

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
SISTEMAS DE AGRICULTURA PROTEGIDA

I. DATOS GENERALES

UNIDAD ACADÉMICA:	Fitotecnia
PROGRAMA EDUCATIVO:	Ingeniería Agronómica en Fitotecnia
NIVEL EDUCATIVO:	Licenciatura
LINEA CURRICULAR:	Tecnología Agrícola
ASIGNATURA:	Sistemas de Agricultura Protegida
CARÁTER:	Obligatorio
TIPO:	Teórico-Práctico
PREREQUISITOS:	Fisiología Vegetal, Nutrición Vegetal, y Fenología Agrícola.
NOMBRE DE LOS PROFESORES:	Dr. Felipe Sánchez del Castillo, Dr. Efraín Contreras Magaña, Dr. Esaú del Carmen Moreno Pérez y Mc. Policarpo Espinosa Robles.
CICLO ESCOLAR:	AÑO: 5to. SEMESTRE: Segundo
HORAS TEORÍA/SEMANA	3.0
HORAS PRÁCTICA/SEMANA	2.0
HORAS DE TIEMPO INDEPENDIENTE	2.5
HORAS TOTALES/SEMANA	5.0
HORAS TOTALES VIAJE DE ESTUDIOS:	24.0
HORAS TOTALES DEL CURSO:	104.00
CRÉDITOS:	9.0
CLAVE:	

II. INTRODUCCIÓN O RESUMEN DIDÁCTICO

El curso de Sistemas de Agricultura Protegida se ubica en el primer semestre de quinto año de la licenciatura de Ingeniero Agrónomo en Fitotecnia; es un curso integrador de varias disciplinas. Horizontalmente tiene relación estrecha con todas las materias que se imparten en el primer semestre de quinto año y verticalmente su relación más estrecha es con la materia de Anatomía y Morfología Vegetal, Fisiología Vegetal, Fenología Agrícola y Fertilidad y Nutrición, así como su relación entre los cursos de Fisiotecnia, Producción de hortalizas y varias optativas.

La mitad del tiempo se aborda con teoría en salón, para ello hace falta la comprensión de aspectos como climatología, fenología, fisiología, fertilidad y nutrición, esto con el fin de poder comprender el comportamiento de los cultivos y diseñar estrategias que permitan la expresión de su máximo potencial genético. En la parte práctica, que es la otra mitad de tiempo, se abordan actividades tanto de laboratorio como de invernaderos, con el fin de materializar y afianzar los conocimientos que se abordan en la teoría.

Para abordar la parte teórica, se hacen presentaciones con el apoyo de equipo de cómputo de cada uno de los temas, asimismo, a los estudiantes se les entrega diversas lecturas complementarias que deben ser discutidas entre ellos y el profesor del curso. En la parte práctica, primeramente se les da una explicación en qué consiste y luego se lleva a cabo su implementación.

La evaluación consistirá en tres exámenes y reporte de prácticas.

III. PRESENTACIÓN

El estudio de Sistemas de Agricultura Protegida como la hidroponía, los invernaderos, los acolchados y microtúneles por parte de los estudiantes de la Licenciatura de Ingeniería Agronómica en Fitotecnia, se considera importante de acuerdo a la siguiente argumentación:

La producción agrícola del País se encuentra estancada, pues desde hace varios años no aumenta ni en cantidad ni en calidad y prácticamente toda la superficie agrícola económicamente cultivable se está usando. Problemas como topografía accidentada, precipitación errática e insuficiente, heladas, minifundio y subocupación o desocupación de la gente del campo hacen difícil su crecimiento desde una perspectiva de agricultura extensiva de revolución verde.

Mientras que el aumento de la superficie agrícola se ha quedado prácticamente detenido, la población, sobre todo en el centro y sur del País, ha mantenido una alta tasa de crecimiento, lo que

esta ocasionando un aumento en el número de productores y en el número de predios o parcelas, pero cada vez con una menor superficie por productor.

Una de las pocas opciones para que un agricultor pueda obtener ingresos suficientes para satisfacer sus necesidades básicas de superficies tan pequeñas como 1 a 2 hectáreas es el hacer más intensiva su producción mediante el cultivo de especies con alto valor económico.

