Rev. Fitotec. Mex. 14:109-120. 1991

LA ENSEÑANZA DE LA FISIOTECNIA VEGETAL EN EL COLEGIO DE POSTGRADUADOS Y EN LA UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO

Leopoldo E. Mendoza Onofre[1]

INTRODUCCION

El curso de Fisiotecnia Vegetal surgió en el Colegio de Postgraduados durante la década de los 70's ante la necesidad de impartir nuevos conocimientos y enfoques en los planes de estudio de las instituciones de enseñanza agrícola superior y en la forma en que la investigación agrícola se llevaba a cabo en el país. En estos veinte años, el contenido de ese curso se ha enriquecido mediante las aportaciones personales y de grupo de los académicos que han ingresado al Area de Fisiotecnia del Centro de Genética, así como incorporando los resultados de la investigación fisiotécnica efectuada en el país, además de los recabados en la literatura científica nacional e internacional. Como resultado de la evolución de la Fisiotecnia Vegetal, en el Centro de Genética actualmente se ofrecen dos cursos complementarios: Fisiotecnia Vegetal Avanzada y Micrometeorología Aplicada a la Producción y al Fitomejoramiento. En este escrito se presentan aspectos relacionados con la justificación, objetivos, temática y proyección del curso de Fisiotecnia Vegetal, para posteriormente indicar el contenido temático de los dos cursos adicionales.

[1] Profesor Investigador Titular. Centro de Genética, Colegio de Postgraduados. C.P. 56230, Chapingo, Edo. de México.

JUSTIFICACION Y OBJETIVOS DE LA FISIOTECNIA VEGETAL

En nuestro país es creciente e imperiosa la necesidad de incrementar cuantitativa y cualitativamente el rendimiento por unidad de superficie de los cultivos de importancia básica para el hombre. Tales incrementos pueden conseguirse mediante la combinación de genotipos de alto potencial de rendimiento con prácticas agrícolas que permitan la ocurrencia de niveles adecuados y oportunos de factores ambientales que maximicen, desde el punto de vista económico, social o ambiental, la expresión fenotípica de tales genotipos.

Se reconoce que el combinar adecuadamente los factores genéticos con los ambientales no es una tarea sencilla; sin embargo, conviene analizar la forma en que tradicionalmente se procura lograr dicha combinación y lo que la Fisiotecnia propone en cambio.

Enfoque fisiotécnico de la enseñanza en Agronomía

En los planes de estudio que ofrecen las instituciones de enseñanza agrícola superior, existen cursos que cubren diversos aspectos de la planta y del ambiente. Así, todos los egresados de Agronomía han cursado asignaturas sobre meteorología, suelos, control de malezas, de plagas y de

enfermedades, uso y manejo de agua, y otras que genéricamente se consideran como "ambientalistas". A estas materias, se añaden otras como fisiología, citología, botánica, taxonomía y genética, que por estar relacionadas con el genotipo se les han denominado como "genotécnicas". Una vez que los estudiantes han cursado el cuadro básico de materias, el sistema de enseñanza actual pretende conjugar estos conocimientos a través de los cursos de Cultivos, los cuales normalmente se apoyan en prácticas de campo y se clasifican de acuerdo al uso de las especies (cultivos industriales, básicos, forrajeros, medicinales, etc.) o al área ecológica en donde comúnmente se explotan (i.e., cultivos de zonas áridas, templadas, tropicales). Independientemente de lo acertado de uno u otro criterio de clasificación, el común denominador de estos cursos es que se imparten en forma de "recetario", o sea, que para cada cultivo se sigue un esquema de recomendaciones que, al aplicarse, se supone que permitirán obtener los mejores resultados en cuanto a producción.

Naturalmente, los recetarios resultan de limitada aplicación en la práctica profesional, ya que no hay un enfoque conceptual de la multitud de interacciones que existen entre el genotipo y el ambiente, que se reflejan en la producción agrícola. El estudiante, al no recibir una verdadera integración del gran número de materias aisladas que cursó, carece de un criterio conjugativo que le permita analizar racionalmente la diversidad de situaciones o problemas agronómicos relacionados con la producción de una especie vegetal, lo que a su vez, reduce sus posibilidades de proponer alternativas integrales de solución a una situación o problema en particular.

