

LA INVESTIGACION FISIOTECNICA EN EL AREA DE RESISTENCIA A SEQUIA DEL CENTRO DE GENETICA DEL COLEGIO DE POSTGRADUADOS

Abel Muñoz Orozco¹

INTRODUCCION

La resistencia a sequía no sólo es importante para el 80% de la superficie cultivada bajo temporal en México, y para el 75% a nivel mundial, sino también lo es en las regiones irrigadas donde es factible reducir el riego en las etapas ontogénicas menos sensibles a los déficits hídricos. Por estas razones, el Centro de Genética ha impulsado el área de investigación en resistencia a sequía, en conexión con la Genética y la Genotecnia Vegetal, desde su establecimiento formal en febrero de 1976. Debe señalarse que las raíces de esta área se remontan a la década de los 60's cuando se hicieron los estudios de tolerancia a marchitez permanente en maíz (*Zea mays*) L. (44, 56, 57), mismos que fueron reanudados hasta el inicio de la década de los 70's (17, 45).

PROYECTOS DE INVESTIGACION Y TESIS DE LICENCIATURA

Con el apoyo del CONACYT se realizaron dos proyectos en la Región Mixteca, caracterizada por las variaciones de sequía en la parte baja (1000-2000 msnm) y por las variaciones de sequía y heladas en la parte

alta (más de 2000 msnm). En un tercer proyecto se amplió la experiencia a la Región de Tierra Caliente en Michoacán (0-1000 msnm), para así cubrir el estrato térmico faltante y ahondar en la relación de la tolerancia a sequía con la tolerancia al calor.

De estos proyectos se obtuvieron los primeros datos acerca de la efectividad del modelo uno para evaluar la resistencia a sequía (85, 94). Con el modelo cuatro (94) se descubrieron los patrones etnofitogenéticos o varietales (74, 89, 90, 96), cuyos componentes guardan estrecha relación con las variaciones higrótérmicas de los agrosistemas, mismos que deben ser precisados antes de desarrollar un programa de fitomejoramiento bajo temporal. En relación con el modelo dos (85), se obtuvieron datos de la resistencia ontogénica en maíz (8,66) y trigo (*Triticum aestivum* L.) (11), y de la resistencia ontogénica y filogenética en frijol (*Phaseolus vulgaris*) (35).

Se desarrolló también una estrategia de selección en los propios terrenos de los productores, lo que permitió comprobar que en la mayoría de las comunidades existe germoplasma igual o superior al de las variedades mejoradas en los campos experimentales de similar altitud, sobre todo cuando las condiciones ambientales son más críticas (13, 16, 70, 71, 72, 73, 75, 76, 77, 78, 86, 97).

¹ Profesor Investigador Titular. Centro de Genética, Colegio de Postgraduados. 56230. Montecillo, Méx.

Se detectaron, además, valiosas fuentes de resistencia a sequía en cacahuete (*Arachis hypogaea* L.) (73) y frijol (75, 77, 78, 86); a sequía y heladas en los trigos ventureros (98); a sequía y virus en ayocote (*Phaseolus coccineus*) y frijol común (43); a sequía y calor en soya (*Glycine max* Merrill) (10, 14, 87, 101); a sequía en sorgos acriollados (*Sorghum* spp.) (16), ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) (99), combas (*Ph. lunatus*) (100) y maíz (13, 70, 71, 72); en adición, se estudió la interacción entre la resistencia a sequía y la resistencia a enfermedades en frijol (43).

En forma colateral, se definió un grupo de variedades apropiadas para su uso comercial en la mayoría de las especies mencionadas. Hubo, sin embargo, el caso del alpiste (*Phalaris canariensis* L.) en la Mixteca Alta, en el cual no se observó variación genética.

Un último proyecto de los apoyados por CONACYT, se enfocó a la colecta y estudio del germoplasma de diversas especies de *Pinus* de la región central; al respecto, se evaluó la variación en resistencia a sequía entre y dentro de familias (31, 68, 79), a la resistencia a la contaminación ambiental (9), y se puso en práctica un esquema de selección familiar para resistencia a sequía (36), previo estudio de las respectivas relaciones taxonómicas (12, 15).

Mediante otros trabajos de tesis, dependientes de otros proyectos, se aplicó la selección familiar en maíz bajo temporal en el ámbito del productor (1, 58), precedidos por el estudio de la respuesta de las variedades criollas e introducidas en dicho ámbito (2). Estos trabajos se consideran pioneros en la selección de genotipos para los diversos nichos ecológicos. Se investigó la resistencia a sequía de frijol (4, 69), trigo y cebada (*Hordeum vulgare* L.) (3), cacahua-

te (5, 6) y maíz (7), y se avanzó en el perfeccionamiento del método riego-sequía (60, 95) y de la toma y uso de datos termopluviométricos (61, 65).

Esta fase comprende, además de los artículos y resúmenes publicados, la realización de 17 tesis de licenciatura (1 a 16, 97). Las experiencias derivadas de estos proyectos, como son el conocimiento de la diversidad genética y del ambiente, de la existencia de recursos humanos desocupados y de un déficit alimentario, se capitalizan en el planteamiento de una nueva dimensión de la genotecnía: la selección en los nichos ecológicos (91).

TESIS DE POSTGRADO

Otra fase de la investigación está representada por las tesis de maestría y doctorado, tanto las dirigidas por el Dr. José Luis Rodríguez O. (46 a 55) como las dirigidas por el autor del presente ensayo (17 a 45). Al respecto, en el Cuadro 1 se muestra una relación de los tópicos sobresalientes de cada una de ellas, con objeto de dar una idea compacta del enfoque, logros e impacto de cada investigación. Sin duda, cada autor podrá variar en su apreciación, de ahí que el contenido de ese cuadro debe atribuirse solamente al criterio del que escribe.

