

LA INVESTIGACION FISIOTECNICA EN EL CENTRO DE GENETICA DEL COLEGIO DE POSTGRADUADOS

Víctor A. González Hernández y Onécimo Grimaldo Juárez

INTRODUCCION

La Fisiotecnica Vegetal es la disciplina que estudia la interacción de la estructura y funcionamiento de las plantas con los factores del ambiente, en relación a la capacidad de aquéllas para la producción de biomasa y de rendimiento económico; se entiende como rendimiento económico a la fracción de biomasa acumulada en los órganos de interés antropocéntrico. El principal objetivo es generar y utilizar los conocimientos fisiológicos, genéticos, morfológicos, anatómicos y bioquímicos de las plantas cultivadas, para proponer a los fitomejoradores criterios de selección más eficientes, así como sugerir prácticas agronómicas que optimicen el aprovechamiento de los recursos ambientales disponibles para la producción agrícola.

Las actividades académicas en Fisiotecnica Vegetal se iniciaron formalmente en el Colegio de Postgraduados en el año de 1970, con el ingreso del Dr. Joaquín Ortiz Cereceres al Centro de Genética. El fundó esta disciplina, acuñó el nombre de la misma, y creó el curso de Fisiotecnica Vegetal a nivel postgrado en el CP, y luego a nivel licenciatura en la Escuela Nacional de Agricultura (hoy Universidad Autónoma Chapingo); en adición, mediante la conducción personal de proyectos de investigación,

la dirección de tesis de maestría y la integración de los que ya venía realizando en colaboración con otros investigadores, el Dr. Ortiz dio un sólido sustento a la Fisiotecnica Vegetal.

Durante los primeros años, la investigación en esta disciplina se enfocó principalmente al estudio de criterios de selección y evaluación de genotipos de apoyo al mejoramiento genético, empleando como modelos al maíz (*Zea mays* L.) y al sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). A partir de entonces, la Fisiotecnica Vegetal en el Centro de Genética ha ampliado considerablemente sus líneas de investigación conforme se ha enriquecido el nivel académico y en cantidad de recursos humanos y materiales. Así, hoy día, el Area de Fisiotecnica está conformada por nueve académicos con un enfoque interdisciplinario de trabajo, amplio y un sólido programa de investigación, y un importante conjunto de recursos materiales. Entre éstos últimos están los laboratorios, la instrumentación científica, los invernaderos y el acceso a la infraestructura de experimentación de campo del Colegio de Postgraduados; aquí cabe agregar las facilidades de campo recibidas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) y de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH). El marcado desarrollo del Area se debe, en gran medida, a la clara visión científica y al decidido y sostenido dinamismo de su fundador, así como al continuo esfuerzo de superación del grupo de académicos y estudiantes de postgrado.

¹ Profesor Investigador e Investigador Auxiliar, respectivamente. Centro de Genética, Colegio de Postgraduados. 56230 Montecillo, Texcoco, Méx.

LINEAS DE INVESTIGACION

Tomando como base los objetivos de la Fisiotecnica Vegetal, las perspectivas vislumbradas en 1979 por los miembros del Area (Ortiz *et al.*, 1979), y la necesidad de mayor conocimiento científico para impulsar la agricultura de México, en 1985 se propusieron siete líneas de investigación para ser incluidas en la Matriz de Investigación del Colegio de Postgraduados.

La revisión periódica del proceso de análisis y discusión, permitieron llegar al estado actual de esas siete líneas de investigación, dedicadas a siete grandes temas fisiotécnicos aplicables a cualquier especie, cuyos objetivos y proyectos se detallan a continuación.

Criterios y ambientes de selección y evaluación para el mejoramiento genético

Esta línea tiene como objetivos: 1) Determinar los criterios de selección o evaluación de genotipos que sean más eficientes y efectivos para el fitomejoramiento genético; y 2) Definir los ambientes de selección o evaluación que permitan maximizar la adaptación y adaptabilidad de las variedades mejoradas.

En esta línea se han concluido 17 proyectos, correspondientes a otras tantas tesis (incluyendo una a nivel doctoral), y tiene tres proyectos en marcha, empleando al maíz y al sorgo como modelos principales. En el caso del maíz (Cuadro 1), se ha avanzado desde la cuantificación del grado de asociación entre características agronómicas convencionales y el rendimiento de grano, hasta la determinación de heredabilidad y heterosis de índices de eficiencia del crecimiento, considerados éstos como índices fisiotécnicos, pasando

por la evaluación del índice de cosecha y la eficiencia del área foliar como criterios de selección en varios métodos de mejoramiento genético y por la caracterización fisiológica de variedades tolerantes y susceptibles a la sequía. A la fecha se está estudiando la bioquímica del ADN, en relación al vigor y al genotipo de la semilla.

En sorgo, además del tipo de estudios mencionado, deben destacarse dos proyectos en los que se evaluó la interacción del cultivo con la incidencia de enfermedades. Haba (*Vicia faba*), trigo (*Triticum aestivum*) y girasol (*Helianthus annuus*) también se han considerado en proyectos dentro de esta línea de investigación, debido al interés de estudiantes en estos cultivos; en girasol se midió la tasa respiratoria durante la germinación como indicador del vigor y calidad de las semillas.

Formación de arquetipos vegetales

Por arquetipo vegetal se entiende a la planta que reúne las características idóneas que les permiten maximizar el aprovechamiento de los recursos ambientales en que se utilizará, y así lograr una alta productividad. Tales características pueden ser de tipo anatómico, morfológico, fenológico, genético, fisiológico y bioquímico, por lo que la formación de un arquetipo implica la detección de las características ideales en cada especie y en cada ambiente de producción, para luego combinarlas en una sola planta o variedad.

En el Area de Fisiotecnica, esta línea de investigación se ha enfocado a: 1) Determinar las características del arquetipo de maíz y de sorgo para el Valle de México; y 2) Formar los arquetipos deseados mediante mejoramiento genético.

Cuadro 1. Criterios y ambientes de selección o evaluación de genotipos.

Proyectos ¹	Referencias
Maíz	
1. Asociación entre RG y otras características.	Velázquez (1973)
2. Respuestas fisiológicas de compuestos resistentes a sequía y heladas/Fs, Tr, EUA.	Muñoz (1975)
3. Selección de localidades para evaluar la resistencia a sequía.	Castro (1975)
4. Comparación de selección por EAF vs RG/Selección masal.	García (1976)
5. Selección familiar con criterios fisiotécnicos.	Bayardo (1981)
6. Comparación de selección por IC o IC + RG vs RG/ Selección masal.	López (1985)
7. Parámetros genéticos de híbridos dobles y sus progenitores/ Índices de crecimiento.	Ramírez (1985)
8. Germinación prematura/Genotipos.	Márquez (1985)
9. Envejecimiento acelerado de semillas (calor y HR)/Bioquímica del ADN.	Cruz (en proc.)
10. Heredabilidad de características fisiotécnicas y RG/Programas de maíz.	Mendoza (en proc.)
Sorgo	
1. Aspectos bioquímicos y fisiológicos de la germinación en panoja.	Valdivia (1977)
2. Estabilidad del RG y características fisiotécnicas.	Jiménez (1979)
3. Selección familiar por IC/Parámetros genéticos.	Romero (1981)
4. Eficiencia del crecimiento de híbridos y sus progenitores/ Parámetros genéticos.	Zavala (1982)
5. Evaluación fisiotécnica de líneas e híbridos.	Orozco (1982)
6. Mutantes radinducidos/Variabilidad fenotípica.	Parra (1986)
7. Estudio fisiotécnico de la interacción con <i>Fusarium</i> .	Hernández (1987)
8. Color de planta/Resistencia a sequía y enfermedades/ Respuestas fisiológicas.	Torres (1992)

Continúa.....

