



Organo Científico
de la Sociedad Mexicana
de la Ciencia del Suelo, A.C.

TERRA

Volumen 11

Julio-Diciembre de 1993

Número 2

DIVISION I

INDICE

DIVISION II

Relaciones cantidad-intensidad (Q/I) de potasio en suelos tropicales.

JORGE ALVARADO LOPEZ y
JAIME CRUZ DIAZ

127

Relaciones internas de agua en maíz bajo diferentes niveles de sequía.

MIGUEL A. PERALES DE LA CRUZ,
ALFONSO PEÑA RAMOS y
ARNOLDO OYERVIDES GARCIA

135

Formas y densidad de siembra en trigo de temporal. II. Componentes del rendimiento y consumo de agua.

B. CABAÑAS C.,
J. VERASTEGUI CH. y
G. MEDINA G.

141

Relación del coeficiente de cultivo (Kc) y parámetros de fructificación en algodónero bajo diferentes niveles de humedad del suelo.

CLAUDIO GODOY AVILA

151

Colección e interpretación de datos climatológicos del Campo Experimental Tecomán.

OCTAVIO PEREZ ZAMORA

158

Influencia de cuatro insecticidas de suelos sobre la mineralización de la materia orgánica de dos tipos de suelo.

J. ACHIK,
J.L. BARRERA GUERRA,
E. SALAZARSOLIS y
M.D. SALAS ARAIZA

166

Nodulación y extracción de N en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo diferentes condiciones de humedad.

J.Z. CASTELLANOS,
J.A. ACOSTA-GALLEGOS y
J.J. PEÑA CABRIALES

171

Respuesta de *Citrus aurantium* L. a la inoculación con hongos endomicorrizicos arbusculares utilizando diferentes niveles de inóculo.

J. JESUS BOTELLO G.,
RONALD FERRERA CERRATO y
MA. DEL CARMEN GONZALEZ CHAVEZ

178

1994 15º

CONGRESO INTERNACIONAL DE LA
CIENCIA DEL SUELO

EDITORIAL
ARTICULOS CIENTIFICOS

COMISION EDITORA

DR. JORGE D. ETCHEVERS B.,
Editor en jefe
DR. JAVIER Z. CASTELLANOS,
Editor adjunto
DR. ANDRES AGUILAR SANTELISES,
Editor técnico
M.C. ROBERTO QUINTERO LIZAOLA,
Editor técnico
M.C. JORGE ALVARADO LOPEZ,
Editor técnico
SRA. CARELINA C. AALMERS DE AGUILAR,
Editora administrativa

MESA DIRECTIVA 1990-1993

M.C. JORGE L. TOVAR SALINAS,
Presidente
DR. CARLOS HERNANDEZ YAÑEZ,
Vicepresidente
M.C. ROBERTO QUINTERO LIZAOLA,
Secretario General
ING. RUBEN RODRIGUEZ GOMEZ,
Tesorero
M.C. MARIO MONTES HELU,
Secretario Técnico
M.C. MIGUEL OLGUIN ORTIZ,
Secretario de Relaciones Públicas
M.C. ARMANDO LEGASPI GUZMAN,
Secretario de Eventos Nacionales e Internacionales
DR. FERNANDO FLORES LUI,
Vocal
M.C. LEON SALVADOR COVARRUBIAS GARCIA,
Vocal

"TERRA", Registro en Trámite. Organó oficial de divulgación de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C.

Volumen 11-2, julio-diciembre 1993.

ISSN 0187-5779

Los artículos publicados son responsabilidad absoluta de los autores. Se autoriza la reproducción parcial o total del contenido de esta revista, citándola como fuente de información.

Las contribuciones a esta revista deben enviarse, en original y dos copias, redactadas conforme a las Normas para Publicación en la Revista TERRA, al: Editor de la Revista TERRA, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Apartado Postal 45, 56230 Chapingo, Edo. de México, México.

Oficinas: Edificio del Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México.

Teléfono: (595) 4-22-00, ext. 5237.

ERRATA

En el Volumen 10, Número 2, 1992, en el trabajo: DEFOLIACION POSTCOSECHA DE CIRUELO JAPONES (*Prunus salicina* Lindl. x *P. cerasifera* Ehrh) cv methley. II: EFECTO SOBRE LA BROTAION Y FRUCTIFICACION de los autores: A.J. Escobar Gutiérrez, J.L. Tirado Torres, G. Alcántar González y J. Rodríguez Alcázar, el término :

Bud-Formation que se encuentra en el Título y Resumen en Inglés debe decir Bud-break

División I: Diagnóstico, Metodología y Evaluación del Recurso Suelo

Relaciones cantidad-intensidad (Q/I) de potasio en suelos tropicales. JORGE ALVARADO LOPEZ y JAIME CRUZ DIAZ. 127

División II: Relación Suelo-Clima-Biota

Relaciones internas de agua en maíz bajo diferentes niveles de sequía. MIGUEL A. PERALES DE LA CRUZ, ALFONSO PEÑA RAMOS y ARNOLDO OYERVIDES GARCIA. 135

Formas y densidad de siembra en trigo de temporal. II. Componentes del rendimiento y consumo de agua. B. CABANAS C., J. VERASTEGUI CH. y G. MEDINA G. 141

Relación del coeficiente de cultivo (Kc) y parámetros de fructificación en algodónero bajo diferentes niveles de humedad del suelo. CLAUDIO GODOY AVILA. 151

Colección e interpretación de datos climatológicos del Campo Experimental Tecomán. OCTAVIO PEREZ ZAMORA. 158

Influencia de cuatro insecticidas de suelos sobre la mineralización de la materia orgánica de dos tipos de suelo. J. ACHIK, J.L. BARRERA GUERRA, E. SALAZAR SOLIS y M.D. SALAS ARAIZA. 166

Nodulación y extracción de N en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo diferentes condiciones de humedad. J.Z. CASTELLANOS, J.A. ACOSTA-GALLEGOS y J.J. PEÑA CABRIALES. 171

Respuesta de *Citrus aurantium* L. a la inoculación con hongos endomicorrizicos arbusculares utilizando diferentes niveles de inóculo. J. JESUS BOTELLO G., RONALD FERRERA CERRATO y MA. DEL CARMEN GONZALEZ CHAVEZ. 178

Efecto de la endomicorriza V-A en maíz y frijol sembrados solos o asociados en condiciones de campo. R.A. GUZMAN-PLAZOLA, R. FERRERA-CERRATO y G.J. BETHLENFALVAY. 185

Efectos del fotoperíodo y el pH en el sistema simbiótico *Azolla-Anabaena*. ROBERTO QUINTERO LIZAOLA, DAVID ESPINOSA VICTORIA y RONALD FERRERA-CERRATO. 193

Hidrografía de cuatro pequeñas cuencas del río Cuzalapa, en la Sierra de Manantlán, Jalisco. RUBEN D. GUEVARA G. y LUIS M. MARTINEZ R. 199

División III: Aprovechamiento del Recurso Suelo

Fertilización del trigo de temporal en la Lagunita, municipio de Jiquilpán, Michoacán. J. VENEGAS G., G. VAZQUEZ G. y L.F. CEJA T. 211

Producción de sorgo en función de niveles y fuentes nitrogenadas. J.G. DIAZ DE LEON T. y C. MEJIA A. 218

Estimación de rendimientos máximos alcanzables de maíz en áreas de temporal del estado de Tlaxcala. ARTURO GALVIS S., JORGE D. ETCHEVERS B. y JOSE RODRIGUEZ S. 226

Division I: Diagnosis Methodology and Evaluation of the Soil Resource

Potassium quantity-intensity relationships (Q/I) in tropical soils. JORGE ALVARADO LOPEZ and JAIME CRUZ DIAZ. 127

Division II: Soil-Climata-Biota Relationship

Internal water relations in maize under different levels of drought. MIGUEL A. PERALES DE LA CRUZ, ALFONSO PEÑA RAMOS and ARNOLDO OYERVIDES GARCIA. 135

Sowing systems and sowing densities in wheat under rainfed conditions. II. Yield components and water consumption. B. CABANAS C., J. VERASTEGUI CH. and G. MEDINA G. 141

Behavior of the cotton crop coefficient (Kc) under different soil moisture levels and its relationship with some fructification parameters. CLAUDIO GODOY AVILA. 151

Collection and interpretation of climatic data at the Tecoman Experimental Station. OCTAVIO PEREZ ZAMORA. 158

Influence of four soil insecticides on the organic matter mineralization of two soil types. J. ACHIK, J.L. BARRERA GUERRA, E. SALAZAR SOLIS and M.D. SALAS ARAIZA. 166

Nodulation and N uptake in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) under different moisture conditions. J.Z. CASTELLANOS, J.A. ACOSTA-GALLEGOS and J.J. PEÑA-CABRIALES. 171

Response of *Citrus aurantium* L. to inoculation with arbuscular endomycorrhizal fungi using different inoculation levels. J. JESUS BOTELLO G., RONALD FERRERA-CERRATO and MA. DEL CARMEN GONZALEZ CHAVEZ. 178

Effect of (V-A) endomycorrhizal fungi on corn and bean under multiple crop system. R.A. GUZMAN-PLAZOLA, R. FERRERA-CERRATO and G.J. BETHLENFALVAY. 185

Photoperiod and pH effects on *Azolla-Anabaena* symbiotic system. ROBERTO QUINTERO LIZAOLA, DAVID ESPINOSA VICTORIA and RONALD FERRERA-CERRATO. 193

Hydrography of four basins of the Cuzalapa river in the Sierra de Manantlan Jalisco, Mexico. RUBEN D. GUEVARA G. y LUIS M. MARTINEZ R. 199

Division III: Use of the Soil Resource

Wheat fertilization under rainfed conditions in La Lagunita, Jiquilpan, Mich. J. VENEGAS G., G. VAZQUEZ G. y L.F. CEJA T. 211

Sorghum production as influenced by levels and sources of nitrogen. J.G. DIAZ DE LEON T. y C. MEJIA A. 218

Estimation of the maximum attainable yield by maize in rainfed areas of Tlaxcala (Mexico). ARTURO GALVIS S., JORGE D. ETCHEVERS B. y JOSE RODRIGUEZ S. 226

EDITORIAL BOARD

- DR. JORGE D. ETCHEVERS B.,
Editor-in-chief
DR. JAVIER Z. CASTELLANOS ,
Associate editor
DR. ANDRES AGUILAR SANTELESES,
Technical editor
M.C. ROBERTO QUINTERO LIZAOLA,
Technical editor
M.C. JORGE ALVARADO LOPEZ,
Technical editor
SRA. CARELINA C. AALMERS DE AGUILAR,
Managing editor

BOARD OF DIRECTORS 1990-1993

- M.C. JORGE L. TOVAR SALINAS,
President
DR. CARLOS HERNANDEZ YAÑEZ,
Vice-President
M.C. ROBERTO QUINTERO LIZAOLA,
General-Secretary
ING. RUBEN RODRIGUEZ GOMEZ,
Treasurer
M.C. MARIO MONTES HELU,
Technical Secretary
M.C. MIGUEL OLGUIN ORTIZ,
Secretary for Public Relations
M.C. ARMANDO LEGASPI GUZMAN,
Secretary for National and International Events
DR. FERNANDO FLORES LUI,
Member
M.C. LEON SALVADOR COVARRUBIAS GARCIA,
Member

"TERRA", Registration pending. Official publication of the Soil Science Society of Mexico.

Volume 11-2, July-December 1993.

ISSN 0187-5779

The authors take full responsibility for the articles published. Partial or total reproduction of the content of this journal is authorized, as long as this publication is cited as the information source.

When submitting articles to this journal, an original and two copies must be sent to: Editor de la Revista TERRA, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C., Apartado Postal 45, 56230 Chapingo, Edo. de México, México.

Office address: Edificio del Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México.

Telephone: 52-595-42200, ext. 5237.

EDITORIAL

Como es de conocimiento de la mayoría de nuestros socios y lectores, CONACYT ha establecido una Comisión de Evaluación de Revistas Científicas Mexicanas. La iniciativa del órgano rector de la política científica y tecnológica del país, aspira a fijar criterios de calidad para mejorar el contenido, la circulación y el impacto de los medios de expresión escrita de la ciencia mexicana.

La revista *TERRA* y los presidentes de las Sociedades Científicas del Sector Agropecuario Forestal han fijado su posición al respecto. Por considerarlo de sumo interés para el futuro de las revistas del sector, me permito transcribir a continuación, a modo de editorial, los documentos respectivos, con ligeras adecuaciones, que no modifican el fondo de lo expresado.

CONACYT

Dirección Adjunta de Investigación Científica
Atn.: Comisión Evaluadora de Revistas Científicas Mexicanas
Presente.

Estimados señores:

La Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo analizó, a comienzos de la década pasada, la situación de la difusión de la investigación científica y tecnológica que, en materia de suelos y edafología, se realizaba en el país. Se concluyó, en ese entonces, que gran parte de los resultados del esfuerzo de los investigadores nacionales no llegaba a la comunidad científica por falta de órganos adecuados de expresión. A la sazón existían sólo dos revistas nacionales que publicaban artículos científicos en ciencias agrícolas: *Agricultura Técnica en México* y *Agrociencia*. Ninguna de las dos estaba especializada en edafología, tenían una baja frecuencia de publicación anual y eran muy irregulares en su aparición. Además, ambas eran

propiedad de instituciones sectoriales, que le daban preferencia a sus propios funcionarios, lo cual hacía extremadamente difícil para la comunidad edafológica ajena a estos organismos publicar sus resultados de investigación, con el consiguiente perjuicio para el desarrollo científico del país. Aunado a lo anterior, se consideró que la gran mayoría de los especialistas en suelos del país no dominaban una segunda lengua como para aspirar a publicar en un idioma extranjero, situación que aún persiste.

En razón de lo anterior se decidió crear un órgano de expresión científica propio, que diese cabida a la producción intelectual de los miembros de la Sociedad en un inicio, y a otros más tarde, que sirviera de enlace entre ellos, y al mismo tiempo, para hacer llegar a la comunidad, particularmente a usuarios potenciales, los resultados de la investigación que en Ciencia de Suelo se realizaba en el país. Paralelamente a la creación se estableció un plan de desarrollo a largo plazo, consecuente con la realidad de la investigación en Ciencia de Suelo en México y con los escasos recursos humanos y materiales con que se contaba en ese momento. Este plan contempló un crecimiento de la revista lento, pero seguro, la formación de una cultura de publicación y una cultura editorial en el interior de la Sociedad, la apertura de la revista a los cuatro idiomas que se hablan en América Latina y, como paso final, una vez consolidadas las etapas anteriores, el aumento de dos a cuatro números por volumen y la incorporación de *TERRA* en los órganos de abstractado de reconocido prestigio. *TERRA* ha solicitado su incorporación al sistema AGRINDEX, el mayor banco de datos del sector, manejado por FAO.

Para cumplir con el plan propuesto se redactaron normas de publicación precisas, se establecieron procedimientos editoriales claros, se convocó a colaborar en las labores editoriales y de revisión a los científicos del suelo mexicanos que se consideró mejor preparados para la tarea, se diseñaron sistemas de corrección de artículos que tenían como propósito educar a los autores nacionales en el arte de comunicar sus resultados, se escribieron documentos relacionados con este aspecto.

Este plan de crecimiento de la revista ha sido cubierto casi en su integridad. Para 1994 esperamos producir cuatro números por volumen, sin embargo, hemos adelantado el calendario, recurriendo en los años recientes a la publicación de números extraordinarios. El último de ellos correspondiente a 1992, que consta de casi 600 páginas y contiene gran parte de los trabajos presentados, por autores nacionales y extranjeros, en el Simposio Internacional de Suelos Volcánicos Endurecidos, realizado en México a fines de 1991. En cuanto a la difusión internacional nos propusimos publicar cuatro números por año antes de iniciarla. Sin embargo, TERRA ha trascendido las fronteras antes de alcanzar esa meta. Ello ha significado que investigadores de USA, Cuba, Francia, Alemania, Chile, Ecuador, y Nicaragua hayan decidido publicar resultados de sus trabajos en esta revista. Bibliotecas del país y del extranjero tienen entre sus colecciones a TERRA, porque consideran que en ella se vierten los más importantes avances de la edafología en el México actual. Su eventual desaparición dejaría sin órgano de expresión a una abundante masa de investigadores nacionales, con el consiguiente perjuicio para la ciencia, la educación y el sector tecnológico usuario de la información. Esta situación agravaría aún más el escenario editorial, ya que el principal órgano de difusión de edafología editado en español, anales de Edafología y Agrobiología, ha sido descontinuado.

En la actualidad, la Comisión Editora de Terra, está compuesta por el suscrito, Dr. Jorge D. Etchevers Barra, Profesor-Investigador Titular del Colegio de Postgraduados, Investigador Nacional, Premio Nacional de Investigación en Alimentos 1988, quien funge como Editor Principal; Dr. Javier Z. Castellanos, Investigador Titular del INIFAP, Investigador Nacional, quien actúa como Editor Adjunto; Dr. Andrés Aguilar Santelises, Presidente de la International Society of Soil Science, ex-presidente de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, Profesor Titular de la Universidad Autónoma Chapingo, Investigador Nacional, quien sirve como vocal; M.C. Roberto Quintero Lizaola, Investigador

Docente del Colegio de Postgraduados, candidato a Investigador Nacional, Secretario Técnico de la Comisión; M.C. Jorge Alvarado López, Investigador Docente del Centro de Edafología del Colegio de Postgraduados, Candidato a Investigador Nacional y Sra. Carelina C. Aalmers, quien actúa como Editora Administrativa. Este cuerpo editorial se ayuda de un grupo de Consultores Técnicos y Revisores, constituido por aproximadamente 150 especialistas nacionales y extranjeros que hablan y escriben español, dentro de los cuales se encuentran los más destacados científicos del suelo de México. Se anexa la lista indicada.

Es preciso recordar que la iniciativa de crear este órgano de expresión fue fruto de una decisión interna de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, que surgió como el producto de un análisis de la realidad nacional, que el financiamiento de la revista ha sido absorbido casi en su totalidad por la Sociedad, sin apoyo de las instituciones que generalmente se dedican a esta actividad, y lo más importante, a juicio de este editor, es que la creación de este medio es anterior a la existencia del SNI y de otros mecanismos evaluatorios. De ello se puede deducir que TERRA no es consecuencia de las presiones externas sino razón de una necesidad sentida por la comunidad edafológica nacional.

Adjuntamos a esta carta el borrador de un documento, en el que TERRA tuvo activa participación, donde se justifica desde un punto de vista global la necesidad de la existencia de algunas revistas nacionales en el área de ciencias agrícolas. Consideramos este escrito de gran importancia, por su origen y por el hecho de haber contribuido en su redacción destacados científicos del área que, además, representan los mejores elementos con que cuenta la actividad editorial de las ciencias agrícolas en México hoy en día.

Atentamente

Dr. Jorge D. Etchevers B.
Editor de TERRA

SR. DIRECTOR ADJUNTO DE INVESTIGACION CIENTIFICA
PRESENTE.

Hemos leído con atención y con cierto entusiasmo la convocatoria para someter a evaluación las revistas científicas mexicanas. El solo hecho que CONACYT invite a valorar el esfuerzo nacional que se hace a este respecto muestra a la comunidad científica la preocupación de dicho organismo por la materia.

El procedimiento establecido, sin embargo, es motivo de preocupación para algunos de nosotros, que hemos dedicado años al trabajo de crear instancias adecuadas, serias y responsables para dar a conocer los resultados de la investigación científica y tecnológica que se hace en México, particularmente de aquella financiada con fondos provenientes del erario nacional, patrimonio de todos los mexicanos, y que está orientada a satisfacer las demandas urgentes del pueblo, así como las necesidades de conocimiento y desarrollo del país.

Este esfuerzo editorial, nunca antes calificado y escasamente apoyado por las instituciones rectoras de las políticas científicas, ha sobrevivido gracias al entusiasmo, dedicación, trabajo intelectual y aporte económico casi exclusivo de la propia comunidad científica.

Destacan por el aporte realizado, las revistas científicas creadas por las Sociedades de Entomología, de Fitotecnia, de Fitopatología y de la Ciencia del Suelo: *Folia Entomológica Mexicana*, que tiene cerca de tres décadas de aparecer regularmente; *Revista Fitotecnia Mexicana* y *Revista Mexicana de Fitopatología*, fundadas a fines de la década de los 60, de aparición irregular en un inicio pero que han normalizado su publicación en los últimos años, y *TERRA*, la de más reciente creación (1982), respectivamente. Las tres últimas se publican dos veces al año y la primera tres al año. Estas revistas han constituido la semilla de la incipiente actividad editorial científica en el terreno de las ciencias agropecuarias. Las más antiguas han logrado establecerse firmemente, con un comité editorial

internacional, las otras están en proceso de consolidación de sus planes de crecimiento, que en el futuro esperan pasar del ámbito meramente nacional al internacional. El crecimiento propuesto ha sido, en virtud de las limitaciones de la actividad, lento pero seguro. Ello ha permitido que aún antes de proponérselo como meta, las revistas mencionadas circulen en el exterior, reconocimiento que no se buscó sino que fue otorgado por las comunidades científicas de América Latina, con las cuales se mantiene contacto. Tal situación ha sido posible gracias a la seriedad de sus procesos editoriales y al hecho indiscutible de ser revistas que se publican en español.

Todas estas revistas tienen una baja frecuencia de aparición y un tiraje de entre 1000 y 1500 ejemplares por número, situación determinada más por limitaciones económicas de las sociedades científicas que por falta de contribuciones o de calidad de éstas. Las publicaciones mencionadas están dirigidas por un grupo destacado de científicos nacionales, que sin lugar a dudas se encuentran entre las máximas autoridades en sus respectivos campos de especialización.

Dado el esfuerzo que ha representado el establecimiento de canales de comunicación científica en el país, por la inexperiencia inicial, por el costo económico, por la falta de cultura de publicación de la información existente en el ámbito agropecuario, resulta extraño y prematuro que se trate de aplicar a estas publicaciones criterios de evaluación, que nunca antes fueron establecidos. Desde este punto de vista, pensamos que la mencionada convocatoria más que constituir una verdadera ayuda al desarrollo del esfuerzo editorial científico mexicano, que como se señaló en el párrafo anterior se ha desarrollado en la más absoluta orfandad, se transforma en un certificado de muerte para la mayoría de éstas.

Los que estamos envueltos en el proceso editorial, veríamos con agrado que CONACYT estableciese una política de mediano plazo, destinada a hacer del esfuerzo editorial científico, un modelo líder en América Latina. El país ha asumido esa responsabilidad en otras áreas, por su pasado, por su trayectoria histórica y por su espíritu panamericanista, y correctamente podría hacerlo en este aspecto.

La política de mediano plazo debería contemplar el establecimiento de reglas claras, estándares de publicación aceptables, fechas para el cumplimiento de los estándares, apoyo logístico, económico, etc., que permitiese la consolidación del esfuerzo editorial científico del país, y una vez dada dicha oportunidad de crecer y alcanzar los estándares internacionales, someter las publicaciones a la evaluación señalada. Hacerlo de otra manera se antoja un tanto apresurado y a todas luces desapegado de la realidad científica del país.

Queremos dejar claramente establecido que no nos oponemos a los cambios, más aún que los apoyamos decididamente, y que aceptamos el reto de transformar nuestras publicaciones de acuerdo con las verdaderas necesidades del país. Pero creemos que no es posible pasar de una política editorial de tercer a una de primer mundo con sólo 60 días de plazo, más si se toma en cuenta que la actividad científica en el sector agropecuario, particularmente en las instituciones oficiales, que son prácticamente las únicas que desarrollan esta función, se ha visto seriamente rezagada por las severas restricciones presupuestales que se han impuesto y por obsolescencia natural de los equipos, etc. La muestra más elemental del estado actual de las publicaciones científicas en el país, lo constituye el hecho que sólo dos de ellas, son citadas en el Citation Index. El resto no ha tenido cabida. Ni la revista de la propia Academia de la Investigación Científica ha corrido esa suerte.