LIMITACIONES HUMANAS Y ESTRUCTURALES

Si bien se ha reunido un equipo humano y una cierta infraestructura física, aún se tienen innumerables limitantes, como la necesidad de equipo para investigar la resistencia a heladas y calor, la ingeniería genética de tales resistencias y sus aspectos bioquímicos. Para un mejor control de los factores ambientales es necesario contar con mejores invernaderos y con cámaras de crecimiento;

Cuadro 1. Relación de tesis de postgrado y su aspectos principales.

Especie, línea investigada y localización	Enfoque	Logros	Impacto
Algodón (18, 59). Resistencia a <i>Verticillium dalia</i> E.K. La Laguna, Coah.	Herencia de la resistencia.	La herencia obedece a 2 pares epistáticos y a poligenes.	Se define un método para estudiar la resistencia horizontal y la vertical. Permite mejorar la resistencia a enfermedades.
Arroz (19, 64). Resistencia a sequía. Zacatepec, Mor.	Conocer el efecto de la sequía y definir la forma de selección para RS*.	Se identificaron fuentes de RS* y se definió la metodología.	Conocimiento de la RS* y la forma de seleccionarla.
Arroz (28, 92). Herencia de la RS*. Zacatepec, Mor.	ACG* y ACE* de la RS*.	Se identifica la componente G y la G x S*. La ACG fue más importante en So* y la ACE en S ₁ *. Hubo menor variación genética en So.	Conocimiento de la naturaleza hereditaria de la RS*.
Cacahuete (23, 24). RS*. Atlixco, Pue. y Costa de Nayarit.	Conocer las variables asociadas a la RS* y probar la técnica de evaluación.	Entre otros caracteres, se identificó la plasticidad de la floración. Se identificaron variedades resistentes a sequía.	Se obtuvieron bases para mejorar la RS*.
Frijol (34, 80). Resistencia a sequía y análisis de crecimiento. Tecamac y Chapingo, Méx.	Identificar los parámetros fisiotécnicos de la RS*.	Se detectó la plasticidad y su efecto en la RS*.	Por la plasticidad el rendimiento de S ₁ igualó al de So.
Frijol (35). Fenología. Invernadero. Montecillo, Méx.	Conocer la resistencia ontogénica (Ro) y filogenética (Rf).	Cada característica tuvo su curva de Ro; su integración se ajustó a la curva general de Ro propuesta.	Se conoció cómo se integra la Ro.
Frijol (39). Adaptación y adaptabilidad. El Tentzo, Pue.	Conocer la aptitud asociativa maíz-frijol en 3 niveles ambientales.	Se conoció las relaciones de crecimiento y producción de maíz y frijol en ambientes críticos.	Se obtuvieron bases para manejar la asociación según el potencial ambiental.

* Significados al final del Cuadro.

Continúa.....

Cuadro 1. (Continuación)

Especie, línea investigada y localización	Enfoque	Logros	Impacto
Frijol, <i>Rhizobium leguminosarum</i> (54). RS*. Montecillo, Méx.	Efecto de la inoculación y la sequía en tres etapas.	Crecimiento, fijación simbiótica y rendimiento fueron severamente afectados por la sequía. Hubo relación entre la fotosíntesis y la actividad de la nitrogenasa.	Conocimiento sobre la RS* y el efecto de la sequía sobre la fijación simbiótica del nitrógeno.
Frijol (43). RS* y RE*. Puebla.	Estudiar las relaciones entre RS* y la resistencia a enfermedades.	Se descubrió la interacción entre ambas resistencias, particularmente en lo que concierne a las virosis.	Esta interacción agrava el efecto de ambos factores adversos.
Girasol (34, 80). RS*. Tecamac y Chapingo, Méx.	Identificar los parámetros fisiotécnicos asociados a la RS*	Tuvo mayores, TAN*, transpiración, Ψ_w^* y ajuste osmótico, y menor resistencia estomatal.	Conocimiento de los mecanismos a RS*.
Jojoba (38). RS* y tolerancia a calor. Invernadero, Montecillo, Méx.	Conocer ambas resistencias en cuatro ecotipos del noroeste.	Se detectaron algunos mecanismos de resistencia. Se conoció la interacción sequía x calor y se apunta un método de selección práctico.	Conocimiento de las relaciones adaptativas, mecanismos y metodologías para selección.
Linaza (37). Resistencia a herbicidas. Montecillo, Méx.	Conocer la ACG* y la ACE* de la tolerancia a 2 herbicidas.	La ACE* fue mayor que la ACG*, hubo combinaciones que acumularon tanta biomasa como el testigo.	Hay posibilidades de obtener combinaciones con resistencia cuantitativa a herbicidas.
Maíz (17). RS*, adaptación y adaptabilidad. Pachuca e Ixmiquilpan, Hgo. y Zacatepec, Mor.	Determinación de localidades para estudiar la RS*.	Se precisaron márgenes altitudinales para evaluar la RS*.	Se obtuvieron bases para el sistema riego-sequía.
Maíz (45, 63). RS* y relaciones agua-planta. Canadá.	Conocer la fotosíntesis (F), transpiración (T) y eficiencia en uso de agua (EUA) en relación a Ψ_w^* , re*, rm* y tiempo.	Se descubrió la hipersensibilidad estomática, su relación con la F, la T, la re* y con la EUA*.	Decifrar una de las componentes del carácter latente. Conocer nuevas técnicas.

* Significados al final del Cuadro.