Cuadro 1. (Continuación)

Proyectos ¹	Referencias
Otras especies	
1. Haba/Relación de características fisiotécnicas y RG.	Montes (1977)
2. Trigo/Comparación de métodos de selección.	Bayardo (1985)
3. Girasol/Calidad de semilla/Germinación, vigor y respiración.	Gatica (en proc.)

¹ RG = rendimiento de grano; Fs = fotosíntesis; Tr = transpiración; EUA = eficiencia en el uso del agua; EAF = eficiencia del área foliar; IC = índice de cosecha; HR = humedad relativa.

Los trabajos sobre arquetipos en maíz se iniciaron en 1977, con la colecta y observación de 32 genotipos que presentaban diversidad en proliferación, tamaño de espiga, altura de planta, tamaño de la mazorca y del grano, así como en precocidad. De alrededor de 1300 líneas y familias que se derivaron mediante autofecundaciones y cruza fraterna planta a planta, tanto de generaciones F_1 como de poblaciones sin cruzar, en 1986 se seleccionaron 72 líneas élite clasificadas en cuatro grupos de precocidad (<80, 80-84, 85-90 y >90 días a la floración), cada uno con amplia diversidad morfológica. En 1987 se formaron las cruza simples dialélicas entre las líneas élite de cada grupo, habiendo resultado un total de 450 híbridos, que en 1988 se evaluaron mediante ensayos dialélicos, incluyendo a los progenitores; dos de dichas evaluaciones sirvieron de tesis de maestría. A la fecha se ha multiplicado la semilla de los híbridos sobresalientes, algunos de los cuales superaron hasta en 70% al rendimiento del mejor híbrido comercial, procediendo su futura evaluación a través de ambientes (localidades, densidades, fechas de siembra, condiciones de riego, sequía y temporal, etc.).

Adicionalmente, en estos materiales se han llevado a cabo y están realizando los estudios que se enlistan en el Cuadro 2. Cabe destacar que en esos estudios, además de variables agronómicas, se están considerando parámetros genéticos, fisiológicos y bioquímicos, como calidad del rastrojo, respiración de semillas, tasas fotosintéticas, intercepción de energía radiante, aptitud combinatoria general y específica, heredabilidad y heterosis de los rasgos morfológicos.

Los trabajos sobre arquetipos de sorgo se iniciaron también en 1977, enfocados a la formación de variedades precoces y tolerantes al frío, con bajos contenidos de taninos, y a la formación de híbridos mediante el uso de la androesterilidad ecológica y génico-citoplásmica. A la fecha, el Dr. Leopoldo E. Mendoza Onofre, responsable de dicho programa, ha generado líneas tolerantes al frío de alto rendimiento y calidad de semilla, adaptables a las siembras de riego en los Valles Altos, y diversas líneas A, B y R con sus correspondientes híbridos. Ello ha permitido generar un mayor conocimiento de la herencia de la tolerancia al frío, carácter que se pensaba se debía a un par de genes dominantes y que ahora se sabe está controlado por varios pares de genes.

Cuadro 2. Evaluación de arquetipos de maíz.

Proyectos	Referencias
Líneas élite	
1. Líneas isogénicas/Densidad de población.	Oyervides (1986)
2. Calidad de rastrojo.	Cabrales y Castellanos (1990), Flores (1990)
3. Respiración de semillas, ADN ligasa y polimerasa.	Gutiérrez (en proc.)
4. Fotosíntesis y radiación interceptada por el dosel.	Rubio (en proc.)
5. Angulo de la hoja/Densidad de población/Fotosíntesis y radiación.	Livera <i>et al.</i> (1988)
Cruzas dialélicas	
1. Parámetros genéticos de líneas y sus características.	Alfaro (1991), Alejo (1991)
2. Correlaciones y regresiones del rendimiento con características arquetípicas.	Alfaro (1991), Alejo (1991)

Los estudios fisiotécnicos, fisiológicos, agronómicos y genéticos con estos sorgos tolerantes al frío, se muestran en el Cuadro 3.

Debido a su diversidad morfológica y fisiológica, varios arquetipos de maíz y sorgo de este programa se han utilizado como modelos de estudio en otras disciplinas, específicamente en Biotecnología y en Nutrición Vegetal (Cuadro 4). En este grupo de proyectos resaltan los dedicados a conocer los factores endógenos que regulan el crecimiento reproductivo de estas especies, como azúcares, hormonas, sales minerales y vitaminas, cuyos resultados permitirán inferir sobre las reacciones bioquímicas y las enzimas que limitan o promueven el rendimiento de estos cultivos.

Desarrollo reproductivo y rendimiento de grano de los cultivos

Se entiende por desarrollo vegetal a la serie de eventos morfogenéticos que dan lugar a las estructuras y órganos de la planta. El mayor énfasis se da al desarrollo de los órganos reproductivos (i.e.: flores, frutos y semillas) porque de su número y tamaño depende el rendimiento de grano de los cultivos agrícolas. El número potencial de granos se define en la etapa de formación de las flores, mientras que el tamaño del grano se define en la etapa de formación o de llenado del grano.

Cuadro 3. Programa de formación de arquetipos de sorgo tolerantes al frío.

Proyectos	Referencias
1. Adaptación y adaptabilidad de genotipos.	Livera (1979)
2. Relación entre características fisiotécnicas y rendimiento de grano.	Osuna (1980)
3. Rendimiento y eficiencia de genotipos de diferente arquitectura de planta.	Guerrero (1981)
4. Eficiencia del crecimiento de variedades tolerantes y susceptibles al frío.	Barrera (1984)
5. Correlación entre el color de grano, contenido de taninos y la tolerancia al frío.	Reyes (1985)
6. Evaluación agronómica y fisiotécnica de líneas.	Berrocal (1985)
7. Fertilidad del polen en híbridos TF x SF/Tipo de herencia.	Moreno (en proc.)
8. Híbridos ecológicos.	Mendoza (1979)

TF x SF = Tolerantes por susceptibles al frío.

Cuadro 4. Investigaciones con arquetipos de maíz y sorgo en otras áreas.

Proyectos	Referencias
Biotecnología (Centro de Genética)	
1. Maíz/Desarrollo <i>in vitro</i> de jilotes/Posición jilote y estado físico del medio/Nutrición/Hormonas	Vázquez (1990), López <i>et al.</i> (1990)
2. Maíz/Regeneración <i>in vitro</i> /Líneas.	Olivera y López (1989, 1990), Olivera (en proc.), Loaiza (en proc.)
3. Maíz/Variación somaclonal/Líneas.	Orozco (en proc.)
4. Sorgo/Desarrollo <i>in vitro</i> de panojas/Métodos/Nutrimen- tal/Hormonas	López <i>et al.</i> (1988, 1990), García <i>et al.</i> (1989, 1990), García (1991)
5. Sorgo/Desarrollo <i>in vitro</i> /Líneas	Rueda (en proc.)
Nutrición Vegetal (Centro de Edafología)	
1. Maíz/Absorción de nitratos y actividades de nitrato reductasa/Parámetros genéticos/Cruzas dialélicas.	Paredes (en proc.)

