

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO**  
**DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA**  
**AGRONOMÍA EN HORTICULTURA PROTEGIDA**

**DISEÑO AGRONÓMICO DE ESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN**

**I. DATOS GENERALES:**

<b>Unidad académica:</b>	Departamento de Fitotecnia
<b>Programa educativo:</b>	Agronomía en Horticultura Protegida
<b>Nivel educativo:</b>	Licenciatura.
<b>Línea curricular:</b>	Tecnología Agrícola
<b>Asignatura:</b>	Diseño Agronómico de Estructuras de Protección
<b>Créditos:</b>	7.5
<b>Clave:</b>	
<b>Carácter:</b>	Obligatorio
<b>Tipo:</b>	Teórico-práctico.
<b>Prerrequisitos:</b>	Agrometeorología, Fisiología Vegetal, Ecofisiología
<b>Nombre del Profesor:</b>	Aurelio Bastida Tapia, Armando Ramírez Arias, Felipe Sánchez Del Castillo, Efraín Contreras Magaña, Ignacio Miranda Velásquez, Esaú Moreno Pérez
<b>Ciclo Escolar:</b>	2008/2009
<b>Año:</b>	quinto
<b>Semestre:</b>	segundo
<b>Horas teoría/semana:</b>	3
<b>Horas práctica/semana:</b>	2
<b>Horas totales/semana:</b>	5
<b>Horas tiempo</b>	
<b>Independiente</b>	40
<b>Horas totales del curso</b>	80

**II. RESUMEN DIDÁCTICO**

En este curso se estudia el diseño, los principales parámetros para la construcción y manejo de las diferentes estructuras para proteger cultivo en sus diversas modalidades. Es de carácter obligatorio dentro de la carrera de Agronomía en Horticultura Protegida, cuyo contenido aclara conceptos necesarios para abordar otras materias de carácter tecnológico. Forma parte de la línea de Tecnología Agrícola. Tiene como prerrequisitos a un conjunto de asignaturas básicas relacionadas con la estructura y el funcionamiento de las plantas como Anatomía y morfología, Elementos de Bioquímica, Fisiología vegetal, Nutrición vegetal, Edafología y fertilidad, Diseño y análisis estructural, Ecofisiología, Análisis químico y diagnóstico nutrimental vegetal. Horizontalmente se relaciona con, Horticultura regional II, Sistemas hidropónicos, Propagación vegetal y Diagnóstico y control de enfermedades Hortícolas y mantiene una relación vertical con la materia Construcción de estructuras Protegidas. A su vez es prerrequisito para abordar materias como Producción de hortalizas, Producción de

flores y ornamentales, Diseño de empresas, Comercialización y Mercadotecnia y Aplicación hortícola.

La asignatura es un curso teórico práctico, con actividades de aula y prácticas de laboratorio e invernaderos. Como recursos y materiales didácticos se emplean materiales audiovisuales (diapositivas, presentaciones y software de computadora), material impreso (libros, artículos y otros documentos) y visitas a instalaciones de invernaderos produciendo en suelo o en condiciones hidropónicas. El proceso educativo se desarrollará mediante la exposición de los temas por parte del docente, la discusión en conjunto con los participantes apoyándose frecuentemente en lecturas o investigaciones previas, la ejercitación mediante las actividades prácticas, los trabajos extraclase y las visitas a instalaciones de invernaderos y la evaluación frecuente a base de preguntas en clase, reportes y exámenes de conocimientos. La asignatura es un curso teórico práctico, por lo que además del trabajo en el aula se realizan prácticas en laboratorio e invernaderos y un viaje corto para visitar empresas de invernaderos. Como recursos y materiales didácticos se emplean materiales audiovisuales (diapositivas, presentaciones y software de computadora) y material impreso (libros, artículos y otros documentos). El proceso educativo se desarrolla entonces mediante la exposición de los temas por parte del docente, la discusión en conjunto con los participantes, apoyándose frecuentemente en lecturas o investigaciones previas, la ejercitación mediante las actividades prácticas, los trabajos extraclase y las visitas a instalaciones hidropónicas y la evaluación frecuente a base de preguntas en clase, reportes y exámenes de conocimientos.

### **III. PRESENTACIÓN**

La construcción de un invernadero debe perseguir la obtención de la mayor rentabilidad y, por lo tanto, el mejor diseño debe ser resultado de un compromiso entre los requerimientos técnicos y los requerimientos fisiológicos del cultivo, los cuales a veces son contrapuestos, para obtener la mayor rentabilidad. La construcción del invernadero será distinta según la función prioritaria a desempeñar. Un invernadero para proteger de las lluvias, como es el caso en algunas regiones tropicales, debe concebirse de modo diferente al de un invernadero para clima frío o para las regiones semidesérticas del norte de México.