En consecuencia, uno de los objetivos del curso de Fisiotecnia Vegetal es que el estudiante reconozca, y posteriormente aprenda a manejar, elementos que le permitan conjugar, integrar y sistematizar los conocimientos adquiridos, generalmente en forma independiente y/o aislada, a través de la carrera y/o del ejercicio profesional, de manera tal que esté en posibilidades de afrontar los variables y complejos problemas agronómicos de la producción agrícola y del fitomejoramiento.

Enfoque fisiotécnico en la práctica profesional agronómica

El enfoque individualista de la enseñanza a nivel de licenciatura y de postgrado se magnifica en la práctica profesional de los egresados especializados en diversas disciplinas agronómicas. Así, en el campo se encuentran especialistas en suelos, entomología, riego, economía, divulgación y otros ambientalistas, conviviendo con genotecnistas especialistas en cultivos básicos, industriales, frutícolas, ornamentales, etc.

Durante mucho tiempo ambos tipos de agrónomos mantuvieron sus campos separados e interactuaban sólo por accidente; sin embargo, en años recientes se insiste en la formación de grupos interdisciplinarios de trabajo. En efecto, la magnitud y complejidad de los problemas agronómicos de la producción agrícola requieren de la acción coordinada y efectiva de especialistas en diferentes disciplinas, pero su integración ha sido seriamente limitada por varias causas, entre las que destacan dos principales: a) La falta de un "vocabulario" común, esto es, la especialización ha ocasionado que el mismo profesionista reconozca que agrónomos de otras especialidades "no lo entienden"; 2) La

falta de preparación académica y mental para trabajar en equipo, que en muchas ocasiones se traduce en la creencia de que solamente "nuestra especialidad" es importante.

Al respecto, el curso de Fisiotecnia Vegetal tiene como otro de sus objetivos, que el estudiante reconozca la importante influencia de las diferentes disciplinas en la solución de los problemas agrícolas; que recuerde y maneje el vocabulario elemental agronómico; y sobre todo, tenga la actitud del trabajo en equipo, para que en su ejercicio profesional sea crítico y autocrítico, como parte de un conjunto de personas con objetivos e intereses comunes, que por diferentes caminos aportan conocimientos y esfuerzos para la solución integral y coordinada de los problemas agrícolas.

Enfoque fisiotécnico del fitomejoramiento genético

La experiencia profesional de los profesores responsables del curso en el Colegio de Postgraduados, se inició en programas de fitomejoramiento genético donde el objetivo principal es la formación de genocultivares de mayor rendimiento. Quizás sea ésta la principal razón por la cual el curso de Fisiotecnia Vegetal que se imparte regularmente en el Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo (a nivel profesional) y en el Centro de Genética del Colegio de Postgraduados (a nivel postprofesional), se enfoca principalmente al fitomejoramiento genético y a la producción de cultivos.

El fitomejoramiento genético convencional ha enfatizado la utilización del rendimiento económico (aquél de importancia antropocéntrica) en las fases de evaluación y selección. Esto, en parte ha ocasionado que las ganancias en el rendimiento económico de los nuevos genocultivares de algunas especies, con respecto a los anteriormente obtenidos, sean cada vez menores y se requiera de mayor tiempo para generar una nueva variedad mejorada. En cereales, esta variedad muchas veces está formada por individuos más vigorosos, de ciclo biológico más largo y con igual o menor eficiencia en la producción de grano con respecto a la materia seca total. Una consecuencia práctica de esto es que se limita el empleo de algunas prácticas culturales, como incrementos en la densidad de siembra y en las dosis de fertilización, que en algunos sistemas de producción permitirían aumentar la productividad de los nuevos genocultivares.

