradient between the floor and ceiling, likewise is intended to simulate the transport of vapor fraction Water (Species model) from the crop. The results indicate a convective flow from the center of the module to the walls, this being more pronounced in the boundary layer of the soil caused by the higher

temperature gradient, a situation that occurs between a wall and a cover adiabatic wall temperature (Figure 3), even if wind speeds are still low (b1 and b2), these are irregular and consequently also reduced temperatures (Figure 3 (a2)).

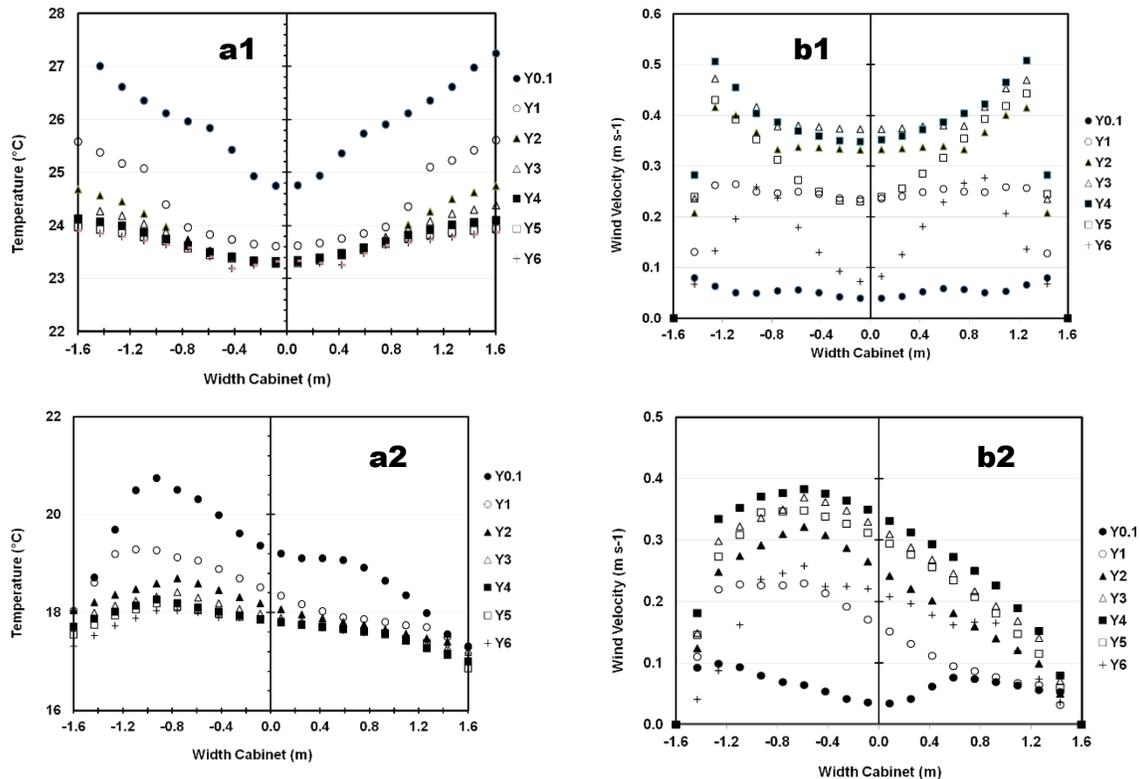


Figure 3. Temperature vertical gradient(K) (a), and wind velocity (m s-1) (b) at different levels of cabinet, (1) Adiabatic wall and(2) wall as boundary condition(T=283 K)

Figure 4 shows the wind velocity vectors in the center of the greenhouse seen from the front (a) and longitudinal (b) in the area close to the ground the values do not surpass the 0.1 ms-1 and its distribution is the center (more heat) to the walls (less heat), while energy has to feed these flows are maintained to the roof where you can see speeds of 0.3-0.5 m s-1. Accordingly, temperatures are also affected by the speed and the cultivation, from the standpoint of wind drag forces, such as moisture which is generated around this area, resulting in more stable temperatures in the zone of culture (Figure 5) and variable on the walls, but mostly on the ground (source). These variations are most noticeable in the frontal plane (5a) than in the longitudinal (5b).