Puesto que el rendimiento de grano se asocia más con el número que con el tamaño de los granos, en el Area de Fisiotecnia se ha postulado que la etapa de formación de flores es la más importante para el rendimiento, y que las condiciones ambientales adversas afectarán más al incidir en esta etapa que en la de llenado de grano, no obstante que es en esta última cuando se genera la mayor fracción de biomasa que se asigna al grano y se constituye el rendimiento.

Por lo anterior, los objetivos de esta línea son: 1) Describir la morfogénesis floral y la secuencia de eventos del desarrollo en los cultivos; 2) Estimar la relación entre las etapas y eventos del desarrollo floral y el rendimiento de grano en los cultivos; y 3) Definir el grado de tolerancia o susceptibilidad a factores adversos de las diferentes etapas y eventos del desarrollo vegetal.

Los proyectos dentro de esta línea de investigación, se pueden clasificar en tres grupos: a) Descripción del desarrollo; b) Tolerancia de las etapas del desarrollo al estrés ambiental; y c) Evaluación de la diversidad genética intraespecífica del desarrollo. Los estudios se realizan en maíz, sorgo, cebada (*Hordeum vulgare*), trigo y haba (Cuadro 5). Algunos resultados que pueden ilustrar la trascendencia de los logros obtenidos en esta línea son: en sorgo se detectó a la microsporogénesis como el evento del desarrollo más sensible al frío (Soltero, 1981) y a la sequía (Manjarrez, 1986); en maíz se encontró una alta heredabilidad de la sincronía entre la floración masculina y la femenina (Aragón, 1991); en maíz y trigo se describió la secuencia de eventos en la morfogénesis floral y se ilustró con microfotografías (Gutiérrez *et al.*, 1988).

Relaciones entre la fuente y la demanda en los cultivos

En las plantas superiores, entre las cuales se encuentran todos los cultivos agrícolas, cada órgano se ha especializado en un mecanismo fisiológico particular; por ejemplo, la hoja es el órgano fotosintético más importante (fuente), mientras que la semilla y el tubérculo están especializados como órganos de almacenamiento de los productos fotosintéticos (demanda) y en la perpetuación de la especie.

Lo anterior implica que el rendimiento de grano, de tubérculos, o de cualquier otro órgano de importancia económica, sea función del tamaño y actividad de la fuente y de la demanda, así como del sistema de transporte de fotoasimilados entre la fuente y la demanda. También implica que para elevar el rendimiento económico de un cultivo sea necesario conocer las relaciones entre la fuente y la demanda, y cómo éstas restringen o favorecen la acumulación de biomasa en el órgano de interés.

En consecuencia, los objetivos de esta línea son: 1) Entender la relación entre la estructura y la función de los diversos órganos y tejidos en las plantas; 2) Conocer la contribución al rendimiento económico de los órganos de la fuente, de los de la demanda, y de los del transporte de metabolitos; y 3) Detectar los factores internos que más limitan o favorecen el rendimiento en los cultivos, para su modificación mediante mejoramiento genético o manejo agronómico.

Por facilidad metodológica, los primeros proyectos en esta línea se enfocaron a la manipulación de la fuente, particularmente mediante defoliaciones; en la actualidad, los

Cuadro 5. El desarrollo reproductivo y el rendimiento de grano.

Proyectos	Referencias
Descripción del desarrollo	
1. Haba/Desarrollo y crecimiento.	Solórzano (1980)
2. Maíz/Morfogénesis floral/MEB.	Mendoza y González (1988)
3. Trigo/Morfogénesis floral/MEB.	Gutiérrez <i>et al.</i> (1988)
Las etapas del desarrollo y el efecto del estrés	
1. Sorgo/Sequía/10 etapas.	Manjarrez (1986)
2. Maíz/Sequía/11 etapas.	Rocha (1987)
3. Cebada/Sequía/7 etapas.	Pons (en proc.)
4. Maíz/Sequía/Sincronía floral, carbohidratos y hormonas.	Salinas (en proc.)
Diversidad genética intraespecífica	
1. Trigo/Precocidad.	Beratto (1974)
2. Sorgo/Frío/Desarrollo y crecimiento.	González (1977)
3. Sorgo/Frío/Esporogénesis.	Soltero (1981)
4. Sorgo/Sequía/Iniciación floral.	Gutiérrez (1990)
5. Maíz/Unidades calor.	Hernández (1983)
6. Maíz/Sequía/Iniciación floral.	Maya (1987)
7. Maíz/Sequía/Sincronía floral.	Aragón (1990)

MEB = Microscopio electrónico de barrido.

proyectos incluyen la manipulación de la demanda y del transporte (Cuadro 6). Un estudio de especial importancia es el que conduce la M.C. Ma. del Carmen Mendoza C., miembro del grupo de Fisiotecnica, como tesis doctoral en el Colegio de Postgraduados, en el cual se integra la manipulación de la fuente y la demanda en maíz, evaluando su impacto en la actividad fotosintética, la distribución de carbohidratos y el rendimiento de grano; además, está cuantificando la magnitud del transporte vascular, con énfasis en el floema, del tallo, los jilotes y granos individuales.

La mayoría de los proyectos en esta línea son con maíz y sorgo, aunque también se ha trabajado con jitomate (*Lycopersicon*

esculentum), girasol y fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.).

Respuestas fisiológicas y fenológicas al microclima

Esta línea, una de las más recientes en el Area de Fisiotecnica, se inició en 1985 con la reincorporación del Dr. Manuel Livera Muñoz al equipo de trabajo, quien profundizó en este tema durante sus estudios doctorales. La creación de esta línea se fundamenta en que las plantas interaccionan y reaccionan directamente con el microclima más que con el clima. En un dosel (comunidad) vegetal, la propia actividad fisiológica de las plantas y sus características morfológicas causan más alteraciones a su atmósfera inmediata

Cuadro 6. Estudio de las relaciones entre la fuente y la demanda en los cultivos.

Proyectos	Referencias
Maíz	
1. Interacción entre macollos y planta madre/Rendimiento de grano.	Mendoza (1972) Ramírez (1977)
2. Eliminación de espigas y jilotes/Rendimiento de grano y de forraje.	Ramírez (1977)
3. Potencial productivo de los jilotes secundarios/Rendimiento de grano y distribución de biomasa.	Ibarra (1990)
4. Defoliación y poda de jilotes/Etapa del desarrollo/Distribución carbohidratos/Anatomía vascular/Fotosíntesis.	Mendoza (en proc.)
Sorgo	
1. Defoliación/Etapa del desarrollo/Rendimiento de grano y distribución de biomasa.	Castellanos y Castillo (1983)
2. Defoliación y mutilación de panoja/Rendimiento de grano y distribución de biomasa.	Corona y Avellaneda (1984)
3. Reducción del transporte vascular/Rendimiento de grano/Fotosíntesis/Eficiencia del transporte.	González <i>et al.</i> (1990)
4. Defoliación bajo sequía/Rendimiento de grano/Transpiración y relaciones hídricas.	Montes (en proc.)
Otras especies	
1. Jitomate/Poda de ramas y flores/Rendimiento de fruto y eficiencia del área foliar.	Mirafuentes (1985)
2. Girasol/Defoliación/Etapa desarrollo/Rendimiento de grano y distribución de biomasa/Fotosíntesis y transpiración/Aceite.	Padilla (1989)
3. Fresa/Poda de flores, estolones y hojas/Rendimiento/Distribución de biomasa/Fotosíntesis	Vázquez (en proc.)