La productividad no sólo se ha visto afectada por la falta de espacio sino también en el tiempo, pues aunque en la mayor parte del territorio nacional, las temperaturas medias mensuales parecen apropiadas para el desarrollo de muchas especies vegetales durante casi todo el año, existe un régimen muy extendido de lluvias tardías combinado con heladas que, en general, empiezan a aparecer temprano (octubre) y a desaparecer muy tarde (abril). Esto afecta muy seriamente a los agricultores ya que se restringe el calendario de siembra de muchas especies y las cosechas se concentran en una pequeña parte del año creando generalmente sobre-ofertas, situación que ocasiona que les paguen muy bajos precios por su producto haciendo poco rentable su inversión. Igualmente el número de ciclos de cultivo que pueden obtenerse por año se ve limitado por la presencia de estos fenómenos meteorológicos, afectando la productividad económica de los agricultores.

Existe un intervalo de tiempo donde la oferta está por debajo de la demanda y la ganancia para el agricultor que se arriesga a producir fuera de época para cosechar en ese intervalo puede ser bastante mayor, pero el riesgo de fracaso es muy alto, debido a la mayor probabilidad de ocurrencia de los fenómenos meteorológicos ya señalados. El productor que sigue este camino generalmente gana mucho un año pero puede perder en varios seguidos.

Considerando la particular problemática de nuestro País, queda claro que el futuro desarrollo en el campo no podrá ser a base de una agricultura extensiva, sino más bien descansará en la producción de especies de alto valor económico, usando técnicas muy intensivas, apropiadas para predios pequeños, que disminuyan riesgos por deficiencias en la fertilidad de suelos o por fenómenos meteorológicos y climatológicos y que, en vez de desplazar, ocupen de manera productiva a la gente del campo.

Varios países que, como el nuestro, cuentan con poca tierra cultivable, entre ellos Holanda, España, Israel y Japón han encontrado en técnicas como hidroponía, invernaderos, acolchados y microtúneles, alternativas tecnológicas altamente rentables y más seguras para hacer frente a las adversidades edáficas y climatológicas para la producción de cultivos de alto valor económico.

Los invernaderos, por ejemplo, no son sólo una herramienta para controlar las heladas o las bajas temperaturas, pues cuando se diseñan adecuadamente, se obtienen ventajas 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). Cuando a la producción en invernadero se suma el control nutricional de los sistemas hidropónicos, además de la ocupación intensiva de mano de obra, de pequeñas superficies se pueden lograr 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

Desafortunadamente la mayor parte de la tecnología de diseño, construcción y manejo de invernaderos y de los sistemas hidropónicos 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.

Tecnologías menos costosas y sofisticadas como los acolchados y microtúneles, permiten también un cierto grado de control de las condiciones climáticas y edáficas en que se desarrollan los cultivos, por lo que, utilizadas adecuadamente y con conocimiento de causa, se pueden obtener beneficios económicos importantes de pequeñas superficies sin una erogación muy fuerte de capital.

Así, a pesar de las ventajas climatológicas y de mano de obra que potencialmente presenta nuestro País, estas tecnologías no se han desarrollado principalmente por las siguientes razones:

- ◆ 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 producción en hidroponía y 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 suele ser la solución técnica más adecuada.
- ◆ El desconocimiento de las propiedades de los plásticos, de sus efectos al colocarse como acolchados o microtúneles y del manejo de estos sistemas en general.

Uno de los principales impedimentos para la implantación de los sistemas especiales de producción de hortalizas y flores en el País es la falta de información y divulgación sobre el manejo de las técnicas, de sus modalidades y sus alcances.

Actualmente, sin embargo, la técnica del acolchamiento del suelo se práctica en casi 15,000 hectáreas y la de los microtúneles en alrededor de 4000 hectáreas. Se han desarrollado, están proliferando y se espera un crecimiento importante de empresas de producción de hortalizas y flores en invernadero, varias de las cuales usan o usarán la técnica hidropónica.

Como producto de varios años de investigación en la Universidad Autónoma Chapingo se han desarrollado paquetes tecnológicos de producción de hortalizas y flores en hidroponía y bajo invernadero, mucho más sencillos y baratos que los generados en otros países, pero con una eficiencia técnica similar. Varios de estos paquetes se han validado y ya se han estado manejando con éxito por productores a escala comercial.

El curso de Sistemas de Agricultura Protegida pretenden proporcionar a los estudiantes las bases teóricas y el entrenamiento práctico para el manejo y evaluación de las técnicas de producción en hidroponía, invernaderos, acolchados y microtúneles, a fin de que, en su práctica profesional, estén en posibilidades de, investigar sobre ellas, valorarlas, adaptarlas, difundirlas y dirigir o asesorar empresas en el aspecto de producción. Todo ello considerando las adecuaciones que implican las diferentes condiciones ecológicas y socioeconómicas de las distintas regiones del País.