Si el espíritu de los responsables de la política científica es contribuir al desarrollo de esta actividad, debería meditar una vez más los pasos dados para evitar un descalabro, que consistiría en borrar con este proceso todo el esfuerzo pasado. Construyamos sobre las experiencias de éste y perfeccionemos el sistema, pero no lo descalifiquemos *a priori*, sin darle la oportunidad de rendir sus frutos.

A continuación queremos presentar algunos argumentos que diferencian a las publicaciones en que se vierten los resultados de la investigación tecnológicas agropecuarias, respecto de otras revistas científicas.

Si consideramos un sistema de producción agrícola cualquiera, éste puede ser investigado a diferentes niveles de acuerdo con la complejidad de sus componentes, que van desde la más elemental o atómica, hasta el más elevado grado de organización, el agroecosistema en este caso. La misión y objetivos del trabajo de investigación de muchos de los que nos dedicamos a estudiar y generar tecnologías para la agricultura ha sido predefinida por políticas institucionales, y se refiere principalmente a tecnologías que tengan una aplicación casi inmediata. Para ello es necesario trabajar en el nivel más alto del sistema, es decir, en el agroecosistema. Este es el caso de la generación de variedades, de las recomendaciones de fertilizantes, las prácticas culturales, el manejo del agua a nivel parcelario, el control de la erosión en microcuencas, etc. Los resultados de estas investigaciones son escasamente extrapolables, justamente por la elevada posición del agroecosistema en el sistema de organización. Ello quiere decir que la información que se genera es de alto valor para los investigadores, técnicos y productores usuarios del agroecosistema, y sólo de escaso interés para otros. Es por esta razón que, a nivel mundial, hay una plétora de publicaciones que tratan sobre tecnologías de producción agrícola, que raramente son abstractadas en órganos especializados. Su ámbito de influencia es restringido, pero su importancia es vital para la producción de alimentos. La desaparición de estas revistas dejaría al país sin órganos de comunicación especializados, lo cual a la larga tendría un impacto negativo en el proceso productivo y en el desarrollo y avance de la ciencia y tecnologías nacionales.

Una situación muy diferente es la que se genera cuando se hace investigación en niveles inferiores del sistema de producción, por ejemplo, estructuras cristalinas (minerales y arcillas), partículas y agregados del suelo, horizontes genéticos, etc. Los resultados de investigación sí son extrapolables a muchas circunstancias y el interés por los mismos es amplio. Estos si tienen cabida en las revistas especializadas, pero la investigación de este tipo que se realiza en el país es limitada y, aunque empieza a crecer no es por ello más

importante que la investigación de interés local. La tecnología agrícola que se genera en el país frecuentemente se hace con fondos públicos, y son las instituciones sectoriales gubernamentales las que han fijado las prioridades de investigación. Estas, por lo general, se han orientado a generar información de interés local.

No debemos olvidar, además, una realidad incuestionable, que sólo un porcentaje muy pequeño de los profesionales del agro mexicano, que son los destinatarios últimos de la información tecnológica que el país requiere, tiene acceso a otros idiomas, y que los ingresos de dichos profesionales, son exageradamente menguados, por lo que las revistas extranjeras, hacia adonde se pretende dirigir el flujo de publicaciones, están fuera de su alcance y, lo que es más grave aún, dichas revistas, con frecuencia no se encuentran ni a disposición de los investigadores que trabajan en los que consideramos como centros de excelencia de investigación agrícola en el país. El INIFAP en virtud de la crisis presupuestada hace 8 años que no adquiere material bibliográfico y revistas para su biblioteca. Esta situación no es excepción sino regla en todas las instituciones dedicadas a hacer investigación agrícola en México, lo cual es fácilmente comprobable.

En vista de la falta de oportunidades para cerrar el ciclo generación de tecnología-usuario, se han hecho en México esfuerzos modestos, pero muy serios, para establecer dicho vínculo. Varias sociedades científicas crearon órganos para difundir los resultados de aquellas investigaciones que se juzgaba eran necesarias para el desarrollo futuro o para la producción. Vale la pena recordar que ese esfuerzo fue muy anterior a la creación de SNI y otros mecanismos evaluatorios, de donde se deduce que su nacimiento fue fruto de una necesidad más que del deseo de acumular puntos. Las Sociedades han establecido procedimientos editoriales estrictos y responsables, razón por la cual se han ganado el respeto de los investigadores nacionales y, en algunos casos, del extranjero a juzgar por el número de contribuciones que reciben. Estas revistas se han constituido en el

canal habitual de la comunicación en ciencia agropecuaria en México y están llegando a quienes más requieren la información en forma oportuna y a bajo costo. Pensamos que esfuerzos como éstos deben ser debidamente valorados por quienes son responsables de las políticas de difusión científica del país. Vale la pena mencionar que el esfuerzo editorial se ha hecho con fondos propios.

Como el tema de las publicaciones es crucial para quienes hacemos investigación tecnológica, sería conveniente que CONACYT reanalizase profundamente la convocatoria y estableciese un proyecto de superación de los órganos científicos nacionales más acorde con nuestra propia realidad.

Un segundo aspecto que es preciso señalar es que, por política institucional, en muchas instancias se le exige o recomienda al investigador publicar los resultados de su trabajo intelectual, en las revistas del fondo editorial de la institución, lo cual limita un tanto las posibilidades de los investigadores. En otros casos, el costo de publicación por página en el exterior es tan elevado, que no es posible afrontarlo con los escasos recursos disponibles..

Solicitamos al Sr. Director Adjunto tomar en consideración los antecedentes arriba expuestos al momento de tomar una decisión sobre las publicaciones que pasarán a formar parte del padrón oficial de publicaciones de CONACYT. Ellos han sido elaborados con la mejor información disponible al momento y con el ánimo de contribuir serena y responsablemente al proceso que inicia el Consejo, y que consideramos de importancia para el mejoramiento de las publicaciones científicas del país.

Presidentes de las Sociedades Científicas del Sector Agropecuario y Forestal

Editores de Revistas Científicas y Tecnológicas del Sector Agropecuario y Forestal

**SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA DEL
SUELO A.C.**

DIVISIONES Y DISCIPLINAS

*División I: Diagnóstico, Metodología y Evaluación
del Recurso Suelo*

- a) Génesis, Morfología y Clasificación de Suelos.
- b) Física de Suelos.
- c) Química de Suelos.
- d) Contaminación.

División II: Relación Suelo-Clima-Biota

- a) Nutrición Vegetal.
- b) Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera.
- c) Biología del Suelo.
- d) Tecnología y Uso de Fertilizantes.
- e) Uso y Manejo del Agua.

División III: Aprovechamiento del Recurso Suelo

- a) Conservación del Suelo.
- b) Drenaje y Recuperación.
- c) Fertilidad.
- d) Productividad de Agrosistemas.

División IV: Educación y Asistencia Técnica

- a) Educación.
- b) Crédito y Asistencia Técnica.

RELACIONES CANTIDAD-INTENSIDAD (Q/I) DE POTASIO EN SUELOS TROPICALES

Potassium Quantity-Intensity Relationships (Q/I) in Tropical Soils

Jorge Alvarado López, Jaime Cruz Díaz

Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados,
Montecillo, México

Palabras clave: K soluble, K intercambiable, Relación de actividad, Capacidad potencial amortiguadora, Sitios específicos para K.

Index words: Soluble K, Exchangeable K, Activity ratio, Potential buffering capacity, Specific K sites.

RESUMEN

El potasio es un nutrimento que ha recibido poca atención de los estudiosos del suelo en la República Mexicana. Esta situación se debe al supuesto de que el potasio es abundante en los suelos del país, lo cual no siempre es cierto.

Este trabajo tuvo los siguientes objetivos: a) estudiar la relación cantidad-intensidad (Q/I) del potasio y los parámetros obtenidos de ésta, en 16 suelos de zonas tropicales, y b) relacionar los parámetros Q/I con algunas propiedades de los suelos.

El parámetro PBC^K (capacidad potencial amortiguadora para potasio) varió de 2.8 a $28.4 \text{ meq } 100 \text{ g}^{-1} / (\text{mol L}^{-1})^{2/3}$.

Los suelos estudiados presentaron valores de ARo^K entre 0.006 y 0.32 $(\text{mol L}^{-1})^{2/3}$, los cuales se clasifican como adecuados para la

nutrición de las plantas. Los valores de los parámetros ΔK_o , ΔK_L y ΔK_x (asociados con el potasio lábil) fueron bajos en la mayoría de los suelos.

Se encontró correlación altamente significativa entre los parámetros ARo^K , ΔK_o , ΔK_L y ΔK_x con el potasio soluble e intercambiable.

SUMMARY

Potassium is a nutrient that has received little attention from soil researchers in the Mexican Republic. This situation is due to the assumption that potassium is abundant in the soils of the country, a fact which is not always true. This work had the following objectives: a) to study the potassium quantity-intensity (Q/I) relationship and the parameters obtained from this, in 16 soils of tropical zones, and b) to relate the Q/I parameters with some other properties.

The PBC^K parameter (potential buffering capacity of K) ranged from 2.8 to $28.4 \text{ me } 100 \text{ g}^{-1} / (\text{mol L}^{-1})^{2/3}$. The studied soils showed values of ARo^K between 0.006 and 0.32 $(\text{mol L}^{-1})^{2/3}$, which are classified as adequate to plant nutrition.

The ΔK_o , ΔK_L , and ΔK_x parameters (related to labile potassium) values were low in most soils.

Recibido 09-92.

A highly significant correlation was found between the AR_0^K , ΔK_0 , ΔK_L , and ΔK_x parameters and the soluble and exchangeable potassium.

INTRODUCCION

El potasio del suelo, a pesar de ser un nutrimento requerido en gran cantidad por las plantas, ha sido poco estudiado en México, dada la tendencia a considerar que los suelos del país presentan contenidos altos de éste. Morazzani y Ortega (1972) señalan que esto último se debe, en parte, a la falta de respuesta a la fertilización potásica; sobre este particular es importante tener presente que la falta de respuesta a la aplicación de K no necesariamente se debe a la abundancia de éste, ya que existen otros factores que influyen en su aprovechamiento (Barber, 1984). En las zonas tropicales es aún más necesario el estudio de este nutrimento, ya que los suelos son fuertemente lixiviados y a veces sostienen monocultivos o plantaciones (caña de azúcar, tabaco, plátano, etc.) que extraen grandes cantidades de potasio.

Con base en lo señalado anteriormente, este trabajo tuvo los siguientes objetivos:

- Estudiar el estado del potasio mediante la relación cantidad-intensidad (Q/I), y los parámetros deducidos de ésta, en 16 suelos de zonas tropicales.
- Determinar la relación existente entre los parámetros Q/I y algunas características de los suelos en estudio.

La relación cantidad-intensidad.

El concepto Q/I, introducido por Beckett (1964a) con el propósito de predecir el estado del potasio en el suelo, se refiere a la relación entre la cantidad de potasio lábil (factor cantidad) y el cociente de actividad del potasio (factor intensidad). Las bases teóricas de la metodología Q/I parten de los mismos principios establecidos para describir el intercambio catiónico, basados en la ley de acción de masas, y de la ley de relación de Schofield (Fassbender y Bornemisza, 1987; Sparks y Huang, 1985). La relación Q/I implica que la capacidad de un sistema (suelo) para mantener una cierta concentración de un catión en solución, está determinada por la cantidad total del catión presente en formas rápidamente disponibles y la intensidad en que

éstas son liberadas a la solución del suelo (Evangelou y Karathanasis, 1986; LeRoux y Sumner, 1968).

Los factores Q/I se obtienen al equilibrar una muestra de suelo con una solución de referencia ($CaCl_2$ o $AlCl_3$ + diferentes concentraciones de K como KCl) durante un tiempo dado, y luego determinar la relación de actividades de la solución en equilibrio. En las soluciones donde la relación de actividad es mayor o menor que la de la solución equilibrada, el suelo realizará un nuevo equilibrio ganando o perdiendo potasio por intercambio. La pérdida o ganancia de K (ΔK) por el suelo durante el período de equilibrio representa el factor cantidad (Q); el término intensidad está dado por el cociente de actividad (AR^K) de los iones, usualmente $aK/(aCa + Mg)^{1/2}$, en la solución en equilibrio (Beckett, 1964a; Sparks y Huang, 1985; Wang *et al.*, 1988). Al graficar los valores de ΔK (ordenadas) y de AR^K (abscisas) se obtiene una curva Q/I. La Figura 1 muestra una curva típica de la relación Q/I, en la cual se tienen los siguientes parámetros (Beckett, 1964b; Goedert *et al.*, 1975; Sparks y Liebhardt, 1981):

AR^K = Relación de actividades del par iónico empleado en el estudio; representa el factor intensidad.

ΔK = Pérdida o ganancia de K por el suelo, una vez alcanzado el equilibrio; representa el factor cantidad.

AR_0^K = Valor de AR^K cuando $\Delta K = 0$; es una medida de la intensidad de K lábil.

ΔK_0 = Valor de K obtenido por extrapolación de la porción recta de la curva Q/I a un valor de $AR^K = 0$; representa al potasio intercambiable, localizado en los puntos de intercambio planares.

PBC^K = Capacidad potencial amortiguadora para potasio; es una medida de la capacidad del suelo para mantener constante la intensidad de K, y está dada por la pendiente de la parte recta de la curva.

ΔK_L = Valor de ΔK obtenido por extrapolación de la parte curvada, a un valor de $AR^K = 0$; representa la cantidad total de potasio lábil e incluye el fácilmente cambiante y el correspondiente a las posiciones específicas para potasio.

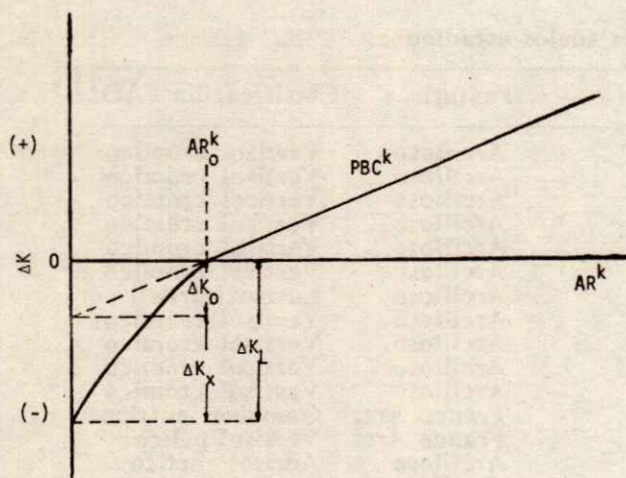


Figura 1. Curva característica Q/I, representada por la relación entre ΔK y la concentración de K en la solución en equilibrio (Beckett, 1964b).

$\Delta K_x = \Delta K_L - \Delta K_0$; es una medida del potasio lábil correspondiente a las posiciones más específicas para potasio.

Relación de los parámetros Q/I con algunas propiedades del suelo.

Numerosos investigadores han utilizado el enfoque Q/I para estudiar el estado del potasio en el suelo (Beckett, 1964b; Jimenez y Parra, 1991; LeRoux y Sumner, 1968; Moss, 1967; Rasnake y Thomas, 1976; Sparks y Liebhardt, 1981), y algunos han correlacionado los parámetros Q/I con las propiedades del suelo. Se ha encontrado que el AR_0^k correlaciona con el potasio intercambiable (Acquaye *et al.*, 1967), el % de saturación de potasio (Goedert *et al.*, 1975; Nash, 1971) y el potasio soluble (Cruz, 1984). Cruz (1984), Goedert *et al.* (1975), Ram y Prasad (1981) y Uriza (1983), mencionan que el ΔK_L correlacionó con el potasio intercambiable. Goedert *et al.* (1975) y Uriza (1983) señalan que el ΔK_0 correlacionó con el potasio intercambiable, mientras que Cruz (1984) encontró que este parámetro correlacionó con el potasio soluble. Finalmente, se ha hallado que el parámetro PBC^k correlaciona con la capacidad de intercambio catiónico, el % de arcillas (Cruz, 1984; Nash, 1971; Simonis, 1982; Uriza, 1983), el % de materia orgánica (Cruz, 1984; Uriza, 1983), el potasio fijado (Acquaye *et al.*, 1967) y Ca + Mg intercambiables (Goedert *et al.*, 1975; Ram y Prasad, 1981; Simonis, 1982).

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se llevó a cabo con 16 suelos; 14 de Veracruz, uno de Oaxaca y uno de Chiapas (Cuadro 1), en los cuales se cultiva caña de azúcar. Se tomó muestras compuestas de suelo en las localidades estudiadas, a una profundidad de 0-30 cm; éstas fueron secadas al aire y, posteriormente, pasadas por un tamiz malla 10. En el laboratorio fueron determinadas las siguientes características de los suelos: textura (Bouyoucos, 1951); pH en agua, relación suelo-solución 1:2 (Jackson, 1976); materia orgánica (Walkley, 1947); capacidad de intercambio catiónico, por el método del acetato de amonio (Jackson, 1976); potasio intercambiable, extraído con acetato de amonio y determinado por flamometría (Jackson, 1976); potasio fijado, extraído con H_2SO_4 (Knudsen *et al.*, 1982); potasio soluble, relación suelo-agua 1:5 (Kalra y Maynard, 1991).

La relación cantidad intensidad se determinó mediante el método de Goedert *et al.* (1975); se colocó 25 g de suelo (por duplicado) en tubos de centrifuga de 50 mL, a los cuales se les adicionó 25 mL de solución de equilibrio ($AlCl_3$ 0.002M + concentraciones crecientes, 0 a 1.4 mM/L, de K), se agitaron durante una hora y centrifugaron por un periodo de 10 minutos y finalmente, se filtró el sobrenadante. En el filtrado se determinó Al, por espectrofotometría de absorción atómica, y K por fotometría de llama. Las actividades de los iones y la relación de actividades (AR^k) se estimaron de acuerdo con el procedimiento descrito por Cruz (1984). El parámetro ΔK se calculó a partir de la concentración inicial y final de K. Se construyó la curva Q/I, para cada suelo, al graficar los valores de ΔK y AR^k y se estimó los parámetros PBC^k , AR_0^k , ΔK_0 , ΔK_L y ΔK_x descritos con anterioridad.

Se estimó los coeficientes de correlación lineal simple entre los parámetros Q/I y algunas propiedades del suelo (% arcilla, % materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, K soluble, K intercambiable, K fijado, % saturación de K).

RESULTADOS Y DISCUSION

Propiedades de los suelos.

El Cuadro 2 presenta los valores de algunas propiedades de los suelos estudiados.

Cuadro 1. Procedencia, textura y clasificación de los suelos estudiados.

Suelo	Sitio	Ubicación	Textura	Clasificación FAO ¹⁾
1	Chocaman	Córdoba, Ver.	Arcilloso	Vertisol crómico
2	El Carmen	Cuautlapan, Ver.	Arcilloso	Vertisol crómico
3	Gpe. Barrial	Córdoba, Ver.	Arcilloso	Vertisol crómico
4	Atzacan	Cuautlapan, Ver.	Arcilloso	Vertisol crómico
5	CNIA	Córdoba, Ver.	Arcilloso	Vertisol crómico
6	Cuautlapan	Cuautlapan, Ver.	Arcilloso	Vertisol crómico
7	Mahuistlán	Tlaltetela, Ver.	Arcilloso	Luvisol órtico
8	Sumidero	Cuautlapan, Ver.	Arcilloso	Vertisol crómico
9	Sumidero	Cuautlapan, Ver.	Arcilloso	Vertisol crómico
10	Sumidero	Cuautlapan, Ver.	Arcilloso	Vertisol crómico
11	Fortín	Cuautlapan, Ver.	Arcilloso	Vertisol crómico
12	Huixtla	Huixtla, Chis.	Franco Arc.	Cambisol eutrítico
13	La Margarita	Acatlán, Oax.	Franco Arc.	Vertisol pélico
14	Tres Valles	Tres Valles, Ver.	Arcilloso	Acrisol órtico
15	Tezonapa	Tezonapa, Ver.	Arcilloso	Acrisol órtico
16	Tezonapa	Tezonapa, Ver.	Arcilloso	Acrisol órtico

1) Carta edafológica E14-3 y E14-6, 1:250,000. s.f. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, México.

Todos los suelos tienen un pH ácido, con valores que varían de 4.6 a 6.3. El contenido de materia orgánica es de 1.5, en los suelos 11, 12 y 14, hasta 6.2%, en el suelo 2; es decir, éste varía de bajo a muy alto (Etchevers, 1989). La mayoría de los suelos presenta una textura arcillosa, con contenidos de arcilla entre 36 y 67%. La capacidad de intercambio catiónico es baja (menor de 15 meq 100 g⁻¹ suelo), excepto en los suelos 8, 12, 13 y 14, los cuales tienen una CIC media (entre 15 y 25 meq 100 g⁻¹ suelo) (Landon, 1984). El valor de K intercambiable varía de 0.15 a 0.97 meq 100 g⁻¹ de suelo; aunque la mayoría de los suelos presenta un contenido bajo, excepto los suelos 2, 3, 4 y 5 (Landon, 1984).

Cuadro 2. Características de los suelos en estudio.

Suelo	pH 1:2 H ₂ O	K					
		M.O. %	Arcilla %	interc. meq 100g ⁻¹	CIC ₁	K-sol. ppm	K-fijado ppm
1	4.9	5.5	66	0.37	10.1	20	275
2	5.1	6.2	46	0.78	12.1	60	472
3	5.1	5.0	61	0.32	11.1	9	274
4	5.0	5.7	57	0.54	12.8	27	377
5	6.3	4.3	63	0.97	8.8	55	467
6	5.5	3.9	42	0.76	15.0	44	443
7	4.8	4.2	51	0.32	6.8	24	209
8	5.2	5.9	57	0.21	22.2	19	212
9	4.8	2.8	66	0.42	5.8	9	276
10	5.1	3.1	42	0.27	13.5	7	355
11	5.4	1.5	63	0.20	12.1	4	191
12	6.1	1.5	36	0.16	22.6	9	742
13	5.2	2.5	37	0.32	17.9	13	259
14	5.6	1.5	38	0.15	17.4	7	122
15	4.6	4.0	67	0.19	7.8	11	170
16	4.6	4.5	63	0.17	8.3	10	165

Relaciones cantidad-intensidad.

La Figura 2 muestra una de las curvas de la relación Q/I de potasio obtenidas para cada suelo. A partir de estas curvas se estimó los parámetros Q/I que se presentan en el Cuadro 3. El valor PBC^K se obtuvo calculando la pendiente de la recta tangente a la curva en el punto donde no hay ganancia ni pérdida de potasio (Addiscott y Talibudden, 1969).

Cuadro 3. Parámetros obtenidos de la relación Q/I para potasio en los suelos estudiados.