(i.e., microclima), que a las condiciones atmosféricas globales (i.e., clima). La medición de los diversos componentes del clima y microclima, en particular la temperatura y la radiación incidente,

permiten calcular los balances de energía entre la planta o el dosel y el ambiente que la rodea, así como el impacto de tales factores y el balance energético en la fisiología, fenología y productividad de las

plantas. El manejo integral de la información microclimática, fenológica y fisiológica permite también la creación de modelos dinámicos de simulación o predicción del crecimiento vegetal.

Los objetivos de esta línea son: 1) Determinar los cambios microclimáticos que ocasiona el dosel vegetal, en función del genotipo y el macroambiente; 2) Conocer las respuestas fisiológicas y fenológicas de las diversas especies a los cambios del clima y microclima, en especial su intercambio de energía; y 3) Generar y comparar modelos matemáticos que permitan simular y/o predecir el crecimiento vegetal, en función de sus respuestas al clima y microclima.

A pesar del corto tiempo de iniciada, esta línea cuenta con dos proyectos concluidos y 10 en proceso, cuatro de éstos correspondientes a tesis de doctorado en el Colegio de Postgraduados (Cuadro 7). Las especies utilizadas incluyen cereales, leguminosas, frutales y hortalizas, en las que se estudian aspectos fisiológicos en relación con heladas, sequía e interceptación de energía radiante, así como evaluación de modelos dinámicos de simulación. Los proyectos de esta línea ofrecen grandes expectativas para un mejor manejo de los cultivos a través de prácticas culturales, así como para recomendar criterios efectivos de selección de genotipos en programas de fitomejoramiento.

Cuadro 7. Respuestas fisiológicas y fenológicas al microclima.

Proyectos	Referencias
1. Maíz/Temporal atrasado y heladas/Rendimiento de grano.	Pérez (1990)
2. Trigo/Sequía/Temperatura foliar/Fotosíntesis y rendimiento de grano.	Livera <i>et al.</i> (en proc.)
3. Cultivos/Relaciones térmicas y fisiológicas durante heladas.	Barrales (en proc.), Carrillo (1991)
4. Nopal/Respuestas fisiológicas al microclima.	Muratalla (en proc.)
5. Frutales/Uso de energía radiante.	Cruz (en proc.)
6. Modelos dinámicos de simulación:	
a) Soya	Valadéz (1992)
b) Sorgo	Ojeda (en proc.)
c) Trigo	Chong (en proc.)
d) Frijol/Modelos fenológicos/Temperatura.	Morales (en proc.)
7. Jitomate/Interacción planta-microclima/Fisiología, fenología, bioquímica.	Morales (en proc.), Pinzón (en proc.)

Sistemas de producción

En México y en el mundo, la producción de alimentos se logra mediante una amplia gama de sistemas de producción, que van desde los unicultivos sembrados en grandes extensiones y con alta aplicación de insumos en forma mecanizada, hasta la explotación artesanal de pequeñas superficies con varias especies asociadas.

Tan solo en unicultivos existe una fuerte diversidad en prácticas de manejo, como son: fechas de siembra, uso de cultivares criollos o mejorados, dosis y épocas de fertilización, fuentes o tipos de abonos, densidades de población y arreglos topológicos, disponibilidad de agua y forma de riego, objetivo de la producción (grano, semilla, tubérculo, forraje, verdura, fruta, entre otras), diferencias socioeconómicas, climáticas y edáficas, etc. Lo anterior da lugar a variaciones en grados de competencia e interferencia entre las plantas del dosel. Estas complejas interacciones planta-planta y planta-ambiente se acentúan en el caso de asociaciones, las cuales también presentan una amplia diversidad en cuanto a tipo y número de especies combinadas, fechas de siembra, control de plagas y enfermedades, etc.

Por esas razones, el Área de Fisiotecnia Vegetal creó la línea de Sistemas de Producción con los siguientes objetivos: 1) Estudiar y explicar los fenómenos de interferencia entre plantas a través de las diferencias morfológicas, fisiológicas, fenológicas, genéticas y bioquímicas de los individuos componentes en un sistema de producción; y 2) Evaluar y recomendar la prácticas culturales que optimicen el aprovechamiento de la interacción genotipo x ambiente para elevar la producción y calidad de grano, semilla o forraje, y en general aumentar el rendimiento económico.

Los siete proyectos concluidos de 1970 a 1991 se enfocaron a diversos cultivos (maíz, sorgo, frijol *Phaseolus vulgaris* y alforfón *Fagopyrum esculentum* Moench), en cuanto a densidades de población, siembras en surco o al voleo, mezclas de genotipos, orientación del surco, y efecto de poda del follaje y de la fertilización nitrogenada (Cuadro 8). En asociaciones se han estudiado las combinaciones del maíz con girasol y con frijol. Por supuesto, además del aspecto aplicado, varios proyectos han entrado al estudio básico buscando la explicación fisiológica del sistema de producción, como es el trabajo de Herrera (1991) sobre la asociación maíz-frijol.

Cuadro 8. Sistemas de producción.

Proyectos	Referencias
1. Maíz/Prácticas de manejo.	Gerón (1970)
2. Alforfón/Tipos de siembra.	González (1979)
3. Sorgo/Mezclas de genotipos.	Trujillo (1985)
4. Maíz-Girasol/Asociación.	Palestina (1987)
5. Frijol/Orientación del surco.	Sánchez (1984)
6. Maíz-Frijol/Asociación.	Herrera (1991)
7. Sorgo/Producción de semilla híbrida/Poda y fertilización/ Sincronía floral.	Mora (1991)

Evaluación de métodos de investigación en Fisiotecnia Vegetal

Una característica típica de la investigación y enseñanza en Fisiología, Bioquímica, Anatomía y Microclima (y por tanto del trabajo académico en Fisiotecnia), es la necesidad de emplear numerosas técnicas e instrumentos científicos que permitan registrar los múltiples procesos fisiológicos y bioquímicos, así como las estructuras anatómicas y los innumerables factores del clima y microclima involucrados en el crecimiento y producción de los cultivos.

Aunque esa instrumentación se encuentra disponible en el mercado, la mayoría es de procedencia extranjera y de un alto costo. Es urgente, entonces, la necesidad de diseñar y construir prototipos nacionales de aparatos y métodos que ayuden a reducir la dependencia tecnológica del país.

Así, los objetivos de esta línea son: 1) Promover el desarrollo de la propia tecnología de investigación fisiotécnica; 2) Reducir los costos de métodos y aparatos empleados; y 3) Aprovechar eficientemente los recursos intelectuales, materiales y financieros disponibles, para la investigación y la enseñanza.

A este respecto, en el Area de Fisiotecnia se han concluido dos proyectos (uno sobre estimadores prácticos del área foliar en maíz y otro sobre el diseño de un sistema de monitoreo de intercambio de gases en plantas), y se tienen en marcha tres proyectos, como se muestra en el Cuadro 9. En esta línea se espera continuar aportando resultados, principalmente en colaboración con otros especialistas (ingenieros electrónicos, físicos, etc.), para poder llegar al diseño y construcción de equipos más sofisticados y a la vez más baratos, para su posible fabricación nacional.