Cuadro 1. (Continuación)

Especie, línea investigada y localización	Enfoque	Logros	Impacto
Maíz (21). RS*. Sinaxtla, Oax. y Chapingo, Méx.	Conocer la RS* de los maíces de cajete.	Soportan largos períodos de sequía, en parte por la alta resistencia de la etapa ontogénica inicial asociada al largo ciclo vegetativo.	Se conoció una fuente y un mecanismo de resistencia útil, no sólo para secano sino también para riego.
Maíz (20, 102). RS* y RH*. Chapingo, Méx.	Relaciones entre RS* y RH*.	Se corroboró que la RS* y la RH* son independientes.	Hay que seleccionar la RS* y la RH* por separado; luego juntarlas.
Maíz (26, 65). Adaptación y adaptabilidad. Valle de Puebla.	Aplicar las relaciones termopluviométricas en la selección familiar bajo temporal.	Se definió cómo relacionar la lluvia y las temperaturas extremas con las respuestas genotípicas.	Permite orientar mejor la selección por resistencia a sequía.
Maíz (32, 84). Selección familiar por RS*. Tepalcingo, Mor.	Evaluar la selección en base al modelo $Y = G + S + G \times S^*$.	Se precisaron las características modificadas por la selección.	Sustenta la utilidad del modelo y de la selección familiar para RS.
Maíz (33). RS*. Zacatecas y Montecillo, Méx.	Selección para RS* por rendimiento, tolerancia a MP* y a PO*.	Se definen las relaciones con la precocidad, la tolerancia a MP* y la tasa transpiratoria.	Debe fijarse el nivel de precocidad y seleccionar dentro de él.
Maíz (34, 80). RS*. Tecamac y Chapingo, Méx.	Identificar parámetros fisiotécnicos asociados a la RS*.	Se precisaron los parámetros TAN*, IAF*, IC* y re*, en relación a la RS*.	Entender la respuesta de la planta en función de los parámetros y el efecto de la sequía.
Maíz (40). Heterosis. Iguala, Gro.	Heterosis bajo temporal en cruza entre variedades de diferentes distancias taxonómicas.	Hubo buena heterosis en cruza de los pepitillas con variedades de distancias intermedias.	Las cruza intervarietales son una buena alternativa aún no explotada.
Maíz (44, 57). RS*. Invernadero, Chapingo, Méx.	Estudiar la tolerancia a MP*.	Se definió un método de selección por tolerancia a MP*.	Contar con un nuevo método de selección para RS*.
Maíz (30, 83). RS*. Chapingo, Méx.	Tolerancia a PO* y a MP*.	La tolerancia a PO* y MP* fueron independientes.	Rebate lo establecido previamente: que ambas tolerancias eran iguales.

* Significados al final del Cuadro.

Continúa....

Cuadro 1. (Continuación)

Especie, línea investigada y localización	Enfoque	Logros	Impacto
Maíz (46). Tolerancia a aluminio. Montecillo, Méx.	Efecto del exceso de aluminio en solución y en el suelo; acumulación de aluminio y otros elementos.	El aluminio se acumuló más en la raíz que en la parte aérea. Las plantas tolerantes absorbieron más.	Conocimiento de metodologías, de la tolerancia y su aplicación en la selección.
Maíz (55). RS*. CAEVAMEX* y Montecillo, Méx.	Conocimiento de la heterosis y comportamiento de caracteres morfofisiológicos para identificar genotipos favorables a sequía.	La selección por fotosíntesis, transpiración y eficiencia en uso de agua se considera poco útil. El mejoramiento practicado en líneas ha logrado reducir varias etapas reproductivas. Se aprecia efecto de depresión endogámica.	Conocimiento de la relación entre heterosis y endogamia en características morfofisiológicas bajo sequía.
Maíz (53). RS* y tolerancia a aluminio. Montecillo, Méx.	Efecto del aluminio, de la sequía y su interacción, sobre la raíz.	El aluminio (Al) y el déficit hídrico (DH) redujeron el crecimiento de la raíz y del vástago. La interacción Al x DH inhibió la toxicidad del Al. El Al se acumuló más en las raíces.	Conocimiento de la metodología y de la fisiología de ambas tolerancias.
Maíz (47, 81). Arquetipos. Chapingo, Méx.	Determinar la variación en frecuencia e índice estomático.	Hubo diferencias en esas variables entre genotipos. Se determinó el perfil de variación a través de las hojas y dentro de ellas.	Conocimiento de las variaciones estomáticas.
Maíz (48). Fenología. Chapingo, Méx.	Metodología de selección para fijar características de precocidad.	Hubo cierta independencia en la duración de las diferentes etapas fenológicas. Se detectaron líneas con acortamiento en todas sus etapas fenológicas.	La precocidad puede evitar que las etapas críticas coincidan con la sequía.

* Significados al final del Cuadro.

Continúa.....

Cuadro 1. (Continuación)

Especie, línea investigada y localización	Enfoque	Logros	Impacto
Maíz y Sorgo (51). RS*. Montecillo, Méx.	Estudiar las relaciones entre tolerancia a MP* y a PO* en términos de ajuste osmótico y de otras variables.	El maíz mostró más tolerancia a MP*, menor ajuste osmótico y menor tolerancia a PO* que el sorgo.	Se conocieron de mejor forma los mecanismos de RS* entre estas dos especies.
Pino (31, 68, 79). RS*. Montecillo, Méx.	Variación de la tolerancia a MP* entre especies y dentro de especies.	Hubo variación en ambas direcciones. Se definieron las relaciones fisiológicas.	Se obtuvieron bases para la selección por RS*.
Pino (36). RS*. Montecillo, Méx.	Selección familiar por tolerancia a marchitez permanente en plántula.	Se logró avanzar un ciclo de selección.	Se aplicó el modelo 2 para RS*.
Quinua (49). RS*. Chapingo y Montecillo, Méx.	Comportamiento fisiológico y morfológico en sequía, en 2 líneas.	Se detectó hipersensibilidad estomática. Acusaron reducciones de Ψ_w^* hasta de -43 bares. No fue importante el ajuste osmótico. En sequía la relación raíz-parte aérea aumentó.	Conocimiento de la fisiología de la especie en sequía.
Quinua (52). RS* y salinidad. Montecillo, Méx.	Detectar diferencias en RS* y R* a salinidad entre variedades de diferente origen.	No se observaron diferencias en respuestas ni a sequía ni a salinidad.	Conocimiento de la fisiología bajo sequía y salinidad.
Sorgo (22, 62). RS* y análisis de crecimiento. Zacatepec, Mor.	Estudiar la variabilidad en RS* en varias líneas.	Se detectaron líneas relativamente tolerantes y las variables e índices más asociados al rendimiento.	Detección de fuentes de resistencia y bases fisiotécnicas para seleccionar.
Sorgo (30, 83). RS*. Chapingo, Méx.	Tolerancia a PO* y MP*.	Se detectó mayor tolerancia a PO* que a MP*, y que ambas tolerancias son independientes.	La selección por tolerancia a PO* puede ser más efectiva.