Los invernaderos y otras estructuras para proteger cultivos son herramientas que permiten controlar heladas y bajas temperaturas, así como el control de varios factores ambientales (vientos fuertes, insolación, humedad relativa, excesos de humedad edáfica) y de plagas y enfermedades (barrera física contra plagas y vectores), además de la ocupación intensiva de mano de obra. Con estas estructuras se posibilita el logro de beneficios económicos importantes derivados de los siguientes aspectos:

- ◆ Producción de especies de valor económico con mayor seguridad
- ◆ Mayor rendimiento y calidad
- ◆ Varios ciclos de producción por año
- ◆ Programación de las cosechas para fechas en que el mercado ofrece los mejores precios

La mayor parte de la tecnología de diseño, construcción y manejo de invernaderos se ha generado en países desarrollados de altas latitudes geográficas, donde las difíciles condiciones climatológicas del invierno (nieve, temperatura bajo cero día y noche y poca luminosidad) y lo costoso de la mano de obra, han conducido a la sofisticación de las estructuras y equipo y, en consecuencia, a que los costos de instalación y operación sean muy elevados. Actualmente los problemas que limitan la expansión de esta tecnología en México son:

- ◆ El desconocimiento de las bases para el diseño y construcción de invernaderos en función del cultivo y las condiciones climatológicas y socioeconómicas de cada región.
- ◆ El desconocimiento de las técnicas de manejo de los invernaderos para la producción de cultivos de alto valor.
- ◆ Los altos costos de construcción y operación que conlleva la importación de tecnología que, por regla general, tampoco es la solución técnica más adecuada.

Para difundir la tecnología sobre invernaderos y otras construcciones similares para proteger cultivos, así como para asesorar o dirigir los procesos de producción, es requisito indispensable la adquisición de conocimientos sobre los principios y los métodos del diseño agronómico, equipamiento y manejo de los invernaderos, así como también el entrenamiento práctico para su instalación y manejo. A todo esto responde el presente curso.

#### **IV. OBJETIVOS**

##### **Generales:**

- 1) Proporcionar los conocimientos y generar las habilidades necesarias en el diseño agronómico de los invernaderos y su manejo técnico en la producción de hortalizas y flores a fin de aplicar dichos conceptos tanto desde el punto de vista técnico como económico y administrativo.
- 2) Aplicar los conocimientos al diseñar y adaptar las estructuras más apropiadas a cada condición climática, nivel económico para planear las estructuras de protección acordes a diferentes especies de plantas.

##### **Específicos:**

Como resultado del proceso de enseñanza y aprendizaje teórico y práctico, al finalizar el curso el estudiante tendrá el conocimiento y las capacidades que le permitan:

- 1) Analizar las bases y criterios del diseño de invernaderos desde el punto de vista agronómico a fin de definir los prototipos más adecuados en cada región y especie de cultivo en particular, adecuándose al nivel tecnológico de los productores.
- 2) Valorar los diferentes tipos de cubierta existentes en invernadero para seleccionar los más adecuados según la localidad, la especie a cultivar y el tipo de manejo que se proyecte.
- 3) Definir las características estructurales de los invernaderos en cuanto a soporte de cargas a fin de proporcionar criterios argumentados en su construcción confiable.

- 4) Describir los efectos de los distintos factores climáticos , edáficos y bióticos sobre las plantas para, proponer las técnicas y equipo que permitan su control y manejo en un invernadero de acuerdo con las condiciones de la localidad y el cultivo a establecer.
- 5) Valorar los distintos aspectos económico -administrativos que rodean una empresa comercial de invernaderos a fin de evaluar su viabilidad económica en relación a un cultivo en una localidad dada.

## **V. CONTENIDO**

### **Unidad 1. La problemática agrícola del país y los cultivos protegidos (4 horas)**

#### **Objetivo:**

Explicar la importancia de la agricultura protegida en la producción agrícola mundial y nacional con el propósito de apreciar las ventajas, desventajas y posibilidades que los invernaderos ofrecen a los diferentes tipos de productores del País .

