

LA ENSEÑANZA DE LA FISIOTECNIA VEGETAL EN LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE MEXICO

Claudio Esquivel Alvarez¹

INTRODUCCION

Con el propósito de coadyuvar a la solución de los problemas inherentes al incremento de la producción agrícola y al mejoramiento del bienestar de los productores rurales, la Universidad Autónoma del Estado de México estableció, en 1973, la Escuela de Agricultura para formar Ingenieros Agrónomos en las especialidades de Fitotecnia, Zootecnia e Industrias Agrícolas y más recientemente, en Producción Agropecuaria. Para este fin se dispone de cuatro Unidades Académicas, ubicadas en las localidades de El Cerrillo de Piedras Blancas, Temascaltepec, Amecameca y Zumpango.

A la fecha han egresado 14 generaciones comprendiendo alrededor de 1369 ingenieros agrónomos, siendo la matrícula actual de unos 550 estudiantes. Sin embargo, la enseñanza de la Fisiotecnia Vegetal no se incluye a nivel de licenciatura.

Una vez consolidada la planta docente y al considerar la necesidad de contribuir a la formación de más especialistas en el campo del Fitomejoramiento, la entonces Escuela de Agricultura propuso el establecimiento de la Maestría en Ciencias en Fitomejoramiento,

misma que inició sus actividades en 1985 y permitió elevar su rango a Facultad. Los objetivos esenciales de esta maestría son:

- Fomentar la formación de profesores, especialistas e investigadores de alto nivel que aporten elementos para la solución de los problemas agrícolas regionales y del país.
- Preparar e impulsar a mayores niveles científicos y tecnológicos a expertos profesionales, profesores e investigadores en las áreas de la Genética Vegetal, la Genotecnia Vegetal, la Fisiotecnia Vegetal y el Método Científico Experimental.

Como se observa, la enseñanza de la Fisiotecnia Vegetal forma parte de los objetivos de la Maestría en Ciencias en Fitomejoramiento que otorga esta Universidad.

CONTENIDO DEL PROGRAMA DE MAESTRIA

El programa de la Maestría comprende cuatro semestres durante los cuales se imparten los cursos que a continuación se indican:

PRIMER SEMESTRE

- Estadística y Uso de Computadoras (TyP)
- Genética General Avanzada (TyP)

¹ Profesor de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México. C.P.

- Fisiología Vegetal Avanzada (TyP)
- Seminario I
- Investigación

SEGUNDO SEMESTRE

- Métodos Estadísticos
- Genética Vegetal I (TyP)
- Seminario II
- Investigación

TERCER SEMESTRE

- Diseños Experimentales
- Fisiotecnica Vegetal (TyP)
- Genética Cuantitativa (TyP)
- Seminario III
- Investigación

CUARTO SEMESTRE

- Genética del Desarrollo
- Genética Vegetal II
- Problemas Especiales en:
 - Mutagénesis
 - Genética Molecular
 - Diseños Genéticos
 - Evolución Orgánica
- Investigación

OBJETIVOS Y CONTENIDO DEL CURSO DE FISIOTECNIA VEGETAL

El curso de Fisiotecnica Vegetal es precedido por un curso de Fisiología Vegetal Avanzada, que comprende tres horas de teoría y tres de prácticas a la semana. El curso de Fisiotecnica se ha estructurado a fin de que el estudiante desarrolle la capacidad para analizar los principios del funcionamiento de las plantas como individuos y en comunidades, relacionar estos principios con su capacidad productiva y derivar inferencias basadas en los principios fisiológicos que le

permitan mejorar la capacidad de rendimiento de los cultivos.