* Significados al final del Cuadro.

Continúa.....

Cuadro 1. (Continuación)

Especie, línea investigada y localización	Enfoque	Logros	Impacto
Trigo (19, 64). RS*. Campo El Horno, Méx.	Estudiar la RS* y probar el método riego-sequía.	Se detectó variación genética. El método fue eficiente.	Detección de fuentes de resistencia y técnicas para evaluar la RS*.
Trigo (25). RS*. Campo El Horno y Montecillo, Méx.	ACG* y ACE* de la RS*.	Efectos aditivos de mayor importancia en ambas condiciones.	Permite orientar el mejoramiento bajo sequía respecto a la naturaleza de la variación.
Trigo (29, 82). RS*. Montecillo, Méx.	Efecto de la sequía sobre los parámetros fisiotécnicos.	Se definieron fuentes de RS* y las relaciones de los parámetros fisiotécnicos con la RS*.	Contar con líneas resistentes, técnicas y parámetros de selección.
Trigo (34, 80). RS*. Tecamac y Chapingo, Méx.	Identificar los parámetros fisiotécnicos asociados a la RS*.	El trigo tuvo mayor precocidad, alto IAF* y ajuste osmótico.	Se detectó ajuste osmótico.
Trigo (41). RS*. Yanhuatlán, Oax. y Campo El Horno, Méx.	Comparar la RS* de trigos de secano y de ambiente favorable.	Los trigos de secano mostraron mayor RS*. Se definen los mecanismos de RS*.	Se prueba la eficiencia de la selección bajo secano; se detecta la importancia del ajuste osmótico y otros mecanismos de RS*.
Trigo (42). RS*. Montecillo, Méx.	Prueba de índices de selección en base al modelo 1 de RS*.	Detecta el ajuste osmótico como efecto genético específico a sequía, y con ello prueba la eficiencia de los índices.	Establecimiento de un índice de selección para RS* y demostración de la existencia de los efectos específicos a sequía.
Trigo (50). RS*. Campo El Horno, Méx.	Estudiar la RS* en dos etapas en trigos precoces, intermedios y tardíos.	La sequía causó reducción en variables vegetativas y reproductivas en los tres grupos de precocidad. La etapa de emergencia-embuche fue más afectada que la de embuche-madurez fisiológica, porque la sequía fue más energética.	Conocer las diferencias de RS* según la precocidad.

* Significativos al final del Cuadro.

Continúa....

Cuadro 1. (Continuación)

Especie, línea investigada y localización	Enfoque	Logros	Impacto
Varios (27, 67). Riesgo de heladas. Puebla y Tlaxcala	Estudio del riesgo de primeras y últimas heladas, respecto a la estación de crecimiento de los cultivos.	Mediante el modelo de Tom, se determinó la probabilidad del riesgo de heladas, definiendo estaciones de crecimiento y mapas de ocurrencia de heladas.	La aplicación de esta información permite minimizar los daños de las heladas.

* RS = Resistencia a sequía; RH = Resistencia a heladas; RE = Resistencia a enfermedades; So = Sin sequía, S₁ = Con sequía; ACG = Aptitud combinatoria general; ACE = Aptitud combinatoria específica; G = Variación genética; S = Variación de los niveles de sequía; GxS = Interacción de GxS; TAN = Tasa de asimilación neta; Ψ_w = Potencial hídrico; rm = Resistencia del mesófilo; re = Resistencia estomatal; MP = marchitez permanente; PO = Presión osmótica; IAF = Índice de área foliar; IC = Índice de cosecha; CAEVAMEX = Campo Agrícola Experimental del Valle de México.

también hace falta equipo para la medición de agua en el campo y para un mayor conocimiento de la interrelación entre los factores climáticos y socioeconómicos. Es urgente la infraestructura para preservar el germoplasma. En varios de estos campos hacen falta los correspondientes elementos humanos.

LOGROS PRINCIPALES DEL AREA DE RESISTENCIA A SEQUIA

A continuación se destacan aquellos núcleos de conocimiento considerados más relevantes.

1) La elaboración de más de 100 documentos que involucran 20 especies, más de 75 investigadores y ambientes de 12 entidades federativas.

2) La creación de una serie de modelos y principios que permiten un manejo genotécnico más racional de las resistencias.

3) El conocimiento de la naturaleza hereditaria de la resistencia a sequía y a herbicidas, en términos de ACG y ACE.

4) El conocimiento de la resistencia ontogénica y filogenética y su efecto en casos específicos, como en los maíces de cajete y otras especies, que sirven de sustento al modelo 2 de la resistencia a sequía.

5) El descubrimiento, con base en el modelo uno, de los efectos genéricos y específicos a sequía y de los patrones etnofitogenéticos, ambos esenciales para la correcta aplicación de los métodos genotécnicos.