Suelo	PBC ^K meq 100 g ⁻¹ (mol L ⁻¹) ^{2/3}	AR ^K (mol L ⁻²) ^{2/3} (10 ⁻²)	ΔK _L	ΔK _o meq 100 g ⁻¹	ΔK _x
1	4.5	5.5	0.39	0.25	0.14
2	8.4	9.8	1.41	0.83	0.58
3	2.9	7.2	0.28	0.21	0.07
4	5.5	11.5	0.83	0.63	0.20
5	10.4	31.9	4.00	2.98	1.02
6	6.2	10.4	0.95	0.65	0.30
7	2.8	7.8	0.39	0.22	0.17
8	11.7	1.4	0.24	0.16	0.08
9	9.6	2.2	0.37	0.22	0.15
10	9.6	1.9	0.39	0.17	0.12
11	28.6	0.6	0.20	0.15	0.05
12	15.4	1.3	0.36	0.15	0.21
13	3.3	6.0	0.31	0.19	0.12
14	3.2	4.9	0.21	0.15	0.06
15	4.7	2.9	0.18	0.13	0.05
16	8.3	2.9	0.32	0.26	0.12

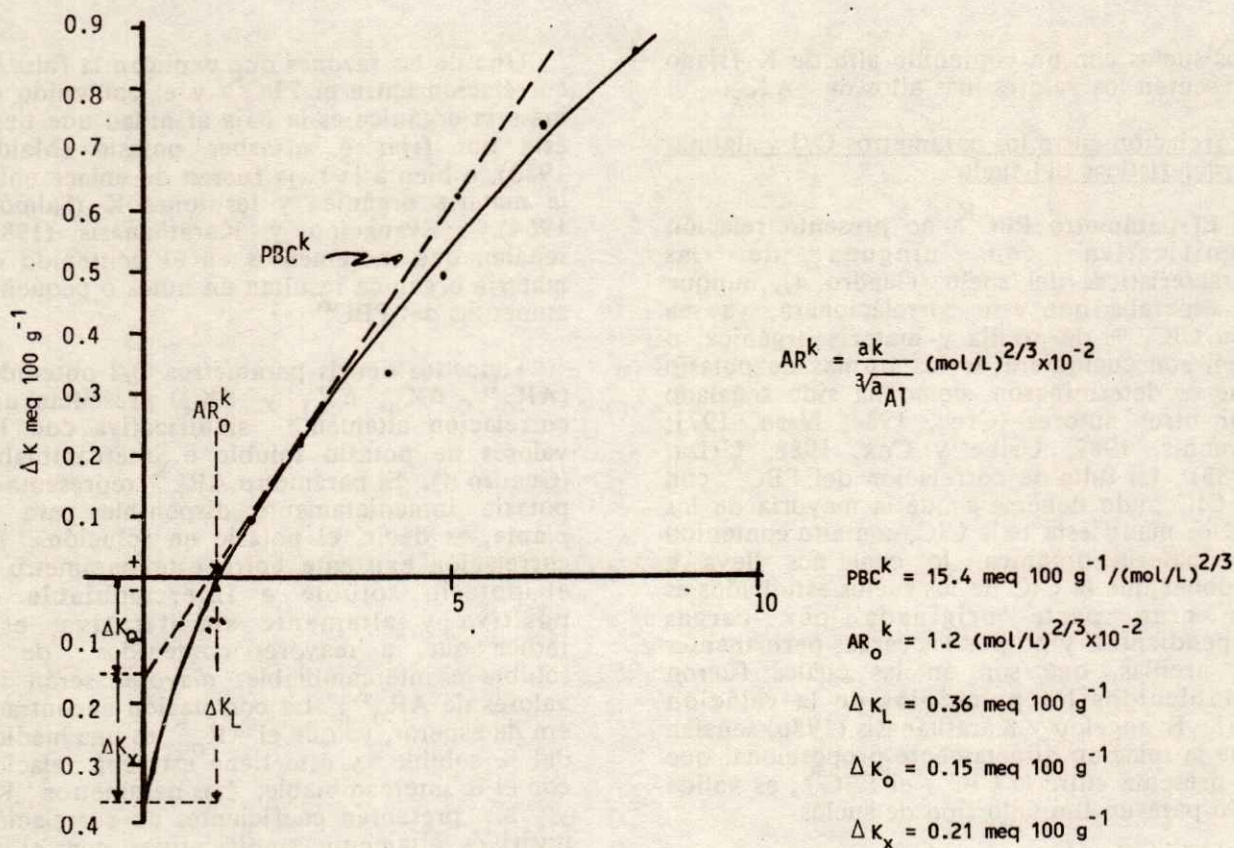


Figura 2. Relación Q/I y parámetros deducidos de ésta para el S-12 Huixtla, Chis.

Parámetro PBC^K . Los valores de capacidad potencial amortiguadora de potasio varían de 2.8 a 28.4 meq 100 g⁻¹/(mol L⁻¹)^{2/3}. Estos valores son similares a los encontrados para suelos ácidos por otros autores que utilizaron Al³⁺ como catión de referencia (Cruz 1984; Goedert *et al.*, 1975). Dado que el PBC^K es un índice de la capacidad que tiene un suelo para mantener constante la intensidad de K en la solución del suelo; entonces, los suelos con valores más altos de este parámetro son los que reponen con mayor facilidad el potasio extraído por las plantas o perdido por lixiviación. Los datos de PBC^K obtenidos no muestran relación, ya sea positiva o negativa, con ninguna de las propiedades del suelo.

Parámetro AR_O^K . Este parámetro representa el potasio inmediatamente disponible en el suelo, de manera que está fuertemente asociado con el potasio en solución. Los valores de AR_O^K

obtenidos se encuentran en un intervalo de 0.006 a 0.319 (mol L⁻¹)^{2/3} y corresponden los más altos de éstos a los suelos con mayores contenidos de K soluble.

Parámetros ΔK_O y ΔK_L . Estos parámetros manifiestan estrecha relación con el potasio intercambiable y soluble; los valores encontrados varían de 0.13 a 2.98 meq 100 g⁻¹ (para ΔK_O) y de 0.18 a 4.00 meq 100 g⁻¹ (para ΔK_L), correspondiendo los valores más altos a los suelos con mayor contenido de potasio intercambiable. En general, los valores de ΔK_L son similares a los de K intercambiable, extraído con NH₄OAc 1 N pH 7.0, lo cual se explica por el hecho que este parámetro es una medida del potasio lábil del suelo.

Parámetro ΔK_X . Este parámetro representa una medida del potasio que se encuentra en sitios específicos para éste. Los valores obtenidos varían de 0.05 a 1.02 meq 100 g⁻¹.

Los suelos con un contenido alto de K fijado presentan los valores más altos de ΔK_x .

Correlación entre los parámetros Q/I y algunas características del suelo.

El parámetro PBC^K no presentó relación significativa con ninguna de las características del suelo (Cuadro 4), aunque se esperaba que éste correlacionara, ya sea con CIC, % de arcilla y materia orgánica, o bien con cualquiera de las formas de potasio que se determinaron, como ha sido señalado por otros autores (Cruz, 1984; Nash, 1971; Simonis, 1982; Uribe y Cox, 1988; Uriza, 1983). La falta de correlación del PBC^K con la CIC pudo deberse a que la mayoría de los suelos manifiesta baja CIC, con alto contenido de materia orgánica, lo cual nos lleva a suponer que la CIC de los suelos estudiados es en gran parte originada por cargas dependientes, y no por las cargas permanentes de arcillas, que son en las cuales fueron establecidos los principios de la relación Q/I. Evangelou y Karathanasis (1986) señalan que la relación directamente proporcional que se presenta entre la CIC y el PBC^K , es válida sólo para un limitado tipo de suelos.

Cuadro 4. Coeficientes de correlación lineal simple entre los parámetros obtenidos de las curvas Q/I y algunas propiedades de los suelos estudiados.

	PBC^K	AR_o^K	ΔK_L	ΔK_o	ΔK_x
% Arcilla	NS	NS	NS	NS	NS
% M.O.	NS	NS	NS	NS	NS
C.I.C.	NS	NS	NS	NS	NS
% Sat. K.	NS	NS	NS	NS	NS
K-intercamb.	NS	0.825**	0.833**	0.810**	0.865**
K-soluble	NS	0.753**	0.769**	0.733**	0.845**
K-fijado	NS	NS	NS	NS	0.515*

NS = No significativo; * Significativo al 0.05;
** = Significativo al 0.01.

En otros trabajos se ha encontrado correlación altamente significativa entre el PBC^K y el % de arcilla (Cruz, 1984; Uriza, 1983), lo cual no ocurre en este estudio. Posiblemente esta falta de correlación se deba a que las arcillas predominantes en los suelos estudiados presentan poca afinidad hacia el potasio, ejerciendo escasa influencia en la dinámica de este nutrimento.

Una de las razones que explican la falta de correlación entre el PBC^K y el contenido de materia orgánica es la baja afinidad que tiene ésta por fijar o adsorber potasio (Maida, 1980), o bien a la baja fuerza de enlace entre la materia orgánica y los iones K (Salmon, 1964). Evangelou y Karathanasis (1986) señalan que incrementos en el contenido de materia orgánica resultan en nulos o pequeños aumentos del PBC^K .

Todos los demás parámetros Q/I obtenidos (AR_o^K , ΔK_o , ΔK_L y ΔK_x) presentan una correlación altamente significativa con los valores de potasio soluble e intercambiable (Cuadro 4). El parámetro AR_o^K representa el potasio inmediatamente disponible para la planta, es decir, el potasio en solución. La correlación existente entre este parámetro y el potasio soluble e intercambiable es positiva y altamente significativa; esto indica que, a mayores contenidos de K soluble e intercambiable, mayores serán los valores de AR_o^K . La correlación encontrada era de esperar, ya que el AR_o^K es una medida del K soluble y éste tiene estrecha relación con el K intercambiable. Los parámetros K_o y ΔK_L presentan coeficientes de correlación positivos altamente significativos con el K intercambiable y soluble; es decir que, a medida que sea mayor el potasio intercambiable, los valores de ΔK_o y ΔK_L serán más altos. Esta relación es lógica dado que dichos parámetros son una estimación del potasio intercambiable. La correlación existente del ΔK_o y ΔK_L con el potasio soluble se explica porque éste depende directamente del potasio intercambiable.

El K fijado sólo mostró correlación significativa ($r = 0.51$) con el parámetro ΔK_x , dicha relación se explica por el hecho de que el ΔK_x es una medida de los sitios más específicos para potasio.

CONCLUSIONES

- 1) El parámetro PBC^K presenta valores de 2.8 a 28.4 meq $100\text{ g}^{-1}/(\text{mol L}^{-1})^{2/3}$. De acuerdo con los valores encontrados por Cruz (1984), éstos se pueden considerar como bajos (suelos 1, 3, 7, 13, 14 y 15), adecuados (suelos 2, 4, 5, 6, 8, 9, 10 y 16) y altos (suelos 11 y 12).

- 2) En cuanto al parámetro $AR_{O,K}$, los valores varían de 0.006 a 0.32 (mol L^{-1})^{2/3}, y se encuentran dentro de los límites considerados como adecuados para la nutrición de las plantas en cuanto a potasio (Woodruff, citado por Cruz, 1984).
- 3) La mayoría de los suelos presenta valores de ΔK_L que se consideran bajos (9.18 a 4.00 meq 100 g⁻¹), los cuales muestran estrecha relación con los valores de K intercambiable.
- 4) Los valores del parámetro ΔK_Q , asociado con el K lábil, son bajos para la mayoría de los suelos, a excepción de los suelos 2, 4, 5 y 6, los cuales tienen los valores más altos (0.63 meq 100 g⁻¹).
- 5) Los suelos estudiados presentan bajos valores de ΔK_X , excepto los suelos 2 y 5, que varían de 0.05 a 0.30 meq 100 g⁻¹. Cruz (1984) obtuvo valores similares para este parámetro en suelos de Veracruz, y los atribuye al tipo de arcilla (1:1) presente, la cual tiene poca afinidad para retener K.
- 6) Se encontró correlación altamente significativa entre los parámetros $AR_{O,K}$, ΔK_Q , ΔK_L y ΔK_X con el potasio soluble e intercambiable, y entre el parámetro ΔK_X con el potasio fijado.

LITERATURA CITADA

- ACQUAYE, D. K., A. J. MCLEAN, and H. J. RICE. 1967. Potential and capacity of potassium in some representative soils of Ghana. *Soil Sci.* 103:78-89.
- ADDISCOTT, T. M. y O. TALIBUDDEN. 1969. La capacidad también de las reservas potásicas de los suelos. *Revista de la Potasa*, Secc. 4, 45a continuación: 1-26.
- BARBER, S. A. 1984. *Soil nutrient bioavailability; a mechanistic approach.* John Wiley and Sons. New York.
- BECKETT, P. H. T. 1964a. Studies on soil potassium I. Confirmation of the ratio law measurement of potassium potential. *J. Soil Sci.* 15:1-8.
- BECKETT, P. H. T. 1964b. Studies on soil potassium II. The immediate Q/I relation of labile potassium in the soil. *J. Soil Sci.* 15:9-23.
- BOUYOUKOS, G. C. 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. *Agron. J.* 43:434-438.
- CRUZ, D. J. 1984. El uso de los parámetros Q/I y de los potenciales químicos (potasio, calcio, magnesio) como una medida de la disponibilidad nutrimental en algunos suelos cañeros de México. *Colegio de Postgraduados*, Chapingo, México. (Tesis de Maestría).
- ETCHEVERS B. J. D. 1989. Interpretación de los análisis químicos de suelo. *Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados*. Chapingo, México. Mimeografiado.
- EVANGELOU, U. P., and A. D. KARATHANASIS. 1986. Evaluation of potassium quantity-intensity relationships by a computer model employing the Gapon equation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50:58-62.
- FASSBENDER, H. W. y E. BORNEMISZA. 1987. *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina*. 2a. ed. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica.
- GOEDERT, W. J., K. J. SYERS, and R. B. COREY. 1975. Relações quantidade-intensidade de potássio em solos do Rio Grande do Sul. *Pesq. Agrop. Brasileira* 10:30-35.
- JACKSON, M. L. 1976. *Análisis químico de suelos*. Traducción al español de J. Beltrán M. 3a edición. Editorial Omega, Barcelona, España.
- JIMENEZ C., and M. A. PARRA. 1991. Potassium quantity-intensity relationships in calcareous Vertisols and Inceptisols of southwestern Spain. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55:985-989.
- KALRA, Y. P., and D. G. MAYNARD. 1991. *Methods manual for forest soil and plant analysis*. For. Can., Northwest Reg. North. For. Cent., Edmonton, Alberta. Inf. Rep. NOR-X-319.
- KNUDSEN, D., G. A. PETERSON, and P.F. PRATT. 1982. Lithium, sodium, and potassium. pp. 225-246. In: A.L. Page, R. W. Miller, and D. R. Keeney (eds). *Methods of soil analysis (Part 2)*. Second edition (Agronomy 9). American Society of Agronomy. Soil Science of America. Madison, Wisconsin.
- LANDON, J. R. 1984. *Booker tropical soil manual*. Booker Agriculture International Limited. Londres.
- LEROUX, J., and M.E. SUMNER. 1968. Labile potassium in soils. I. Factors affecting the quantity intensity Q/I parameter. *Soil Sci.* 106:37-41.
- MAIDA, J. H. A. 1980. The potassium status of Malawi soils. *J. Soil Sci.* 31:595-606.
- MORAZZANI, H. R. y T. E. ORTEGA. 1972. Contenido de las diversas formas de potasio en suelos tropicales y subtropicales de México. *Agrociencia*, 7:37-46.
- MOSS, P. 1967. Independence of soil quantity/intensity relationships to changes in exchangeable potassium: similar potassium exchange constants for soils within a soil type. *Soil Sci.* 103:196-201.
- NASH, V. E. 1971. Potassium release characteristics of some soils of the Mississippi Coastal Plain as revealed by various extracting agents. *Soil Sci.* 111:313-317.
- RAM P., and R. N. Prasad. 1981. Quantity/intensity parameters of potassium in the soils of Moghalaya. *J. Indian Soc. Soil Sci.* 29:446-452.
- RASNAKE, M., and G. W. THOMAS. 1976. Potassium status of some Alluvial soils in Kentucky. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 40:883-886.
- SALMON, R. C. 1964. Cation exchange reactions. *J. Soil Sci.* 15:273-283.
- SIMONIS, A. D. 1982. El potasio disponible del suelo y la evaluación de los métodos para su determinación. *Revista de la Potasa*, Secc. 5, 2a. Continuación 3:1-3.
- SPARKS, D. L., and W. C. LIEBHARDT. 1981. Effect of longterm lime and potassium applications on quantity-intensity (Q/I) relationships in sandy soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45:786-790.

SPARKS, D. L., and P. M. HUANG. 1985. Physical chemistry of soil potassium. pp. 201-276. In: R. D. Munson (ed). Potassium in agriculture. American Society of Agronomy. Crop Science Society of America. Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin.

URIBE, E., and F. R. COX. 1988. Soil properties affecting the availability of potassium in highly weathered soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 52:148-152.

URIZA, S. M. L. 1983. Determinación de isothermas cantidad-intensidad (Q/I) de potasio en suelos ácidos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. (Tesis profesional).

WALKLEY, A. 1947. A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soils. Effect of variation in digestion conditions and of inorganic soil constituents. Soil Sci. 63:251-264.

WANG, J., R. E. FARREL, and A. D. SCOTT. 1988. Potentiometric determination of potassium Q/I relationships. Soil Sci. Soc. Am. J. 52:657-662.

RELACIONES INTERNAS DE AGUA EN MAIZ BAJO DIFERENTES NIVELES DE SEQUIA

Internal Water Relations in Maize Under Different Levels of Drought

Miguel A. Perales de la Cruz¹⁾, Alfonso Peña Ramos²⁾ y
Arnoldo Oyervides García³⁾

1) Campo Experimental "Los Cañones" CIR-Norte-Centro, INIFAP,
Apartado Postal # 69, 99600 Jalpa, Zac.

2) Campo Experimental Pabellón, CIR-Norte-Centro, INIFAP,
Apartado Postal # 20, 20660 Pabellón de A., Ags.

3) UAAAN Buenavista, Saltillo, Coah.

Palabras clave: *Zea mays* L., Potencial hídrico, Contenido relativo de agua, Elongación de hoja, Tasa transpiratoria.

Index words: *Zea mays* L., Water potential, Relative water content, Leaf elongation, Net transpiration rate.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto de la sequía sobre el híbrido de maíz AN-310 y sus progenitores y determinar en éstos las relaciones internas de agua en la planta. El trabajo se desarrolló en 1991 en el CIFAP-Aguascalientes, en un invernadero de fibra de vidrio a una temperatura de 25°C y una humedad relativa del 50%. Los tratamientos de sequía fueron -1, -4, -6 y -8 bares de potencial hídrico en la planta a las 5:00 a.m. Los resultados fueron: i) el contenido relativo de agua fue el mejor indicador de las relaciones internas de agua en la planta, correlacionando con el potencial hídrico ($r = 0.82$), elongación de la hoja ($r=0.85$) y tasa transpiratoria ($r=0.73$); ii) a ψ_h de -8 bares cesó la elongación de hoja y

tasa transpiratoria; iii) el híbrido AN-310 fue el genotipo que presentó mayor elongación de hoja y tasa transpiratoria; iv) los genotipos VS-201M y AN₂ fueron los donadores de las características de tolerancia a sequía del AN-310.

SUMMARY

The purpose of the present research was to study the drought effect, on the hybrid maize AN-310 and its progenitors and to determine the plant internal water relation. The research was carried out in 1991 in the CIFAP-Aguascalientes Mexico, in a glass fiber green house at 25°C and 50% relative moisture. The drought levels were -1, -4, -6 and -8 bares into plant water potential at the 5:00 a.m. The results were: i) the water relative content was the best indicator of the plant internal water relation, because of a high correlation with the water potential ($r=0.82$), leaf elongation ($r=0.85$) and net transpiration rate ($r=0.73$); ii) all genotypes ceased the leaf elongation and net transpiration rate at water potential of -8 bars; iii) the AN-310 hybrid was the genotype with higher leaf elongation and net rate transpiration; iv) the VS-201M and AN₂ genotypes were who gave the drought tolerance characteristic of the AN-310.

Recibido 01-93.

INTRODUCCION

La deficiencia del agua es uno de los factores ambientales que más reducen la producción de los cultivos (Muñoz *et al.*, 1983). Por lo anterior, actualmente existe un gran interés por entender el efecto de la deficiencia de agua en las plantas. Su entendimiento, ya sea fisiológico, molecular o genético, puede proporcionar las bases para el estudio de los mecanismos de respuesta de la planta y la tolerancia a sequía, con lo cual se pudieran orientar mejor las estrategias de solución (Peña, 1991).

Al respecto, Pearson (1979) indica que para mejorar las características de tolerancia a la sequía, es necesario conocer los procesos fisiológicos involucrados (fotosíntesis, respiración, transpiración, etc.), y que a su vez, sean de utilidad práctica como indicadores de la misma. Para ello, se ha comprobado, que mediciones fisiológicas, mediante técnicas asociadas con las relaciones internas de agua en la planta, como CRA y ψ_h entre otros, pueden servir para discriminar por diferencias genotípicas, bajo distintos estados hídricos de la planta. (Chan y Fowler, 1987; Kramer, 1974).

El objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto de la sequía sobre algunos indicadores relacionados con el estado hídrico del maíz AN-310 y sus progenitores y determinar en éstos las relaciones internas de agua en la planta.

MATERIALES Y METODOS

La presente investigación se llevó a cabo en el Campo Experimental de Pabellón de Arteaga, perteneciente al CIFAP-AGUASCALIENTES. Se trabajó en un invernadero de fibra de vidrio; a una temperatura promedio en el día y noche de 25 a 11°C, respectivamente; con una humedad relativa que osciló entre 50 y 90 % entre el día y la noche.

El material genético utilizado fue el híbrido de maíz AN-310 ((AN₂₀ x AN₂) x VS-201M), sus progenitores AN₂₀, AN₂, AN₂₀ x AN₂, VS-201M y el testigo AN-430, el cual se ha caracterizado por ser altamente susceptible a sequía.

La siembra se efectuó el 22 de julio de 1991 en macetas de plástico negro de 30 cm de diámetro por 65 cm de altura, mismas que fueron llenadas al momento de la siembra con 14 kg de mezcla de suelo seco 1:2:1 (tierra: arena: estiércol de caprino). La unidad experimental fue de 45 macetas por genotipo. Se sembraron en cada maceta de 3-4 semillas (para aclarar a una planta) a una profundidad aproximada de 3 cm. Posteriormente se regó a saturación y se permitió que drenara el excedente de agua. Se fertilizó el 6 de agosto con 2.5 g de sulfato de amonio y 2.5 g de superfosfato triple disueltos en 100 mL de agua, se aplicó una segunda fertilización nitrogenada similar a la primera, 10 días después.

A partir de los 20 días posteriores a la siembra se formaron dos grupos de plantas por genotipo. Uno de 20 plantas que se condujo siempre bajo riego (testigo) y otro de 25 plantas, al cual se le suspendió el riego hasta que se llegó a un potencial hídrico de la hoja (ψ_h) de -8 bares.

Las relaciones internas del agua en el grupo de plantas bajo sequía, se analizaron con respecto al ψ_h en valores de -1, -4, -6 y -8 bares. En este sentido, se comparó la condición de riego contra sequía. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas con cuatro repeticiones, donde el factor A, fue nivel de humedad y el factor B, genotipo.

Datos Tomados.

Area foliar y elongación de hoja: se midieron diariamente a los diez días después de la siembra, en un grupo de diez plantas por condición de humedad y por genotipo, se cuantificó la elongación de la hoja en centímetros crecidos de un día a otro, y el área foliar mediante la fórmula de largo x ancho x 0.75.

Transpiración total diaria: se determinó pesando diariamente las macetas (con todo y planta), a ese peso se le restó el peso ocasionado por el crecimiento de la planta; el cual se obtuvo pesando en fresco cada tercer día dos plantas por genotipo, además se le restó la evaporación del suelo, la que se estimó pesando diariamente una maceta sin planta por condición de humedad, ubicada en el centro del experimento.

- Tasa transpiratoria diaria por planta: se obtuvo dividiendo la transpiración total diaria por planta entre el área foliar promedio de cada genotipo y se expresó en $\text{g}/\text{dm}^2/\text{día}$.
- Potencial hídrico de la hoja: a partir de la sexta hoja ligulada después de la siembra se cortaron diariamente a las 5:00 a.m. fragmentos de aproximadamente 10 cm de longitud las hojas más jóvenes, e inmediatamente se les determinaron los potenciales hídricos (ψ h) con la bomba de presión tipo Scholnager.
- Contenido relativo de agua (CRA): el CRA se obtuvo a ψ h de -1, -4, -6 y -8 bares en la mitad de un ápice de hoja de 10 cm de longitud. Este se pesó en fresco (PF) en una báscula Mettler PL-300, con aproximación a milésimas de gramo, y enseguida se sumergió en agua destilada, para rehidratarlo a completa turgencia. Se pesó después de eliminar el exceso de agua con papel absorbente para obtener el peso turgente (PT) y finalmente se secó en una estufa a 85°C por 24 horas y se midió su peso seco (PS). Los cálculos se realizaron mediante la fórmula siguiente:

$$\text{CRA} = (\text{PF} - \text{PS} / \text{PT} - \text{PS}) 100$$

A todos los datos obtenidos se les aplicó una prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

Se realizaron correlaciones simples entre el ψ h, CRA, elongación de hoja y tasa transpiratoria.