En Fisiotecnia Vegetal se considera que el rendimiento de una planta depende de cuánta energía química se elabore a través de la fotosíntesis y qué proporción de esa energía se transforme a productos de importancia económica. Esto, a su vez, es función del genotipo y de la disponibilidad de los factores ambientales en cantidad, calidad y oportunidad adecuadas de acuerdo con los requerimientos impuestos por la fenología de la planta. Es decir, los procesos fisiológicos de intercepción de energía física, transformación a energía química y movilización y acumulación de productos fotosintéticos, están acoplados a una serie de eventos ontogénicos involucrados en el desarrollo y en el crecimiento de la planta. Todo ello se puede resumir en dos aspectos fundamentales para la determinación de la porción del rendimiento total (rendimiento biológico) que es de interés para el productor: a) La acumulacion neta total de fotosintetizados y b) La proporción de fotosintetizados acumulados en órganos de importancia económica con respecto a la biomasa total.

Adicionalmente, un aspecto importante de la producción agrícola es que sólo en algunas especies interesa el rendimiento económico por planta, pues la mayoría de las veces, el rendimiento por unidad de superficie es el criterio principal con que el productor toma sus decisiones. En consecuencia, el manejo agronómico que el hombre realiza de los factores ambientales, a través de las prácticas culturales, refuerza la necesidad de integrar los conocimientos ambientales con los genéticos en los programas de fitomejoramiento genético.

Por lo anterior, también es propósito de la Fisiotecnia, el que los fitomejoradores aumenten la eficiencia de sus programas de mejoramiento genético mediante la inclusión de variables fisiológicas, morfológicas fenológicas y bioquímicas, entre otras, como criterios de selección y evaluación, pues el rendimiento economico por sí solo no es el mejor criterio para seleccionar a los genotipos más eficientes.

TEMAS DE LA PARTE TEORICA DEL CURSO

Consideraciones generales

Es conveniente subrayar que el éxito en el desarrollo, aprovechamiento y cumplimiento de los objetivos del curso, depende de varios factores, entre los cuales destacan tres: 1) El grado de interés o motivación que el estudiante tenga por atender el curso (como generalmente ocurre con estudiantes de postgrado) o que el profesor logre despertar en los estudiantes (como es el caso del curso que se ofrece a nivel de licenciatura); 2) El nivel de comunicación que se establezca entre el profesor y los estudiantes; y 3) La calidad del material didáctico que el profesor ofrezca.

En el primer caso, las sesiones iniciales son especialmente importantes para despertar inquietudes, adquirir confianza, motivar interés y definir el papel que tanto el profesor como los educandos desempeñarán a lo largo del curso. Es indispensable que los estudiantes reconozcan su propia experiencia de campo o de laboratorio, obtenida mediante viajes de estudio, investigación propia, revisión bibliográfica, o algún otro medio; y que cada estudiante va a compartir tales experiencias en beneficio de todos, proceso en el cual el profesor actuará como "catalizador" para la óptima integración de los conocimientos teóricos o prácticos.

Para alcanzar un buen nivel de comunicación entre profesor y estudiantes, es conveniente considerar las siguientes premisas: a) El profesor no es un "sabelotodo" en aspectos fisiotécnicos, ni será el responsable de dar "la última palabra" en algún tema controvertido; b) La palabra escrita no es infalible, ni es la última palabra, aunque se encuentre en artículos científicos de alto nivel; c) La aplicación de los resultados obtenidos en investigaciones conducidas por agrónomos de amplio reconocimiento en el medio, están limitadas a los genotipos y condiciones ambientales en que tales resultados se obtuvieron; y d) El estudiante generalmente sabe más de lo que él cree.

En lo que respecta al material didáctico, tanto a nivel licenciatura como de postgrado, el profesor presenta la información de cada tema impartiendo conferencias ilustradas con acetatos o diapositivas, añadiendo una lista bibliográfica cuyo tamaño y detalle depende del nivel al que se ofrece el curso. Dada la complejidad de las respuestas genotípicas a los factores ambientales, se tiene especial cuidado en ofrecer información que aborde cada tema desde diferentes puntos de vista

sin pretender "generalizar" respuestas ni mucho menos, llegar a conclusiones sin fundamentos suficientes. Por tanto, es indispensable que el material didáctico sea cuidadosamente planeado por el profesor para que cumpla con los objetivos específicos del tema sin provocar confusiones en el estudiante. Esta técnica de enseñanza difiere del sistema tradicional y en ocasiones genera oposición del estudiante, particularmente en los cursos de licenciatura, quien generalmente desea que se le dicte información para memorizarla y repetirla en exámenes, regresando así a los anacrónicos recetarios.