6) El perfeccionamiento del método riego-sequía.

7) La medición y uso de datos termopluviométricos.

8) La comparación de métodos de selección, como la masal y la familiar.

9) La relación entre la intensidad de la sequía (22, 25, 28, 32) y la máxima expresión de los efectos genéticos.

10) Estrategias de selección enfocadas a los nichos ecológicos.

11) El conocimiento de mecanismos de la resistencia a sequía, como la hipersensibilidad estomática, el ajuste osmótico, la termoestabilidad, la sincronía de floraciones y la plasticidad; ésta última utilizada magistralmente por los productores de frijol de guía y de cacahuates rastreros.

12) El conocimiento de la interrelación entre la resistencia a sequía y a otros factores adversos, como heladas, salinidad, calor y enfermedades.

13) El montaje de la tecnología para la medición de sustancias endógenas como el ácido abscísico (104) y la prolina, al igual que para el diseño y construcción de psicrómetros (103, 106) y pluviómetros de acumulación semanal (61).

14) En recursos genéticos, se cuenta con un grupo de variedades seleccionadas para su uso comercial, así como diversas fuentes de resistencia genética a factores adversos o con otros atributos útiles. A este respecto debe destacarse el caso del maíz de la raza Zapalote Chico, en el cual se han apreciado 15 complejos genéticos favorables no encontrados reunidos en alguna otra raza.

ENFOQUES AL FUTURO

Cualquier disciplina concebida en forma aislada carece de sentido. En el caso de la presente, se hace necesario interrelacionarla

en mayor grado con la conservación del suelo y agua; desarrollar la interacción con la Bioquímica y la Ingeniería Genética; prever la preservación del patrimonio genético, pues difícilmente se puede encontrar en el planeta otro complejo tan amplio en la combinación de factores adversos, en la variabilidad genética vegetal y humana, con un ensamble tan acoplado como el que se tiene en México. Subyacente, debe prevalecer la idea de optimizar el intercambio gaseoso (fotosíntesis y transpiración) y la eficiencia en el uso de agua ante las deficiencias hídricas.

BIBLIOGRAFIA

1. Benítez R., I. 1977. Trabajo de campo en Valle de Vázquez, Mor. II. Una modificación al método de selección mazorca por surco para rendimiento en maíz de temporal y sus avances. Tesis de Licenciatura. Fitotecnia, ENA. Chapingo, Méx.
2. Sosa M., L. 1978. Trabajo de campo en Valle de Vázquez, Morelos. I. Aspectos generales y experimentación en maíz. Tesis de Licenciatura. Fitotecnia, ENA. Chapingo, Méx.
3. López C., C. 1979. Investigación sobre resistencia a la sequía en cebada (*Hordeum vulgare* L.), y trigo (*Triticum aestivum* L.). Tesis de Licenciatura. Fitotecnia, ENA. Chapingo, Méx.
4. Velázquez M., J. 1979. Transpiración y apertura estomatal en *Phaseolus vulgaris* L., bajo el sistema riego-sequía. Tesis de Licenciatura. Fitotecnia, ENA. Chapingo, Méx.
5. Ortíz V., M. 1979. Trabajo de campo en Valle de Vázquez, Morelos. III. Ensayo de rendimiento con cultivares de cacahuete (*Arachis hypogaea* L.) bajo condiciones de temporal. Tesis de Licenciatura. Fitotecnia, UACH. Chapingo, Méx.

6. Reyes C., T. 1980. Ensayo de once variedades de cacahuate *Arachis hypogaea* (L.) erecto, establecido en Palula y Puente Campuzano, Gro. Ciclo Agr. Primavera-Verano 1978. Tesis de Licenciatura. Univ. Autónoma de Guerrero. Iguala, Gro. México.
7. Vázquez R., F. 1982. Germinación bajo presión osmótica alta para seleccionar plantas resistentes a sequía en maíz (*Zea mays* L.). Tesis de Licenciatura. Fitotecnica, UACH. Chapingo, Méx.
8. Quezada A., H. 1986. Efecto de la sequía en diferentes estadíos de crecimiento en maíz H-28. Tesis de Licenciatura. Fitotecnica, UACH. Chapingo, Méx.
9. López O., J. C. 1987. Variación inter e intra-específica en la sensibilidad a gases oxidantes en tres especies de pinos del Ajusco, D.F. México. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Forestales, UACH. Chapingo, Méx.
10. López S., H. 1989. Ensayo de variedades de soya (*Glycine max* (L.) Merrill) bajo condiciones de temporal crítico en tres localidades de la Mixteca Poblana. Tesis de Licenciatura. Fitotecnica, UACH. Chapingo, Méx.
11. Santacruz V., A. 1990. Resistencia ontogénica del trigo a la sequía. Tesis de Licenciatura. Fitotecnica, UACH. Chapingo, Méx.
12. Ramírez H., C. 1990. Agrupamiento de árboles de pino en sitio a través del uso de clasificación numérica. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Forestales, UACH. Chapingo, Méx.
13. Vaca G., M. C. 1990. Ensayo de variedades de maíz (*Zea mays* L.) bajo condiciones de temporal en el área de La Huacana, Mich. Tesis de Licenciatura, Facultad de Estudios Superiores, FES-Cuautitlán, UNAM. México, D.F.
14. Suárez C., M. L. 1990. Comportamiento de variedades de soya (*Glycine max* (L.) Merrill) bajo sequía, calor y suelos limitantes en Tierra Caliente, Mich. Tesis de Licenciatura. Escuela de Biología, Univ. Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Uruapan, Mich.
15. Moreno G., S. 1985. Variación en características de conos y semillas en *Pinus leiophylla* Schl. et Cham., de once poblaciones naturales del centro del país. Tesis de Licenciatura. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jal.
16. Téllez V., M. 1991. Selección de líneas y variedades acriolladas de sorgo, bajo temporal en Las Cruces, Mpio. de Tumbiscatío, Mich. Tesis de Licenciatura. Fitotecnica, UACH. Chapingo, Méx.
17. 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 Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.
18. Godoy A., S. 1978. Herencia de la resistencia a *Verticillium dahliae* K. y su relación con el rendimiento en algodónero. Tesis Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.
19. Medina Ch., S. 1978. Interacciones variedad x riego-sequía en arroz y trigo. Tesis Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.
20. Castellón O., J. J. 1979. Resistencia a heladas y sequía en maíces de la Mesa Central y Sierra de Chihuahua. Tesis Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.
21. Pérez J., G. 1979. Comportamiento de los maíces de cajete bajo diversos niveles de humedad. Tesis Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.
22. Wong R., R. 1979. Comportamiento de las características agronómicas, índices fisiológicos y patrones de crecimiento de 50 genotipos de sorgo bajo el esquema riego-sequía. Tesis Maestro en Ciencias, Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.
23. Joaquín T., I. C. 1981. Estudio en variedades de cacahuate *Arachis hypogaea* L., bajo el método riego-sequía. Tesis Maestro en Ciencias, Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.