Cuadro 9. Evaluación de métodos de investigación en Fisiotecnia Vegetal.

Proyectos	Referencias
1. Estimación del área foliar en maíz.	Mendoza <i>et al.</i> (1984)
2. Diseño y evaluación de un sistema abierto para monitorear el intercambio de gases en plantas.	Ortiz (1988)
3. Métodos para estimar la duración del área foliar en maíz.	Godina (en proc.)
4. Diseño y evaluación de un sistema cerrado para medir fotosíntesis en pino.	Flores (en proc.)
5. Evaluación de un método para estimar respiración y fotorrespiración en jitomate.	Bustamante (en proc.)

RECURSOS DISPONIBLES PARA LA INVESTIGACION

Sin duda, el recurso más valioso de esta Area es el equipo humano con que cuenta, en el cual destaca tanto su experiencia como su alto nivel académico (Cuadro 10). Este equipo se ha ido integrando con la meta de formar un verdadero grupo interdisciplinario de trabajo, acorde con las perspectivas planteadas por el Area de Fisiotecnica (Ortiz *et al.*, 1979); es decir, un grupo constituido por especialistas en diversas ciencias colaborando estrechamente entre sí, y con

otros científicos, para identificar los mecanismos y las estructuras vegetales que optimicen el aprovechamiento de los recursos ambientales disponibles en cada nicho ecológico, y así fortalecer el mejoramiento genético de los cultivos y a las prácticas culturales enfocadas a elevar la productividad agrícola. No obstante, en el grupo aún hace falta por lo menos un especialista en Bioquímica Vegetal, a fin de profundizar en la comprensión de los mecanismos fisiológicos hasta el nivel molecular y, en consecuencia, a la detección de los genes para su manejo posterior.

Cuadro 10. Equipo interdisciplinario del Area de Fisiotecnica en el Centro de Genética, Colegio de Postgraduados.

Nombre	Año de integración	Posición actual	Principal especialidad
Académicos			
Dr. Joaquín Ortiz Cereceres	1969	Profesor Investigador	Fisiotecnica y Genotecnica
Dr. Leopoldo E. Mendoza Onofre	1972	Profesor Investigador	Fisiotecnica y Genotecnica
Dr. Victor A. González Hdez.	1978	Profesor Investigador	Fisiología Vegetal
Dr. Manuel Livera Muñoz	1979	Profesor Investigador	Micrometeorología
Dr. Profirio Ramírez Vallejo	1980	Investigador Docente	Fisiología y Biotecnología
M.C. Carmen Mendoza Castillo ¹	1986	Investigadora Docente	Morfología y Anatomía
M.C. Guadalupe Herrera Z.	1989	Investigadora Adjunta	Sistemas de Producción
Ing. Alfredo Carrillo S.	1991	Investigador Asistente	Computación
Pas. Ing. Onécimo Grimaldo J.	1991	Investigador Asistente	Agronomía
Trabajadores de apoyo			
Srita. Socorro del C. Gutiérrez G.		Secretaria	
Sr. Rodolfo Espinosa		Ayudante de campo	
Sr. Isaac Corredor		Ayudante de campo	
Sr. Juan Zaragoza Z.		Técnico Laboratorista	
Sr. Leopoldo Moreno		Ayudante de campo	
Sr. Ignacio Escalante R.		Ayudante de campo	
Sr. Darío Estrada R.		Ayudante de campo	
Sr. J. Isabel Vázquez		Ayudante de campo	
Sr. Francisco Huescas		Ayudante de campo	

¹ Actualmente realizando estudios doctorales en el Colegio de Postgraduados, México.

Cabe destacar también la valiosa participación del personal de apoyo, particularmente en los trabajos de campo, quienes con su dedicación y experiencia de 17 años permiten al grupo académico sostener una actividad de continua superación.

De los recursos materiales enlistados en el Cuadro 11, se deduce la considerable capacidad actual del Area para llevar a cabo

estudios fisiológicos, anatómicos, morfológicos y microclimáticos, tanto en campo como en invernadero. Por ejemplo, hoy día se tiene el instrumental para conocer con detalle la habilidad de las plantas para capturar la energía radiante y convertirla a biomasa y alimentos, para evaluar su eficiencia en el uso del agua de acuerdo al genotipo y a la humedad disponible en el suelo, para detectar con precisión las etapas

Cuadro 11. Recursos para la investigación en el Area de Fisiotecnica del Centro de Genética, Colegio de Postgraduados.

Instrumentación científica

Sistema portátil de fotosíntesis, Higrómetro de punto de rocío, Analizador fijo de CO₂, Porómetro para transpiración y resistencia a la difusión, Radiómetros y piranómetros, Teletermómetro, Bombas de presión tipo Scholander, Osmómetro, Electrodo de oxígeno, Cámaras de asimilación de gases (varios tipos), Estación meteorológica automática, Balanzas y básculas (varios tipos), Estufas de secado, Microscopios de luz y estereoscópicos, Potenciómetro, Microscopios electrónicos de transmisión y de barrido (de servicio a todo el Colegio), etc.

Laboratorios

Dos; equipados con mesas, estantes, campana de extracción, utilería de vidrio, reactivos, refrigerador, una microcomputadora, etc.

Invernaderos

Dos de polietileno, cada uno de 180 m², macetas y suelo.

Investigación de campo

Dos campos experimentales de la sede del Colegio de Postgraduados (Montecillo y Tecamac), cuatro centros regionales del Colegio (CREZAS en Salinas, S.L.P.; CEICADAR en Puebla, Pue.; CRECIDATH en Tepetates, Ver.; y CEICADES en Cárdenas, Tab.).

Bibliotecas

Un Centro de Documentación en la sede del CP (Montecillo), la Biblioteca Central de la UACH (Chapingo) y acceso a la Biblioteca del CIMMYT (El Batán).

susceptibles o tolerantes a factores adversos, para caracterizar al clima y al microclima en cada sistema de producción, para la comparación e incluso la generación de modelos matemáticos para predecir o simular el crecimiento y el rendimiento. Entre los logros más concretos con este equipo y este instrumental, se puede mencionar el continuo acercamiento hacia la definición del arquetipo vegetal y hacia la formación de variedades arquetípicas por lo menos en el caso de maíz y sorgo para los Valles Altos del país.

Finalmente, es necesario puntualizar que la consecución de tales recursos materiales es el resultado de muchos años de esfuerzo y dedicación de los miembros del área de Fisiotecnia, bajo la atinada dirección de su fundador, Dr. Joaquín Ortiz Cereceres, quienes han logrado el apoyo financiero de las autoridades del Centro de Genética, del Colegio de Postgraduados y del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Así, los laboratorios y gran parte del instrumental científico se consiguieron hasta el bienio 1985-1986. Esto último claramente indica que si bien estos recursos son auxiliares muy valiosos para la investigación y enseñanza en Fisiotecnia, su carencia de ningún modo representa la imposibilidad para realizar estudios y obtener logros importantes en esta disciplina, como lo demostró este grupo con sus trabajos de campo durante sus primeros 15 años de existencia.

CONSIDERACIONES FINALES

1. La creación del Área de Fisiotecnia Vegetal en el Centro de Genética, Colegio de Postgraduados, permitió formalizar y promover el estudio integral de la planta y su ambiente, con el propósito de fortalecer el mejoramiento genético de los cultivos y de los sistemas de producción agrícola.