IV.OBJETIVO GENERAL

Interpretar y ejecutar el entrenamiento prácticos necesarios para manejar ciertas técnicas de Sistemas de Producción de Agricultura Protegida, con la idea de que estén capacitados así como ensayarlas y valorarlas en distintos contextos ecológicos y socioeconómicos y con diferentes especies de plantas.

V. CONTENIDO TEÓRICO (48 horas)

UNIDAD 1. PROBLEMÁTICA AGRÍCOLA DEL PAÍS (3.0 horas)

Valorar el potencial de los sistemas de producción en agricultura protegida en la resolución de los problemas agrícolas de México.

- 1.1. Problemas actuales de la agricultura mexicana
- 1.2. Alternativas para el desarrollo agrícola del País
- 1.3. Importancia de los cultivos de alto valor
- 1.4. Productividad en los Sistemas de Agricultura Protegida
- 1.5. Ventajas y desventajas de los Sistemas de Agricultura Protegida

UNIDAD 2. COMPONENTES Y GENERALIDADES DE LOS SISTEMAS DE AGRICULTURA PROTEGIDA (3.0 horas)

Señalar el concepto de sistema, así como definir los componentes que integran las técnicas de agricultura protegida (hidroponía, invernadero, acolchados, microtúneles y casa sombra)

- 2.1. Definición y generalidades de las diferentes técnicas de agricultura protegida
- 2.2. Conceptos de sistema y sistema de producción
- 2.3. Componentes y sus relaciones en cada sistema de agricultura protegida

UNIDAD 3. FUNDAMENTOS PARA LA PRODUCCIÓN EN AGRICULTURA PROTEGIDA (6.0 horas)

Integrar los principios relacionados con la estructura y el funcionamiento de las plantas cultivadas en una teoría coherente a fin de aplicar los conocimientos científicos con las técnicas de manejo de los sistemas de agricultura protegida.

- 3.1. Definición de crecimiento, desarrollo y rendimiento
- 3.2. El proceso biológico de las plantas
- 3.3. Fotosíntesis, respiración, biosíntesis y regulación
- 3.4. Efectos de los factores ambientales (climáticos, edáficos y bióticos)

UNIDAD 4. SISTEMAS HIDROPÓNICOS (15 horas)

Relacionar entre sí los elementos que constituyen un sistema hidropónico para diseñar unidades de producción con esta tecnología.

4.1. Definición y concepto

4.2. Conceptos básicos de nutrición

4.3. Factores que afectan la absorción de agua y nutrimentos

4.4. Soluciones nutritivas y su preparación

4.5. Cultivo en solución

4.5.1. Definición y conceptos generales

4.5.2. Problemas técnicos y su manejo

4.5.3. Descripción de sus modalidades

4.5.4. Experiencias comerciales

4.5.5. Ventajas, desventajas y posibilidades en México

4.6. Cultivo en sustratos absorbentes

4.6.1. Definición y conceptos generales

4.6.2. Problemas técnicos

4.6.3. Sustratos: Sus propiedades y manejo

4.6.4. Contenedores

4.6.5. Sistemas de riego

4.6.6. Manejo del riego y de la solución nutritiva

4.6.7. Descripción de sus modalidades

4.6.4. Experiencias comerciales

4.6.5. Ventajas, desventajas y posibilidades en México

4.7. Diseño del sistema de riego

UNIDAD 5. DISEÑO AGRONÓMICO Y MANEJO DE INVERNADEROS (12.0 horas)

Adquirir los conocimientos teóricos y prácticos para diseñar así como manejar invernaderos

- 5.1. Introducción
- 5.2. Diseño agronómico de invernaderos
- 5.3. Manejo de la radiación solar
- 5.4. Manejo del bióxido de carbono
- 5.5. Manejo de la temperatura
- 5.6. Manejo de la humedad relativa y del viento
- 5.7. Manejo del suelo en invernadero
- 5.8. Consideraciones finales

UNIDAD 6. PAQUETES TECNOLÓGICOS DE PRODUCCIÓN EN AGRICULTURA PROTEGIDA (6.0 horas)

Identificar los sistemas de producción en agricultura protegida más usados y sus nuevas alternativas.

- 6.1. Tomate
- 6.2. Pepino
- 6.3. Pimiento
- 6.4. Huerto comercial hidropónico

UNIDAD 7. ANÁLISIS ECÓNOMICO DE SISTEMAS DE AGRICULTURA PROTEGIDA (3.0 horas)

Analizar los factores y elementos para evaluar objetivamente la rentabilidad económica de las empresas dedicadas a la producción con sistemas hidropónicos bajo invernadero.