24. Pérez G., R. 1982. Efecto del régimen de humedad residual sobre las características de 18 variedades de cacahuete bajo el sistema de riego-sequía. Tesis Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.
25. Arredondo V., C. 1982. Aptitud combinatoria general y específica en líneas de trigo (*Triticum aestivum* L.), bajo el método riego-sequía. Tesis Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.
26. Barrales D., S. 1983. Ensayos de familias de maíz bajo temporal en Valles Altos y relaciones termopluviométricas. Tesis Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.
27. Grassi C., B. A. 1983. Riesgo de primeras y últimas heladas en Puebla y Tlaxcala, respecto a los cultivos básicos. Tesis Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.
28. Rodríguez A., J. H. 1984. Análisis dialéctico de cruza de arroz (*Oryza sativa* L.), para obtener resistencia a sequía. Tesis Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.
29. Cabañas C., B. 1984. Estudio de caracteres morfológicos y fisiológicos de genotipos de trigo (*Triticum aestivum* L.), bajo el método riego-sequía. Tesis Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.
30. Rincón T., J. A. 1984. Tolerancia a presión osmótica y a marchitamiento permanente en maíz (*Zea mays* L.) y sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). Tesis Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.
31. Vargas H., J. 1985. Respuesta a la sequía de cuatro especies de *Pinus* en estado de plántula. Tesis Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.
32. Hernández S., J. H. 1986. Respuesta bajo el sistema riego-sequía de poblaciones de maíz seleccionadas en la región de Chautla, Pue. Tesis Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.
33. Gutiérrez S., R. 1986. Comportamiento en campo y tolerancia a marchitez permanente y a presión osmótica de poblaciones de maíz seleccionadas bajo el sistema riego-sequía. Tesis Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Méx.
34. Peña, R. A. 1986. Comportamiento de cuatro especies cultivadas bajo condiciones deficientes de humedad. Tesis Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.
35. Pedroza F., J. A. 1989. Resistencia ontogénica y filogenética a sequía en dos cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Méx.
36. López U., J. 1990. Selección familiar por tolerancia a sequía en *Pinus greggii* Engelm. Tesis Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Méx.
37. Aguirre M., J. 1990. Herencia de la tolerancia a los herbicidas EPTC y Trifluralin en linaza (*Linum usitatissimum* L.). Tesis Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Méx.
38. Merlín B., E. 1990. Efecto del calor y la sequía en plántulas de cuatro ecotipos de jojoba (*Simmondsia chinensis* (Link) Schneider). Tesis Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Méx.
39. Herrera C., B. H. 1990. Estudio de la aptitud asociativa en el sistema de cultivo "Maíz-Frijol". Tesis Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Méx.
40. Murillo N., P. 1990. Aptitud combinatoria de los maíces criollos de la Montaña de Guerrero con maíces introducidos. Tesis Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Méx.
41. Rodríguez P., J. E. 1991. Comparación de trigos (*Triticum aestivum* L.) de riego y secano bajo déficits hídricos. Tesis Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Méx.

