

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

**SISTEMAS HIDROPÓNICOS**

**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>	Sistemas Hidropónicos
<b>Créditos:</b>	8
<b>Clave:</b>	
<b>Carácter:</b>	Obligatorio
<b>Tipo:</b>	Teórico-práctico.
<b>Prerrequisitos:</b>	Bioquímica, Fisiología Vegetal, Ecofisiología Análisis Químico y Diagnóstico Nutricional.
<b>Nombre del Profesor:</b>	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 totales de viaje de estudio:</b>	8
<b>Horas totales del curso:</b>	88
<b>Horas tiempo independiente:</b>	40

**II. RESUMEN DIDÁCTICO**

El curso de Sistemas hidropónicos es de carácter obligatorio y forma parte de la línea curricular de Tecnología Agrícola dentro del programa educativo de Agronomía en Horticultura Protegida, mismo que se imparte a nivel Licenciatura. Tiene como prerrequisitos a un conjunto de asignaturas básicas relacionadas con la estructura y el funcionamiento de las plantas (Anatomía y morfología, Bioquímica, Fisiología vegetal, Nutrición vegetal, Edafología y Fertilidad, Ecofisiología, Análisis Químico y Diagnóstico Nutricional Vegetal). Tiene relación horizontal con las materias de Diseño agro nómico y Manejo de Invernaderos, Propagación Vegetal y Horticultura regional II. Su relación vertical es con Sistemas de Riego Localizado y Construcción de Estructuras de Protección. Buena parte de su contenido aclara conceptos necesarios para abordar otras materias de carácter tecnológico dentro de la carrera, sobre todo aquellas relacionadas con la producción de hortalizas y flores, la aplicación hortícola, el Servicio Social y la Estancia Preprofesional, entre otras.

La asignatura es un curso teórico práctico, por lo que además del trabajo en el aula se realizan prácticas en laboratorio y campo (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 hidropónicas. 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**

En este curso se estudian los diferentes sistemas de cultivo sin suelo (cultivo en solución, cultivo en grava, cultivo en sustratos absorbentes inorgánicos y cultivo en sustratos absorbentes orgánicos). Se pone el énfasis en el cálculo y preparación y aplicación de soluciones nutritivas, en la caracterización y manejo de los diferentes sustratos y sus contenedores, en las formas de irrigar y nutrir las plantas y en la descripción de las distintas modalidades hidropónicas de cultivo. También, se hace referencia a experiencias de empresas que manejan comercialmente la hidroponía en México y en el mundo y a los resultados que han tenido. Además, se abordan aspectos particulares de la producción en hidroponía de varias especies de hortalizas y flores. Finalmente se analizan aspectos de mercado y de la rentabilidad de estos sistemas de horticultura protegida. Se realizan actividades prácticas relacionadas con la preparación de soluciones nutritivas, la determinación de propiedades físicas y químicas de sustratos, el manejo de cultivos en sistemas hidropónico, incluyendo visitas a unidades de producción comercial con estos sistemas.

Se puede definir a la hidroponía como un sistema de producción en el que las raíces de las plantas se irrigan con una mezcla de elementos nutritivos esenciales disueltos en el agua y en el que, en vez de suelo, se utiliza como sustrato un material generalmente inerte y estéril, o simplemente la misma solución nutritiva, con el objeto de proporcionar las condiciones físicas, químicas y sanitarias más adecuadas para el desarrollo vegetal.