RESULTADOS Y DISCUSION

El ψ h en función del tiempo se muestra en la Figura 1, en donde se puede observar que al tercer día de muestreo, todos los genotipos lograron recuperar su ψ h a las 5:00 a.m. a valores similares al primer día, sin embargo, en el cuarto día ya no consiguieron recuperarse a sus valores iniciales en esa ni en ninguna hora, y se empezaron a presentar diferencias entre los genotipos.

Kramer (1974), al citar a Slatyer (1967), explica respecto a lo anterior que la absorción de agua por las plantas se atrasa con relación a la transpiración, ya que a falta de agua en el suelo, se reduce el

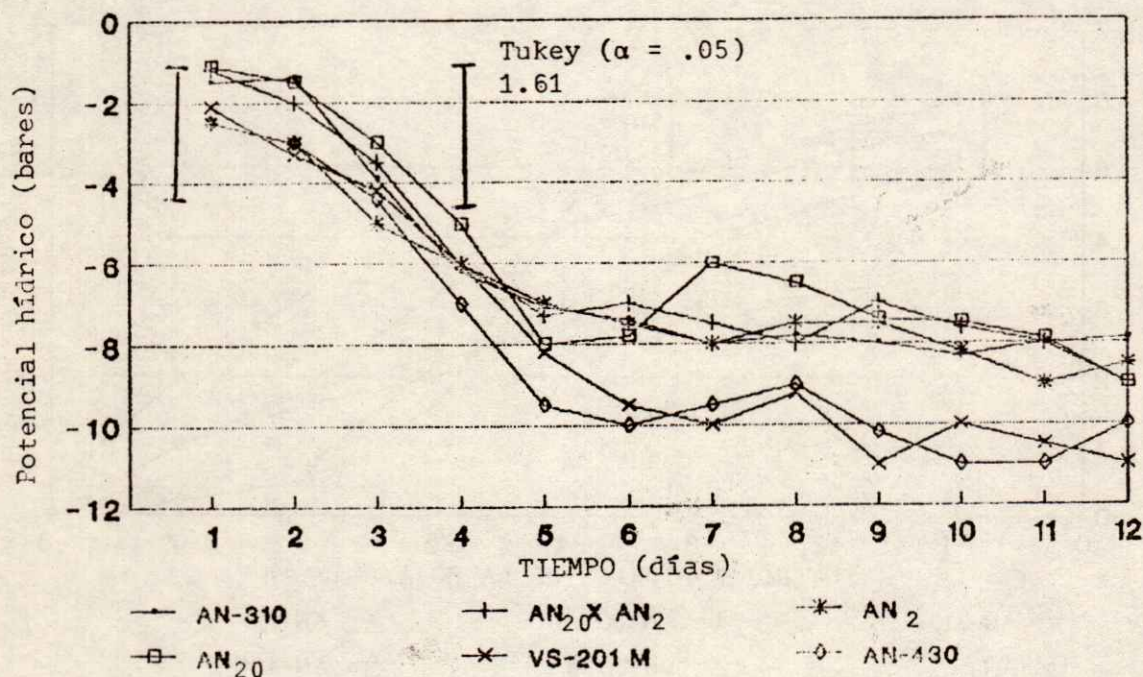


Figura 1. Potencial hídrico de la hoja en función del tiempo durante el período de sequía.

potencial hídrico de la planta debido a que el movimiento del agua hacia las raíces se hace demasiado lento para reponer las pérdidas diurnas.

El AN-430 y VS-201M tendieron a registrar los ψh más bajos a partir del quinto día; mientras que las líneas AN₂₀ y AN₂, y el híbrido AN-310 registraron en general los valores más altos. La cruce AN₂₀ x AN₂ también tuvo valores altos de ψh , similares a los de sus progenitores a partir del séptimo día. Por otro lado, se observó que la línea AN₂ fue la que menos redujo su ψh diurno, durante todo el tratamiento y la que mejor recuperación mostró por las mañanas, lo cual indica que posee un mecanismo que le permite conservar mejor el agua, y ser más tolerante a sequía. Por lo anterior se deduce que probablemente esta línea sea la que proporciona ese mismo comportamiento al AN-310. En otro trabajo en que se determinó MP, se observó también que AN-310 fue el material de mayor recuperación (Perales, 1992).

En la Figura 2 se observa que los seis genotipos evaluados manifestaron menor

elongación de la hoja conforme disminuyó el ψh , de tal manera que a -8 bares la elongación cesó por completo. Resultados similares fueron reportados por Núñez (1984), Boyer (1970) y Kramer (1974), quienes mencionan que la expansión foliar, bajo condiciones de invernadero, decrece rápidamente cuando el ψh es de -2 bares y cesa a ψh de -7 a -9 bares.

La línea AN₂₀ mostró una elongación de la hoja inicial pobre y se mantuvo así, con una respuesta lineal, hasta un ψh de -6 bares; a partir del cual declinó más aceleradamente. AN₂ y la cruce AN₂₀ x AN₂ tuvieron una respuesta intermedia y similar; con una tendencia lineal hasta el final del tratamiento. Lo anterior indica que la línea AN₂, además de tener mayor elongación de hoja que AN₂₀, es el material que parece dominar en la combinación de ambos materiales.

El AN-430, a partir de un ψh de -4 bares, declinó su crecimiento de hoja drásticamente, de tal manera que desde -5 bares tuvo la tasa de elongación más baja, lo cual indica que posee una gran susceptibilidad a sequía. Por el

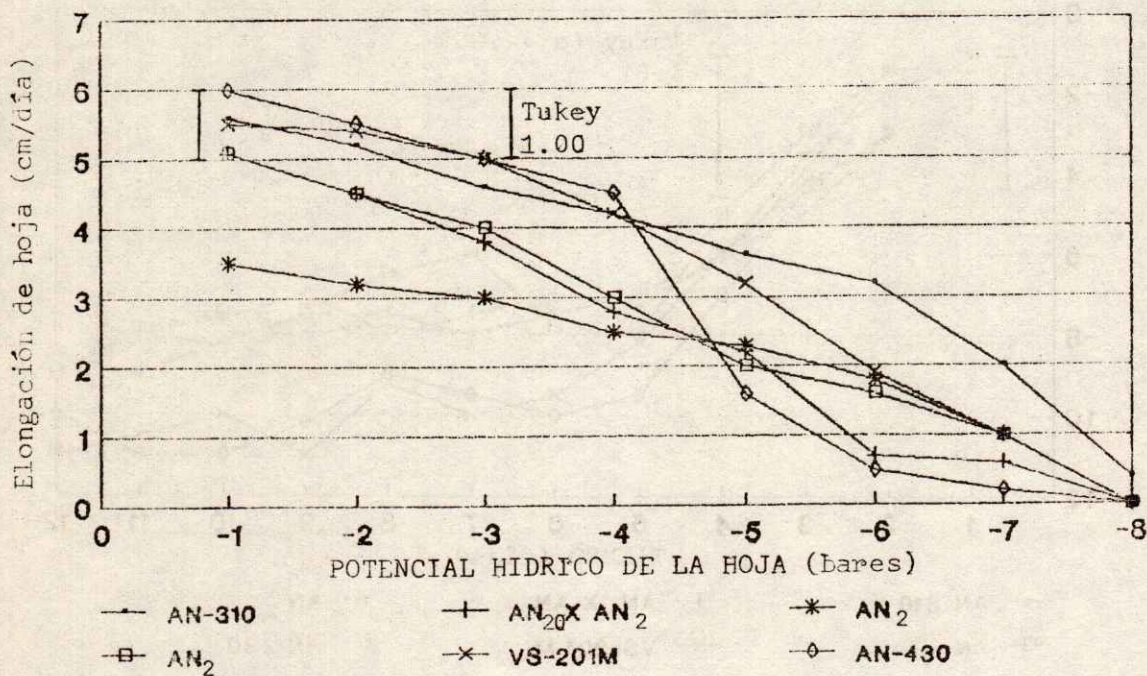


Figura 2. Elongación de la hoja promedio por genotipo respecto al potencial hídrico.

contrario, el híbrido AN-310 junto con VS-201M fueron los materiales con menor reducción en la tasa de crecimiento a más bajos potenciales de agua. AN-310 presentó una disminución lineal hasta -6 bares, la cual posteriormente fue menos drástica que la de VS-201M, aunque no difirieron significativamente. Lo anterior puede ser atribuido a que aun en ψ_h de -8 bares, que fue cuando concluyó el experimento, el AN-310 mantuvo un CRA de 66.2%, el cual fue más alto que el del resto de los materiales, ya que estas variables se encuentran asociadas ($r=0.82$, Cuadro 1); lo cual puede ser explicado como una forma de ajuste osmótico por un acondicionamiento más progresivo de las plantas a la sequía (Peña y González, 1988). Tal acondicionamiento del híbrido AN-310, debió ser adquirido del genotipo VS-201M, ya que ambos mostraron comportamiento similar.

El CRA presentó una relación directa con el ψ_h , es decir, a medida que el ψ_h disminuyó, el CRA disminuyó también; ya que a ψ_h de -1, -4, -6 y -8 bares correspondieron valores promedios de CRA de 82.3, 77.0, 61.9 y 37.2%, respectivamente. Los promedios obtenidos en ψ_h de -1 y -4 bares fueron

Cuadro 1. Matriz de correlación entre las variables estudiadas.

	Elongación de hoja	CRA	Tasa transpiratoria
ψ_h	0.40*	0.82*	0.45**
Elongación de hoja		0.85**	0.55**
CRA			0.73**

*, ** = Significancia estadística al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

estadísticamente superiores. Nótese que al pasar de -6 a -8 bares, el CRA sufrió su mayor decremento.

En relación con las diferencias entre genotipos, AN-310 con 69.9% en CRA y VS-201M con 67.6% superaron estadísticamente a AN₂₀ x AN₂, AN₂₀, AN₂ y AN-430 que registraron en promedio un CRA de 62.7, 63.8, 64.7 y 61.7%, respectivamente; lo cual pone de manifiesto, una vez más, la resistencia a sequía de dichos materiales, y refuerza la posibilidad de que sea una forma de ajuste osmótico (Peña y González, 1988), y que esa característica del híbrido sea transmitida por sus progenitores VS-201M.

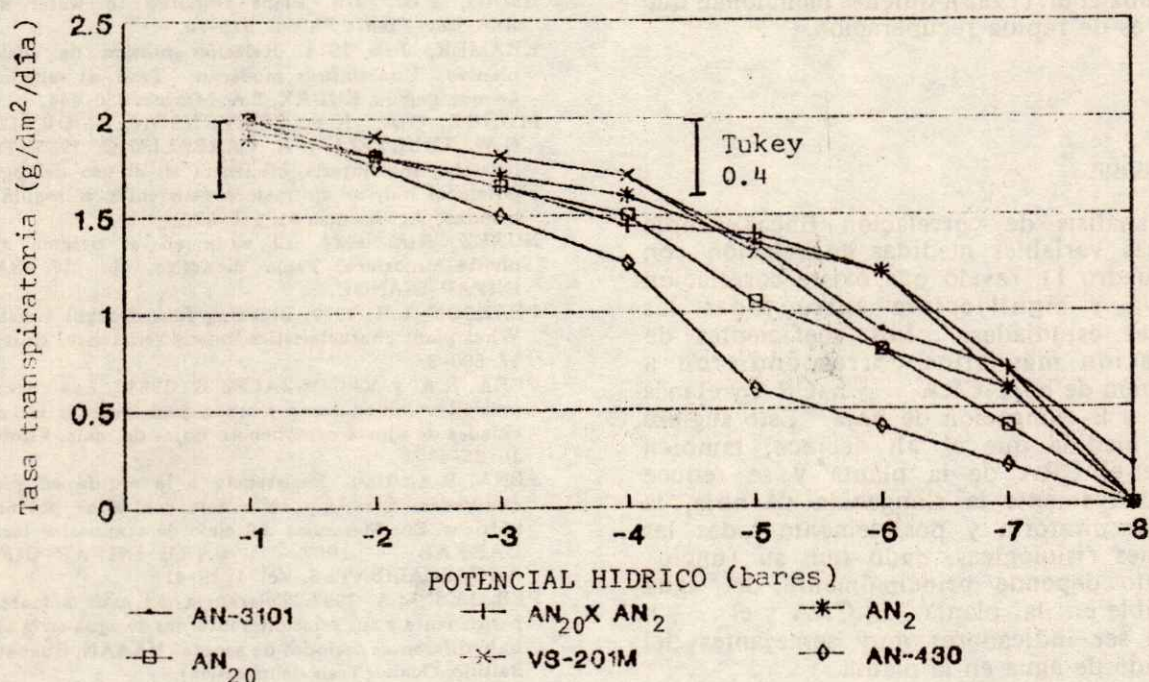


Figura 3. Tasa transpiratoria promedio por genotipo respecto al potencial hídrico.

En la Figura 3, se aprecia que la tasa transpiratoria de todos los genotipos se redujo marcadamente conforme disminuyó el ψ_h , aunque no todos se afectaron de manera similar. El AN-430 fue el material que más disminuyó su tasa transpiratoria a menores ψ_h y esto fue notorio a partir de -4 bares; por el contrario el AN-310 siempre se mantuvo con tasas transpiratorias altas; incluso a -8 bares, potencial en el que el resto de los genotipos cesaron su transpiración.

Con el resultado anterior se confirma, en parte, la susceptibilidad a la sequía del AN-430 y la resistencia del AN-310, el cual tuvo la capacidad de seguir con las funciones de transpiración y elongación de hoja a bajo ψ_h ; lo que no sucedió con el resto de los genotipos estudiados.

Respecto a la recuperación del ψ_h se encontró que, cuando se regó a las seis de la tarde después de la última lectura del ψ_h , a las cinco de la mañana del día siguiente ya se encontraban las plantas en un ψ_h promedio de -2 bares, lo cual coincide con los resultados de Muñoz *et al.* (1983), quienes mencionan que el ψ_h es de rápida recuperación.

Correlación.

El análisis de correlación lineal simple entre las variables medidas en relación con ψ_h (Cuadro 1), reveló que existe correlación positiva y significativa entre todas las variables estudiadas. Los coeficientes de correlación más altos correspondieron a elongación de hoja-CRA y ψ_h -CRA y el más bajo a ψ_h -elongación de hoja. Esto sugiere que a medida que el ψ_h decrece, también decrece el CRA de la planta y se reduce significativamente la elongación de hoja, la tasa transpiratoria y posiblemente todas las funciones fisiológicas, dado que su funcionamiento depende principalmente del agua disponible en la planta. El CRA y el ψ_h pueden ser indicadores muy semejantes del contenido de agua en la planta.

CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos y discutidos, se llegó a las siguientes conclusiones:

A potenciales hídricos de -8 bares a las 5:00 a.m. correspondió un valor de CRA promedio de 38%, condiciones que propiciaron el cese en la elongación de la hoja y tasa transpiratoria en los genotipos estudiados.

El híbrido AN-310 fue el genotipo que presentó mayor elongación de hoja y tasa transpiratoria a menores potenciales hídricos, y fue, además, el único que no cesó sus funciones a potenciales hídricos de -8 bares a las 5:00 a.m.

La respuesta de los genotipos VS-201M y AN₂ hace suponer que son éstos los progenitores que transmitieron las características de tolerancia a sequía al AN-310.

LITERATURA CITADA

- BOYER. 1970. Relationships of water potential to grow. 233-235.
- CHAN, J.L. y J.L. FOWLER. 1977. Relaciones internas del agua en la planta de crambi (*Crambe abyssinica*). Fitotecnia 10: 111-24.
- HSIAO, T.C. 1973. Plant response to water stress. Ann. Rev. Planta Phisiol. 519-70.
- KRAMER, J.P. 1974. Relación hídrica de suelos y plantas. Una síntesis moderna. Trad. al español por Leonor Tejeda. EUDEX, S.A. México: 336-444.
- MUÑOZ, O.A., K.R. STEVENSON, J. ORTIZ C., G.W. THURTELL y A. CARBALLO C. 1983. Transpiración, fotosíntesis, eficiencia en el uso del agua y potencial hídrico en maíces resistentes a sequía y a heladas. Agrociencia 51: 115-53.
- NUÑEZ, B.A. 1984. El agua en el sistema suelo-planta-atmósfera. Tema didáctico, No. 17. SARH-INIFAP-CIANOC.
- PEARSON, L.R. 1979. Breeding four drought resistance. What plant characteristics impart resistance. Hort. Sci. 14: 590-3.
- PEÑA, R.A. y V. GONZALEZ G. 1988. Las curvas de presión-volumen como método para evaluar las capacidades de ajuste osmótico en hojas de maíz. Fitotecnia 10: 35-48.
- PEÑA, R.A. 1991. Resistencia a la sequía en plantas cultivadas. Escape y tolerancia con altos potenciales hídricos. En: Memorias del ciclo de seminarios técnicos CAEPAB 1987. SARH-INIFAP-CIFAP-AGUASCALIENTES. Vol. 1: 29-41.
- PERALES, M.A. 1992. Tolerancia del maíz a marchites permanente y sus relaciones internas de agua en la planta bajo diferentes periodos de sequía. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah. (Tesis de maestría).

**FORMAS Y DENSIDAD DE SIEMBRA EN TRIGO DE TEMPORAL.
II. COMPONENTES DEL RENDIMIENTO Y CONSUMO DE AGUA**

Sowing Systems and Sowing Densities in Wheat Under Rainfed Conditions
II. Yield Components and Water Consumption

B. Cabañas C., J. Verástegui Ch. y G. Medina G.

CIFAP-Zac., Apartado Postal 18, Calera de V.R., Zac.

Palabras clave: Componentes del rendimiento, Consumo de agua, Densidad de siembra, Formas de siembra, Temporal, Trigo.

Index words: Rainy weather, Sowing systems, Sowing density, Water consume, Wheat, Yield components.

RESUMEN

Se presenta la información de tres ciclos de evaluación de cinco formas de siembra y cuatro densidades de siembra en trigo de temporal. Se evaluó el rendimiento de grano, componentes del rendimiento y el consumo de agua por etapas fenológicas. El rendimiento del grano fue afectado por la precipitación pluvial en cada ciclo y por algunos componentes del rendimiento. Los sistemas de siembra: surcos dobles, siembra en plano en hileras o al voleo presentaron los rendimientos más altos, debido al incremento de los componentes del rendimiento. El consumo de agua no fue influenciado por los sistemas de siembra. Las mejores densidades de siembra fueron 100, 150 y 50 kg/ha, debido a los incrementos en los componentes del rendimiento y al mayor consumo de agua.

Recibido 10-91.

SUMMARY

The performance of wheat cultivated under rainfed condition during 3 years using five sowing systems and four sowing densities was evaluated. The variables measured were: grain yield, yield components and water consumption. Rainfall intensity affected the grain yield and some yield components. The sowing systems: furrow, commercial machine and broadcasted were more productive. Water consumption was not influenced by the sowing system. The best sowing densities were 100, 150 and 50 kg/ha due to a larger water consumption and to an increment of the yield components.

INTRODUCCION

Tradicionalmente en el estado de Zacatecas la siembra del trigo, tanto en riego como en temporal, se ha realizado "al voleo". Con este tipo de siembra, en condiciones de temporal, una parte de la lluvia se pierde por escurrimiento y como consecuencia el cultivo presenta déficit de agua, que se manifiesta en una reducción del rendimiento de grano.

En trigo de riego se ha determinado que se ahorra agua cuando se emplea el método de siembra en surcos (León, 1983), y que este sistema aumenta los rendimientos de grano (Avilez, 1987). También se han evaluado diferentes formas de siembra, en condiciones

de temporal, para el cultivo del triticale (Cabañas y Verástegui, 1988).

En evaluaciones del efecto de las formas de siembra sobre la producción de variedades tardías de trigo sembrados tempranamente, se han reportado diferencias estadísticas debido a éstas (Cabañas, 1988), pero en variedades precoces establecidas en fechas tardías no se han presentado tales efectos (Cabañas, 1988a).

Diferencias en producción (Romero, 1983) y componentes del rendimiento como: altura de la planta, longitud de la espiga (Martínez, 1986), tallos/m², espiguillas/espiga, granos/espiga, peso de mil granos y peso hectolítrico (Castro, 1980; Parra y de la Peña, 1981 y 1981a) se ha atribuido a la forma de siembra.

En los estudios de formas de siembra en su mayoría se han realizado evaluaciones de densidad de siembra (Andrade, 1978; Castro y Moreno, 1984; González, 1986; Martínez, 1978). Castro y Moreno (1982) manejaron el concepto de baja densidad de población en siembras de trigo en surcos. Mientras que otros investigadores (Moreno *et al.*, 1989) en lugar de evaluar kilos de semilla por hectáreas, usaron el término número de plantas por hectárea.

El comportamiento de las variables rendimiento ha sido controvertido. En algunos casos ha habido diferencias (Hernández, 1978), aunque se menciona que existe aumento en la cantidad de agua captada (Cabañas, 1980) y mejor control de maleza (González, 1984); al emplear el sistema de siembra en surcos en el cultivo del trigo.

Considerando la información anterior y las condiciones ambientales descritas por Verástegui y Cabañas (1988), se planteó como objetivo para este trabajo: determinar el efecto de la precipitación, la forma y la densidad de siembra sobre los componentes del rendimiento y consumo de agua del cultivo de trigo en la región de Zacatecas.

MATERIALES Y METODOS

Se establecieron tres experimentos bajo condiciones de temporal durante los años 1985, 1986 y 1987 en terrenos del Campo Experimental Zacatecas perteneciente al INIFAP, localizado en la región central del país, 22°54'30" latitud norte y los 102°39'33" de longitud oeste y con altitud de 2,197 msnm. El suelo

es de textura migajón-arcillo-arenoso, pobre en materia orgánica y de baja fertilidad. El clima es templado árido, la temperatura media anual es de 17°C, el periodo con heladas inicia a finales de septiembre y termina la primera quincena de abril, la precipitación media anual es de 395 mm. Las lluvias se caracterizan por su establecimiento tardío, finales de junio, y durante el ciclo del cultivo llueven en promedio 290 mm. La distribución es irregular, más del 80% del agua de las lluvias ocurre durante la etapa vegetativa de los cultivos y el resto durante la etapa reproductiva (Figura 1). Las lluvias son torrenciales y se presentan de julio a septiembre.

En cada año se utilizó la variedad de trigo Guerrero VF-88. El diseño experimental fue bloques al azar con tres repeticiones, el arreglo de tratamientos fue un bifactorial completo. El primer factor fue cinco sistemas de siembra: 1) con sembradora de cereales en

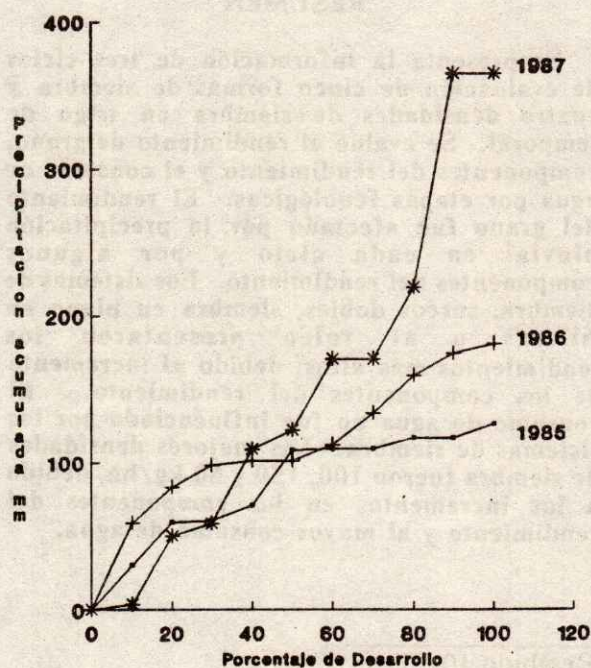


Figura 1. Precipitación acumulada y porcentaje de desarrollo en trigo.

hileras a 17.5 cm; 2) "al voleo", la semilla se tiró sobre el terreno en forma manual y se cubrió con un paso de rastra; 3) surcos doble hilera a 76 cm de separación; 4) corrugaciones a 30 cm, la semilla se distribuyó igual que al voleo y se tapó con un paso de cultivadora dejando surcos a 30 cm y 5) corrugaciones a 76 cm, igual que el tratamiento anterior. El segundo factor fue: densidades de siembra con cuatro niveles: 50, 100, 150 y 200 kg de semilla por hectárea.