El curso se imparte en dos sesiones semanales de hora y media de teoría y tres horas de prácticas. El contenido del programa del curso se indica a continuación:

1. Antecedentes históricos y contexto de la Fisiotecnica Vegetal.
2. Análisis de crecimiento.
 - 2.1. La ley del interés compuesto.
 - 2.2. Tasa relativa de crecimiento.
 - 2.3. Tasa relativa de crecimiento foliar.
 - 2.4. Tasa de asimilación neta.
 - 2.5. Tasa de área foliar.
 - 2.6. Tasa de crecimiento del cultivo.
 - 2.7. Índice de área foliar y métodos de medición.
 - 2.8. Estrategias para el análisis del crecimiento.
 - 2.9. Usos y abusos del análisis del crecimiento.
3. Fotosíntesis en la hoja.
 - 3.1. Características de la energía radiante.
 - 3.2. Radiometría vs Fotometría.
 - 3.3. Radiación fotosintéticamente activa y Densidad de flujo de fotones fotosintéticos.
 - 3.4. El proceso de difusión del CO_2 .
 - 3.4.1. Resistencia laminar.
 - 3.4.2. Resistencia estomatal.
 - 3.4.3. Resistencia del mesófilo, resistencia residual y resistencia a la carboxilación.
 - 3.5. Reacciones de Hill y de la fase oscura.
 - 3.6. El proceso bioquímico.
 - 3.7. El proceso biosintético.

- 3.7.1. El ciclo de Calvin.
- 3.7.2. Incorporación del metabolismo C-4 a especies C-3.
- 3.7.4. El proceso CAM.
- 3.8. Fotorrespiración.
 - 3.8.1. El proceso oxigenasa-fotorrespiración.
 - 3.8.2. Regulación de la fotorrespiración.
- 3.9. Variación de la tasa fotosintética.
 - 3.9.1. Regulación por demanda.
 - 3.9.2. Ontogenia y edad de la hoja.
 - 3.9.3. Diferencias entre genotipos.
 - 3.9.4. Deficiencias de agua y nutricionales.
4. Fotosíntesis de la cubierta vegetal.
 - 4.1. Cantidad de follaje.
 - 4.1.1. Intercepción de la radiación fotosintéticamente activa.
 - 4.1.2. Índices de área foliar óptimo y crítico.
 - 4.2. Distribución de las hojas.
 - 4.3. Coeficiente de extinción.
 - 4.3.1. Factores de la planta que afectan al coeficiente de extinción.
 - 4.3.2. Factores que limitan las ventajas de un menor coeficiente de extinción.
 - 4.4. Ontogenia del cultivo en relación a la fotosíntesis.
 - 4.5. Difusión del bióxido de carbono en la cubierta vegetal.
 - 4.5.1. Fuentes de CO_2 .
 - 4.5.2. Difusión del CO_2 .
 - 4.5.3. Turbulencia térmica.
 - 4.5.4. Turbulencia aerodinámica.
 - 4.5.5. Perfiles de concentración de CO_2 .
 - 4.5.6. Perfiles de flujo de CO_2 .
 - 4.6. Fotosíntesis no laminar.
5. Respiración.
 - 5.1. Formación de hexosas a partir de polisacáridos de reserva.
 - 5.2. Glicólisis y fermentación.
 - 5.3. Ciclo de Krebs.
 - 5.4. El sistema de transporte de electrones y la fosforilación oxidativa.
 - 5.5. Respiración resistente al cianuro.
 - 5.6. Climaterio.
 - 5.7. Respiración para mantenimiento.
 - 5.8. Respiración para crecimiento.
 - 5.9. Valor de producción.
 - 5.10. Eficiencia de crecimiento.
 - 5.11. Cuantificación de la respiración para mantenimiento y para crecimiento.
 - 5.11.1. Tasa de respiración de órganos maduros.
 - 5.11.2. Respiración de órganos agotados.
 - 5.11.3. Respiración con crecimiento extrapolado a cero.
 - 5.11.4. Método del $^{14}\text{CO}_2$.
 - 5.12. Factores ambientales que afectan a la respiración.
 - 5.13. Diferencias genotípicas en respiración.
6. Crecimiento y desarrollo de un cultivo.
 - 6.1. Vigor de la semilla y establecimiento.
 - 6.2. Correlaciones tallo-raíz.
 - 6.2.1. Equilibrio funcional.
 - 6.2.2. Efecto de factores consumibles y factores estimulantes.
 - 6.3. Regulación de la reproducción en cultivos de grano.
 - 6.4. Efectos de fotoperíodo, temperatura (unidades calor) y otros factores ambientales.
 - 6.5. Relación entre el desarrollo vegetativo y reproductivo y factores que la afectan.