#### **Contenido:**

- 1.1. Capital, productividad y ganancia
- 1.2. Problemas de la agricultura mexicana
- 1.3. Alternativas para el desarrollo agrícola
- 1.4. Importancia de los cultivos de alto valor
- 1.5. Panorama general de la agricultura protegida en México y el mundo
- 1.6. Invernaderos y productividad
- 1.7. Ventajas, desventajas y posibilidades de la producción bajo invernadero en México

### **Unidad 2. Elementos de diseño agronómico de invernaderos (8 horas)**

#### **Objetivo:**

Plantear las bases y criterio en el diseño agronómico de invernadero, para definir los prototipos más adecuados en cada región y especie de cultivo en particular, adecuándose al nivel tecnológico de los productores.

#### **Contenido:**

- 2.1. Concepto de invernadero
- 2.2. Componentes básicos de los invernaderos
- 2.3 Tipos de invernaderos
- 2.4. Equipamiento de invernaderos para el control ambiental
- 2.5. Criterios básicos para el diseño agronómico de invernaderos
- 2.6. Características de invernaderos para diferentes climas y niveles tecnológicos

### **Unidad 3. Elementos básicos para la construcción de invernaderos (8 horas)**

#### **Objetivo:**

Analizar las características de los principales materiales de cubierta y estructuras de invernaderos para seleccionar estas de manera adecuada según las condiciones climatológicas y especies de plantas.

**Contenido:**

- 3.1. Diseño, características y materiales de la cubierta
- 3.2. Características y materiales de la estructura
- 3.3. Detalles de construcción
- 3.4. Experiencias de autoconstrucción
- 3.5. Experiencias en la construcción comercial de invernaderos

**Unidad 4. Manejo de los factores ambientales bajo invernaderos (12 horas)****Objetivo:**

Describir los efectos de los distintos factores climáticos sobre las plantas para proponer las técnicas y equipo adecuado de control y manejo en un invernadero.

**Contenido:**

- 4.1. La luz y su efecto sobre las plantas. Cantidad, calidad, dispersión, y duración.
- 4.2. Técnicas de manejo de la luz en invernaderos
- 4.3. Efecto del CO<sub>2</sub> sobre las plantas y su manejo en invernaderos
- 4.4. Efectos de la temperatura sobre las plantas bajo invernadero
- 4.5. Técnicas de calefacción y conservación de calor. Elementos para su diseño.
- 4.6. Técnicas de enfriamiento de invernaderos y elementos para su diseño.
- 4.7. Efectos de la humedad relativa y el viento sobre las plantas y su manejo.

**Unidad 5. Manejo de los factores edáficos en cultivos protegidos (6 horas)****Objetivo:**

Analizar las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos y sustratos a emplear bajo invernaderos para proponer las técnicas encaminadas a mantener su fertilidad y sanidad en esas condiciones de cultivo intensivo.

**Contenido:**

- 5.1. Propiedades físicas de suelos y sustratos y sus efectos sobre las plantas
- 5.2. Propiedades químicas de suelos y sustratos y sus efectos sobre las plantas
- 5.3. Propiedades biológicas de suelos y sustratos y sus efectos sobre las plantas
- 5.4. Manejo de las propiedades físicas y la fertilidad de los suelos de invernadero
- 5.5. Manejo del riego y del fertirriego
- 5.6. Sustratos hidropónicos y su manejo

**Unidad 6. Manejo de los factores bióticos (5 horas)****Objetivo:**

- 1) Identificar las principales plagas y enfermedades que atacan a los cultivos en invernadero así como determinar los métodos de prevención y control más adecuados, para plantear una estrategia de manejo integrado adecuado en cada cultivo.

- 2) Definir los efectos de diferentes reguladores de crecimiento y fertilizantes foliares a fin de proponer planes de manejo dentro del invernadero según el cultivo establecido y las circunstancias que se presenten.

**Contenido:**

- 6.1. Plagas y enfermedades más comunes en los invernaderos
- 6.2. Métodos de control de plagas y enfermedades en invernadero
- 6.3. Esterilización de suelos y sustratos.
- 6.4. Uso de reguladores de crecimiento.
- 6.5. Fertilización foliar.

**7. Análisis económico de la producción bajo invernadero (5 horas)**

**Objetivo:**

Valorar los distintos aspectos económico-administrativos que rodean una empresa comercial de invernaderos a fin de evaluar su viabilidad económica en relación a un cultivo en una localidad dada.

**Contenido:**

- 7.1. Mercado y mercadotecnia.
- 7.2. Canales de comercialización.
- 7.3. Estructura de una empresa agrícola de invernaderos.
- 7.4. Costos de producción y relación beneficio -costo.
- 7.5. Ejemplo con crisantemo.
- 7.6. Ejemplo con jitomate.
- 7.7. Conclusiones generales.