La parcela experimental fue de 20 m de largo por 3 m de ancho. Se cosechó como parcela útil los 30 m² centrales.

La siembra se realizó en suelo húmedo durante los tres años, en 1985 el 10 de julio, en 1986 el 7 de julio y en 1987 el 13 de julio. El terreno había sido previamente preparado mediante un barbecho, rastreo, nivelación y se levantaron bordes perpendiculares a la pendiente entre las parcelas. Antes de levantar los bordes se fertilizó aplicando la fórmula 40-40-00.

Los experimentos se mantuvieron libres de maleza mediante la aplicación del herbicida 2,4-D amina, con una dosis de 2.0 litros por hectárea a los 25 días después de la siembra.

Las variables evaluadas en la presente investigación fueron las siguientes:

Fases fenológicas. Medidas con base en el número de días. Se consideraron tres etapas: a) espigamiento, b) llenado de grano y c) madurez fisiológica.

Rendimiento en grano y sus componentes. El primero fue determinado al cosechar y trillar las plantas de la parcela útil. Para caracterizar a los componentes del rendimiento se muestreó un área de 0.09 m² y se cuantificó el número de plantas, de tallos y de espigas. Se tomó una muestra de diez espigas por parcela, a las cuales se les determinó su longitud, el número de espiguillas por espigas, granos por espiga y peso de grano.

Materia seca total y paja. La materia seca total se determinó al pesar las plantas cosechadas en la parcela útil y la paja se calculó por diferencia, restando la materia seca del rendimiento del grano.

Altura de planta. Antes de la cosecha se midió el tallo principal de cinco plantas por

parcela, desde la superficie del suelo hasta el ápice de la última espiguilla de la espiga.

Consumo de agua. Se determinó mediante el diferencial de muestreos de humedad en el suelo para cada etapa fenológica y considerando el concepto de balance de humedad en el suelo.

Durante el desarrollo y crecimiento del cultivo, se registraron las precipitaciones para cada etapa fenológica en los tres años de estudio. El total de la precipitación en 1985 fue de 126 mm, en 1986 de 181 y en 1987 de 366 mm, la distribución de la precipitación se presenta en la Figura 1.

El análisis de las variables se efectuó considerando los factores de estudio sistema de siembra, densidad de siembra y se involucró como tercer factor el año.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los niveles de significancia de las variables, por ciclo de estudio, se muestran en el Cuadro 1. Se aprecia que las diecisiete variables respondieron en forma diferente a los factores en estudio y a años. Resultando que el 53, 82 y 94% de las variables mostraron diferencias significativas cuando la precipitación durante el ciclo fue de 130, 181 y 366 mm, respectivamente. Esto indica la estrecha relación que existe entre la precipitación durante el ciclo de cultivo y el número de variables con significancia estadística, y que la cantidad de agua de lluvia es el factor determinante para que se expresen las posibles diferencias de las variables debidas a los factores en estudio.

En el análisis combinado (Cuadro 2) se observó que el 88% de las variables estudiadas mostraron diferencias significativas para los efectos lineales, el 53% para la interacción años*sistemas, el 12% para la interacción años*densidades, el 6% para la interacción años*sistemas*densidades y no existió la interacción sistemas*densidades.

Finalmente, se muestran los coeficientes de variación, los cuales fluctuaron de 2.6% para la variable consumo de agua a espigamiento, hasta 48.2% para la variable número de

Cuadro 1. Niveles de significancia para las variables en estudio, bajo sistemas (S) y densidades de siembra (D) en trigo de temporal INIFAP-ZAC. 1985-1987.

Variables	1985			1986			1987		
	S	D	S*D	S	D	S*D	S	D	S*D
Rendimiento de grano kg/ha					**		**	**	
Materia seca total kg/ha	**	**	**				**	**	
Paja kg/ha	**						**	**	
Plantas/m ²	*	*		**	**		**	**	
Tallos/m ²				**			**		
Espigas/m ²		*		**			**	*	
Espiguillas/espiga				*			*		
Granos/espiga	*			**	*		**	*	
Peso grano/espiga				**			**	**	
Longitud de espiga	**			**	*				
Altura de planta	**	*		*			**		
Días a espigamiento	**						**		
Días a madurez fisiológica				**	**		**	**	
Indice de cosecha				**	**		**	*	
Consumo de agua-espigamiento				*	**	**	**		
Consumo de agua-madurez fisiológica	**			**	*		**		
Consumo de agua-llenado de grano				**	**	*	**	**	

* Pr F 0.05

Cuadro 2. Niveles de significancia para las variables en estudio bajo sistemas (S), densidades (D) y años (A). En trigo de temporal (análisis combinado) INIFAP-CEZAC. 1985-1987.

Variables	Combinado								C.V.%
	A	S	D	A S	A D	S D	A S*D		
Rendimiento de grano kg/ha	**	**	**						30.7
Materia seca total kg/ha	**		*	**					22.0
Paja kg/ha	**	**	**	**	**				25.7
Plantas/m ²		**	**						48.2
Tallos/m ²		**							48.1
Espigas/m ²	**	**	*						44.2
Espiguillas/espiga	**	**	*						14.2
Granos/espiga	**	**	**	*					21.8
Peso grano/espiga	**	**	**						28.8
Longitud de espiga	**	**	*						11.3
Altura de planta	**	**	*						10.9
Días a espigamiento	**	**	*	**					2.9
Días a madurez fisiológica	**	**	**	**					3.7
Indice de cosecha	**	**	**	**					32.6
Consumo de agua-espigamiento	**			**					2.6
Consumo de agua-madurez fisiológica	**	**	*	**					8.2
Consumo de agua-llenado de grano	**	**	**	**	**	*			7.7

plantas/m², y cuyos valores, dado el contraste de la precipitación donde se desarrolló la investigación, se consideran aceptables.

En el Cuadro 3, se presentan los promedios y las diferencias significativas de las variables, que no presentaron la interacción año-sistema de siembra, para el factor años. Se nota que las variables plantas/m² y tallos/m² no fueron afectadas por el factor años, por lo que se estima que estas variables no pueden ser consideradas dentro de un programa de mejoramiento genético en condiciones de temporal. El resto de las variables fueron afectadas por la cantidad de precipitación que se presentó en cada uno de los ciclos evaluados.

En el mismo Cuadro 3, se observa que en los años de 1987 y 1986, con precipitaciones de 366 y 181 mm, respectivamente, el rendimiento de grano resultó ser estadísticamente igual y superior comparado con el rendimiento de grano del temporal 1985, con 130 mm de lluvia. Además se observa que con mayor precipitación (366 mm) las variables: espigas/m², espiguillas/espiga, peso de granos/espiga y longitud de espiga fueron superiores a los valores de las observaciones realizadas cuando en el ciclo la precipitación fue de 130 mm. La altura de la planta fue igual en los ciclos 85 y 87, pero superior al ciclo 1986.

El rendimiento en función de los sistemas de siembra se presenta en el Cuadro 4, se observa que los sistemas: surcos dobles, sembradora y al voleo resultaron estadísticamente iguales al 5% de probabilidad

según la prueba de Tukey, y superiores a los dos sistemas de corrugaciones. Esto probablemente se debió al genotipo usado, ya que fue seleccionado en estos sistemas de siembra tal como lo señalan Salazar *et al.* (1982). No obstante, los resultados coinciden con los obtenidos en temporal por Hernández (1978), González (1984) y por Cabañas y Verástegui (1988) en el cultivo del triticale, y con los obtenidos bajo riego por Cabañas (1988).

A pesar de haber resultado los tres sistemas de siembra estadísticamente iguales en rendimiento, en la Figura 2 se observa que el sistema de siembra en surcos dobles presentó la tendencia a superar en 138 kg/ha (14%) al sistema tradicional al voleo, esto coincide con la información reportada en condiciones similares por Andrade (1978), Avilez (1987), Cabañas (1980), Castro (1980), González (1984), León (1983) y Salazar *et al.* (1982). Dicho incremento se debió principalmente a que en la siembra en surcos las variables: espiguillas/espiga, longitud de la espiga, altura de la planta y peso de granos/espiga fueron más altas que en los otros sistemas. Estos resultados coinciden con los obtenidos bajo riego por Castro (1980) y Martínez (1986). Las variables que se comportaron inferiores en el sistema de siembra en surcos fueron: plantas/m², tallos/m² y espigas/m².

En el Cuadro 5, se exhibe el promedio de las variables estudiadas en función de las densidades de siembra. Las densidades 100, 150 y 50 kg/ha presentaron mayor rendimiento y

Cuadro 3. Promedio de variables para factor años. 1985-1987.

Variables	Año (precipitación)		
	1985(130mm)	1986(181mm)	1987(366mm)
Rendimiento de grano kg/ha	675.5 b	881.2 a	969.4 a
Planta/m ²	290.1 a	317.1 a	262.3 a
Tallos/m ²	475.6 a	487.0 a	576.2 a
Espigas	329.7 b	397.6 b	482.9 a
Espiguillas/espiga	12.3 b	13.5 a	13.5 a
Peso grano/espiga	0.6 b	1.1 a	1.0 a
Longitud de espiga	6.3 b	6.6 ab	6.8 a
Altura de planta	58.2 a	49.9 b	58.3 a

Promedios con la misma letra dentro de hileras, son estadísticamente iguales, (P 0.05).

Cuadro 4. Promedios de variables para el factor sistemas de siembra en trigo de temporal. INIFAP-ZAC. 1985-1987.

Variables	Sistema de siembra				
	Sembradora	Al Voleo	Surco doble 30 cm	Corrug. 76 cm	Corrug.
Rendimiento de grano kg/ha	907.0 ab	836.6 abc	972.2 a	790.2 bc	704.2 c
Planta/m ²	287.3 bc	339.8 a	170.3 d	416.4 a	235.5 cd
Tallos/m ²	594.7 a	573.1 a	342.1 a	695.9 a	358.7 b
Espigas/m ²	436.1 b	441.8 b	276.1 c	572.7 a	390.4 c
Espiguillas/espiga	13.3 b	12.7 b	14.7 b	12.4 b	12.9 b
Peso grano/espiga	1.0 ab	0.9 bc	1.2 a	0.8 bc	0.8 c
Longitud de espiga	6.6 b	6.4 b	7.2 a	6.2 b	6.3 b
Altura de planta	53.0 b	54.1 b	61.7 a	54.9 b	53.6 b

Promedio con la misma letra dentro de hileras, son estadísticamente iguales, prueba de Tukey (P = 0.05).

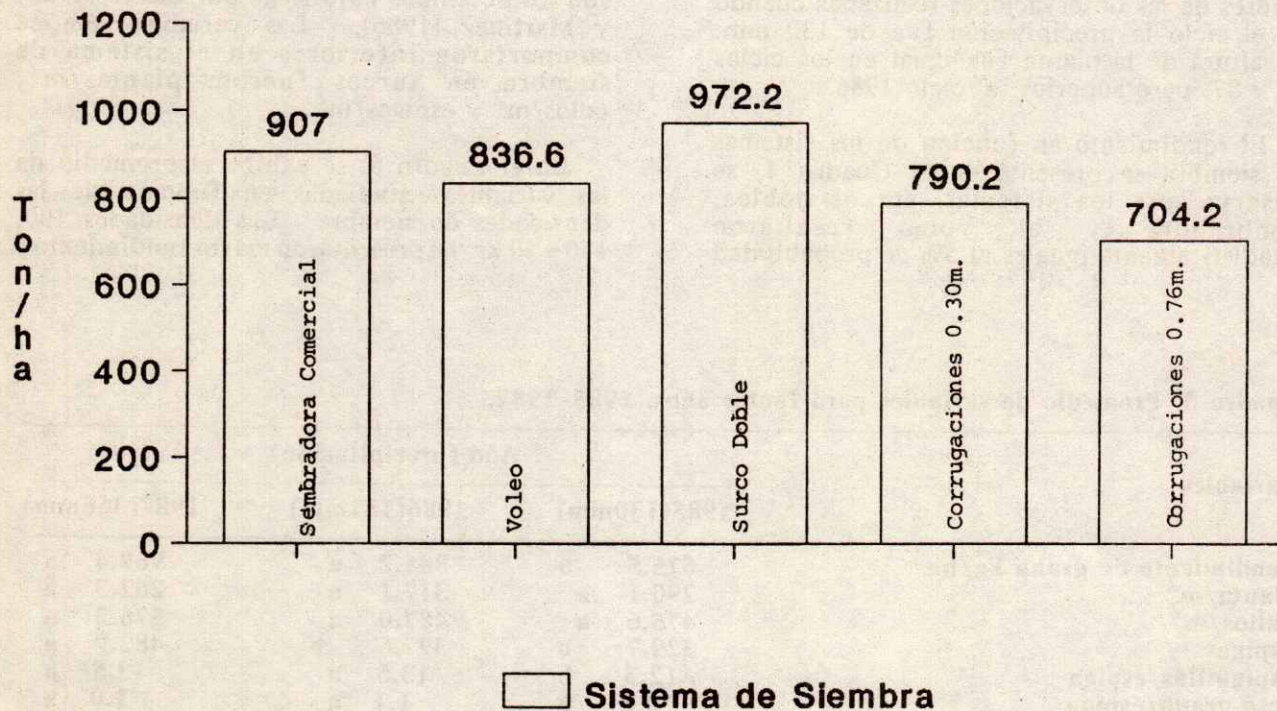


Figura 2. Producción promedio de grano en trigo de temporal. INIFAP-ZAC.

fueron estadísticamente iguales entre ellas y superiores a la densidad de 200 kg/ha. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Andrade (1978), Cabañas y Verástegui (1988) y Castro y Moreno (1984). En la Figura 3, se muestra la tendencia de la producción de grano en función de las densidades evaluadas. Se

observa que la densidad de 100 kg/ha alcanzó la mayor producción debido a que las variables peso de grano/espiga, longitud de la espiga y altura de la planta presentaron los más altos valores. No existió diferencia estadística de las variables tallos/m² y espiguillas/espiga, debido a los tratamientos.

Cuadro 5. Promedios de variables para el factor densidades de siembra de trigo de temporal. INIFAP-ZAC. 1985-1987.

Variables	Densidad de siembra kg/ha			
	50	100	150	200
Rendimiento de grano kg/ha	842.6 a	955.4 a	851.8 ab	736.3 b
Planta/m ²	204.4 b	253.8 b	360.4 a	340.9 a
Tallos/m ²	450.7 a	497.3 a	576.9 a	526.8 a
Espigas/m ²	347.1 b	400.5 ab	454.8 a	411.3 ab
Espiguillas/espiga	13.5 a	13.5 a	12.7 a	12.7 a
Peso grano/espiga	1.0 a	1.0 a	0.9 ab	0.8 b
Longitud de espiga	6.8 a	6.6 ab	6.5 ab	6.3 b
Altura de planta	55.1 ab	56.2 ab	57.2 a	53.3 b

Promedios con la misma letra dentro de hileras, son estadísticamente iguales, prueba de Tukey (P = 0.05).

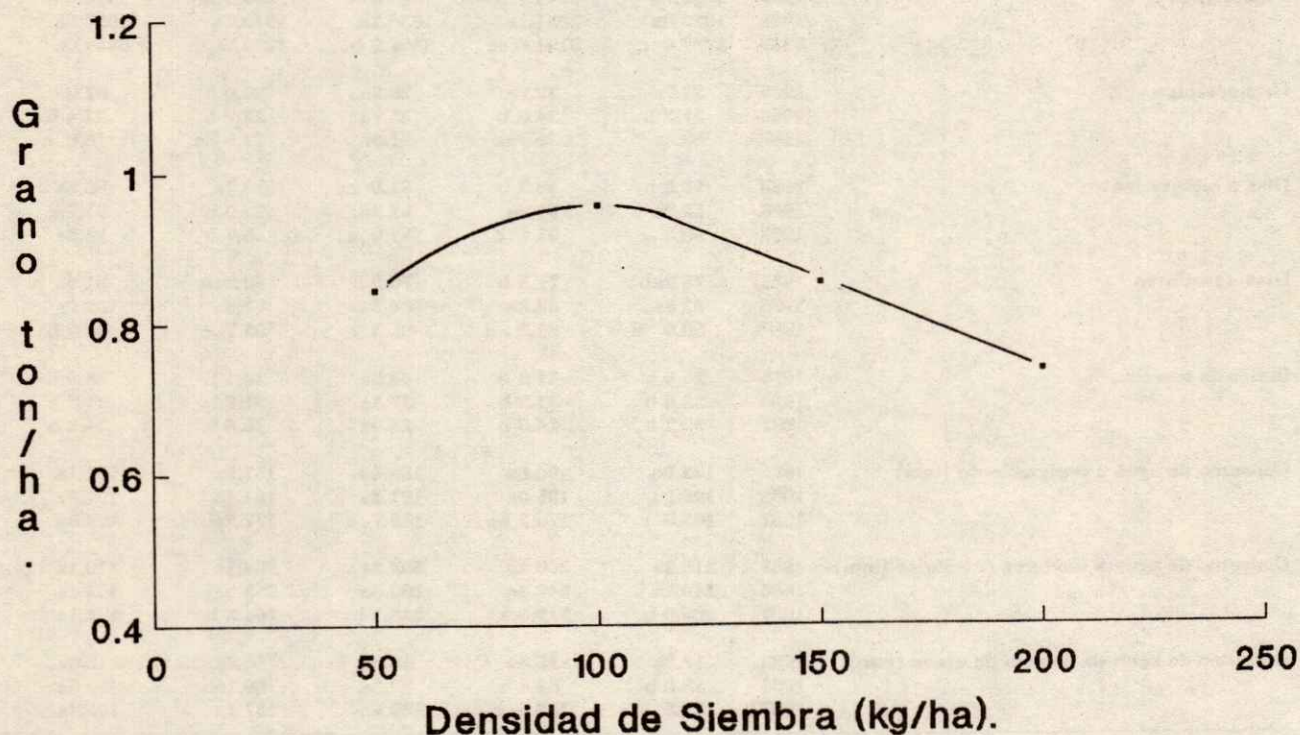


Figura 3. Rendimiento y densidad de siembra en trigo. INIFAP-CEZAC.

En el Cuadro 6 se presentan las interacciones de las variables que fueron afectadas por lluvia (años) y por los sistemas de siembra. Bajo condiciones de años críticos, como en 1985, se produjo más materia seca total con los sistemas de sembradora de cereales y corrugaciones a 30 cm y más paja con sembradora de a cereales. También se observó más granos/espiga en las siembras en surcos a doble hilera, con sembradora de cereales, al voleo y en corrugaciones a 75 cm. El trigo demoró más en alcanzar el espigamiento cuando sembrado en los sistemas de corrugaciones. Ocurrió lo mismo con la variable madurez fisiológica.

Existieron diferencias de consumo de agua tanto entre etapas de un mismo ciclo como entre ciclos. Durante el temporal de 1987, el consumo de agua de la siembra al espigamiento fue de 50.7% y durante el llenado del grano de 47.9%. Mientras que en el temporal de 1985, el consumo de agua a espigamiento fue del 91.8% y durante el llenado del grano de tan sólo 8.1%. Esto indica que en 1987 la precipitación estuvo mejor distribuida (Figura 1) y que las plantas de trigo no tuvieron problemas con sequía, ni en la etapa vegetativa ni en la reproductiva, y que en 1985 durante el llenado del grano faltó

Cuadro 6. Promedio de variables que presentaron interacción año por sistema de siembra, en trigo de temporal. INIFAP-ZAC. 1985-1987.

Variable	Año	Sistema				
		Sembradora	Al Voleo	Surco doble	Corr. 30 cm	Corr. 75 cm
Materia seca total, kg/ha	1985	2762.0a	1581.5 b	1581.5 b	2072.2ab	1623.5 b
	1986	2705.5a	1752.3a	2618.6a	2819.6a	2428.2a
	1987	3931.4 b	4190.9 b	4672.1ab	5003.3a	5085.3a
Paja, kg/ha	1985	2382.7a	1249.7 b	759.0 b	1384.2 b	1015.7 b
	1986	1823.0a	1881.1a	1636.2a	1919.1a	1657.3a
	1987	2727.6 c	3191.6 bc	3505.3 b	4219.6a	4352.0a
Grano/espiga	1985	23.7a	23.6a	26.2a	20.0 b	22.0a
	1986	27.3 b	24.0 b	33.7a	22.7 b	22.4 b
	1987	30.4a	25.7ab	31.3a	22.5 bc	18.0 c
Días a espigamiento	1985	53.8 b	53.2 b	51.0 c	56.1a	56.8a
	1986	52.2a	51.6a	52.2a	52.0 b	51.7a
	1987	50.3 c	51.5 c	51.0 c	55.7 b	59.3a
Días a madurez	1985	78.2ab	77.8 b	76.9 b	80.0ab	81.4a
	1986	82.8a	82.8a	84.3a	82.5a	82.9a
	1987	80.0 d	81.3 d	85.3 c	92.7 c	98.0 b
Índice de cosecha, %	1985	25.9 b	31.3 b	43.3a	33.1 b	38.9 b
	1986	32.0 b	31.3 b	37.8a	31.8 b	31.3 b
	1987	29.2 b	24.0 b	24.9a	15.8 b	14.3 b
Consumo de agua a espigamiento (mm)	1985	192.9a	190.8a	189.4a	187.5a	191.1a
	1986	195.2a	195.0a	191.3a	194.4a	191.8a
	1987	163.8 c	170.2 bc	168.7 c	177.2ab	179.0a
Consumo de agua a madures fisiológica (mm)	1985	210.2a	206.4a	202.2a	208.1a	210.1a
	1986	249.1a	249.4a	260.6a	253.3a	252.1a
	1987	305.0 b	312.3 b	338.3 b	264.3 b	373.1a
Consumo de agua en llenado de grano (mm)	1985	17.3a	15.5a	12.8a	20.6a	19.0a
	1986	53.9 b	54.4 b	69.3a	59.1ab	59.5a
	1987	127.3 c	133.9 c	169.5b	187.1a	193.4a

Promedios con la misma letra dentro de hileras, son estadísticamente iguales, prueba de Tukey ($P < 0.05$).

lluvia, por tal motivo hubo menor rendimiento de grano.

La variable índice de cosecha fue mayor en los ciclos de menor precipitación mientras que en el ciclo de mayor precipitación el índice de cosecha disminuyó. Por lo que se puede inferir que esta variedad es más eficiente para producir grano en condiciones de baja precipitación. Estos resultados coinciden con lo señalado por De Datta y Vergara (1982), donde se menciona que es más importante la distribución de la precipitación durante el período de crecimiento que la cantidad de lluvia, aún en áreas con precipitación superior a los 2000 mm anuales.

Lo anterior indica que a pesar de que los sistemas de corrugaciones consumieron más agua fueron menos eficientes, ya que en siembras en surcos a doble hilera hubo mayor cantidad de granos/espiga, independientemente del tipo de temporal, por tanto, el trigo fue más eficiente en el uso del agua bajo este sistema de siembra.

La interacción año por densidad de siembra, se muestra en el Cuadro 7. Las variables que presentaron esta interacción fueron: producción de paja y consumo de agua durante el llenado de grano del trigo. En condiciones del ciclo 1987 (366 mm) se produjo más paja con las altas densidades. En los ciclos donde la precipitación fue menor no existió diferencia para la variable paja en función de las densidades de siembra.

El consumo de agua en la etapa de llenado de grano, en el ciclo de 1985, donde se presentó menos precipitación, fue igual para el factor densidad de siembra mientras que ocurrió más evapotranspiración con bajas densidades de siembra (50 y 100 kg ha⁻¹) durante los ciclos 1986 y 1987. Esto indica que con bajas densidades de siembra (50 y 100 kg ha⁻¹) el cultivo es más eficiente en el uso de agua cuando la precipitación es mayor de 180 mm durante el ciclo del cultivo.

CONCLUSIONES

1. La magnitud y distribución de la precipitación fueron factores determinantes para que se expresaran las diferencias entre densidades y sistemas de siembra.
2. Las diferencias entre años de la variable rendimiento muestran que los mejores años son cuando llueve más, y se debe a que se incrementan los componentes del rendimiento: espiguillas/m², espiguillas/espiga, peso de grano/espiga y longitud de espiga.
3. La interacción más importante fue años* sistemas de siembra.
4. Plantas/m² y tallos/m² no son variables a considerar en un programa de mejoramiento genético en temporal.