Por los beneficios económicos, sociales y ecológicos que esta técnica puede aportar, en los últimos años se ha venido generando un mayor interés por desarrollarla e implementarla en México, tanto por empresarios agrícolas y productores de menores recursos como por instituciones de educación agrícola superior, centros de investigación, y dependencias gubernamentales. Sin embargo, en los países en que se ha desarrollado esta técnica, la tendencia ha sido hacia la automatización y la sofisticación de equipo y estructuras; esto como un intento de luchar contra sus principales problemas: frío, nieve, falta de luz en invierno, mano de obra cara y escasa; ello ha ocasionado una mayor dificultad en el manejo técnico, poniendo a la hidroponía al alcance de poca gente ya que se requiere como productor, de un alto nivel de especialización, o de asesoría casi permanente y muy calificada. En México la tendencia de desarrollo de la hidroponía debe ser diferente ya que las condiciones son más favorables (no nieve, menos frío, mucha luz, abundante y barata

mano de obra). Por eso las experiencias de investigación y de producción deben enfocarse hacia la adaptación, el diseño la generación y la evaluación de modalidades de producción que, sin perder eficiencia técnica, resulten más económicos en relación a sus costos de instalación y operación y sean rentables, además de simples y transferibles, es decir, susceptibles de ser manejados por los productores con un mínimo de asesoría y con menos riesgo de fracaso.

Para realizar eficientemente esta investigación y difundir la tecnología desarrollada, así como asesorar o dirigir los procesos de producción es requisito indispensable la adquisición de conocimientos sobre los principios y los componentes de los sistemas hidropónicos, así como también el entrenamiento práctico para lograr habilidades y capacidades para su correcta instalación, manejo, asesoría y supervisión en diferentes condiciones ecológicas y socioeconómicas. A esto último responde el presente curso.

#### **IV. OBJETIVOS**

##### **Generales**

- 1) Analizar con detalle los distintos componentes, sistemas y modalidades de la hidroponía, a fin de mostrar capacidad de investigar, así como valorar los sistemas hidropónicos de producción en diferentes contextos y en diferentes especies de plantas.
- 2) Determinar las técnicas que permitan operar y asesorar sistemas hidropónicos, a fin de dirigir empresas comerciales de producción bajo estas condiciones.

##### **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) Preparar soluciones nutritivas adecuadas para favorecer la nutrición mineral óptima de las plantas de cultivo a partir de diferentes fuentes fertilizantes y expresarlas en diferentes unidades de concentración.
- 2) Interpretar los análisis químicos del agua de riego a utilizar para proponer el ajuste de las soluciones nutritivas a establecer a partir de ellos.
- 3) Identificar deficiencias y toxicidades de nutrimentos minerales y otros desordenes fisiológicos en plantas manejadas en cultivos hidropónicos para proponer soluciones viables y acciones correctivas.
- 4) Explicar los criterios y la metodología al operar diversas modalidades de cultivo hidropónico en solución nutritiva como el sistema de balsa, la técnica de la película nutritiva, el New Growing System y la producción intensiva de forraje verde para planear un manejo técnico adecuado de estos sistemas.
- 5) Determinar las propiedades físicas y químicas de los diferentes sustratos, para seleccionar correctamente aquellos aptos en el cultivo hidropónico, así como definir su volumen y manejo adecuado de las dosis y frecuencias de riego y drenaje con solución nutritiva en función de la especie a cultivar.

- 6) Manejar sistemas hidropónicos con diferentes sustratos y contenedores, estableciendo criterios para seleccionar los más adecuados según la especie de planta a producir y su tipo de manejo en diferentes circunstancias.
- 7) Definir correctamente los criterios y parámetros de revisión, ajuste y corrección de dosis y frecuencia de riegos y de soluciones nutritivas para operar equipos de riego y fertirriego.
- 8) Identificar mercados adecuados a los productos hidropónicos, a fin de determinar las posibilidades y obstáculos al acceder a ellos.

## **V. CONTENIDO**

### **Unidad 1. Introducción (4 horas)**

#### **Objetivo:**

Definir claramente los sistemas hidropónicos y sus componentes, argumentando sobre el potencial que tienen en términos de sus ventajas y desventajas, para plantear las posibilidades que éstos pueden tener en la solución a la problemática de la agricultura actual y futura de México.