- 6.6. Tasa de crecimiento y tasa de desarrollo.
- 6.7. Senescencia y sus posibles mecanismos.
- 7. Estación de crecimiento.
 - 7.1. Definición de la estación de crecimiento.
 - 7.2. Determinación de la estación de crecimiento.
 - 7.3. Relación con etapas fenológicas.
 - 7.4. Relación con genotipos.
 - 7.5. Relación con fecha de siembra.
- 8. Prácticas de producción.
 - 8.1. Densidad de población, distribución de plantas y rendimiento.
 - 8.2. Efectos de la densidad de población en el crecimiento y reproducción.
 - 8.2.1. Efecto en rendimiento de biomasa.
 - 8.2.2. Efecto en rendimiento de grano.
 - 8.2.3. Efecto en la sincronía de la floración.
 - 8.3. Regulación hormonal de la tolerancia a mayor densidad de población.
- 9. Competencia.
 - 9.1. Tipos y naturaleza.
 - 9.2. Cultivos múltiples.
 - 9.2.1. Terminología y clasificación.
 - 9.3. Eficiencia relativa de la tierra y de los insumos.
 - 9.4. Anidación en cultivos múltiples.
 - 9.5. Aptitud asociativa en cultivos múltiples y perspectivas de selección.

Por otra parte, la enseñanza de la Fisiotecnica Vegetal carecería de sentido si el estudiante no asimila en forma objetiva y por

sí mismo los conceptos, técnicas y métodos relevantes de esta disciplina. Bajo esa consideración, el programa de prácticas está estructurado a fin de que el estudiante aplique los conceptos revisados en la parte teórica, así como algunos métodos que le permitan identificar y evaluar algunos de los parámetros fisiotécnicos más importantes. Así mismo se pretende que el estudiante desarrolle la capacidad para planear, ejecutar, analizar y reportar un trabajo de investigación relevante a esta disciplina.

El programa de prácticas se organiza de acuerdo con la disponibilidad de equipo y materiales y a la posibilidad de obtener la colaboración de otras instituciones, puesto que se carece de la instrumentación necesaria, así como de un laboratorio e invernaderos propios para este curso. A manera de ejemplo, se indican las prácticas realizadas por los estudiantes que tomaron el curso en el Semestre de Primavera de 1991.

1. Efecto en los cultivos de maíz (*Zea mays*), haba (*Vicia faba* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) de los factores variedad, tamaño de semilla y densidad de población en términos de variables e índices fisiotécnicos como: tasa de asimilación neta, tasa de área foliar, tasa relativa de crecimiento, tasa de crecimiento del cultivo, índice de área foliar y rendimiento de biomasa.

2. Comparación de varios métodos para determinar área foliar.

3. Características y manejo del analizador infrarojo de gases (IRGA) para determinar el intercambio de CO₂.

4. Características, aplicaciones y manejo del porómetro portátil.

5. Aplicación y comparación de varios métodos para la determinación de unidades calor.

6. Determinación de la estación de crecimiento en función de la disponibilidad de humedad y período libre de heladas en localidades del Estado de México.

Los trabajos de prácticas son reportados en forma escrita e individual por los estudiantes considerando en su presentación el guión de un artículo científico.

También, como parte del curso, cada estudiante presenta en forma oral temas que le son asignados con el propósito de revisar y discutir los conceptos, métodos y resultados de trabajos de investigación que se relacionan con los aspectos estudiados en el curso.