42. Castañón N., G. 1991. Selección familiar en trigo (*Triticum aestivum* L.) mediante índices de selección para mejorar por resistencia a sequía. Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Méx.
43. Díaz P., R. 1990. Enfermedades del frijol de temporal en la Mixteca Poblana e interacción con sequía. Tesis Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Méx.
44. Muñoz O., A. 1972. Estudio preliminar sobre un método de selección para resistencia a sequía en maíz. Tesis Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.
45. _____. 1975. Relaciones agua-planta bajo sequía en varios sintéticos de maíz resistentes a sequía y heladas. Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.
46. Ferreira Do Carmo, M. A. 1986. Efecto del déficit hídrico y toxicidad de aluminio en maíz (*Zea mays* L.). Tesis Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados.
47. Mendoza C., M. C. 1986. Fisiología, frecuencia estomatal e índice estomático en dos genotipos de maíz (*Zea mays* L.). Tesis Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados.
48. Peña O., M. G. 1986. Caracterización y selección de líneas precoces de maíz en base a mínima duración de etapas fenológicas. Tesis Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados.
49. Espíndola C., G. 1986. Respuestas fisiológicas, morfológicas y agronómicas de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) al déficit hídrico. Tesis Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados.
50. López G., A. 1986. Sequía en dos etapas fenológicas del trigo (*Triticum aestivum* L.) y sus efectos en el rendimiento. Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados.
51. Picón R., L. 1987. Tolerancia a presión osmótica y marchitamiento permanente y sus relaciones con el ajuste osmótico en maíz y sorgo. Tesis Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados.
52. Pérez P., R. 1988. Efecto de la salinidad y sequía en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). Tesis Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados.
53. Valencia R., R. A. 1990. Efecto del aluminio sobre el crecimiento de genotipos de maíz (*Zea mays* L.) tolerantes y susceptibles. Tesis Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados.
54. Caicedo G., S. 1990. Efecto de la tensión hídrica en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y en la simbiosis con *Rhizobium leguminosarum* B.V. *Phaseoli*, en tres etapas fenológicas así como en el rendimiento. Tesis Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Méx.
55. Gámez V., A. J. 1990. Heterosis en caracteres morfológicos y fisiológicos de maíz bajo dos condiciones de humedad. Tesis Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados.
56. Muñoz O., A. y H. Angeles A. 1969. Investigaciones sobre resistencia a la sequía en el mejoramiento del maíz en México. *Agronomía Tropical* 4:319-333.
57. _____, F. Márquez S., y J. Ortiz C. 1973. Estudio preliminar sobre un método de selección para resistencia a sequía en maíz. *Agrociencia* 11:15-28.
58. Benítez R., I., M. Ortiz V., y A. Muñoz O. 1977. Una modificación al método de selección mazorca por surco para rendimiento en maíz de temporal y sus avances. *Revista Chapingo* 7:13-21.
59. Godoy S., A. y A. Muñoz O. 1979. Resistencia del algodónero a *Verticillium dahliae* K.I. Herencia de la resistencia. *Agrociencia* 37: 171-183.

60. Muñoz O., A. 1979-80. Técnicas de investigación para resistencia a sequía y heladas en maíz. Informativo del Maíz. No. extraordinario. Universidad La Molina, Lima-Perú. Vol. III: 37-41.
61. Barrales D., S. y A. Muñoz O. 1980. Uso de datos de precipitación acumulativa y de temperaturas extremas semanales. Memoria del VIII Congreso Nacional de Fitogenética. Chapingo, Méx. pp. 279-288.
62. Wong R., R., A. Muñoz O. y L. Mendoza O. 1983. Efecto de la sequía sobre características vegetativas reproductivas y de eficiencia en variedades de sorgo. Agrociencia 51: 101-114.
63. Muñoz O., A., R. Stevenson, J. Ortiz C., G. W. Thurtell y A. Carballo C. 1983. Transpiración, fotosíntesis, eficiencia en uso de agua y potencial hídrico en maíces resistentes a sequía y a heladas. Agrociencia 51: 115-153.
64. Medina Ch., S. y A. Muñoz O. 1984. Respuesta de variedades de arroz y trigo bajo el sistema riego-sequía. Agrociencia 58:11-28.
65. Barrales D., S., A. Muñoz O. y Sotres R. D. 1984. Relaciones termopluviométricas en familias de maíz bajo condiciones de temporal. Agrociencia 58:127-139.
66. Quezada A., H. y A. Muñoz O. 1985. Efecto de la sequía en diferentes estadios de crecimiento en maíz *Zea mays* L. H-28. Revista Chapingo 47-49:76-80.
67. Grassi A., A. Muñoz O., A. Castillo M. y E. Camarillo C. 1986. Riesgo de primeras y últimas heladas en Puebla y Tlaxcala respecto a los cultivos básicos. Agrociencia 65: 125-139 p.
68. Vargas H., H., A. Muñoz O., and M. R. Keyes. 1986. Drought response in seedlings of four *Pinus* species from central México. Proc. Ninth North Amer. Forest Biology Workshop. Oklahoma State Univ. pp. 158-165.
69. Velázquez M., J., A. Muñoz O. y B. Ortíz V. 1987. Transpiración y apertura estomatal en *Phaseolus vulgaris* L., bajo el sistema riego-sequía. Revista Chapingo 54-55:58-62.
70. Estrada G., J. A., C. López C., A. Muñoz O. y H. Hernandez S. 1988. Mejoramiento de la resistencia a sequía en Chiautla, Pue. I. Prueba de variedades y primer ciclo de selección. Memoria del Seminario "Cómo aumentar la producción agropecuaria y forestal en la Región Mixteca Oaxaqueña". CEICADAR, C.P. México. pp. 457-468.
71. Muñoz O., A., C. López C. y J. A. Estrada G. 1988. Mejoramiento de la resistencia a sequía en Chiautla, Pue. II. Selección en dos maíces blancos y un azul. Memoria del Seminario "Cómo aumentar la producción agropecuaria y forestal en la Región Mixteca Oaxaqueña". CEICADAR, C.P. México. pp. 469-486.
72. López C., C. y A. Muñoz O. 1988. Mejoramiento en la resistencia a sequía en Chiautla, Pue. III. Selección de un maíz blanco y un colorado. Memoria del Seminario "Cómo aumentar la producción agropecuaria y forestal en la Región Mixteca Oaxaqueña". CEICADAR. C.P. México. pp. 487-503.
73. Hernández S., J. H. y A. Muñoz O. 1990. Selección de variedades de cacahuete e interacción con sequía en la Mixteca Baja. Resúmenes. XIII Congreso Nacional de Fitogenética, SOMEFI. Cd. Juárez, Chih. p. 110.
74. Muñoz O., A. 1988. Resistencia a factores adversos y mejoramiento de los patrones etnofitogenéticos de la Mixteca. Memoria del Seminario "Cómo aumentar la producción agropecuaria y forestal en la Región Mixteca Oaxaqueña". CEICADAR, C.P. México. pp. 537-548.
75. Legaria S., J. P., M. Valadez R., y A. Muñoz O. 1988. Prueba de variedades de maíz y frijol de guía en la Mixteca Baja Oaxaqueña. Memoria del Seminario "Cómo aumentar la producción agropecuaria y forestal en la Región Mixteca Oaxaqueña". CEICADAR. C.P. México. pp. 549-556.