- 6.1. Mercado y mercadotecnia
- 6.2. Canales de comercialización
- 6.3. Organización de una empresa agrícola de invernaderos
- 6.4. Costos de producción y relación beneficio-costos
- 6.5. Otros beneficios directos e indirectos
- 6.6. Estudio de caso

VI. ACTIVIDADES PRÁCTICAS (32 horas)

PRACTICA 1. Medición de factores ambientales dentro de invernaderos (luz, temperatura, humedad relativa, CO₂) (2 horas)

Medir diversos factores ambientales (luz, temperatura, CO₂, etc.), en el interior y exterior del invernadero.

Esta práctica apoya a las unidades 2, 3 y 5

PRÁCTICA 2. Preparación de soluciones nutritivas para cultivos hidropónicos (2 horas).

Preparar soluciones nutritivas y determinar sus valores de pH, CE y temperatura.

Esta práctica apoya a las unidades 2 y 4.

PRÁCTICA 3. Identificación de sustratos hidropónicos y determinación de sus propiedades físicas y químicas (2 horas).

Identificar sustratos que pueden ser usados en hidroponía, así como adquirir la experiencia práctica para estimar las propiedades físicas y químicas de los sustratos hidropónicos así como manejar los riegos, el drenaje y la nutrición.

Esta práctica apoya a las unidades 2 y 4.

PRACTICA 4. Diseño de sistemas de riego en invernadero (2 horas)

Diseñar un sistema de riego para producir cultivos hidropónicos en invernadero.

Esta práctica apoya a las unidades 2, 4 y 5.

PRÁCTICA 5. Determinación de necesidades de calefacción en invernaderos (2 horas).

Calcular los requerimientos de calefacción en un invernadero, así como los equipos existentes en el mercado y establecer un análisis del costo que significa un sistema de calefacción.

Esta práctica apoya a la unidad 5.

PRACTICA 6. Determinación de necesidades de enfriamiento en invernaderos (2 horas)

Calcular los requerimientos de enfriamiento en un invernadero, así como los equipos existentes en el mercado y establecer un análisis del costo que significa un sistema de enfriamiento.

Esta práctica apoyará a la unidad 5.

PRÁCTICA 7. Elaboración de un proyecto para la implementación de una unidad de producción comercial de una especie hortícola en hidroponía bajo invernadero. (Incluye revisión bibliográfica, diseño de invernadero, listado de materiales, estudio de mercado, análisis de beneficio-costos y exposición ante el grupo) (2 horas).

Elaborar un proyecto productivo de producción de alguna especie hortícola en invernadero e hidroponía.

Esta práctica apoya a la unidad 7.

PRÁCTICA 8. Trabajo práctico en instalaciones piloto de producción hortícola en hidroponía bajo invernadero en Chapingo y Estado de México (18 horas).

Adquirir entrenamiento práctico para invernaderos, así como instalar y operar sistemas hidropónicos en la producción hortícola.

Esta práctica apoya a la unidad 6.

Cada una de las prácticas a llevarse a cabo, requieren de tiempo independiente.

VIAJE DE ESTUDIOS:

En el curso se contempla un viaje de estudios de tres días (24 horas de actividades). En este se visitará a instalaciones de producción hortícola en hidroponía y/o bajo invernadero en cualquier región hortícola del país.

Visitar instalaciones comerciales de producción hortícola con sistemas hidropónicos e invernaderos y verificar los problemas de producción y comercialización que enfrentan.

VII. METODOLOGÍA

El curso está organizado en tres horas de clases en salón por semana, cada clase de 1.5 horas.

Para la impartición de clases, se harán exposiciones ante grupo con el apoyo de una computadora y cañón, además, se harán ejercicios en el pizarrón.

A los estudiantes se les entregará materiales complementarios como:

1. Material didáctico en forma electrónica
2. Lecturas complementarias relacionados con el tema
3. Discusiones grupales de los temas vistos en clase

En la parte práctica, se dispondrán de materiales necesarios para cada práctica, de tal forma que los estudiantes practiquen los aspectos teóricos de manera coherente con la teoría que la sustenta. Tanto en la parte teórica (revisión de lecturas complementarias) como en actividades prácticas (reporte de actividades prácticas y elaboración de proyectos como ejercicio práctico), el estudiante ocupa de tiempo de estudio o trabajo independiente, en este caso se estima que se ocupa de al menos 40 horas.