**VI. PRÁCTICAS**

**Práctica 1. Visitas a diferentes invernaderos de la Universidad y zonas aledañas (4 horas)**

**Objetivo:**

Describir diferentes modelos de invernadero de la región con argumentos agronómicos para evaluar su diseño y sus principales características de construcción.

**Práctica 2. Toma de muestras e interpretación de propiedades de suelos y sustratos (4 horas).**

**Objetivo:**

Desarrollar destreza al tomar muestras e interpretar las propiedades físicas y químicas de suelos o sustratos de invernadero para planear el manejo adecuado en cuanto a riegos, drenaje y nutrición.

**Practica 3. Diseño de sistemas de calefacción y muros húmedos para invernadero (6 horas).**

**Objetivo:**

Analizar los elementos del diseño y cálculo de sistemas de calefacción y enfriamiento a fin de aplicar los resultados en el diseño agronómico de invernaderos comerciales .

#### **Práctica 4. Manejo de cultivos de hortalizas y flores en invernaderos (12 horas).**

##### **Objetivo:**

Desarrollar un entrenamiento práctico en la producción de hortalizas y flores con sistemas hidropónicos bajo invernaderos para identificar los principales problemas de producción y comercialización que ello conlleva.

#### **Práctica 5. Elaboración de proyecto para el establecimiento de un invernadero (6 horas).**

##### **Objetivo:**

Desarrollar un proyecto de cultivo bajo invernadero aplicable a su lugar de origen, el cual pueda proponer a sus familiares o vecinos para mostrar la destreza en la aplicación de criterios de diseño agronómico, construcción y manejo de invernaderos .

### **VII. METODOLOGÍA**

Es este un curso teórico-práctico, que buscará siempre una secuencia y relación estrecha en tiempo y espacio de las distintas unidades temáticas con las actividades prácticas a desarrollar. Se propone que cada unidad se inicie con un examen diagnóstico, el cual no contara en la acreditación, que permita establecer una secuencia y una metodología adecuada para abordar los temas de aprendizaje, para homogenizar el nivel de conocimientos necesarios para abordar la temática. Al final de cada unidad se realizará una evaluación o examen corto para definir en que grado se están logrando los objetivos planteados y en su caso, cuando corresponda proponerles acciones correctivas de las deficiencias encontradas.

En el desarrollo de cada unidad temática se tendrán conferencias informativas y demostrativas por parte del profesor, que se complementarán con discusiones y actividades prácticas que, con frecuencia, incluyen aspectos de investigación; habrá reportes orales de los participantes y debates cuando el tema lo amerite. Para cada unidad se dejará una guía de estudios a resolver que servirá también para las evaluaciones periódicas del avance de los participantes. Los recursos didácticos incluyen discos compactos entregados oportunamente a cada estudiante , con numerosas presentaciones, lecturas, videos, conexiones a páginas web relacionadas directamente con la temática abordada o que sirven de complemento de ésta, ello sin descuidar la lectura de libros y artículos importantes.

Las prácticas se realizarán por equipos de 5 a 6 estudiantes. Cada equipo realizará una parte o aspecto de la práctica, al final de la cual intercambiarán información, para integrar un informe completo y por escrito de las mismas. Así mismo, cada grupo hará una exposición oral de lo que realizó ante el resto del grupo estimulándose la discusión y la obtención de conclusiones y su relación con el contenido temático y los objetivos del curso.

### **VIII. EVALUACIÓN**

## **Evaluación**

Al principio de cada unidad temática se realizarán evaluaciones diagnósticas, las cuales no serán objeto de calificación, solo tienen la finalidad de conocer el nivel de conocimientos de los participantes sobre el tema y ubicar al docente sobre la profundidad y nivel para abordar los contenidos.

Al final de cada unidad desarrollará una evaluación de conocimientos para ubicar en qué grado se están logrando los objetivos planteados y en su caso proponerles acciones correctivas de las deficiencias encontradas en el aprendizaje.

Al finalizar el curso se realizará una evaluación sobre el desarrollo del mismo por parte de los estudiantes y el profesor de la materia, de donde surgirán propuestas e ideas para mejorar el contenido y la impartición del mismo en el futuro.