2. Se considera que las actuales líneas de investigación están estrechamente relacionadas entre sí y cubren una gran parte de los estudios fisiológicos, anatómicos, morfológicos y ambientales que requieren los propósitos fisiotécnicos. Sin embargo, es necesario su revisión periódica para actualizarlas y revitalizarlas.

3. A la fecha se han terminado 33 proyectos de investigación a nivel maestría, uno a nivel doctorado y 17 a nivel licenciatura. En 1991 se tienen en marcha 12 proyectos de nivel maestría, 9 de doctorado y 4 de licenciatura. En total se han concluido 52 proyectos y 25 se están llevando a cabo.

4. El Área de Fisiotecnia del Centro de Genética ofrece una considerable cantidad y calidad de información científica en sus tesis concluidas y en sus diversos artículos publicados. También representa una opción conveniente para los interesados en hacer un postgrado en esta disciplina.

5. En virtud de la gran variación genética y ecológica en el país, y dada la importancia de la Fisiotecnia Vegetal, es evidente la conveniencia de constituir más equipos fisiotécnicos interdisciplinarios en diversas regiones e instituciones nacionales, a fin de que sus logros tengan una aplicación más rápida y significativa.

LITERATURA CITADA¹

- Alejo J., A. 1991. Comportamiento de características arquetípicas en líneas de maíz (*Zea mays* L.) y sus cruas simples. Tesis M. C. Centro de Genética, CP. Montecillo, Méx. 100 p. (Agrociencia, Serie Fitociencia; en revisión).

¹ Entre paréntesis se indica la referencia bibliográfica publicada en medios de mayor difusión que las tesis.

- Alfaro J., Y. J. 1991. Estudio genético de caracteres fisiotécnicos en líneas y cruces simples de maíz (*Zea mays* L.). Tesis M. C. Centro de Genética, CP. Montecillo, Méx. 226 p.
- Aragón C., F. 1991. Heredabilidad de la sincronía de floración y su relación con el rendimiento en líneas S₁ de maíz (*Zea mays* L.). Tesis M. C. Centro de Genética, CP. Montecillo, Méx. 99 p. (Agrociencia, Serie Fitociencia, Vol. 2 (1): 81-95. 1991).
- Barrera C., C. 1984. Análisis del crecimiento en sorgo tolerantes y susceptibles al frío en Zacatepec, Mor. Tesis Lic. Depto. de Fitotecnica, UACH. Chapingo, Méx. 106 p. (Fitotecnica 8:95-110. 1986).
- Bayardo P., R. 1981. Selección familiar de hermanos completos de maíz en base a parámetros fisiotécnicos. Tesis Lic. Depto. de Fitotecnica, UACH. Chapingo, Méx. 110 p.
- _____. 1985. Comparación de los métodos de reproducción masiva y selección individual por rendimiento de grano y su efecto sobre otros caracteres, en trigo (*T. aestivum* L.). Tesis M.C. Centro de Genética, CP. Chapingo, Méx. 127 p.
- Beratto M., E. 1974. Influencia de la longitud del ciclo sobre algunos parámetros fisiológicos y su relación con el rendimiento de grano en los cultivares de trigo (*T. aestivum* L.) estudiados en Chapingo. Tesis M.C. Rama de Genética, CP. Chapingo, Méx. 122 p. (Agrociencia 16:117-134. 1974).
- Berrocal I., S. 1985. Evaluación agronómica y fisiotécnica de variedades de sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench) tolerantes al frío. Tesis Lic. UNAM. México, D. F. 107 p.
- Cabral F., M. y F. J. Castellanos. 1980. Rendimiento y calidad de rastrojo de diferentes genotipos de maíz cultivados bajo varias densidades de población. Tesis Lic. Depto. de Zootecnia, UACH. Chapingo, Méx. 83 p.
- Carrillo S., J. A. 1991. Relaciones de temperatura en el sistema suelo-planta-atmósfera en cuatro cultivos durante la incidencia de heladas invernales en Montecillo, México. Tesis Lic. Depto. de Fitotecnica, UACH. Chapingo, Méx. 134 p. (Rev. Fitotec. Mex.; en revisión).
- Castellanos S., A. y J. Castillo. 1983. Defoliación en un sorgo tolerante al frío en Chapingo, México. Tesis Lic. Depto. de Fitotecnica, UACH. Chapingo, Méx. 121 p. (Revista Chapingo 43-44:124-128. 1984; Agrociencia 65:253-262. 1986).
- Castro R., V. M. 1975. Determinación de localidades para la investigación de la resistencia a la sequía en plantas, mediante la evaluación de genotipos de maíz. Tesis M.C. Rama de Genética, C.P. Chapingo, Méx. 63 p.
- Corona T., T. y J. Avellaneda. 1984. Defoliación en dos variedades de sorgo en Zacatepec, Morelos. Tesis Lic. Depto. de Fitotecnica, UACH. Chapingo, Méx. 106 p. (Agrociencia 62:87-99. 1985).
- Flores D., J. A. 1990. Composición relativa y digestibilidad *in vitro* de partes de la planta en rastrojo de líneas de maíz de diferente arquitectura. Tesis Lic. Depto. de Zootecnia, UACH. Chapingo, Méx. 80 p. (Agrociencia, Serie Ciencia Animal; en revisión).
- García C., J. 1976. Comparación de dos criterios de selección aplicados por selección masal a dos poblaciones de maíz (*Zea mays* L.). Tesis M.C. Rama de Genética, CP. Chapingo, Méx., 132 p.
- García D., M. E. 1991. Regulación del crecimiento y desarrollo *in vitro* de estructuras reproductivas de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). Tesis M.C. Centro de Genética, C.P. Montecillo, Méx. 111 p.