De esta manera se considera que el estudiante obtiene una visión amplia de la importancia y aplicaciones de la Fisiotecnica Vegetal, principalmente en relación con el mejoramiento genético de cultivos.

ESTUDIANTES Y PROFESORES

A la fecha, cinco generaciones han egresado de la Maestría en Ciencias comprendiendo un total de 17 estudiantes, que han cursado la materia de Fisiotecnica Vegetal. Actualmente cursan la Maestría 10 estudiantes, de los cuales 3 ya han tomado este curso.

Durante ese lapso, sólo dos profesores han participado en la parte teórica del curso; los primeros cuatro cursos fueron impartidos por un Maestro en Ciencias y los últimos dos por un profesor con el nivel de Doctorado.

Las prácticas han sido impartidas por dos M.C. y un pasante de M.C., todos ellos de tiempo parcial.

RECURSOS DISPONIBLES PARA LA ENSEÑANZA

La escasez de recursos físicos y humanos ha sido un denominador común en la mayoría de las instituciones o programas de reciente creación. En este caso, aunque la Facultad dispone de terrenos experimentales se tienen limitaciones de personal y equipo para las operaciones de campo. Por otra parte, aun cuando se dispone de algunos laboratorios, éstos son de uso general, principalmente para cursos a nivel de licenciatura y tienen una disponibilidad limitada de equipo y reactivos. Se dispone de invernaderos, de buena construcción, pero sus condiciones actuales de funcionamiento no son adecuadas y se dedican a otros usos.

En cuanto a instrumentación, sólo se dispone de algunas balanzas y estufas para secado de material, que son de uso general y sus condiciones de funcionamiento son limitadas.

Se dispone de una biblioteca general y una particular de la Coordinación de Postgrado, en las cuales el acervo bibliográfico relevante a la Fisiotecnica Vegetal es mínimo.

Como puede observarse, las limitaciones de recursos físicos y humanos han sido factores que no han permitido el desarrollo de la enseñanza e investigación en esta disciplina. Particularmente, se ha carecido de profesores investigadores de tiempo completo que, a partir de la implementación de proyectos de investigación promuevan la obtención de recursos, incrementen el acervo

de experiencias y conocimientos y, por ende, formen más y mejores especialistas en esta disciplina.

PERSPECTIVAS

Generalmente la limitación de recursos ha sido una justificación al escaso desarrollo de la investigación y enseñanza. Sin embargo, también es cierto que este incipiente desarrollo, a su vez, no permite la obtención de recursos, cayéndose así en un círculo vicioso del que es difícil salir. A manera de perspectivas se presentan a continuación algunos puntos que podrían permitir impulsar la enseñanza e investigación en esta disciplina.

1. Formulación de un programa de investigación y docencia a corto, mediano y largo plazo que considere:

- a) El diagnóstico de prioridades regionales de investigación y docencia, con énfasis en las aportaciones de la Fisiotecnica Vegetal.
- b) La definición de un programa gradual de investigación, en función de los recursos disponibles y como medio para obtener más y mejores recursos.
- c) El establecimiento de proyectos de investigación, enseñanza y capacitación en coordinación y colaboración con instituciones de investigación y enseñanza estatales y nacionales.

d) La redefinición y actualización del programa de enseñanza de acuerdo a las necesidades y aportaciones de la investigación.

e) La promoción de la participación de tesis de Licenciatura y Maestría en Ciencias en los proyectos de investigación.

f) Promover la enseñanza de la Fisiotecnica Vegetal al nivel de licenciatura en las especialidades de Fitotecnica y Producción.

g) El desarrollo de cursos de capacitación, conferencias, seminarios y otras actividades académicas relevantes para el desarrollo de la Fisiotecnica Vegetal.

h) La obtención de un acervo bibliográfico mínimo para apoyar a la investigación y enseñanza.

i) Promover la publicación de artículos técnicos y científicos.

2. La definición de un programa de Formación de Recursos Humanos con énfasis en las necesidades de investigación y enseñanza del entorno regional.