Finalmente, es recomendable que en cada tema se incorporen ejemplos de situaciones vigentes de la problemática agrícola local, regional o nacional, para así dar mayor oportunidad de participación a los estudiantes, incrementar su interés en el curso, y demostrar que los conceptos vertidos en la teoría "aterrizan" en soluciones que pueden aplicarse a problemas concretos.

Todo lo anterior, resalta el papel del profesor como una persona preocupada por su permanente actualización en aspectos agronómicos, cuyo análisis permitirá que el estudiante aprecie la importancia de genotecnistas y ambientalistas en la solución de problemas agrícolas.

Temática

1. Introducción y objetivos.

La enseñanza y la investigación agrícolas. El papel del fitotecnista. Interpretación de la expresión $F = G + A + G \times A$. Las especies vegetales de mayor importancia económica, social y cultural en México. Antecedentes, justificación, importancia y objetivos de la Fisiotecnia. Mecánica operativa del curso.

2. Ambiente y estación de crecimiento.

Potencial genético y potencial ecológico. El papel del genotecnista y del ambientalista. Importancia de la interacción genético-ambiental. El concepto holocenótico del ambiente y su relación con las prácticas agrícolas. La estación de crecimiento y los objetivos de los sistemas de producción. Primera aproximación a la importancia de la fenología y su relación con los factores ambientales influenciados por la fecha de siembra.

3. Fenología y rendimiento.

Relación entre la fenología, los componentes morfológicos del rendimiento y las prácticas agrícolas. Mediciones del desarrollo. Importancia de las respuestas a corto, mediano y largo plazo. Cambios fenológicos ante factores ambientales favorables y adversos. Las fechas de siembra como estrategia para mejorar la cantidad, calidad y oportunidad en la oferta de productos agrícolas.

4. La etapa vegetativa.

Importancia de la preparación del terreno. Relación entre el tamaño de la semilla, la profundidad de siembra y la competencia inicial durante el establecimiento del cultivo, con el rendimiento final. Sistemas de producción hortícola con órganos vegetativos como base de la comercialización.

5. La etapa reproductiva inicial.

Fotosíntesis laminar y no laminar. El tamaño, la duración y la eficiencia de la fuente fotosintética y su repercusión en la producción de materia seca y en el

rendimiento. Impacto de la ocurrencia de factores ambientales adversos en esta etapa.

6. La etapa reproductiva final.

Area foliar y métodos de estimación. El sistema fuente-demanda-transporte. Trascendencia de la fotosíntesis pre y post-antesis. Importancia de la poda en sistemas de producción hortícola, frutícola y ornamental.

7. El crecimiento vegetal.

Métodos de análisis y modelos. Relación con el desarrollo. Parámetros del crecimiento. Importancia de conocer la distribución de la materia seca. Influencia de la densidad de siembra y de la fertilización.

8. Rendimiento biológico y económico.

Componentes morfológicos, fenológicos y terminales. El índice de cosecha. Cantidad, calidad y oportunidad en la oferta de productos agrícolas y los costos económicos, ecológicos y sociales.

9. Indices de eficiencia.

Conceptos e importancia de los índices fisiotécnicos. Su aplicación en genotecnia vegetal y en la evaluación de prácticas culturales. Punto de vista holocenótico de los factores ambientales, los procesos fisiológicos y la distribución de la materia seca vegetal.

10 Arquetipos vegetales.

Caracterización del ambiente de produccion. Los conflictos entre ambientes y criterios de selección con ambientes y criterios de evaluación. Herencia de características arquetípicas y fisiotécnicas.

11. Adaptación y adaptabilidad.

Composición fenotípica y genotípica de las poblaciones vegetales. La estabilidad del rendimiento y modelos para medirla. Interpretación de la interacción Genotipos x Años x Localidades. El reto de la agricultura de temporal. Potencial agronómico, social y ecológico.