#### **Contenido:**

- 1.1. Definición y concepto de la hidroponía o cultivos sin suelo y de la fertirrigación
- 1.2. Ventajas y desventajas de la hidroponía
- 1.3. Desarrollo histórico
- 1.4. Situación de la hidroponía en México y en el mundo
- 1.5. Componentes de un sistema hidropónico
- 1.6. Las posibilidades de la hidroponía en la Agricultura Nacional

### **Unidad 2. Nutrición Mineral y Soluciones Nutritivas (11 horas)**

#### **Objetivos:**

- 1) Describir los aspectos básicos de la disolución, absorción y asimilación de nutrientes minerales a fin de aplicar estos conceptos en el cálculo y la formulación de soluciones nutritivas óptimas a cultivos manejados con sistemas hidropónicos.
- 2) Diagnosticar visualmente síntomas de deficiencia y toxicidad de nutrientes minerales en plantas para definir oportunamente acciones correctivas.

#### **Contenido:**

- 2.1. Absorción y transporte de nutrientes
- 2.2. Factores que determinan la absorción y el transporte de agua y nutrientes
- 2.3. Soluciones nutritivas típicas
- 2.4. Fuentes para la preparación de soluciones nutritivas
- 2.5. Formas de expresar concentraciones de nutrientes en solución
- 2.6. Cálculos para la preparación de soluciones nutritivas
- 2.7. Métodos de preparación de soluciones nutritivas
- 2.8. Criterios para el manejo de las soluciones nutritivas
- 2.9. Síntomas de deficiencia y toxicidad de los nutrientes minerales en plantas

### **Unidad 3. Cultivo en Solución Nutritiva y Grava (9 horas)**

#### **Objetivos:**

- 1) Explicar los criterios y aspectos necesarios a considerar en el proceso de crecimiento óptimo de plantas con las raíces inmersas, total o parcialmente en la solución nutritiva, para operar técnicamente las distintas modalidades de cultivo hidropónico en solución.
- 2) Explicar los criterios y aspectos necesarios a considerar en el proceso de crecimiento óptimo de plantas utilizando grava como sustrato en el crecimiento de las raíces para operar técnicamente las distintas modalidades de esta modalidad de cultivo hidropónico.

#### **Contenido:**

- 3.1. Conceptualización del cultivo en solución nutritiva
- 3.2. Problemas técnicos y económicos a resolver
- 3.3. Modalidades en pequeña escala
- 3.4. Método de Gericke
- 3.5. Descripción y manejo de la modalidad de cultivo en balsa y otras variantes de hidroponía profunda
- 3.6. Descripción y manejo de la técnica de la película nutritiva y sus variantes (NFT y NGS)
- 3.7. Descripción y manejo de la modalidad denominada 'Aeroponía'
- 3.8. Descripción y manejo de unidades de producción de forraje verde hidropónico.
- 3.9. Descripción y manejo del cultivo en grava
- 3.10. Experiencias comerciales y resultados

### **Unidad 4. Aspectos Básicos de Sustratos Absorbentes (6 horas)**

#### **Objetivos:**

- 1) Valorar las propiedades físicas y químicas de diferentes sustratos absorbentes para definir, en base a ellas, la mejor forma de manejo de cada uno, incluyendo el volumen, las características del contenedor, y la programación de los riegos.
- 2) Comparar los sistemas de riego más adecuados a cada sustrato para recomendar la instalación más adecuada bajo modalidades con recirculación y sin recirculación de la solución nutritiva.

#### **Contenido:**

- 4.1. Conceptualización del cultivo en sustratos absorbentes
- 4.2. Problemas técnicos y económicos a resolver
- 4.2. Clasificación de los sustratos
- 4.3. Características buscadas en los sustratos para el cultivo sin suelo
- 4.4. Propiedades físicas, químicas y biológicas de los sustratos
- 4.5. Criterios y pruebas para la selección de sustratos
- 4.6. Contenedores y sus características
- 4.7. Métodos de riego y drenaje
- 4.8. Manejo del riego y drenaje con y sin recirculación de la solución nutritiva

## **Unidad 5. Cultivo en Sustratos Absorbentes (6 horas)**

### **Objetivo:**

Explicar los criterios y aspectos necesarios en el manejo de cada tipo de sustrato absorbente para aplicar las técnicas más apropiadas en la producción con cualquiera de ellos.