76. Valadéz R., M. y A. Muñoz O. 1988. Prueba de variedades de maíz, frijol de guía y de mata en la Mixteca Alta Oaxaqueña. Memoria del Seminario "Cómo aumentar la Producción agropecuaria y forestal en la Región Mixteca Oaxaqueña". CEICADAR. C.P. México. pp. 557-565.
77. Hernández S., H. y A. Muñoz O. 1988. Variedades sobresalientes de maíz y frijol en la Mixteca Poblana. Memoria del Seminario "Cómo aumentar la Producción Agropecuaria y Forestal en la Región Mixteca Oaxaqueña". CEICADAR, C.P. México. pp. 566-574.
78. Castillo P., T., A. Muñoz O. y A. Santos G. 1988. Variedades de maíz y frijol sobresalientes en la Mixteca Guerrerense. Memoria del Seminario "Cómo aumentar la Producción Agropecuaria y Forestal en la Región Mixteca Oaxaqueña". CEICADAR, C.P. México. pp. 575-581.
79. Vargas H., J. J. y A. Muñoz O. 1988. Resistencia a sequía. II. Crecimiento y supervivencia en plántulas de cuatro especies de *Pinus*. Agrociencia 72:197-208.
80. Peña R., A. y A. Muñoz O. 1988. Respuesta de tres especies cultivadas a condiciones deficientes de humedad edáfica. Agrociencia 74:231-243.
81. Mendoza C., M. C., J. L. Rodríguez O. y A. Muñoz O. 1988. Análisis del número de estomas e índice estomático en dos familias de maíz. Agrociencia 74:245-257.
82. Cabañas C., B., A. Muñoz O. y J. Kohashi S. 1988. Sequía y caracteres fenológicos, morfológicos y fisiológicos en trigo. Agrociencia 74:259-268.
83. Rincón T., J. A., A. Muñoz O. y L. E. Mendoza O. 1988. Tolerancia a presión osmótica y a marchitez permanente en maíz (*Zea mays* L.) y sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench.). Agrociencia 74:269-282.
84. Hernández S., J. H. y A. Muñoz O. 1988. Selección familiar bajo sequía en tres fuentes genéticas de maíz en la región de Chiautla, Puebla. Agrociencia 74:283-295.
85. Muñoz O., A. and J. L. Rodríguez O. 1988. Models to evaluate drought resistance. Proc. International Conference on Dryland Farming. Amarillo Bushland, Texas, USA. pp. 741-743.
86. Castillo P., T., N. Estrella Ch. y A. Muñoz O. 1988. Dos condiciones de producción en el rendimiento de variedades de frijol *Phaseolus vulgaris* L. en la Montaña de Guerrero. Revista Chapingo 58-59:36-42.
87. López S., H. y A. Muñoz O. 1988. Ensayo de variedades de soya (*Glycine max* (L.) Merr.) bajo condiciones de temporal crítico en la Mixteca Poblana. Revista Chapingo 60-61: 59-64.
88. Vargas H., J. y A. Muñoz O. 1988. Frecuencia estomatal y tamaño del tejido vascular en hojas primarias de cuatro especies de *Pinus*. Agrociencia 72:173-181.
89. Legaria S., J. P., A. Muñoz O. y M. Valadéz R. 1989. Patrón etnofitogenético del maíz en la Mixteca Alta Oaxaqueña. Memoria del XXII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. C.P. Montecillo, Méx. p. 118.
90. Muñoz O., A., A. Santacruz V., A. Prado R. y A. Madrigal V. 1989. Patrón varietal de maíces respecto a sequía, suelos malos y fechas de siembra tardías en Tierra Caliente, Mich. Memoria del XII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. C.P. Montecillo, Méx. p. 182.
91. _____. 1990. Mejoramiento en los nichos ecológicos: Nueva dimensión de la genotecnología, integrable a equipos de desarrollo en las comunidades. Resúmenes XIII Congreso Nacional de Fitogenética. SOMEFI. Cd. Juárez, Chih. p. 318.

92. Rodríguez A., J. H. y A. Muñoz O. 1990. Dialélico de cruza de arroz (*Oryza sativa* L.) bajo el sistema riego-sequía. I. Análisis de variación y promedios generales de las variables. Agrociencia Serie Fitociencia 1: 157-173.
93. Castellón O., J. J. y A. Muñoz O. 1990. Resistencia a heladas y sequía en maíces de la Mesa Central y Sierra de Chihuahua. Ciencias Agropecuarias 2:11-18.
94. Muñoz O., A. 1990. Modelo matemático 1 para evaluar la resistencia a sequía casos uno a seis. Evolución Biológica 4:93-106.
95. _____. 1990. Resistencia a la sequía y mejoramiento genético. Ciencia y Desarrollo 33: 25-35.
96. _____ y J. Legaria S. 1989. Patrón etnofitogenético de maíces en la mixteca baja, respecto a sequía y otros factores adversos. Resúmenes VIII Congreso de ANEFA. Uruapan, Mich. p. 40.
97. Valadéz R., H. 1988. Evaluación de variedades criollas de maíz en la Mixteca Alta Oaxaqueña. Tesis de Licenciatura. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jal.
98. Legaria S., J. P. y A. Muñoz O. Interacción de variedades de trigo con ambientes de la Mixteca Alta Oaxaqueña. Rev. Fitotecnia Mex. (en revisión).
99. Arriaga S., J. J., A. Santacruz V. y A. Muñoz O. 1989. Evaluación de variedades de ajonjolí bajo condiciones críticas en la región de Churumuco, Mich. Memoria del XXII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. C.P. Montecillo, Méx.