12. Competencia y sistemas de producción.

Competencia entre - e inter-específica. La competencia intraplanta. Unicultivos y multicultivos. Sistemas de producción agropecuaria y forestal. La investigación multi- e interdisciplinaria.

13. Trabajo interdisciplinario.

El aprovechamiento del potencial humano. La formación de equipos interdisciplinarios en la producción agrícola. Ventajas y desventajas. Liderazgos individuales, colectivos e institucionales. El papel del agrónomo en la sociedad actual y futura.

PRACTICAS DEL CURSO

Consideraciones generales

Esta es una parte muy importante del curso que se ha implementado de manera regular a nivel de postgrado, y de forma ocasional en el caso de la licenciatura. Esto, en parte se debe a la dificultad de proporcionar suficiente material genético y apoyo logístico a los numerosos estudiantes (entre 140 y 220, por semestre), así como a la escasez de profesores que se responsabilicen de las prácticas en la Universidad Autónoma Chapingo.

La selección de la(s) especie(s) vegetal(es) que se emplean en las prácticas es importante y dependerá de los objetivos específicos de cada práctica. Es deseable emplear especies que se cultiven en la región y cuyo ciclo biológico se complete durante los meses en que se imparte la teoría, pero pueden diseñarse prácticas que solamente abarquen alguna etapa fenológica, para lo cual, las siembras retrasadas o adelantadas serán la mejor estrategia para cumplir con los objetivos deseados, Es decir, el profesor deberá agudizar su ingenio al seleccionar la especie, la fecha de siembra, el sistema de producción y la etapa fenológica del cultivo en la cual aplicará los tratamientos que le permitan cumplir con los objetivos específicos de cada práctica.

Objetivos

Los principales objetivos de las prácticas del curso de Fisiotecnia Vegetal son que el estudiante:

1. Desarrolle su habilidad para trabajar en equipo, de manera física e intelectual, en conjunto con otros estudiantes, inclusive con aquéllos que no son de su especialidad.

2. Confronte los conceptos y fenómenos presentados y discutidos en la parte teórica del curso con las respuestas observadas en el campo, en el laboratorio, o en invernadero.

3. Consolide su capacidad para interpretar agronómicamente los resultados estadísticos de un experimento y aprenda a evaluar las diferentes posibilidades de solución a un problema agronómico.

4. Promueva su ingenio, ya que deberá proponer opciones a las metodologías establecidas, de acuerdo con los recursos disponibles.

5. Fomente su capacidad para redactar artículos científicos, pues esa es la forma en que los equipos de trabajo presentan los informes de cada práctica.

Temática

1. Estimación del área foliar en sorgo.

El propósito de esta práctica es familiarizar al estudiante con la aplicación de métodos no destructivos para estimar el área foliar, mediante la utilización de factores de conversión. Al final de la práctica se conocerán las ventajas o desventajas de emplear una determinada hoja para estimar el área foliar total por planta y el potencial que esta metodología tiene para estimar la duración del área foliar. Si esta práctica se combina con densidades de siembra, genotipos o niveles de fertilización, se podrán calcular índices de área foliar y los efectos genéticos o ambientales sobre esta variable.

2. Análisis del crecimiento del grano de sorgo.

En Chapingo es difícil encontrar una especie suficientemente precoz como para realizar un análisis de crecimiento durante todo el ciclo biológico. Por tanto, se ha optado por efectuar esta práctica con datos de la acumulación de materia seca en el grano durante la etapa post-antesis. Para contrastar tasas de crecimiento, en antesis se diseñan tratamientos donde se extirpan espiguillas de la panoja (en diverso grado) y

se efectúan muestreos periódicos de granos inmaduros, desde antesis hasta madurez fisiológica. Al obtener datos de varias plantas, por muestreo, se podrán comparar los resultados del análisis de crecimiento aplicando el "método funcional" respecto al "metodo clásico".