- _____, M. C. López P. y V. A. González H. 1989. Efecto hormonal en el crecimiento y desarrollo *in vitro* de estructuras reproductivas de sorgo *Sorghum bicolor* L. Memoria de Investigación en el C.P. y sus Perspectivas. Jun., 1989. Montecillo, Méx. p. 15.
- _____, _____ y _____. 1990. Efecto de algunos componentes nutricionales sobre el cultivo *in vitro* de estructuras reproductivas de sorgo. II Congreso Latinoamericano de Biotecnología, Ago., 1990. Habana, Cuba. p. 46. (Rev. Fitotec. Mex.; en revisión).
- Gerón X., F. 1970. Comportamiento de poblaciones heterocigóticas y heterogéneas de sorgo en relación a poblaciones homogéneas. Tesis Lic. Depto. de Fitotecnia, ENA. Chapingo, Méx. 39 p.
- González C., A. 1979. El alforfón (*Fagopyrum esculentum* Moench), una alternativa para producción de grano en México. Tesis Lic. Depto. de Fitotecnia, UACH. Chapingo, Méx. 60 p.
- González H., V. A. 1977. Efecto de la temperatura sobre el desarrollo y el crecimiento del sorgo para grano (*Sorghum bicolor* Moench). Tesis M.C. Rama de Genética, CP. Chapingo, Méx. 107 p.
- _____, C. Mendoza C. y M. Livera M. 1990. Relaciones fuente-demanda en *Sorghum bicolor* L. Moench sometido a incisiones en el tallo. Resúmenes XIII Congr. Nal. Fitogenética, Sep. 1990. Cd. Juárez, Chih. p. 126. (Sorghum Newsletter 31; 1991).
- Guerrero G., J. C. 1981. Estudio del potencial productivo y la eficiencia de genotipos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) tolerantes al frío, diferentes en su tipo de planta. Tesis Lic. Depto. de Fitotecnia, UACH. Chapingo, Méx. 110 p.
- Gutiérrez R., H. E. 1990. Variación genotípica del sorgo en respuesta al déficit hídrico durante la formación de órganos florales. Tesis M.C. Centro de Genética, CP. Montecillo, Méx. 164 p. (Agrociencia, Serie Fitociencia, Vol. 2(4):83-96. 1991).
- _____, C. Mendoza C. y V. A. González H. 1988. Ontogenia de la inflorescencia de trigo y su relación con caracteres externos de la planta. Resúmenes XII Congr. Nal. de Fitogenética, Julio, 1988. Chapingo, Méx. p. 49.
- Hernández L., A. 1983. Caracterización de genotipos de maíz (*Zea mays* L.) de Valles Altos por sus requerimientos de unidades calor. Tesis Lic. Depto. de Fitotecnia, UACH. Chapingo, Méx. 75 p.
- Hernández M., M. 1987. Cinco estudios de tizón de panoja causado por *Fusarium moniliforme* (Sheld) S&H en sorgo para grano. Tesis M.C. Centro de Genética, CP. Montecillo, Méx. 138 p. (Rev. Mex. Fitop. 5:27-31, 91-97. 1987; Rev. Mex. Fitop. 6:137-150, 151-159. 1988).
- Herrera Z., G. 1991. Interacción intra e interespecífica entre frijol y maíz (*P. vulgaris* L. y *Z. mays* L.). Tesis M.C. Centro de Genética, CP. Montecillo, Méx. 122 p. (Agrociencia, Serie Fitociencia, Vol. 2 (3):51-65. 1991).
- Ibarra, J. 1990. Estudios de la relación fuente demanda en maíz. Tesis M.C. Centro de Genética, CP. Montecillo, Méx. 169 p.
- Jiménez C., A. A. 1979. Estabilidad del rendimiento y de algunos componentes fisiotécnicos en sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench). Tesis M.C. Centro de Genética, CP. Chapingo, Méx. 201 p. (Agrociencia 51:155-162. 1983; Agrociencia 51:163-175. 1983).
- Livera M., M. 1979. Adaptación y adaptabilidad de genotipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench) tolerantes al frío. Tesis M.C. Centro de Genética, CP. Chapingo, Méx. 142 p.
- _____, _____ y V. A. González H. 1988. Producción de trigo bajo condiciones de sequía. Resúmenes XII Congr. Nal de Fitogenética, Julio, 1988. Chapingo, Méx. p. 46.

- _____, J. Ortiz C. y C. Mendoza C. 1988. Arquitectura de la planta, interceptación de radiación fotosintéticamente activa y productividad del maíz. Resúmenes XII Congr. Nal. de Fitogenética, Julio, 1988. Chapingo, Méx. p. 59.
- López P., J. A. 1985. Efecto del criterio de selección masal y del ambiente de evaluación sobre caracteres agronómicos y fisiotécnicos en la variedad de maíz Tlaxcala 186. Tesis M.C. Centro de Genética, C.P. Montecillo, Méx. 137 p.
- López P., M. C., V. A. González H. y M. E. García D. 1988. Cultivo *in vitro* de estructuras reproductivas de sorgo. Resúmenes XII Congr. Nal. de Fitogenética, Julio, 1988. Chapingo, Méx. p. 9.
- _____, M. E. García D., and V. A. González H. 1990. *In vitro* culture of reproductive structures of sorghum (*Sorghum bicolor* L.). Abstr. 7th Internat. Congr. Plant Tissue and Cell Culture, June, 1990. Amsterdam, Neth. p. 26.
- _____, D. Ramírez L. y V. A. González H. 1990. Efecto de compuestos orgánicos e inorgánicos sobre el desarrollo *in vitro* de inflorescencias femeninas de maíz. Resúmenes XIII Congr. Nal. Fitogenética, Sep., 1990. Cd. Juárez, Chih. p. 31.
- Manjarrez S., P. 1986. Respuesta de dos sorgos tolerantes al frío a deficiencias hídricas en diferentes etapas fenológicas. Tesis M.C. Centro de Genética, CP. Montecillo, Méx. 73 p. (Can. J. Plant Sci. 69:631-641. 1989).
- Márquez O., J. J. 1985. Germinación prematura del maíz (*Zea mays* L.) en la Zona Centro de Puebla. Tesis Lic. Depto. de Fitotecnia, UACH. Chapingo, Méx. 61 p.
- Maya L., J. B. 1987. Efecto del déficit hídrico durante la etapa reproductiva inicial sobre algunas características agronómicas en maíz (*Zea mays* L.). Tesis M.C. Centro de Genética, CP. Montecillo, Méx. 84 p.
- Mendoza C., C. y V. A. González H. 1988. Estudio del desarrollo de estructuras reproductivas en maíz. Resúmenes XII Congr. Nal. de Fitogenética, Julio, 1988. Chapingo, Méx. p. 58.
- Mendoza O., L. 1972. Influencia del ahijamiento sobre la producción de grano y otras características agronómicas de dos variedades de maíz bajo condiciones de riego en Chapingo, Méx. Tesis M.C. Rama de Genética. CP. Chapingo, Méx. 78 p. (Agrociencia 8: 147-161. 1972).
- _____, V. A. González H. y J. Ortiz C. 1984. Factores de conversión y tamaños de muestra en la estimación del área foliar en maíz. Agrociencia 58:141-151.
- Mendoza R., M. 1979. Híbridos ecológicos de sorgo. Tesis Lic. Depto. de Fitotecnia. UACH. Chapingo, Méx. 60 p.
- Mirafuentes H., F. 1985. Efecto de la poda en la producción de dos genotipos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo condiciones de campo e invernadero. Tesis M.C. Centro de Genética, CP. Montecillo, Méx. 66 p.
- Montes M., J. 1977. Componentes del rendimiento y parámetros fisiológicos en cuatro variedades de haba (*Vicia faba* L.). Tesis M.C. Rama de Genética, CP. Chapingo, Méx. 84 p.
- Mora A., R. 1991. Métodos para sincronizar la floración en líneas parentales de sorgos híbridos y su efecto en la calidad de semilla. Tesis M.C. Centro de Genética, CP. Montecillo, Méx. 103 p. (Agrociencia, Serie Fitociencia; en revisión).
- Muñoz O., A. 1975. Relaciones agua-planta bajo sequía, en varios sintéticos de maíz resistentes a sequía y heladas. Tesis M.C. Rama de Genética, CP. Chapingo, Méx. 111 p. (Agrociencia 51:115-153. 1983).