Between the soil and crop (0.1-2 m) occurs the greatest change of temperature (5 K), and the rest (4 K) is distributed in most of the greenhouse area (2-6 m), however you

may do this relationship that allows the temperature distribution caused by the convective forces.

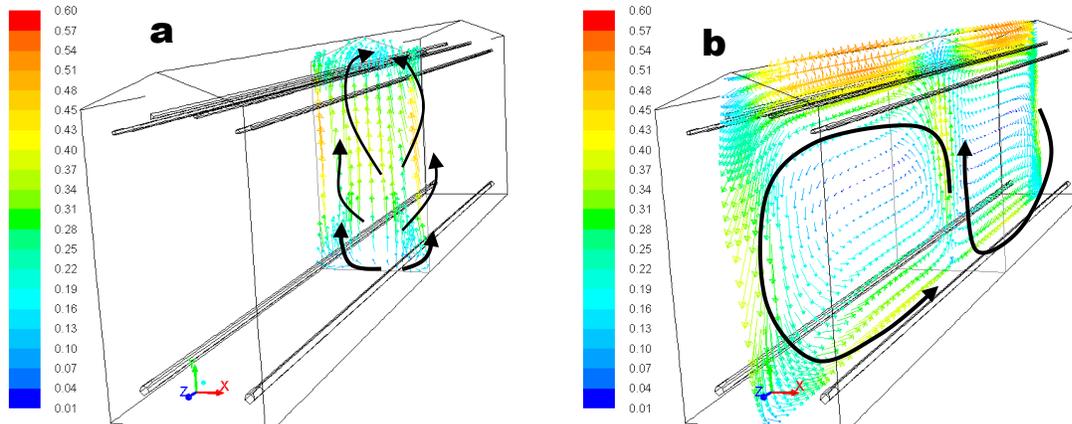


Figure 4. Wind velocity vector field (m s^{-1}) at cabinet center, frontal view (a) and longitudinal view (b)

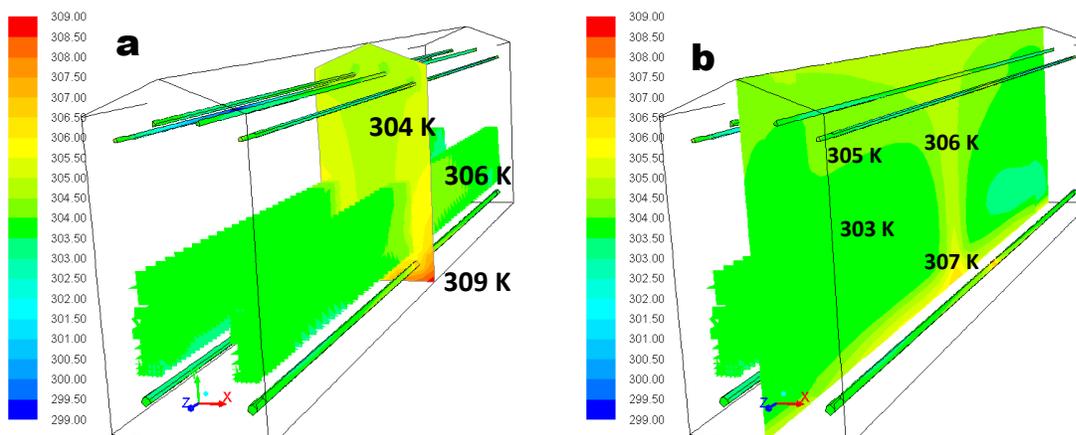


Figure 5. Temperature gradient (K) at cabinet center, frontal plane view (a) and longitudinal (b)

5.2.5. Conclusions

Environmental data (T , RH , R_n , V_v , Heat) measured inside the greenhouse is shown an inverse temporal variation in the temperature gradient as a function of cumulative flow in the soil by radiation. Heat build up in the soil by radiation effect keeps the environment in the tomato comfort zone for a few hours a day, mainly from noon to evening, but the long-wave radiation at night causes inversion and therefore apply artificially heat the heat pipe option under cultivation promotes uniform distribution of temperature, wind

velocity and humidity, with a difference of 10 K between floor and ceiling. An adiabatic wall causes greater vertical gradients of temperature; however rapid condensation of the environment leads to the respiration reduction and thus the photosynthetic activity stops.