3. Relaciones fuente-demanda en sorgo.

Al combinar tratamientos de la práctica anterior (donde se está modificando la demanda fisiológica al extirpar espiguillas de la panoja) con tratamientos de defoliación en antesis, se tendrá información para evaluar las relaciones fuente-demanda durante la etapa de llenado de grano. En esta práctica, es necesario obtener datos de la distribución de la materia seca entre los diversos órganos de la planta (al menos en antesis y a la madurez fisiológica), para apreciar mejor la influencia de reducir la magnitud de la fuente y de la demanda. Al comparar los resultados con los datos de los testigos, se tendrá también oportunidad de evaluar los efectos de la competencia intraplanta. Si las facilidades operativas lo permiten, al aumentar el número de muestreos durante la etapa de llenado de grano se tendrá mejor información para hacer un análisis de crecimiento que en el inciso 2, e incluso, se pueden efectuar estimaciones de la contribución relativa al rendimiento de las reservas acumuladas en órganos vegetativos.

4. Parámetros fisiotécnicos del crecimiento.

Al combinar la información de la acumulación total de materia seca obtenida en muestreos post-antesis (i.e., de los tratamientos que fungen como testigos del inciso 3) con datos de área foliar aplicando las metodologías propuestas en el inciso 1, se pueden estimar valores de la tasa de asimilación neta (TAN), la tasa relativa del crecimiento (TCR) y la tasa de crecimiento del cultivo (TCC), entre otros.

PROYECCION

El curso de Fisiotecnia Vegetal, a nivel de licenciatura se ofrece en la especialidad de Fitotecnia (o su equivalente) en varias Escuelas o Facultades de Agronomía del país. En algunos casos, este curso se planea impartir también en otras especialidades como es el caso de la especialidad de Horticultura en la Escuela Superior de Agricultura de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Sin embargo, existen especialidades como Suelos o su equivalente (Sistemas de Producción, Producción Agrícola) donde el curso de Fisiotecnia Vegetal aún no se imparte considerándose conveniente introducirlo completo como un curso regular, o al menos, incorporar algunos temas en el contenido de algún curso. En ambos casos, el énfasis sería la interpretación de las respuestas a las prácticas culturales en diversos sistemas de producción.

En el caso de los programas de postgrado, donde la programación de cursos permite una mayor flexibilidad en la elección de las materias que los estudiantes de maestría o doctorado cursan, es necesario hacer una mayor difusión del enfoque fisiotécnico a la solución de problemas agronómicos, vislumbrándose la conveniencia de diseñar un curso específico para estudiantes del área "ambientalista" con información mínima de la componente genotécnica.

CURSO DE FISIOTECNIA VEGETAL AVANZADA[1]

Objetivos

1. Estudiar y analizar los procesos fenológicos, fisiológicos y bioquímicos involucrados en el desarrollo, crecimiento y producción de las plantas, especialmente de las especies cultivadas.

2. Revisar los fundamentos, ventajas y limitaciones de las técnicas, metodologías e instrumentación empleados para medir variables fisiológicas y fisiotécnicas.

Temas de teoría

1. Introducción.

Objetivos y contenido del curso. Proyectos de investigación a efectuar durante el curso y programación de demostraciones en campo y laboratorio. Sistema de evaluación.

2. El desarrollo vegetal.

Definiciones. Etapas, sub-etapas y fases del desarrollo vegetal. La escala decimal del desarrollo. Relación con el rendimiento y sus componentes. Respuestas a factores ambientales. La tasa de desarrollo y su medición.

3. Análisis del crecimiento vegetal.

Definiciones del crecimiento y análisis de crecimiento. Causas, variables e índices de eficiencia del crecimiento. Tamaño de muestra y frecuencia de los muestreos. Derivación matemática de TAC, TAN y TCR, sus unidades y su interpretación. Modelos matemáticos, ventajas y limitaciones. Métodos estadísticos para estimar medias y varianzas.

4. El intercambio de $C0_2$.

Captura y transformación de la energía radiante. Revisión de los ciclos fotosintéticos C_3, C_4 y CAM. Fotorrespiración y respiración. Leyes de los gases. Principios, ventajas y limitaciones de las técnicas y fórmulas para medir las tasas de intercambio de gases. Fotosíntesis y rendimiento. Demostración de equipo en campo y laboratorio.