- Olivera F., T. y M. C. López P. 1989. Establecimiento de cultivos *in vitro* de *Zea mays* L. y *Sorghum bicolor* L. Moench. Memoria de Investigación en el CP y sus perspectivas, Jun., 1989. Montecillo, Méx. p. 16.
- _____. y _____. 1990. Efecto de la fuente y concentración del nitrógeno en la totipotencia de callos de *Zea mays* L. Resúmenes XII Congr. Nal. Fitogenética, Sep., 1990, Cd. Juárez, Chih.
- Orozco M., F. 1982. Comparación de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) y algunos de sus progenitores empleando características agronómicas y fisiotécnicas. Tesis Lic. Depto. de Fitotecnia, UACH. Chapingo, Méx. 103 p. (Agrociencia 53:87-98. 1983).
- Ortiz C., J., L. E. Mendoza O. y V. A. González H. 1979. Actividades académicas del Area de Fisiotecnica (Fundamentos, objetivos, metas, líneas y proyectos de investigación, necesidades). Centro de Genética, Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx. 26 p. (Mimeo.).
- Ortiz P., M. R. 1988. Diseño e implantación de un sistema de monitoreo de intercambio gaseoso en plantas. Tesis Lic. UAM-Iztapalapa. México, D. F. 59 p.
- Osuna O., J. 1980. Estimación y uso de índices fisiotécnicos en la evaluación de genotipos de sorgo para grano (*Sorghum bicolor* L. Moench) tolerantes al frío bajo diferentes ambientes en Chapingo, Méx. Tesis M.C. Rama de Genética, C.P. Chapingo, Méx. 183 p. (Agrociencia 55:115-126).
- Oyervides G., A. 1986. Estudio sobre la importancia económica al rendimiento de grano de tres caracteres morfológicos de maíz. Tesis M.C. Centro de Genética, CP., Montecillo, Méx. 151 p. (Agrociencia, Serie Fitociencia; Vol. 1 (4):103-118. 1990).
- Padilla V., I. 1989. Relaciones fuente demanda en girasol (*Helianthus annuus* L.) bajo niveles variables de defoliación en dos etapas fenológicas. Tesis M.C. Centro de Genética, C.P. Montecillo, Méx. 137 p.
- Palestina F., N. 1987. Comportamiento de girasol (*Helianthus annuus* L.) bajo niveles variables de asociación e intercalación en condiciones de temporal en Tlaxcala. Tesis Lic. Depto. de Fitotecnia, UACH. Chapingo, Méx. 85 p.
- Parra N., L. A. 1986. Estudios de mutaciones radinducidas en sorgo para grano 1) Comparación de la variabilidad fenotípica en poblaciones F_2 y M_2 obtenidas por hibridación y mutagénesis, respectivamente. 2) Caracterización agronómica y fisiotécnica de líneas mutantes respecto a sus colectas originales y a líneas avanzadas del CP. Tesis M.C. Centro de Genética, CP. Montecillo, Méx. 78 p. (Agrociencia 74:203-213. 1989).
- Pérez R., V. 1990. Productividad del maíz en condiciones de temporal atrasado y heladas tempranas en Chapingo, Méx. Tesis Lic. Depto. de Fitotecnia, UACH. Chapingo, Méx. 113 p.
- Ramírez D., J. L. 1977. Efecto de la eliminación de órganos sexuales sobre el rendimiento de maíz. Tesis Lic. Depto. de Fitotecnia, UACH. Chapingo, Méx. 93 p.
- _____. 1985. Análisis del crecimiento y componentes del rendimiento de los híbridos de maíz H-30 y H-131 y de sus progenitores. Tesis M.C. Centro de Genética, CP. Montecillo, Méx. 181 p. (Agrociencia 64: 203-214. 1986).
- Ramírez V., P. 1977. Naturaleza del ahijamiento en maíz (*Zea mays* L.) y relaciones de los hijos con el ambiente, la planta y el mejoramiento genético. Tesis M.C. Rama de Genética, CP. Chapingo, Méx. 156 p.
- Reyes A., E. 1985. Correlación entre el color de grano, contenido de taninos y la tolerancia al frío en sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). Tesis Lic. Depto. de Fitotecnia, UACH. Chapingo, Méx. 50 p. (Revista Chapingo 47-49:202-207. 1985).

- Rocha A., J. L. 1987.** Crecimiento y desarrollo de dos variedades de maíz (*Zea mays* L.) sometidas a sequía en diferentes etapas fenológicas. Tesis M.C. Centro de Genética, CP. Montecillo, Méx. 147 p. (Agrociencia, Serie Fitociencia, Vol. 2(1):49-64. 1991).
- Romero H., L. 1981.** El índice de cosecha como criterio de selección para rendimiento en dos poblaciones de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) bajo tres métodos de selección familiar. Tesis M.C. Centro de Genética, CP. Chapingo, Méx. 200 p.
- Sánchez D., S. 1984.** Comportamiento de dos variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) de guía sembradas en dos orientaciones de surcos. Tesis M.C. Centro de Genética, CP. Montecillo, Méx. 195 p. (Agrociencia 74: 23-33. 1988).
- Solórzano V., E. 1980.** Fenología y comportamiento de los componentes del rendimiento bajo condiciones ambientales contrastantes de 10 genotipos de haba (*Vicia faba* L.). Tesis de M.C. Centro de Genética, CP. Chapingo, Méx. 147 p. (Agrociencia 49:103-117. 1982; Agrociencia 55:101-114. 1984).
- Soltero D., L. 1981.** Efecto del frío sobre el desarrollo del polen en el sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Tesis Lic. Depto. de Fitotecnia, UACH. Chapingo, Méx. 89 p. (Agric. Téc. Méx. 12(2):173-194. 1986).
- Torres M., J. H. 1981.** Comparación de sorgos isogénicos para color de planta. Tesis M.C. Centro de Genética, CP. Montecillo, Méx. 145 p.
- Trujillo A., J. J. G. 1985.** Comportamiento de poblaciones homogéneas y heterogéneas de sorgo para grano (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) en diferentes ambientes. Tesis M.C. Centro de Genética, CP. Montecillo, Méx. 129 p.
- Valadéz G., J. 1992.** Calidad predictiva de un modelo de simulación dinámica para soya (*Glycine max* (L.) Merr.) en el Sur de Tamaulipas. Tesis M.C. Centro de Genética, CP. Montecillo, Méx.
- Valdivia B., R. 1977.** Estudio de algunos aspectos bioquímicos y fisiológicos relacionados con la germinación de la panoja del grano de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). Tesis M.C. Rama de Genética, CP. Chapingo, Méx. 125 p. (Agrociencia 54:125-141. 1983).
- Vázquez V. S. 1990.** Cultivo *in vitro* de inflorescencias femeninas de maíz (*Zea mays* L.): Estudios preliminares. Tesis Lic. Biología, ENEP-Iztacala, UNAM. México, D.F. 100 p.
- _____, M. C. López P. y V. A. González H. 1988. Establecimiento del cultivo *in vitro* de inflorescencias femeninas de maíz. Resúmenes XII Congr. Nal. de Fitogenética, Julio, 1988. Chapingo, Méx. p. 8.
- Velázquez M., R. R. 1973.** Relaciones entre los caracteres número de hojas, días a floración, días a madurez fisiológica y rendimiento de maíz (*Zea mays* L.) bajo diferentes medios ambientes. Tesis Lic. Depto. de Fitotecnia, ENA. Chapingo, Edo. de Méx. 101 p. (Agrociencia, Serie Fitociencia; en revisión).
- Zavala G., F. 1982.** Interrelación entre los caracteres fisiotécnicos del híbrido y sus progenitores sobre el rendimiento de grano y estimación de parámetros genéticos en sorgo para grano (*Sorghum bicolor* L. Moench). Tesis M.C. Centro de Genética, CP. Chapingo, Méx. 310 p.