## **Acreditación**

El curso se acreditará con la probación de tres exámenes del conocimiento y las habilidades adquiridas, la entrega y calificación de tareas y reportes de las prácticas realizadas. El valor porcentual de cada una de estas actividades será las siguientes:

Fase teórica:

3 Exámenes	40 %
Tareas, reportes y exposiciones	20 %
Exámenes cortos	10 %
Prácticas y reporte	30 %

## **IX. BIBLIOGRAFÍA**

Para cada tema se proporcionarán oportunamente referencias específicas. A continuación se enuncian las publicaciones consideradas de mayor interés para el curso.

Adamson, R.M. y Mass, E.F. Soilless Culture of Seed less Greenhouse and Sequence Cropping. Publicación 1725. Ministry of Supply and Services of Canadá. Ottawa, Canada.

Aldrich, A. R. and Bartok, W. J. 1990. Greenhouse Engineering. Northeast Regional Agricultural Engineering Service. Cornell University. New York, USA. 203 p.

Alpi, A. y F. Tognoni. 1984. Cultivo en Invernadero. Ediciones Mundi -Prensa. Madrid, España.

Bastida T., A. 2004. Tipificación estructural de invernaderos de láminas flexibles en la zona central de México. Departamento de mecanización y tecnología agraria, Universidad politécnica de Valencia, España. Universidad de Guanajuato, México. Trabajo de investigación de doctorado. México.

- Bastida T., A. 2006. Manejo y operación de invernaderos agrícolas. Serie de publicaciones Agribot. Departamento de Preparatoria Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo México.
- Boodley, W. J. 1981. The Commercial Greenhouse Handbook. Van Nostrand Reinhold Company. New York. USA.
- Castilla Prados, N. 2004. Invernaderos de Plástico: Tecnología y Manejo. Ediciones Mundi - Prensa. Madrid España. 462 p.
- Díaz Serrano, T.; Espí Guzmán, E.; Fontecha Recio, A.; Jiménez García J. C.; López Gálvez, J. y Salmerón Cano, A. 2001. Los Filmes Plásticos en la Producción Agrícola. Repsol YPF y Mundi-Prensa. Madrid, España. 320 p.
- Guantes R., J. 2006. El mercado de los invernaderos en México. Instituto Español de Comercio Exterior. Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en México. Notas sectoriales.
- Hanan, J. J. 1998. Greenhouses: Advanced Technology for Protected Horticulture. CRC Press. Boca Raton, Florida, USA. 684 p.
- Jensen, M. H. and Malter, A. J. 1995. Protected Agriculture: A Global Review. World Bank Technical Paper 253 Washington D. C. USA. 157 p.
- Mastalerz, W. J. 1977. The Greenhouse Environment. John Wiley and Sons. New York, USA.
- Matallana, G. A. y J. I. Montero C. 1995. Invernaderos: Diseño, Construcción y Ambientación. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Nelson, V. P. 1991. Greenhouse Operation and Management. Prentice Hall. Englewood Cliffs, New Jersey, USA. 612 p.
- Robledo, De P. F. y L. Martín V. 1988. Aplicación de los Plásticos en la Agricultura. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Sánchez Del Castillo, F. 2004. Invernaderos e Hidroponía en el Contexto de la Agricultura Mexicana: Dos alternativas tecnológicas viables. En Salazar, R.; Ojeda, W. y Rojano, A. (editores). III Curso Internacional de Invernaderos: Volumen I:C1-37. Departamento de Ingeniería Mecánica Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo.
- Serrano Cermeño, Z. 2002. Construcción de Invernaderos. Mundi -Prensa. Madrid, España. 499 p.
- Vásquez, M. S. 1989. Manual de Selección, Diseño, Operación, Mantenimiento y Evaluación de Invernaderos. Unidad Regional Universitaria de Zonas Aridas, UACH. Bermejillo, Durango. (Tesis Profesional).
- Wittwer, S. H. y Honma, S. 1979. Greenhouse Tomatoes, Lettuce and Cucumbers. Michigan State University Press. EUA.
- Stanhill, G. and Enoch, H. Z. 1999. Ecosystems of the World. Greenhouse Ecosystems. Elsevier. Amsterdam, the Netherlands. 423 p.

### **Revistas de publicación periódica**

Soilless Culture  
 Scientia Horticulturae  
 Acta Horticulturae  
 Hort Science  
 Horticultural Reviews  
 Journal of the American Society for Horticultural Science

Ornamental Horticulture  
Soil and Fertilizers  
Proceedings of the Florida State Horticultural Society

**Otras fuentes**

Boletines y Sobretiros de Universidades Norteamericanas, Canadienses y Horticultural Abstracts.

Páginas en internet como las de USDA, FAO, ACERCA, SAGARPA, y varias universidades e institutos de investigación en el mundo.