VIII. EVALUACIÓN DEL CURSO

El curso se evaluará de acuerdo a los siguientes criterios y ponderaciones:

- | | |
|-----------------------------------|------|
| 1. Tres exámenes de conocimiento: | 50 % |
| 2. Trabajos extra-clase: | 10 % |
| 2. Prácticas : | 40 % |

IX. BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

Aunque se proporcionarán oportunamente referencias específicas para cada tema, a continuación se enuncian las publicaciones consideradas como básicas para el curso.

Aguilera, C. M. y R. Martínez, E. 1980. Relaciones Agua Suelo Planta Atmósfera. Departamento de Irrigación, UACH. Chapingo, México.

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

Atherton, J. G. and J. Rudich (eds.), 1986. The Tomato Crop. Chapman and Hall. Londres, Inglaterra.

Azcón-Bieto, J. Y Talón, M., 2000. Fundamentos de Fisiología Vegetal. McGraw Hill Interamericana. Barcelona, España.

Boodley, W. J. 1981. The Commercial Greenhouse Handbook. Van Nostrand Reinhold Company. New York. USA.

Charles-Edwards, D. A., D. Doley and G. M. Rimmington., 1986. Modelling plant growth and development. Academic Press. Sydney, Australia.

Douglas, J. S. 1976. Advanced Guide to Hydroponics. Drake Publishers Inc. New York. USA.

FAO. 1990. Soilless Culture for Horticultural Crop Production. FAO. Rome, Italy.

Gardner, P. F., R. B. Pearce, y R. L. Mitchel., 1985. Physiology of crop plants. Iowa State University Press. Iowa, EUA.

Gutierrez, R. R. 1985. El Acolchamiento del Suelo en Horticultura. Departamento de Fitotecnia, UACH. Chapingo, México. (Tesis Profesional).

Ibarra, J. L. 1995. Acolchado de Suelos. Semiforzado de Cultivos. CIQA. Curso Nacional de Plásticos en la Agricultura 1995. León, Guanajuato.

Lawlor, D. W., 1993. Photosynthesis: molecular, physiological and environmental processes. Longman Scientific and Technical. Londres, Inglaterra. 318 pp.

Loomis, R. S., y W. A. Williams., 1969. Productivity and the morphology of crop stands: patterns with leaves. In: Physiological aspects of crop yield. Dinauer, C. R. (editor). American Society of Agronomy and Crop Science Society of America. Madison, Wisconsin, EUA. pp 27-51.

- 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.
- Marschner, H. 1986. *Mineral nutrition in higher plants*. Academic Press. Londres, Inglaterra.
- Nelson, V. P. 1991. *Greenhouse Operation and Management*. Prentice Hall. New Jersey. USA.
- Quezada, M. R. 1995. *Producción en Invernadero*. CIQA. Curso Nacional de Plásticos en la Agricultura 1995. León, Guanajuato.
- Resh, M. H. 1992. *Cultivos Hidropónicos*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Robledo, De P. F. y L. Martín, V. 1988. *Aplicación de los Plásticos en la Agricultura*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Rodríguez, D. A. (editor). 1996. *Hidroponía: Una Esperanza para Latinoamérica (Curso-Taller Internacional)*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Peru.
- Rodríguez, D. A. (editor). 1997. *Hidroponía Comercial: Una buena opción en agronegocios (Conferencia Internacional)*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Peru.
- Sánchez, Del C. F. (Compilador). 1989. *El acolchamiento del Suelo en Horticultura (Antología)*. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo, México.
- Sánchez Del C. F. 1991. *Sistemas Especiales para la Producción de Hortalizas y Flores: Lecturas Complementarias*. Departamento de Fitotecnia, UACH. Chapingo, México.
- Sánchez, Del C. F. y E. Escalante, R. 1989. *Hidroponia*. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.
- Serrano, C. Z. 1994. *Construcción de Invernaderos*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Sholto, D. J. 1976. *Advanced guide to hydroponics*. Drake Publishers, Inc. New York. USA.
- Urrestarazu, G. M. 2000. *Manual de Cultivo sin Suelo*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- 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).

REVISTAS DE PUBLICACION PERIÓDICA

- 1) Soilless Culture
- 2) Scientia Horticulturae
- 3) Acta Horticulturae
- 4) Hort Science

- 5) Horticultural Reviews
- 6) Journal of the American Society for Horticultural Science
- 7) Ornamental Horticulture
- 8) Soil and Fertilizers
- 9) Proceedings of the Florida State Horticultural Society
- 10) Revista Chapingo Serie Horticultura