Cuadro 7. Promedios de variables que presentaron interacción años por densidades de siembra en trigo de temporal. INIFAP-ZAC. 1985-1987.

Variables	Año	Densidades de siembra kg/ha			
		50	100	150	200
Paja kg/ha	1985	1320.8a	1229.9a	1508.4a	1374.0a
	1986	1775.6a	1811.6a	1701.7a	1844.5a
	1987	2937.9 b	3676.7a	3811.1a	4003.1a
Consumo de agua en llenado de grano unidades (mm)	1985	17.1a	19.8a	16.9a	13.8a
	1986	64.7a	61.4ab	52.8 b	58.1ab
	1987	170.1ab	171.6a	161.4 b	145.9 c

5. Los sistemas de siembra: surcos dobles, sembradora comercial y "al voleo" fueron los mejores para producir grano de trigo bajo temporal, a juzgar por los componentes del rendimiento.
6. De acuerdo con los componentes del rendimiento las mejores densidades para producir grano en temporal fueron 100, 50 y 150 kg/ha.

LITERATURA CITADA

- ANDRADE A., J. 1978. Evaluación de métodos y densidades de siembra en trigo bajo temporal. Informe Interno del Programa de Cereales. SARH-INIA-CIANOC. Campo Experimental de Pabellón de Aguascalientes. (No publicado).
- AVILEZ P., V.M. 1987. Parcelas demostrativas de trigo sembrado en surcos, en la región de Sonorita, Son. p. 91 *In*: CIANO No. 17, Avances de Investigación. p. 91.
- CABAÑAS, B. 1980. Evaluación de sistemas de siembra en el cultivo de trigo bajo condiciones de temporal en Zacatecas. Informe Interno del Programa de Cereales. SARH-INIA-CIANOC. Campo Agrícola Experimental de Zacatecas (No publicado).
- CABAÑAS, B. 1988. Evaluación de densidades y sistemas de siembra, en siembra temprana con trigo en riego. p. 89. *In*: Primera Reunión Científica Forestal y Agropecuaria de Zacatecas. SARH-INIFAP. Pág. 89.
- CABAÑAS, B. 1988a. Evaluación de densidades y sistemas de siembra tardía con trigo en riego. *In*: Primera Reunión Científica Forestal y Agropecuaria de Zacatecas. SARH-INIFAP. Pág. 89.
- CABAÑAS, B. y S. VERASTEGUI. 1988. Evaluación de cinco formas de siembra y cuatro densidades de población de triticale bajo temporal. p. 20. *In*: Primera Reunión Científica Forestal y Agropecuaria de Zacatecas. SARH-INIFAP.
- CASTRO G., C.H. 1980. Ensayo con métodos y calendarios de riego, en variedades de trigo de reciente liberación en suelos de aluvión. Informe del ciclo Otoño-Invierno 1979-1980. CIANO-CAEVAY (No publicado).
- CASTRO G., C.H. y O.H. MORENO R. 1982. Respuesta del trigo en surcos, tratamientos de riego, densidad de población y fertilización nitrogenada. Informe del Programa Uso y Manejo del Agua del CAEVY-CIANO (No publicado).
- CASTRO G., C.H. y O.H. MORENO R. 1984. Tecnología de predicción para trigo, bajo condiciones de sequía en el Valle de Yaqui, Son. pp. 147-148. *In*: CIANO No. 13. Avances de Investigación Otoño-Invierno 1982-1983.
- DE DATTA K. S. y B.S. VERGARA. 1982. Climas de las regiones con arroz de temporal. p. 14. *In*: Arroz de Temporal. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- GONZALEZ C., M.A. 1984. Evaluación de 7 métodos de siembra en trigo de temporal, en la costa de Ensenada, B.C. (1er. año). pp. 147-148. *In*: CIANO No. 13. Avances de Investigación Otoño-Invierno 1982-1983.
- GONZALEZ L., M. 1986. Evaluación de 2 métodos de siembra en surcos con 3 separaciones y 4 densidades de siembra en Cebada, en suelo de textura pesada, en el Valle de Mexicali, B.C. pp. 119-120. *In*: CIANO No. 15. Avances de Investigación. Otoño-Invierno 1983-1984.
- HERNANDEZ R., E. 1978. Informe de labores del Programa de Cereales de Temporal 1978. Campo Agrícola Experimental de Zacatecas (No publicado).
- LEON R., R. 1983. Interacción de 3 diferentes números de riego de auxilio en etapas fenológicas, 2 métodos de siembra y perfiles de humedad en trigo (2do. año). pp. 92-93. *In*: CIANO No. 11. Avances de la Investigación Otoño-Invierno 1981-1982.
- MARTINEZ S., J. 1978. Evaluación de cuatro métodos de siembra en trigo con y sin fertilizante bajo condiciones de temporal. Informe del Programa de Cereales. SARH-INIA-CIANOC. Campo Agrícola del Valle de Guadiana, Durango. (No publicado).
- MARTINEZ D., G. 1986. Parcelas demostrativas de trigo con 3 métodos de siembra, 2 calendarios de riego y control mecánico y químico de maleza, en Costa de Hermosillo, Son. (2 Exps.). pp. 99-100. *In*: CIANO No. 15. Avances de la Investigación Otoño-Invierno 1983-1984.
- MORENO R., O.H., J.M. SALAZAR G., A. GARCIA A. y J.M. MENDOZA S. 1989. Tecnología de producción para la siembra de trigo en surcos. CAEVAY-CIANO (No publicado).
- PARRA B., R. y I. DE LA PEÑA. 1981. Comparación de 5 calendarios de riego en 4 variedades de trigo en siembra en surcos. pp. 61-62. *In*: CIANO No. 7. Avances de la Investigación. Otoño-Invierno 1979-1980.
- PARRA B., R. y I. DE LA PEÑA. 1981a. Comparación de 5 calendarios de riego en 4 variedades de trigo en siembra en plano. pp. 62-63. *In*: CIANO No. 7. Avances de la Investigación. Otoño-Invierno 1979-1980.
- ROMERO V., M.E. 1983. Evaluación de 4 métodos, 3 fechas de siembra y 2 variedades de trigo. p. 141. *In*: CIANO No. 11. Avances de la Investigación. Otoño-Invierno 1981-1982.
- SALAZAR G., J.M., O.H. MORENO R. y M.A. CAMACHO C. 1982. Variedad y método de siembra de 3 cereales en relación a su productividad. p. 6. *In*: CIANO No. 9. Avances de la Investigación. Otoño-Invierno 1980-1981.
- VERASTEGUI J. y B. CABAÑAS. 1988. Formas y densidad de siembra en trigo de temporal. I. Rendimiento y Evapotranspiración. p. 146. *In*: Resúmenes XXI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo.

**RELACION DEL COEFICIENTE DE CULTIVO (Kc) Y PARAMETROS DE
FRUCTIFICACION EN ALGODONERO BAJO DIFERENTES
NIVELES DE HUMEDAD DEL SUELO**

**Behavior of the Cotton Crop Coefficient (Kc) Under Different Soil Moisture
Levels and its Relationship with some Fructification Parameters**

Claudio Godoy Avila

**CIFAP-Región Lagunera, Apartado Postal # 247,
27000 Torreón, Coah.**

Palabras clave: Balance de agua, Evapotranspiración real y potencial, Coeficiente de cultivo, Materia seca aérea, Desprendimiento flores y bellotas.

Index words: Water balance, Real and potential evapotranspiration, Crop factor, Aerial dry matter, Flower and boll shedding.

por el tratamiento de riego. Cuando ocurre una desviación entre la ETr y la ETp el primer parámetro que se afecta es la materia seca aérea, siguiéndole en sensibilidad el desprendimiento de bellotas y finalmente como menor efecto el desprendimiento de flores.

RESUMEN

El componente más importante del balance de agua es la estimación precisa de la evapotranspiración real (ETr) del cultivo. Para estimar ésta, se requiere determinar experimentalmente el coeficiente de cultivo (Kc). Se desconoce el comportamiento de este coeficiente con parámetros de fructificación y producción de materia seca en el algodón. Durante 1989 se llevó a cabo un estudio en el que se probaron tres fechas de aplicación del primer riego de auxilio y tres intervalos de riego después de la aplicación del primer riego. Semanalmente se muestreó el contenido de humedad del suelo, así como la materia seca total aérea y la dinámica de producción de flores y bellotas.

Se encontró que la fecha en que se alcanza el máximo y mínimo valor del Kc es afectada

Recibido 01-92.

SUMMARY

The most important water balance component is an accurate estimation of the crop evapotranspiration (ETr). To estimate ETr we require information on the crop coefficient (Kc). The behavior of this coefficient in relation to fructification and dry matter production is unknown. During 1989 a study was conducted and were tested three application dates for the first relief irrigation and three irrigation intervals after the application of the first irrigation. To obtain the water use, aerial dry matter and the dynamics of flowers and bolls production, a linear meter of plants was sampled.

It was found that the dates in which the highest and lowest Kc values are reached are affected by the irrigation treatment. When an ETr deviation from the ETp occurs the first parameter affected is the aerial dry matter, followed by boll shedding and less affected is flower shedding.

INTRODUCCION

El ambiente determina fuertemente el uso de agua o evapotranspiración potencial (ETp) para la mayoría de los cultivos (Godoy, 1988; Pruitt *et al.*, 1972). Debido a que la evapotranspiración real (ETr), correlaciona con la demanda evaporativa, se ha encontrado que es muy útil relacionar la ETr a los índices estandarizados de la evapotranspiración de un pasto (evapotranspiración de referencia) o de un Tanque Evaporímetro Clase "A" (Goldhamer, 1989a). Uno de los procedimientos más ampliamente usados para la calendarización de los riegos en un cultivo es el del balance de agua. Este método involucra el conocimiento de la entrada y salida de agua en un suelo y está basado en mantener un nivel favorable de agua en el suelo. El componente más importante del balance de agua es una estimación precisa de la evapotranspiración del cultivo (Goldhamer, 1989a), la cual se puede conocer usando la relación, $ETr = ETp \times Kc$; en donde ETr y ETp son la evapotranspiración real y potencial, respectivamente y el Kc se conoce como coeficiente de cultivo (Doorenbos y Pruitt, 1975). La ETp se puede estimar usando algunos de los métodos empíricos ya existentes, como son el de Penman, Radiación solar, Blaney y Criddle y Tanque evaporímetro (Goldhamer, 1989). El coeficiente de cultivo tiene que ser determinado experimentalmente ya que éste es un criterio del uso del agua por el cultivo, el cual a su vez es función, entre otros factores, de las prácticas culturales (Doorenbos y Pruitt, 1975; Miyamoto, 1983). Es necesario establecer que se desconoce el comportamiento de algunos parámetros de fructificación y producción de materia seca en relación con este coeficiente.

En relación con lo anterior se planteó un estudio cuyo objetivo principal fue: conocer el comportamiento del coeficiente de cultivo (Kc) para el algodón Cv. Laguna 89 bajo diferentes niveles de humedad en el suelo, y su relación con algunos parámetros de fructificación en la planta.

MATERIALES Y METODOS

Este estudio se realizó durante 1989 en el Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (CIFAP) de la Comarca Lagunera (24°30'N, 103°40'L.O.). Los factores

estudiados fueron días al primer riego de auxilio con tres niveles: a los 55, 67 y 74 días después de la siembra (dds) e intervalos de riego después de la aplicación del primero con tres niveles: cada dos semanas, cada tres semanas y no aplicación de riegos. Los nueve tratamientos se establecieron bajo un diseño de bloques al azar con arreglo de parcelas divididas con cuatro repeticiones; en la parcela principal se tuvieron las fechas del primer riego de auxilio y en la subparcela los tres intervalos de riego.

La fecha de siembra fue 5 de abril, utilizándose el Cv. Laguna 89, el cual se sembró en camas de 1.60 metros de ancho con dos hileras cada una. El número de riegos así como la fecha de aplicación en cada uno de los tratamientos estudiados se muestran en el Cuadro 1.

Para la determinación de la evapotranspiración real (ETr), en todas las combinaciones estudiadas se colocaron tubos de aluminio en el área central de cada parcela. para el acceso de la sonda de neutrones. El contenido de agua en el suelo fue medido semanalmente durante la estación de crecimiento y a cuatro profundidades en incrementos de 30 cm. La ETr fue calculada usando la siguiente fórmula:

$$ETr = (A_1 - A_2) (D.A.) (Pr)$$

donde:

ETr = Evapotranspiración real (cm)
 A_1 = Contenido de humedad anterior base peso seco (%)
 A_2 = Contenido de humedad actual base peso seco (%)
 D.A. = Densidad aparente (g/cm^3)
 Pr = Profundidad radicular (cm)

La evapotranspiración potencial (ETp) se obtuvo a partir de la siguiente relación:

$$ETp = Eo \times K_T$$

donde:

ETp = Evapotranspiración potencial (cm)
 Eo = Evaporación registrada en un Tanque Evaporímetro Clase "A"
 K_T = Coeficiente del evaporímetro, el cual considera el clima o medio ambiente que rodea al tanque (Doorenbos y Pruitt, 1975).

Cuadro 1. Fecha de aplicación y número de riegos en nueve tratamientos en algodónero Cv. Laguna 89.

Tratamientos	Auxilios					No. Riegos
	1°	2°	3°	4°	5°	
T ₁	Mayo 30	Junio 15	Julio 3	Julio 17	Julio 30	5
T ₂	"	Junio 25	Julio 13	Agost. 3		4
T ₃	"					1
T ₄	Jun. 12	Junio 27	Julio 13	Julio 24		4
T ₅	"	Julio 3	Julio 26			3
T ₆	"					1
T ₇	Jun. 19	Julio 3	Julio 17	Julio 30		4
T ₈	"	Julio 13	Agost. 4			3
T ₉	"					1

Los coeficientes de cultivo (Kc) para cada combinación fueron determinados usando la siguiente relación:

$$Kc = ETr/ETp$$

donde:

Kc = Coeficiente de cultivo

ETr = Evapotranspiración real (cm) calculada de la disminución de la humedad del suelo medida por medio de la sonda de neutrones.

ETp = Evapotranspiración potencial (cm).

Para obtener la materia seca total aérea, cada semana se muestreó un metro lineal en cada tratamiento, en cuatro repeticiones para luego ser introducidos en una estufa de aire forzado a una temperatura de 65 a 70°C por un período de 72 horas, para posteriormente pesarlas.

Antes de que se iniciará la floración se marcaron en forma aleatoria cinco plantas por tratamiento en tres repeticiones. A estas plantas se les midió su dinámica de floración y producción de bellotas. Lo anterior se hizo con el propósito de conocer el porcentaje de desprendimiento de flores y bellotas.

A partir de los datos anteriores se relacionó el número de flores actuales por fecha de muestreo con el número de flores presentes en el mejor tratamiento de riego que fue el inicio del primer riego a los 55 dds y luego regado cada dos semanas. Esta misma

relación se estimó para bellotas y producción de materia seca aérea. Los datos anteriores se relacionaron con las diferencias en el valor del Kc que se presentaron en las mismas fechas de muestreo entre cualquiera de los tratamientos de riego y a que se aplicó el primer riego a los 55 dds y luego cada dos semanas.

Antes de iniciar el experimento se tomaron muestras de suelo para determinar la textura y los parámetros de capacidad de campo (c.c.), punto de marchitamiento permanente (P.M.P.) y densidad aparente. Estos datos se muestran en el Cuadro 2.

RESULTADOS Y DISCUSION

La relación ETr/ETp para los nueve tratamientos estudiados se muestra en la Figura 1, esta relación se conoce como coeficiente de cultivo y considera la influencia del agua disponible en el suelo y el incremento en la evaporación de la superficie del suelo después de un riego o de una lluvia. Su valor varía día a día dependiendo de diversos factores, pero es principalmente función del crecimiento y desarrollo del cultivo, así su valor cambia a medida que el follaje se desarrolla, o bien, a medida que la planta alcanza su madurez fisiológica (Goldhamer, 1989b). La desviación del Kc de la unidad, refleja la desviación de la evapotranspiración real (ETr), de la evapotranspiración de referencia o potencial (ETp).

Cuadro 2. Textura y parámetros de retención de humedad del suelo del sitio experimental.

Prof. cm	Textura	Capacidad de campo %	Punto de marchitez permanente %	Densidad aparente gr/cm ³	Agua disponible cm
0- 30	Migaj-Arc-Aren.	29.2	19.3	1.25	3.71
30- 60	Migaj-Arc-Aren.	28.5	19.0	1.27	3.62
60- 90	Migaj-Arc-Aren.	28.5	18.7	1.25	3.68
90- 120	Migaj-Arc-Aren.	28.8	19.0	1.27	3.73

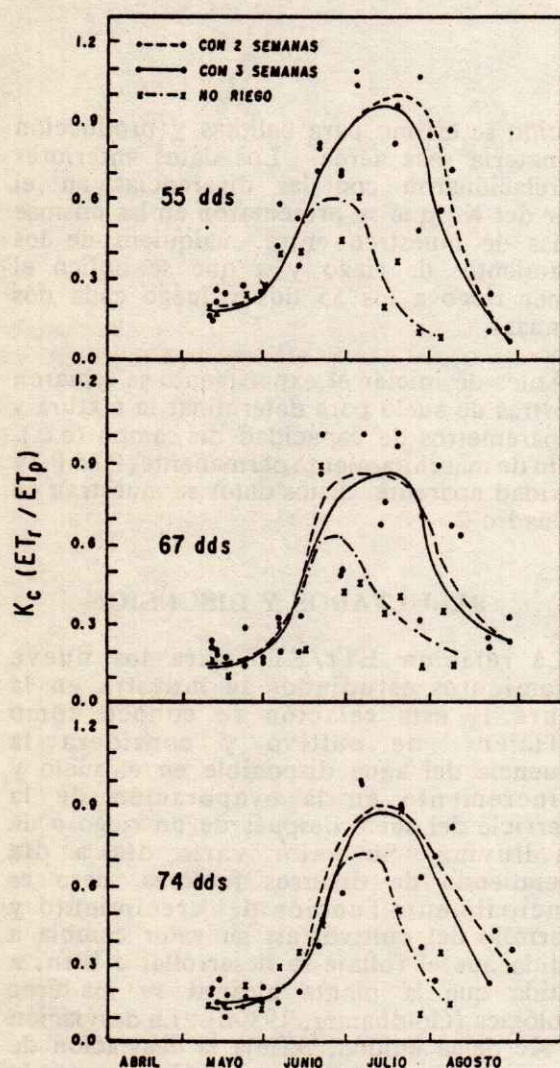


Figura 1. Variación en el coeficiente de cultivo del algodónero para tres inicios de riego y luego regados cada dos y tres semanas y no aplicación de riego.

El coeficiente de cultivo (K_c) alcanzó valores de 1.03 a 0.98 para los tratamientos de inicio de riego a los 55 dds y regados después a intervalos de cada dos y tres semanas, respectivamente, y varió entre 0.60 y 0.85 para los otros siete tratamientos, indicando esto que en los primeros dos el uso de agua diario fue más alto. Se señala (Doorenbos y Pruitt, 1975) que la causa principal para que el valor del K_c caiga a valores menores de la unidad, es la falta de una cubierta vegetal total por el cultivo y el envejecimiento de hojas, lo cual causa cierre estomatal aun cuando el suministro de agua a la planta sea bueno. Al mismo tiempo se reporta que cuando el valor del K_c es mayor que la unidad, como es el caso del tratamiento 1, se debe a la "Rugosidad" de la cubierta vegetal, ya que una superficie rugosa causa más turbulencia en la interfase cubierta vegetal-aire a medida que el aire pasa sobre ésta, así los coeficientes de transferencia se incrementan más sobre una superficie rugosa, conduciendo ésta a una E_{Tr} más alta.

En la misma figura se observa, que durante la fase inicial del crecimiento del algodónero que es de la siembra al inicio de floración (principios de abril-finales de mayo) los valores del K_c son similares y muy bajos en todos los tratamientos, debido principalmente a que la transpiración del cultivo es muy limitada y el factor que controla el uso de agua es básicamente el estado de humedad de los estratos superficiales del suelo. La frecuencia de aplicación de agua de lluvia o de riego en la superficie del suelo, determina fuertemente la tasa de evapotranspiración real (Pruitt *et al.*, 1972). Durante esta fase

inicial los valores del Kc para todos los tratamientos fueron de alrededor de 0.2 y no de cero o cercanos a este valor, debido a que el consumo de agua a través de la ETr desde la siembra hasta las primeras flores, en mayor porcentaje es a través de la evaporación directa del suelo y un porcentaje bajo a través de la transpiración. Estimaciones realizadas en la Comarca Lagunera (Godoy y Palomo, 1990) muestran que el algodónero, de la siembra a las primeras flores, consume 10 cm de agua, de los cuales el 68% se pierde por medio de la evaporación directa, mientras que el resto (32%) se consume por la transpiración, dando como resultado que los valores iniciales de Kc sean mayores que cero.

Los tratamientos 1, 2 y 3, así como los 4 y 9 cayeron a valores de Kc bajos (0.1-0.2) cerca del final de la estación de crecimiento, mientras que en el resto de los tratamientos se alcanzaron valores de 0.25 a 0.3.

La fecha en la cual se alcanzó el máximo valor de Kc fue similar para los tratamientos 1, 2, 4, 5, 7 y 8 ocurriendo ésta durante la primera semana de julio, mientras que en los tratamientos 3, 6 y 9 los valores máximos se obtuvieron en la última semana de junio. Se observó, que la fecha en que se alcanzaron los valores más bajos variaron de acuerdo con los tratamientos estudiados, ya que, mientras en los tratamientos 1, 2, 4, 5, 7 y 8, estos valores bajos se lograron para finales de agosto, en los tratamientos 3, 6 y 9 se alcanzaron para finales de julio; lo cual significa que la falta de agua, aceleró la madurez fisiológica del cultivo en estos tratamientos. Las diferencias en los valores del Kc en todos los tratamientos se empieza a manifestar a partir del inicio de la floración, extendiéndose durante todo el período de floración y crecimiento de las bellotas. Al relacionar la producción relativa de materia seca aérea de cada uno de los tratamientos con las desviaciones o diferencias en el valor de Kc ocurridas entre el tratamiento uno y el resto de los tratamientos (Figura 2), se encontró que inmediatamente que se presenta una desviación de la ETr y la ETp, ocurre una disminución en la producción de la materia seca, a medida que la desviación aumenta. Esto concuerda con otros estudios realizados (Fisher y Turner, 1978; Hsiao, 1973; Jordan, 1970) en los que se señala, que uno de los efectos más notables de

una deficiencia de agua, es una reducción de la tasa de expansión celular, lo cual se refleja inmediatamente en reducciones en la tasa de acumulación de materia seca.

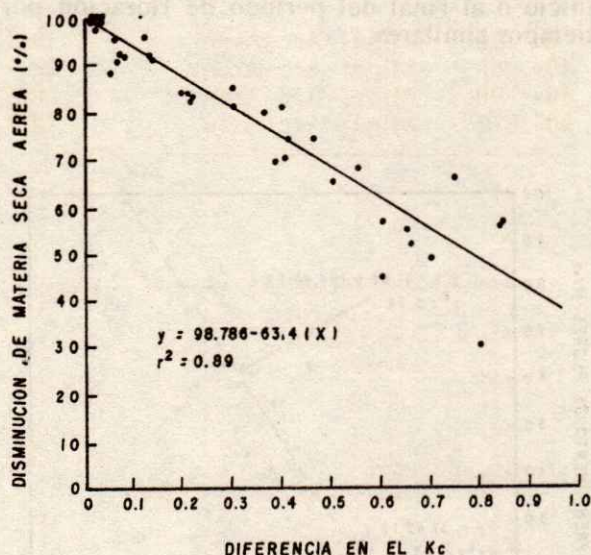


Figura 2. Relación entre disminución de materia seca aérea y la diferencia en el Kc para el algodónero Cv. Laguna 89.