5. Relaciones fuente-demanda.

Revisión de conceptos. Sistemas de transporte y su relación. Distancias cortas y largas. Distribución de metabolitos y el crecimiento. Métodos de estudio. Efecto de factores genéticos y ambientales.

6. Relaciones agua-planta.

El potencial hídrico y sus componentes. Conceptos de termodinámica. Técnicas para medir el estado hídrico de la planta, sus principios de operación y sus ventajas y limitaciones. La transpiración y las resistencias a la difusión; métodos para medirlas. Mecanismos morfológicos, fenológicos y fisiológicos de la resistencia a sequía. Demostración de equipo en laboratorio y campo.

7. Presentación y discusión de proyectos individuales conducidos por los estudiantes.

8. Discusión sobre el curso.

---

[1] Información proporcionada por el Dr. Víctor A. González Hernández, responsable del curso desde 1985.

Temas de prácticas

Las prácticas del curso consisten en proyectos individuales de investigación seleccionados por el estudiante y aprobados por el profesor, considerando que su duración y ejecución se ajuste a la disponibilidad de recursos físicos y humanos. Cabe indicar que los informes finales de algunos proyectos han sido de tal calidad que han merecido presentarlos como ponencia en algunos Congresos, o como notas o artículos en algunas revistas científicas.

A continuación se presentan ejemplos del tipo de proyectos realizados como prácticas de este curso:

1. Curvas de presión-volumen en maíz (*Zea mays* L.) y girasol (*Helianthus annuus* L.).

2. Respuestas fisiológicas del cacahuate (*Arachis hypogaea* L.) a la sequía.

3. Efecto de la sequía en las distintas etapas del desarrollo de la cebada (*Hordeum vulgare* L.).

4. El desarrollo floral del trigo (*Triticum aestivum* L.).

5. Respuestas fisiológicas de *Kochia* a la salinidad.

6. Análisis del crecimiento y desarrollo de quinua (*Chenopodium* spp.).

7. Aplicación del método de la media hoja para medir la tasa de fotosíntesis en alfalfa (*Medicago sativa* L.).

8. Estudio de la asincronía floral en maíz.

9. Anatomía de la raíz de sorgo (*Sorghum bicolor*) bajo riego y sequía.

10. Análisis de crecimiento de callos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) *in vitro*.

11. Efecto de la densidad de población sobre el crecimiento y rendimiento de alfalfa.

12. Respuestas fisiológicas del cártamo (*Carthamus tinctorious*) a la infección por *Alternaria carthamii*.

CURSO DE MICROMETEOROLOGIA APLICADA A LA PRODUCCION Y AL FITOMEJORAMIENTO[1]

Objetivos

1. Conjugar la micrometeorología, la fisiología y la genotecnia en el análisis de las interacciones entre los cultivos y su microclima.

2. Estudio de los factores del ambiente físico determinante del crecimiento, desarrollo y producción de los cultivos en el campo.

3. Explicar y explotar las diferencias genotípicas en las respuestas fisiológicas a los factores del microclima.

Temas de teoría

1. Radiación.

Aspectos teóricos: física de la radiación, radiación solar y radiación difusa; reflexión de la radiación de onda corta; radiación neta. Instrumentación y unidades. Aplicaciones:

---

[1] Información proporcionada por el Dr. Manuel Livera Muñoz, responsable del curso desde 1988.

intercepción de radiación fotosintéticamente activa y productividad primaria.

2. Flujo de calor sensible.

Aspectos teóricos: convección libre y forzada; la capa de frontera; transporte de calor (suelo-planta-aire); estabilidad térmica; caída adiabática húmeda; perfiles de temperatura en el dosel y sus variaciones diarias y estacionales. Instrumentación y sus unidades. Aplicaciones: efecto de la temperatura sobre la fotosíntesis y la respiración a nivel de órganos, planta y cultivos; teoría de las unidades calor y su aplicación en genotecnia y producción de semillas; modelos termofenológicos.