### **Contenido:**

- 5.1. Descripción y manejo de modalidades de producción con arenas
- 5.2. Descripción y manejo de modalidades de producción con sustratos inorgánicos procesados
- 5.3. Descripción y manejo de modalidades de producción con sustratos orgánicos naturales
- 5.4. Descripción y manejo de modalidades de producción con sustratos orgánicos sintéticos
- 5.5. Experiencias comerciales y resultados
- 5.6. Evaluación de la técnica de cultivo en sustratos absorbentes

## **Unidad 6. Riego por Goteo y Fertirrigación (8 horas)**

### **Objetivo:**

Definir los componentes básicos de un sistema de riego por goteo, así como comparar los diferentes métodos utilizados en la programación del riego en ambientes controlados y , además, describir la técnica del fertirriego y su programación, para planear adecuadamente sistemas de este tipo.

### **Contenido:**

- 6.1. Riego por goteo y sus componentes
- 6.2. Criterios y métodos de programación del riego
  - 6.2.1. Métodos basados en el contenido de agua del sustrato
  - 6.2.2. Métodos basados en el estado hídrico del cultivo
  - 6.2.3. Métodos basados en parámetros climáticos
  - 6.2.4. Criterios para la programación de los riegos
- 6.3. Fertirrigación y su programación
  - 6.3.1. Aspectos generales del fertirriego
  - 6.3.2. Componentes de un sistema de fertirriego
  - 6.3.3. Manejo de la fertirrigación en base al análisis de las soluciones drenadas

## **Unidad 7. Consideraciones Finales (4 horas)**

### **Objetivos:**

Proporcionar argumentos objetivos al valorar la factibilidad técnica y la rentabilidad económica de los diferentes sistemas hidropónicos, así como identificar los principales problemas a enfrentar para planear y poner en marcha una empresa hidropónica.

### **Contenido:**

- 7.1. Manejo general de una instalación hidropónica
- 7.2. Valoración de factibilidad técnica de la hidroponía a distintos niveles
- 7.3. Repaso de las dificultades a vencer para el logro de altos rendimientos y calidad
- 7.4. Mercados para los productos hidropónicos
- 7.5. Análisis simple de rentabilidad económica y sensibilidad en una empresa hidropónica

- 7.6. El problema del acceso a los mercados
- 7.7. Limitaciones por el tamaño de la instalación

## **VI. PRÁCTICAS**

### **Práctica 1. Inducción de deficiencias y excesos nutricionales en plantas manejadas en sistemas hidropónicos (6 horas)**

#### **Objetivos:**

- 1) Efectuar correctamente cálculos para preparar soluciones nutritivas utilizando distintas formas de expresar concentraciones.
- 2) Preparar soluciones nutritivas que permitan su aplicación directa a las plantas o utilizando el método de las soluciones madre para aplicar estas mediante sistemas de inyección.
- 3) Detectar visualmente síntomas de deficiencia o toxicidad de nutrimentos en plantas para proponer procedimientos y mecanismos de corrección.

### **Práctica 2. Operación de sistemas automatizados de fertirrigación (4 horas)**

#### **Objetivos:**

- 1) Manejar correctamente diferentes aparatos de fertirrigación utilizados para aplicar soluciones nutritivas al sistema de riego mediante la inyección de fertilizantes diluidos en forma de soluciones madre

### **Práctica 3. Producción de forraje verde hidropónico (8 horas)**

#### **Objetivos:**

- 1) Conducir un sistema de producción de forraje verde hidropónico para entrenar un manejo técnico comercial.