Por un lado, se señala que la influencia de deficiencias de agua sobre la producción de un cultivo es función de: la duración e intensidad del déficit hídrico, de la parte de la planta o parte cosechada para la producción y la fase de crecimiento del cultivo cuando se somete a la deficiencia de agua (Grimes *et al.*, 1970; Hsiao *et al.*, 1976) y por el otro, se ha encontrado que en el algodónero, cuando se presenta una deficiencia de agua durante el período de floración, se produce un excesivo desprendimiento de fructificaciones. En el presente estudio se encontró que desviaciones de la ETr y la ETp en el rango de 0 a 0.3, afectan mínimamente el desprendimiento de flores en la planta (Figura 3), pero desviaciones mayores de 0.3, ocasionan porcentajes de desprendimiento de flores por cada unidad de desviación en el Kc de tres veces más que en rango de 0 a 0.3. Esto significa que el retrasar la aplicación del primer riego de auxilio en 12 días (67 dds) resulta en un desprendimiento de flores bajo en este periodo, lo cual no se refleja de manera significativa en la producción final.

Estudios realizados al respecto (El-Zik *et al.*, 1980; Grimes y Cantrell, 1980; Grimes *et al.*, 1970; Stockton *et al.*, 1961) señalan que en plantas de algodónero bajo deficiencias de agua severas por nueve días durante el período de máxima floración, disminuyeron más el rendimiento que cuando fueron impuestos al inicio o al final del período de floración por tiempos similares.

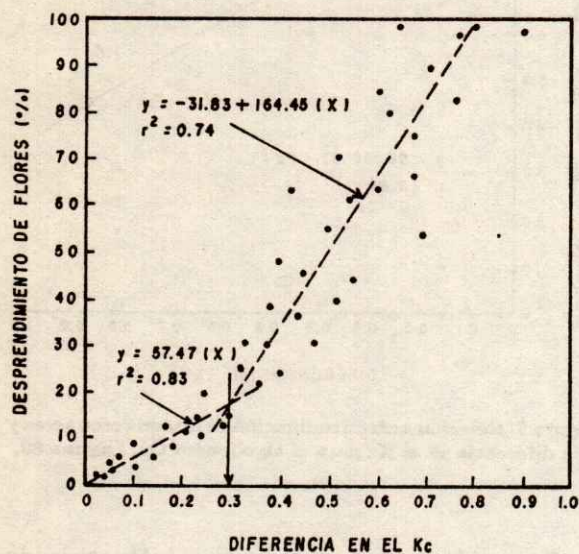


Figura 3. Relación entre el desprendimiento de flores y la diferencia en el Kc para el algodónero Cv. Laguna 89.

La caída de bellotas en el algodónero está influenciada por condiciones ambientales incluyéndose la humedad del suelo, daño de insectos, temperatura y nutrición de la planta (Stockton *et al.*, 1961). Altas tasas de desprendimiento de bellotas son asociadas con períodos de baja disponibilidad de agua en el suelo, sin embargo, y al igual que la floración, se han encontrado diferencias significativas en la tasa de desprendimiento de bellotas dependiendo del tiempo, duración y magnitud de la deficiencia de agua. Estudios realizados (El-Zik *et al.*, 1980; Stockton *et al.*, 1961) reportan que riegos infrecuentes durante la formación de las bellotas fueron los responsables del incremento en la caída de bellotas jóvenes, y que esta caída se puede reducir de una manera

significativa si la humedad disponible en el suelo es alta durante este período. En el presente estudio (Figura 4) se encontró que el desprendimiento de bellotas se incrementa en forma lineal con desviaciones de la ETr y la ETp mayores de 0.1.

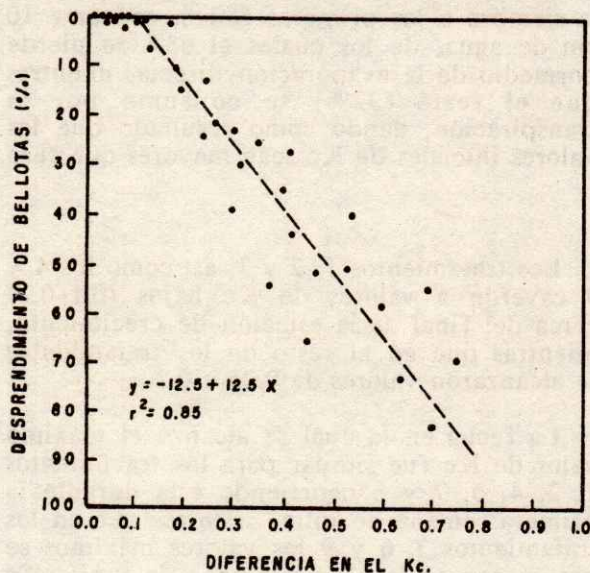


Figura 4. Relación entre el desprendimiento de bellotas y la diferencia en el Kc para el algodónero Cv. Laguna 89.

CONCLUSIONES

Valores mayores de cero en el coeficiente de cultivo durante las primeras fases del crecimiento de la planta, reflejan consumos de agua altos a través de la evaporación del agua del suelo. La fecha en la que se alcanza el máximo y mínimo valor de Kc es afectada por el tratamiento de riego, adelantándose en ambos casos a medida que la fecha en que se aplica el primer riego de auxilio se atrasa, combinado con intervalos de riegos largos o bien con no aplicación de riegos posteriores.

Cuando ocurre una deficiencia de agua en el algodónero el primer parámetro que se afecta es la materia seca aérea, siguiéndolo en sensibilidad el desprendimiento de bellotas y finalmente, como menos sensible, el desprendimiento de flores.

LITERATURA CITADA

- DOORENBOS, J., O. PRUITT W. 1975. Guidelines for predicting crop water requirements. pp. 1-20. Irrigation and drainage. Paper 24, FAO. U.N. ROME.
- EL-ZIK K., M., H. YAMADA, T. WALHOOD V. 1980. The effect of management of blooming, boll retention, and productivity of upland cotton (Gossypium hirsutum L.). Beltwide Cotton. Prod. Res. Conf. Proc., National Cotton Council, Memphis, Tenn. 69-70.
- FISHER R., A., C. TURNER N. 1978. Plant productivity in the arid and semiarid zones. Ann. Rev. Plant Physiology 29: 277-317.
- GODOY A., C. 1988. Alternativas y estrategias para eficientar el uso y aprovechamiento del agua para la vid en la Comarca Lagunera. pp. 1-15. 1er Ciclo Internacional de Conferencias sobre Viticultura. Torreón, Coah., México.
- GODOY A., C., A. PALOMO, G. 1990. Requerimientos de agua del algodón Cv. Laguna 89. Informes de Investigación. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP). 3: 230-235.
- GOLDHAMER A., D. 1989a. Irrigation scheduling. A guide for efficient on-farm water management. University of California. Division of Agriculture and Natural Resources Publication 21454: 23-31.
- GOLDHAMER A., D. 1989b. Drought irrigation strategies for deciduous orchards. Cooperative Extension University of California. Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 21453: 6-7.
- GRIMES D., W., J. MILLER R., L. DICKENS. 1970. Water stress during flowering of cotton. California Agriculture. March: 4-6.
- GRIMES D., W., R. CANTREL. 1980. Plant productivity in the arid and semiarid zones. Ann. Rev. Plant Physiology 29: 277-317.
- HSIAO T., C. 1973. Plant responses to water stress. Ann. Rev. Plant Physiology 24: 519-570.
- HSIAO T., C. E. ACEVEDO, E. FERERES y W. HENDERSON D. 1976. Water stress, growth and osmotic adjustment. Phil. Trans. Roy. Soc. Lond. B. 273: 475-500.
- JORDAN W., R. 1970. Growth of cotton seedlings in relation to maximum daily plant-water potential. Agron. J. 62: 699-701.
- MIYAMOTO, S. 1983. Consumptive water use of irrigated Pecans. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108: 676-681.
- PRUITT W., O., J. LOURENCE, F. y S. OETTINGEN. 1972. Water use by crops as affected by climate and plant factors. California Agriculture. October: 10-14.
- STOCKTON J., R., D. DONEEN L. y T. WALHOOD V. 1961. Boll shedding and growth of the cotton plant in relation to irrigation frequency. Agron. J. 53: 272-275.

COLECCION E INTERPRETACION DE DATOS CLIMATOLOGICOS DEL CAMPO EXPERIMENTAL TECOMAN

Collection and Interpretation of Climatic data
at the Tecoman Experimental Station

Octavio Pérez Zamora

INIFAP-Colima, Apartado Postal 104, 28000 Colima, Col.

Palabras clave: Lluvia promedio, Errático, Potencialidad de sitio.

Index words: Site potential, Erratic, Average rainfall.

RESUMEN

El campo Experimental Tecomán, dependiente del INIFAP, se encuentra en el estado de Colima; desde su inicio en 1970, comenzó a trabajar en actividades de experimentación agrícola; sin embargo, los registros climatológicos empezaron a considerarse 10 años después y sin que se hayan utilizado en su totalidad para correlacionarlos con los resultados experimentales; esta situación podría limitar el uso y aplicación de los paquetes tecnológicos generados por el Campo Experimental Tecomán. El objetivo de este trabajo fue tratar de subsanar la carencia de información estratégica y proveer al investigador con los datos primarios que le ayuden a interpretar los trabajos, así como a afinar sus hipótesis de investigación. El periodo de colección de los datos comprende de 1981 a 1990.

SUMMARY

Research activities in the Tecoman Experimental Station began when it was founded in may 1970; however, climatic data recording

was started 10 years later and was not related to experimental findings. This situation may limit the application of the technology generated by the station. The objective of this work was to cover the lack of information in climatic data, to establish a source of base data to use in testing hypotheses, to analyse and interpret basic climatic data. The period considered in this study was from 1980 to 1990. Findings showed that data provided elements to obtain a first approximation of climatic potential in the area; however, it is highly recommended to do further work for interpreting data. Annual and monthly rainfall are erratic, and annual data range from 303 mm to 1082 mm, with an average of 693 mm.

INTRODUCCION

Varios investigadores, entre ellos Thornwaite (1948), Hargreaves (1975), Troll (1966), Pérez (1988), coincidieron en señalar que era necesario conocer cuantitativamente la variabilidad de los factores climáticos para explicar su relación con la producción de los cultivos. Dentro de las variables climáticas analizadas para los trópicos se encuentra que la precipitación es el factor clave que tiene mayor repercusión sobre la producción de agricultura de temporal (Pérez, 1988; Pérez, 1991; Virmani, 1975); esto se debe a que la estación de crecimiento coincide con la extensión del periodo húmedo, y que en la planeación y desarrollo agrícola es esencial el conocimiento de la duración y caracterización de la estación húmeda.

Recibido 01-92.

Las descripciones climáticas promedio con frecuencia no son apropiadas a causa de las incertidumbres inherentes a los patrones de precipitación, según opinión de Peregrina (1982) y Pérez (1983). Como ejemplo de lo anterior Soto y Pérez (1984) reportaron que la precipitación durante un período largo en un lugar determinado proporciona una visión general de la disponibilidad de agua para los cultivos pero en la mayoría de los años, la necesidad de agua se encuentra determinada más bien por la oportunidad que por la cantidad recibida, y por la capacidad de almacenamiento y número de recargas del perfil del suelo.

El objetivo del presente trabajo fue el de tratar de subsanar la carencia de información básica, por medio de la captura de información de las variables climáticas existentes en el Campo Experimental Tecomán, con el propósito de desarrollar un sistema de información computarizado que sirva de base para estudios de caracterización, regionalización, definición de fechas de siembra, entre otras, así como proveer al investigador con la interpretación de información secundaria que le ayude a afinar sus hipótesis de trabajo.

MATERIALES Y METODOS

Localización.

El Campo Experimental Tecomán se encuentra ubicado en el municipio de Tecomán, en el km 35 de la Carretera Colima-Manzanillo, a una latitud de 18°55' y una longitud de 103°53'; en esta región predominan los suelos tipo Feozem háplico y se encuentra a una altura de 40 msnm, con un clima BS₁ cálido subhúmedo. El área ocupada por este subtipo de clima es de unas 15,000 ha, localizado en Estapilla, Tecomán, Armería, Madrid, Venustiano Carranza, Los Ortices, Pueblo Juárez, Tecolapa e Ixtlahuacán.

Suelos.

La principal clase de suelos predominante en las instalaciones del Campo son los Feozem, de los cuales se pueden encontrar los Háplicos, Lúvicos y Vérticos. Los contenidos de materia orgánica son medianos; el pH varía de ligeramente alcalino a alcalino y los contenidos de bases como calcio, magnesio y potasio son altas. No tiene problemas de sodio y la profundidad es de mediana a muy profunda. La capacidad de intercambio

catiónico es alta y el porcentaje de saturación de bases es mayor de 70.

Cultivos.

En el Campo se tienen cultivos anuales y perennes; entre los primeros se encuentran el maíz (*Zea mays* Linn), el sorgo (*Sorghum bicolor*), el algodón (*Gossypium hirsutum*) y el arroz (*Oryza sativa* Linn); de los perennes se tienen limón mexicano (*Citrus aurantifolia*, Swingle) Mango (*Mangifera indica*, Linn), palma de coco (*Cocos nucifera*, Linn), piñon tropical (*Jathropha maughvahi*), plátano (*Musa spp*) y diversas especies forestales; también se han ensayado otras especies como soya (*Glycine max*), melón (*Cucumis melo*), leguminosas de corte como clitoria (*Clitoria ternatea*), glicine, y alfalfa (*Medicago sativa*, Linn), así como, especies de pastos entre las que destacan diferentes Estrellas (*Cynodon spp.*), Buffel (*C. ciliaris*, Linn), Insurgente (*Brachiaria brizantha*), y Llanero (*Andropogon gayanus*), entre otros.

Metodología.

La metodología de trabajo se efectuó en dos etapas; una consistió en la captura de las variables climáticas más importantes con el propósito de desarrollar un Sistema de Información de registro y consulta para la caracterización agroclimática, utilizando como base de datos Lotus 2.2. La otra etapa consistió en utilizar el programa Agroclim desarrollado por el IRAT-CIRAD-ORSTOM de Francia. La información colectada con esta metodología servirá de base para la planeación e interpretación de las actividades de investigación del Campo Experimental Tecomán.

El segundo método de trabajo permite procesar la información colectada para efectuar cálculos tales como, Análisis de Frecuencia de la Precipitación, Cálculo de Pentadas períodos de 5 días, Períodos de Secuencias Secas y LLuviosas y Graficado de Análisis Frecuenciales al 80, 50 y 20% de probabilidad. Este método también efectúa análisis tales como la frecuencia de aparición de lluvias con diferentes umbrales. En este análisis se presentan las frecuencias (las cuales se pueden aproximar a probabilidades) de aparición de lluvias de diferentes intensidades: 0 a 10 mm, 10 a 20 mm,... mayores que 100 mm; también se obtiene un histograma de frecuencia de intensidades de

lluvia, el cual proporciona la probabilidad de que un día lluvioso presente una intensidad de 0 a 10 mm, 10 a 20 mm,... mayor que 100 mm. Este análisis propone la representación gráfica a todo lo largo del año de las precipitaciones alcanzadas a ciertos niveles de probabilidad (20%, 50%, 80%), dando así una representación de lo que sería un año seco estándar (a 20% de probabilidad), un año mediano estándar (a 50% de probabilidad) y un año húmedo estándar (a 80% de probabilidad). Otro tipo de análisis son los balances climáticos para cualquier período de la temporada de lluvia, pudiendo efectuarse hasta doce períodos simultáneos.

El análisis frecuencial de las precipitaciones sobre un período determinado consiste en caracterizar en términos probabilísticos una cierta cantidad de precipitación esperada. Para tal efecto se procede de la siguiente manera: 1) calcular la suma de precipitaciones caídas durante el período analizado por año; 2) ordenar los resultados desde el año menos lluvioso hasta el año más lluvioso, 3) calcular la cantidad de lluvia alcanzada con diferentes umbrales de frecuencia (20%, 50% y 80%), es decir, 1 año entre cinco, 1 año entre dos, cuatro años entre cinco, con los umbrales seleccionados en este programa.

El programa procede de la siguiente manera: se parte el año en "n" períodos; según el paso de tiempo escogido, n puede ser igual a 72 (si se trabaja con paso de 5 días), 36 (10 días), 24 (15 días), 18 (20 días), y 12 (1 mes). Para cada período elemental, el programa procede de la misma manera que el análisis frecuencial ordenando los valores de lluvias de menor a mayor, y determinando por el método de frecuencias los niveles de lluvias alcanzados en cada umbral de probabilidades. En la última fase estos valores se concentran en cuadros y gráficas mostrando la evolución de las lluvias a lo largo del año.

Los instrumentos y equipos utilizados son los siguientes: 1) la evaporación se mide en tanque evaporímetro tipo A FVR 122R con tornillo micrométrico ETR-75 y cilindro de reposo ECR-20; 2) la precipitación, utilizando pluviómetros tipo estándar galvanizado de tina de 40 mm a 1.5 m de altura; 3) la humedad relativa con higrotermógrafo Rossbach estándar; 4) la temperatura máxima y mínima con termómetros Taylor modelo 66111RT en casetas de abrigo a 1.5 m de altura, según las normas estándar. No se registra la velocidad del viento.

El período considerado en el estudio es el comprendido del año 1981 a 1990; las variables que se incluyeron fueron: fecha de observación, temperaturas mínimas, máximas y promedio, evaporación y precipitación diarias, humedades relativas máximas, mínimas y promedio. Sin embargo, para propósitos de presentación sólo se incluye la precipitación debido a la demanda que existe por esta clase de información en la localidad; en un trabajo posterior se reportará el resto de las variables.

RESULTADOS Y DISCUSION

Lluvia Mensual.

Los registros de la precipitación diaria se agruparon en períodos mensuales con el objeto de tener una visualización global de la incidencia de las lluvias en el Campo Experimental. Los resultados se muestran en el Cuadro 1 y Figura 1. En ésta se muestra la distribución de la precipitación para el año más húmedo, más seco y el promedio del registro histórico. La media de precipitación es de 693 mm; la máxima de 1082 mm, mientras que la mínima es de 303 mm, las cuales correspondieron a 1988 y 1981, respectivamente.

La precipitación mensual promedio es de 5.8, 63.6, 155.8 148.3, 151.2 y 63.0 mm para los meses de mayo, junio, julio, agosto, septiembre y octubre, respectivamente. Sin embargo, la precipitación es altamente variable e impredecible; por ejemplo, en noviembre de 1982, se registraron 255.0 mm, lo cual representó el 47% de la precipitación total; similarmente, en junio de 1984 y mayo de 1983, las precipitaciones fueron 299.2 y 245.5 mm, las cuales representaron el 38.0 y 31.0% de la precipitación total, respectivamente. Como es de esperar es difícil hacer generalizaciones dada la variabilidad de la precipitación; no obstante esta dificultad, es factible establecer límites tentativos que guíen a cuestionamientos y planteamientos de hipótesis en el futuro; además, que puedan servir en la planeación, particularmente cuando se evalúen los rumbos y aplicaciones de las investigaciones. Teniendo esto en mente, es de interés comentar que en 6 años la precipitación ha sido mayor que la media histórica, mientras que en 4 años se han registrado precipitaciones por debajo de dicha media histórica. Por cuatro años consecutivos (1987 a 1990) se han registrado precipitaciones

Cuadro 1. Precipitación mensual (mm) en el Campo Experimental Tecomán durante el período 1981 a 1990.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1981	0	0	0	0	0	43.8	99.4	119.3	0	40.9	0	0	303.4
1982	0	0	0	0	0	0	53.3	84.8	66.3	77.0	47.0	4.8	333.2
1983	20.6	0	0	0	31.0	27.1	182.7	99.5	213.7	48.1	23.5	22.3	668.5
1984	11.5	0	0	0	19.5	38.0	133.9	90.1	137.2	49.4	45.1	0	524.7
1985	6.0	6	0	0	0	135.3	116.8	123.5	53.4	5.0	0	28.5	474.5
1986	0	11.2	0	0	0	57.9	125.4	118.5	98.1	281.0	35.2	0	727.3
1987	33.1	1	0	0	0	34.5	315.3	86.5	299.3	64.8	0	0	834.5
1988	0	0	0	0	0	117.5	237.0	347.5	306.5	1.3	0	73.0	1082.8
1989	0	0	0	0	0	117.5	170.3	251.4	236.0	1.9	0	0	777.1
1990	0	2	0	0	8	64.7	124.7	162.0	102.0	60.6	0	0	524.0
Prom.	7.12	2.02	0	0	5.85	63.63	155.8	148.3	151.2	63.0	15.08	12.86	625.0
Max.	33.1	11.2	0	0	31.0	135.3	315.3	347.5	306.5	281.0	47.0	73.0	1082.8
Min.	0	0	0	0	0	0	53.3	84.8	0	1.3	0	0	303.4

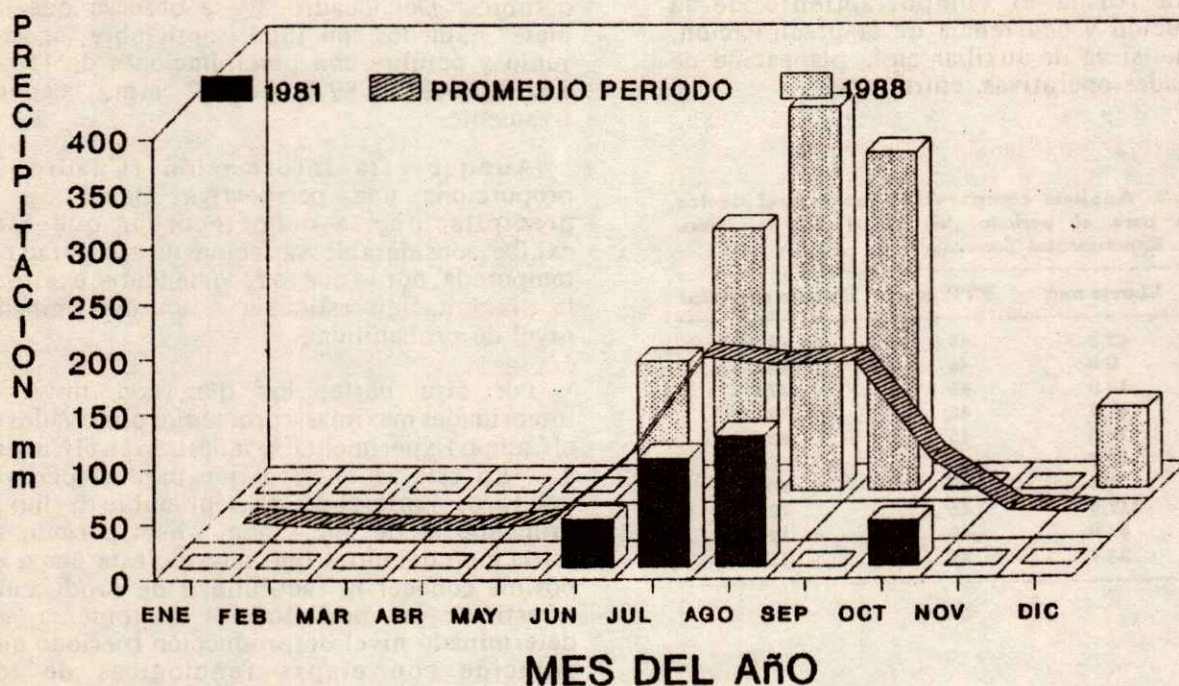


Figura 1. Precipitación pluvial (mm) mensual del campo Experimental Tecomán, Colima.

por arriba de la normal, mientras que por debajo de ésta sólo dos años han sido consecutivos. En siete meses, en 6 de los 10 años no ha ocurrido precipitación, y para los meses de marzo y abril no se ha observado precipitación alguna en los 10 años de registro.

Análisis Frecuencial de la Precipitación.

El análisis de las precipitaciones por un período dado, consiste en caracterizar en términos probabilísticos una cierta cantidad de precipitaciones esperadas. En el Cuadro 2 se muestran los resultados de esto; en la primera columna aparecen los totales de las precipitaciones caídas durante un período en particular considerado (15 al 30 de junio); es conveniente hacer notar que el período puede modificarse y ajustarse a la situación que se desee estudiar; además, de que el programa puede analizar 12 periodos simultáneamente. En consecuencia, se pueden elegir las etapas clave del desarrollo del cultivo, tales como fecha de siembra, crecimiento rápido, floración, llenado de grano, etc., y estimar de esta forma el comportamiento de la distribución y ocurrencia de la precipitación, para que sirva de auxiliar en la planeación de actividades operativas, entre otras.