5.2.6. Acknowledgements

The experimental data were provided by the Humboldt University so the authors acknowledge the support received.

5.2.7. References

Anderson, Jr. Jhon D. (1997). Computational Fluid Dynamics. The basics with applications. USA: Mc. Graw-Hill.

ANSYS. 2003. CFX Manuals. ANSYS, Inc .

Bakker, J.C. (1995). Greenhouse climate control: constraints and limitations. *Acta Hort.*, 399, 25–37.

Bot, G.P.A. & Van de Braak, N.J. (1995). Transport phenomena. In: J.C. Bakker, G.P.A. Bot, H. Challa and N.J. Van de Braak (eds.), *Greenhouse Climate Control: An Integrated Approach*. Wageningen, NL. Wageningen Pers.

Boulard, T., Haxaire, R., Lamrani, M.A., Roy, J.C. & Jaffrin, A. (1999). Characterisation and modelling of the air fluxes induced by natural ventilation in a greenhouse. *Journal of Agricultural Engineering Research* 74:135–144.

Boulard, T., C. Kittas, J. C. Roy, & S. Wang. (2002). Convective and ventilation transfers in greenhouse, Part 2: determination of distributed greenhouse climate. *Biosystems Eng.* 83: 129–147.

Flores-Velázquez, J.; Mejía, E.; Montero, J.I.; & Rojano, A. (2011). Numerical analysis of the inner climate in a mechanically-ventilated greenhouse with three spans. *Agrociencia* 45(5): 545-560.

Kempkes, F.L.K. & Van de Braak, N.J. (2000). Heating system position and vertical microclimate distribution in chrysanthemum greenhouse. *Agriculture and Forest Meteorology*, 104:133–142.

Kim K., Yoon J-Y., Kwon H-J., Han, J-E., Son, J.E., Nam, S-W., Giacomelli, G.A. & Lee, I-B. (2008). 3-D CFD analysis of relative humidity distribution in greenhouse with a fog cooling system and refrigerative dehumidifiers. *Biosystems Engineering*, 100: 245 – 255.

Montero, J.I., Muñoz, P., Anton, A. & Iglesias, N. (2005). Computational fluid dynamics of Night-Time Energy Fluxes. *Acta Hort.*, 691: 4003-4006.

Piscia, D., Montero, J.I., Baeza, E. & Bailey, B.J. (2012). A CFD greenhouse night-time condensation model. *Biosystem Engineering*, 111: 141-154.

Popovski, K. (1986). Location of heating installations in greenhouses for low temperature heating fluids. In: *Industrial thermal effluents for Greenhouse Heating*. In European Cooperative Networks on Rural Energy Workshop (pp.51–55). Dublin, Ireland.

Reichrat, S. & Davies, T.W. (2002). Using CFD to model the internal climate of greenhouses: past, present and future. *Agronomy Journal*, 22: 3-19.

Rojano, A. A., Salazar, M. R., Schmidt, W., Huber C., López, C.I, & Ojeda B.W. (2011). Temperature and Humidity as Physical Limiting Factors for Controlled Agriculture. *Acta Horticulturae*, 893(1): 503-507.

Roy, J.C., Boulard, T. and Bailey, Y. 2000. Characterisation of the heat transfer from heating tubes in a greenhouse. In: *E-Proceedings, Conference on Agricultural Engineering* (pp. 4).Warwick, UK.

García-Colín S., L. (2001). *Introducción a la termodinámica de sistemas abiertos*. Mexico: El Colegio Nacional.

Tadj, N., Draoui, B., Theodoridis, G., Bartzanas, T. & Kittas, C. (2007). Convective heat transfer in a heated in a greenhouse tunnel. *Acta Hort.*, 747: 113-120.

Teitel, M. & Tanny, J. (1998). Radiative Heat Transfer from Heating Tubes in a Greenhouse. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 69:185–188.

Teitel, M., I. Segal, A. Shklyar, & M. Barak. (1999). A Comparison of Pipe and Air Heating Methods for Greenhouses. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 72:259-273.