3. Temperatura y flujo de calor en el suelo.

Aspectos teóricos: propiedades térmicas y penetración de calor; perfiles diarios y estacionales e influencia de la textura; interacciones entre calor, temperatura, microorganismos y relaciones hídricas en el suelo, Instrumentación y unidades. Aplicaciones: fechas de siembra, acolchado, empleo de plásticos y labranza mínima.

4. Humedad atmosférica.

Aspectos teóricos: los conceptos de saturación, presión de vapor, déficit de presión de vapor y humedad absoluta; perfiles de presión de vapor; transporte del vapor de agua de superficies húmedas al aire; el rocío. Instrumentación y unidades. Aplicaciones: comportamiento estomatal, fotosíntesis, transpiración y rendimiento.

5. Viento.

Aspectos teóricos: origen, perfiles y estabilidad atmosférica; el número de Richardson; la analogía de Reynolds. Instrumentación y unidades. Aplicaciones: respuestas completas con base en la tasa de crecimiento, la pérdida de área foliar y el desarrollo; las barreras rompevientos.

6. Evapotranspiración.

Aspectos teóricos: métodos hidrológicos y micrometeorológicos de estimación; evapotranspiración potencial; advección de calor sensible. Instrumentación y unidades. Aplicaciones: arreglos topológicos, métodos de labranza, balance hídrico.

7. Fotosíntesis, respiración y productividad primaria.

Aspectos teóricos: métodos micrometeorológicos y uso de cámaras de asimilación para medir fotosíntesis y respiración en el campo a nivel de dosel; efecto de factores microclimáticos; el balance de carbono del cultivo. Instrumentación y unidades. Aplicaciones: mejoramiento genético de la productividad primaria; la eficiencia en el uso de agua y su mejoramiento; comportamiento estomatal óptimo.

8. Micrometeorología de las heladas.

Aspectos teóricos: termodinámica y tipos de heladas; el balance de energía del cultivo, efecto de las bajas temperaturas sobre la planta. Instrumentación y unidades. Aplicaciones: enfoque micrometeorológico aplicado a la genotecnia de la resistencia a heladas; métodos de protección.

9. Cultivos asociados.

Aspectos teóricos: relaciones micrometeorológicas, fisiológicas, fenológicas y genéticas involucradas; ventajas y desventajas de las asociaciones. Aplicaciones: potencial de la genotecnia en cultivos asociados;

explicaciones micrometeorológicas del sinergismo entre las especies.

Temas de prácticas

1. Relaciones entre la arquitectura de la planta de maíz y la intercepción de energía radiante.
2. El uso de la teletermometría infrarroja en la selección por resistencia a la sequía; ventajas y limitaciones.
3. Determinación simultánea de la fotosíntesis, transpiración y resistencia estomatal bajo condiciones de campo.
4. Energía neta, albedo y radiación fotosintéticamente activa en el cultivo de frijol.
5. La distribución de la radiación fotosintéticamente activa en una asociación maíz- frijol y sus respuestas fisiológicas.

PROFESORES INVOLUCRADOS

Nombre	Institución	
	CP	UACH
Fisiotecnia Vegetal		
Dr. Joaquín Ortiz C.	T y P	T y P
Dr. Leopoldo E. Mendoza O.	T y P	T y P
Dr. Víctor A. González H.[1]	T y P	T y P
M.C. Carmen Mendoza C.[1]	P	T
M.C. Guadalupe Herrera Z.	P	
Dr. Manuel Livera M.[1]	P	T
Dr. Porfirio Ramírez V.[1]		T y P
M.C. Samuel Sánchez D.[1]		P
M.C. Esteban Solórzano V.[1]		P
Fisiotecnia Vegetal Avanzada		
Dr. Víctor A. González H.	T y P	
M.C. Carmen Mendoza C.[1]	P	
Micrometeorología		
Dr. Manuel Livera M.	T y P	

[1] Participación ocasional.

INFRAESTRUCTURA

Con respecto a la infraestructura física (laboratorios, campos experimentales, equipo e instrumentación, invernaderos) y apoyo de personal, el Dr. Víctor A. González Hernández desarrollará estos aspectos en su artículo relacionado con investigación.