### **Práctica 4. Identificación de sustratos hidropónicos y determinación de sus propiedades físicas y químicas principales (4 horas)**

#### **Objetivos:**

- 1) Definir las propiedades que deben reunir los sustratos para emplear éstas con éxito en hidroponía.
- 2) Estimar de manera práctica varias de las propiedades físicas y químicas de los sustratos hidropónicos a fin de emplear el más adecuado, así como manejar esto en cuanto a volumen necesario, tipo de contenedor, dosis y frecuencia de riegos, formas de drenaje y ajustes de nutrición.

### **Práctica 5. Conducción de un cultivo hidropónico en instalaciones piloto con sustratos hidropónicos bajo invernadero (10 horas)**

#### **Objetivos:**

- 1) Instalar sistemas hidropónicos con el objeto de producir hortalizas y/o flores.

2) Analizar los procesos de producción de cultivos para detectar y resolver los problemas técnicos de producción que se presenten.

### **Práctica 6. Visita a instalaciones de producción comercial y a mercados de productos hidropónicos (16 horas)**

#### **Objetivos:**

- 1) Detectar problemas técnicos de producción a fin de proponer soluciones viables.
- 2) Identificar los diferentes nichos de mercado de los productos hidropónicos para explicar las ventajas y dificultades de posicionarse en cada uno de ellos.

## **VII. METODOLOGÍA**

Es este un curso teórico-práctico, por lo mismo se 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 que permita establecer una secuencia y una metodología adecuada para abordar los temas de aprendizaje (revisión de conceptos y antecedentes, trabajos extractase etc. Para homogenizar el nivel de conocimientos necesarios para abordar la temática). Al final de cada Unidad se sugiere otra evaluación diagnóstica para definir en que grado se están logrando los objetivos planteados para cada participante y en su caso, cuando corresponda proponerles acciones correctivas de las deficiencias mostradas en su aprendizaje. En el desarrollo de cada Unidad 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 (todas las presentadas en el curso y otras más), 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**

Aparte de las evaluaciones diagnósticas al principio de cada Unidad, donde no se otorga calificación, la evaluación del curso se efectuará y ponderará de la siguiente manera :

- 1) Tres exámenes del conocimiento y habilidades adquiridas (40 %) de la calificación global.
- 2) Actividades y reportes de prácticas (30 % de la calificación global)



- 3) Resolución individual y entrega de guías de estudio y trabajos extraclase (20 % de la calificación global)
- 4) Exámenes diagnósticos al final de cada Unidad (10 % de la calificación global)

## **IX. BIBLIOGRAFÍA**

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

- Baudoin, W. O. (ed.). 1990. *Soilless Culture for Horticultural Crop Production*. FAO, Plant Production and Protection Paper 101. Rome, Italy. 188 p.
- Fernández, F. M., y Cuadrado, G. I. (eds.) 2001. *Cultivos sin Suelo*. Curso Superior de Especialización. Consejería de Agricultura y Pesca de España. Fundación para la Investigación Agraria en la Provincia de Almería. Caja Rural de Almería. 607 p.
- Martínez Calderilla, E., y García Lozano, M. 1993. *Cultivos sin Suelo en Clima Mediterráneo*. Compendio de Horticultura 3. Ediciones de Horticultura. Barcelona, España. 123 p.
- Resh, H. M. 2001. *Cultivos Hidropónicos*. Ediciones Mundi–Prensa. Madrid, España. 509 p.
- Rodríguez Delfín, A. (editor). 1996. *Hidroponía: Una Esperanza para Latinoamérica (Curso-Taller Internacional)*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 393 p.
- Rodríguez Delfín, A. (editor). 1997. *Hidroponía Comercial: Una buena opción en agronegocios (Conferencia Internacional)*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 170 p.
- Sánchez Del Castillo, F., y E. Escalante Rebolledo. 1989. *Hidroponía*. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México (tercera edición).
- Sholto, D. J., 1976. *Advanced guide to hydroponics*. Drake Publishers, Inc. New York. USA. 325 p.
- Urrestarazú Gavilán, M. 2004. *Tratado de Cultivo sin Suelo*. Ediciones Mundi -Prensa. Madrid, España. 3ª Edición. 914p.