Cuadro 2. Análisis comparativo interanual de las lluvias para el período del 15 al 30 de junio. Campo Experimental Tecoman.

Año	LLuvia mm	ETP mm	Balace climático
1981	42.8	45	-2.2
1982	0.0	45	-45.0
1983	18.0	45	-27.0
1984	157.1	45	112.1
1985	128.8	45	83.8
1986	40.0	45	-5.0
1987	4.5	45	-40.5
1988	117.5	45	72.5
1989	57.0	45	12.0
1990	33.4	45	-11.6

Durante el período considerado (15 a 30 de junio) las lluvias alcanzadas fueron de cero y 157.1 mm para los años de 1982 y 1984, respectivamente; al 80% se tiene 7.2 mm, mientras que al 50 y 20% las precipitaciones esperadas son de 41.9 y 126.5 mm, respectivamente. El análisis frecuencial

corroborra la gran variabilidad existente y el alto grado de erradicidad de la lluvia en el Campo Experimental Tecoman.

Distribución de la Precipitación y Días con Lluvia en el Año.

La pluviometría promedio a intervalos de cinco días se muestra en el Cuadro 3. Con frecuencia se reporta que los intervalos mensuales son de poca utilidad, debido a lo errático de la precipitación, por lo que es recomendable utilizar períodos más cortos (Peregrina, 1983; Pérez, 1991; Soto y Pérez, 1984). El registro de la precipitación a intervalos de cinco días son de utilidad, y sirven de apoyo en la planeación de actividades operativas. El análisis generalizado muestra que la disponibilidad de agua se torna crítica durante la última semana de agosto y la tercera de septiembre (presentándose una sequía intraestival que coincide con la floración y llenado de grano en cultivos anuales y afecta el desarrollo de cultivos perennes), y que prácticamente las lluvias se retiran en la segunda semana de octubre. Del Cuadro 3 se observa que los meses húmedos son julio, septiembre, agosto, junio y octubre con precipitaciones de 156.4, 151.3, 148.3, 89.8 y 64.2 mm, respectivamente.

Aunque esta información (Cuadro 3) proporciona una perspectiva global de la precipitación, se debe recordar que ésta exhibe considerable variación de temporada a temporada, por lo que es recomendable expresar la precipitación estimada a un determinado nivel de probabilidad.

Por otra parte, los días con lluvia e intensidades máximas y promedios observados en el Campo Experimental se muestran en el Cuadro 4. En éste se observa que para el período del 15 de junio al 15 de septiembre la lluvia promedio es de 362.4 mm. Este período se seleccionó debido a que durante esta etapa es posible conocer la factibilidad de producción o estimar las posibilidades de obtener un determinado nivel de producción (período que coincide con etapas fenológicas de los cultivos anuales y perennes de la región). El número de días con lluvia (promedio del período) es de 24.3 días y con promedio de 15.30 mm. El número máximo y mínimo de días con lluvia es de 36 y 16 días, que correspondieron a los años de 1982 y 1987, respectivamente; también en 1982, sólo se tuvieron 16 días con lluvia.

Cuadro 3. Pluviometría (mm) promedio del período 1981 al año 1990. Campo Experimental Tecomán.

Mes	PEN 1	PEN 2	PEN 3	PEN 4	PEN 5	PEN 6 ¹	Total
Ene	1.1	0.0	3.9	2.1	0.0	0.0	7.1
Feb	1.1	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	1.4
Mar	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
Abr	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
May	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0	26.5	27.3
Jun	0.2	4.3	27.9	23.1	13.2	21.2	89.8
Jul	19.4	20.7	33.7	29.5	43.7	9.5	156.4
Ago	21.4	16.0	28.4	17.2	37.3	27.9	148.3
Sep	45.4	13.7	7.7	38.8	36.4	9.3	151.3
Oct	25.1	13.9	1.7	9.8	11.9	1.8	64.2
Nov	4.8	0.4	0.0	0.0	0.3	30.4	35.9
Dic	8.1	2.5	2.2	0.0	0.0	0.0	12.9
							694.6

1 PEN = Pentada o cinco días.

Cuadro 4. Días con lluvia e intensidades máximas diarias y promedio observados del 15 de junio al 15 de septiembre (del período 1981-1990) en el Campo Experimental Tecomán.

Año	Días con lluvia	Precipit máxima (mm)	Precipit promedio (mm)	Precipit total (mm)
1981	36	30.70	7.29	262.50
1982	16	27.00	8.63	138.10
1983	21	37.00	14.20	298.20
1984	29	60.00	13.35	387.10
1985	27	118.00	13.67	369.10
1986	22	68.00	12.90	283.90
1987	16	180.00	23.39	406.30
1988	29	128.00	23.57	683.50
1989	23	72.00	20.66	475.20
1990	24	77.00	13.34	320.10
Período	24.3	180.00	15.30	362.40

La intensidad de la precipitación exhibió gran variabilidad en el período de un año a otro. Por ejemplo, la precipitación máxima (180.0 mm) de un evento ocurrió en 1987; esto es de importancia y relevancia para el cultivo, ya que en este mismo año sólo se tuvieron 16 días con precipitación, durante los cuales las plantas tuvieron que depender de ello para desarrollar su ciclo biológico. Esta distribución de máximas muestra que la precipitación es errática en su distribución, además de que la captación de agua en el perfil del suelo está saturada durante el evento de máxima precipitación; esto significa

que las pérdidas de agua por escurrimiento y drenaje son considerablemente altas (Pérez, 1988).

La precipitación total para el período (del 15 de junio al 30 de septiembre) también es altamente errática, la máxima y mínima fueron de 683.5 y de 138.1 mm para los años 1988 y 1982, respectivamente; en 1988 la precipitación del período resultó similar al promedio anual histórico (Cuadro 3). En el Cuadro 4 se observa que en 5 años de 10 la precipitación del período resultó mayor que la media (362.4 mm); en consecuencia en 5 años estuvo por debajo de dicha media histórica.

Probabilidad de Lluvia al 80%.

Las lluvias superadas con una probabilidad del 80% se muestran en el Cuadro 5. En este se incluyen los meses de junio a octubre, debido a que en el resto del año la precipitación resultó prácticamente nula.

Como puede observarse en el Cuadro 5, las precipitaciones confiables (para el desarrollo de cultivos de temporal) al 80% de probabilidad son escasas, y es altamente probable que los cultivos sufran por falta de humedad durante el ciclo de desarrollo. En estas condiciones es probable que las mejores opciones para cultivos de temporal sean aquellas que tengan ciclos de crecimiento menores de 100 días, o bien que se suministren con agua de riego, en caso de disponer de este

recurso. En el resto del año, la escasa probabilidad de lluvias hace a la región favorable para el establecimiento de hortalizas bajo riego y otros cultivos altamente remunerativos, que son sensibles a la afectación de plagas y enfermedades que se presentan bajo condiciones de humedad.

Cuadro 5. Lluvias (mm) superadas (por arriba del nivel de probabilidad establecido) con una probabilidad de 80%. Campo Experimental Tecomán. Período de 1981 a 1990.

Pen-tada	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct
1	0.0	4.0	6.2	0.6	0.7
2	0.0	4.0	6.2	0.6	0.7
3	4.0	11.0	7.8	4.7	0.0
4	4.0	11.0	7.8	4.7	0.0
5	2.9	2.2	6.4	3.4	0.0
6	2.9	2.2	6.4	3.4	0.0

Mejoramiento del Sistema.

Los sistemas clásicos de microcomputación tienen pantallas de 24 líneas y 80 columnas, los cuales permiten que haya cabida para las 72 pentadas del año en el eje horizontal. Aprovechando esta potencialidad se realizó un sistema de cálculo permitiendo que, cualquiera que sea el paso de tiempo escogido para el análisis frecuencial, el "período", o paso de tiempo se desfase de 5 días en 5 días de manera siguiente:

1) Supongamos como ejemplo que se haya escogido un paso de tiempo de 15 días; el programa va a seleccionar 72 periodos elementales de la manera siguiente:

-del 1 de enero al 15 de enero:	período 1
-del 5 de enero al 20 de enero:	período 2
-del 25 de diciembre al 10 de enero:	período 72

2) El programa calculará para estos 72 periodos los valores alcanzados a los tres umbrales de probabilidad:

Periodo i	$X_{20}(i)$
	$X_{50}(i)$
	$X_{80}(i)$

3) Los valores X_{20} , X_{50} , X_{80} son atribuidos a pentadas calendarias por medio de las fórmulas siguientes, en las cuales:

$$\begin{aligned} X'_{20} &= X_{20} (i-1)/3 \\ X'_{50} &= X_{50} (i-1)/3 \\ X'_{80} &= X_{80} (i-1)/3 \end{aligned}$$

i es el número de la pentada calendario

X'_{20} , X'_{50} , X'_{80} , son los niveles alcanzados por las precipitaciones durante las pentadas mencionadas a los tres umbrales de probabilidad.

El i-1 se justifica por lo siguiente; el período "1" por ejemplo es el que corresponde al que va del 1 al 15 de enero. Pasando a pentadas calendarias, este valor dividido entre tres será atribuido a la pentada número 2, que va del 6 al 10 de enero.

Se divide entre tres por haber seleccionado un paso de tiempo de 15 días (3 x 5) y atribuido el valor obtenido a una pentada (5 días). De haber seleccionado un paso de 20 días, se dividiría por cuatro, etc.

El programa presenta opciones para seleccionar el paso de tiempo, que van desde 5 a 30 días. Es fácil constatar y además se demuestra sin problema a nivel matemático que el nivel alcanzado por las precipitaciones a diferentes umbrales es muy dependiente del paso de tiempo escogido.

En la práctica y para tener una representación, la más correcta posible, del año estándar, (seco, mediano, húmedo), se recomienda usar los pasos de tiempo de 10, 15 ó 20 días, siendo el de 15 el que mejor se presta a interpretaciones agronómicas en condiciones de suelo medias (Pérez, 1988, 1991; Virmani, 1975).

CONCLUSIONES

De la información analizada se derivan las siguientes conclusiones:

- 1) A partir de la información colectada es factible, hacer generalizaciones tentativas para interpretar analíticamente los datos de precipitación.
- 2) La precipitación anual y mensual en el Campo Experimental es altamente errática; las precipitaciones extremas y promedio son de 303.4, 1082.8 y 693.4 mm, respectivamente.

- 3) El análisis frecuencial, para períodos determinados, es un auxiliar importante en la planeación de la investigación, transferencia y programas de desarrollo.
- 4) La probabilidad de contar con humedad residual para un segundo cultivo es prácticamente nula.
- 5) La información analizada puede utilizarse en la definición y precisión de dominios de recomendación; en este sentido la metodología utilizada hace una contribución al proceso.
- 6) El número de días con lluvia en el año es de sólo 24.3 en promedio, además de que la intensidad es muy alta en algunos años, y eventos superiores a los 30 mm se presentaron en cada uno de los años.

LITERATURA CITADA

HARGREAVES, G.H. 1975. Water requirements manual for irrigated crops and rainfed agriculture. EMBRAPA and Utah State University Publication. 75-D-158.

PEREGRINA, R.R. 1982. Agroclimatic research to delimit optimal areas for sorghum and millet cultivated for grain. Abstract. ICRISAT. World Meteorological Organization Symposium of Sorghum and Millet. Hyderabad, India. 1982. ICRISAT. Patancheru 502324. India.

PEREZ Z., O. 1983. Sub-utilización de los suelos de drenaje lento (Vertisoles gleycos) del estado de Q.Roo. México, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (Proyecto de Investigación).

PEREZ Z., O. 1988. Potencial Agrícola de Valles Centrales de Oaxaca con base en probabilidad de lluvia. Folleto de Investigación Num. 71. SARH-Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. SARH. México.

PEREZ Z., O. 1991. Procesamiento y análisis de datos pluviométricos del Campo Experimental Tecomán: Análisis frecuenciales de la precipitación. XXIV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Pachuca, Hgo.

SOTO R., J. y O. PEREZ Z. 1984. Factores del Suelo y Clima que determinan el potencial agropecuario de los suelos pesados del trópico mexicano. XVII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Guadalajara, Jal. Diciembre 1984.

THORNTHWAITE C., W. 1948. An approach towards rational classification of climate. Geogr. Rev. 38: 55-64.

TROLL, C. 1966. Seasonal climate of the earth. p. 28 In: Rodenwaldt, E. and Jusatz, H. (Eds) World Maps of Climatology, Berlin Springer verlag.

VIRMANI S., M. 1975. The agricultural climate of Hyderabad region in relation to crop planning (a sample analysis) In: house publication of ICRISAT, Hyderabad, India.

INFLUENCIA DE CUATRO INSECTICIDAS DE SUELO SOBRE LA MINERALIZACION DE LA MATERIA ORGANICA DE DOS TIPOS DE SUELO

Influence of Four Soil Insecticides on the Organic Matter Mineralization of Two Soil Types

J. Achik¹⁾, J.L. Barrera Guerra²⁾, E. Salazar Solis²⁾ y M.D. Salas Araiza²⁾

¹⁾CENID-RASPA, Apartado Postal # 41, 35150 Cd. Lerdo, Dgo.

²⁾Universidad de Guanajuato, Escuela de Agronomía y Zootecnia, Apartado Postal 311, 36500 Irapuato, Gto.

Palabras clave: Suelos, Mineralización, Materia orgánica, Insecticidas.

Index words: Soils, Mineralization, Organic matter, Insecticides.

RESUMEN

La incubación a $28\pm 1^{\circ}\text{C}$ de dos tipos de suelo diferentes en su contenido de materia orgánica tratados con la misma cantidad de aldicarb, carbofuran, disulfaton y terbufos, solubilizados de sus formulaciones comerciales respectivas, Temik 10G, Furadan 5G, Disiston 10G y Counter 5G, mostró los efectos siguientes sobre la mineralización de la materia orgánica. En los dos tipos de suelo, la actividad biológica total, expresada en la cantidad liberada de CO_2 , fue mayor a la de los testigos con la excepción del suelo más pobre en materia orgánica tratado con terbufos. La incubación de este último, tratado posteriormente una segunda vez, cambió el efecto nocivo del terbufos a una acción mejoradora. Finalmente, el uso de carbofuran grado técnico, mostró un comportamiento más favorable a la mineralización en el suelo más pobre en materia orgánica, que el carbofuran solubilizado de su formulación comercial.

Recibido 01-92.

SUMMARY

Incubation at $28\pm 1^{\circ}\text{C}$ of two soil types, having different organic matter contents, treated with aldicarb, carbofuran, disulfaton and terbufos, solubilized from their respective commercial formulations, Temik 10G, Furadan 5G, Disiston 10G and Counter 5G, has shown the following effects on the organic matter mineralization. Mineralization rate, represented by CO_2 liberation, was improved in both soils except in the organic matter poorest soil treated with terbufos. A second incubation of the latest soil previously retreated with terbufos changed its toxic effect to be favorable to mineralization. Finally, the use of technical grade carbofuran instead of the commercial one improved soil organic matter mineralization in the poorest soil.

INTRODUCCION

El uso de los insecticidas aplicados al suelo, para la protección de diferentes cultivos en muchos países del mundo, es cada vez más intenso. Al mismo tiempo, los estudios tanto de la degradación de estos insecticidas en el suelo, como de su influencia sobre la mineralización de la materia orgánica, también son cada vez más numerosos.

La degradación en el suelo de los insecticidas tales como el aldicarb, carbofuran, disulfaton y terbufos ha sido bien investigada, especialmente, al nivel del origen de esta degradación. Esta última puede ser química (Getzin, 1973; Rajagopal *et al.*, 1984; Venkateswarlu y Sethunathan, 1978, 1979) o fotoquímica (Siddaramappa *et al.*, 1978). También puede ser de naturaleza biológica aeróbica o anaeróbica (Rake y Coats, 1988; Ramanand *et al.*, 1988; Scow *et al.*, 1990; Szeto *et al.*, 1986).

La mineralización de la materia orgánica en el suelo puede ser afectada por la presencia de ciertos pesticidas (Burges y Raw, 1971) o no (Achik, 1987; Ou *et al.*, 1982).

El objetivo del presente trabajo fue, investigar por medio de una incubación aeróbica bajo oscuridad en el laboratorio, la influencia de cuatro insecticidas aplicados al suelo: aldicarb, carbofuran, disulfaton y terbufos; sobre la mineralización de la materia orgánica de dos tipos de suelo diferentes especialmente en sus contenidos de materia orgánica.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó en el laboratorio de suelos de la Escuela de Agronomía y Zootecnia (E.A.Z.) de la Universidad de Guanajuato durante 1990.

Las muestras de dos suelos (Cuadro 1) se tomaron de lugares sin antecedentes recientes de tratamientos con pesticidas. El primero fue un suelo de la localidad del municipio de León, Gto., y el segundo fue el suelo de la huerta de la Escuela de Agronomía y Zootecnia. Después, las muestras fueron secadas y tamizadas para obtener agregados de 2 mm de diámetro.

Cuadro 1. Características físico-químicas de los dos tipos de suelo.

Suelo	Tipo de textura	pH (Agua)	M.O.				
			CICT meq/100g	Arena %	Limo %	Arcilla %	
1	Arcillosa	7.4	19	2.6	22.4	18.3	59.3
2	Arcillosa	7.9	19	3.8	23.1	8	68.9

Los insecticidas estudiados en este trabajo fueron aldicarb, carbofuran, disulfaton y terbufos, cuyas formulaciones comerciales son respectivamente, Temik 10, Furadan 5G, Disiston 10G y Counter 5G. Sólo el carbofuran se usó bajo forma de Furadan y de producto técnico. Los otros productos se usaron bajo sus formas comerciales.

El sistema de incubación empleado en este trabajo es similar al reportado por Guckert *et al.* (1968). Este sistema puede ser utilizado para la captura de CO₂ isotópico. Sin embargo, en el presente caso, se usó para la captura de CO₂ no isotópico. Este sistema está constituido de un baño María en el cual se instalaron soportes para matraces Erlenmeyer. Sobre los tapones de los matraces hay una entrada y una salida de aire. El aire de entrada, proveniente de una bomba eléctrica de aire, antes de llegar al matraz Erlenmeyer pasa por una solución de NaOH 5N.

Para la incubación del suelo, se agrega en un matraz Erlenmeyer 100 g de suelo previamente preparado, el cual se humedece hasta el 90% de su capacidad de campo, se cierra el tapón y se realiza la incubación en oscuridad a 28±1°C durante un período de 2 a 3 semanas (según el caso). Para el estudio, se incubaron, en cada uno de los experimentos, un suelo no tratado, uno tratado y uno testigo sin suelo, con tres repeticiones de cada modalidad.

Los suelos tratados se prepararon de la manera siguiente: en lugar de aplicar agua destilada para obtener suelo al 90% de la capacidad de campo, se aplicó una solución del insecticida a una concentración conocida. En el presente trabajo, se aplicó 1.5 mg de ingrediente activo en cada repetición para cada uno de los insecticidas estudiados. Finalmente, debido a la baja solubilidad del disulfaton y terbufos en el agua, se usaron soluciones acuosas al 1% de metanol (v:v).

Diariamente desde el inicio de la incubación, se cuantifica el CO₂ capturado. Dicha captura se hace pasando el aire de salida de los erlenmeyers en 10 ml de NaOH (0.33N) durante 1 h. La cuantificación se efectúa mediante una titulación. Para esto, se agrega 10 ml de NaOH, 3 ml de una solución acuosa de cloruro de bario (20%) y tres gotas de timolftaleína. Finalmente, se titula la mezcla con HCl (0.2N). Para obtener el número de mg de carbono capturado, se multiplica el

volumen neto gastado de HCl (ml) por 1.2. El volumen de HCl neto gastado en la titulación, es igual al promedio de volumen de HCl gastado en la titulación de tres repeticiones de un suelo, menos el promedio de volumen de HCl gastado en la titulación de tres testigos sin suelo.

Se realizaron tres incubaciones. La primera, con el suelo (1) de la localidad de León. La segunda, con el suelo (2) de la huerta de la E.A.Z. La tercera del suelo 1 de la primera incubación, tratado una segunda vez y secado al aire e incubado. Los resultados de la captura de CO₂ se expresan en mg de carbono como promedio de tres repeticiones y se presentan bajo forma de curvas acumulativas del primer hasta el último día de incubación.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las curvas acumulativas de la producción de CO₂ del suelo 1, por la presencia de aldicarb, carbofuran y furadan (carbofuran solubilizado de su formulación comercial), (Figura 1) demuestran que la actividad biológica total de los microorganismos del suelo, no sólo no fue afectada negativamente en comparación con el testigo sino que al contrario, esta actividad fue mejorada. En consecuencia, podemos clasificar los insecticidas en orden progresivo de mejoramiento de la actividad

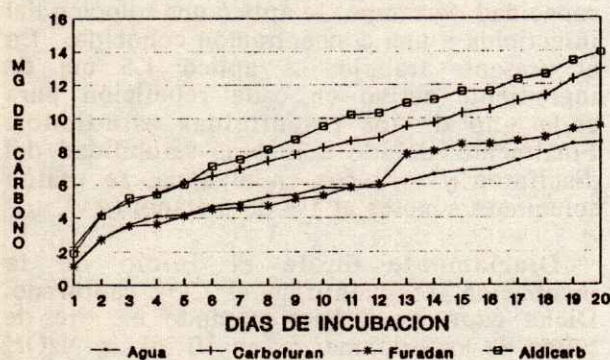


Figura 1. Curvas acumulativas de la liberación de CO₂ de la incubación aeróbica del suelo 1 no tratado (agua; testigo) y tratado con carbofuran, furadan y aldicarb. La cantidad de CO₂ está expresada en mg de carbono como promedio de tres repeticiones.

biológica total del suelo como el siguiente: aldicarb, carbofuran y furadan. La misma figura demuestra que el furadan durante 11 días disminuyó la actividad microbiana ligeramente. Este fenómeno no fue observado con el carbofuran técnico. Por lo tanto, los coadyuvantes de la formulación comercial (furadan) afectan la mineralización de la materia orgánica de este suelo temporalmente porque a partir del día 12 y hasta el fin de la incubación la mineralización mejoró.

En la Figura 2, se observa que sólo el disulfaton mejora la actividad biológica total del suelo 1; el terbufos la disminuye. En conclusión, este último tiene una influencia negativa sobre los microorganismos de ese suelo en comparación con el testigo.

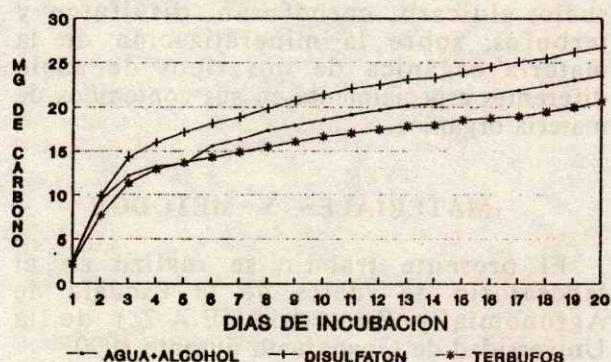


Figura 2. Curvas acumulativas de la liberación de CO₂ de la incubación aeróbica del suelo 1 no tratado (agua + alcohol; testigo) y tratado con disulfaton y terbufos. La cantidad de CO₂ está expresada en mg de carbono como promedio de tres repeticiones.

En el suelo 2, la actividad biológica generalmente mejoró. A partir de la Figura 3 se puede clasificar a los productos como mejoradores de la mineralización de la manera siguiente: furadan, carbofuran y aldicarb. Finalmente, no hubo diferencia entre el disulfaton y el terbufos (Figura 4).

A partir de estos resultados (Figura 1, 2, 3 y 4) podemos decir que la respuesta de la actividad biológica de los suelos a la presencia de un insecticida es variable; ya que la clasificación del aldicarb, carbofuran

y furadan como mejoradores de la actividad microbiana es diferente de un suelo a otro. Esto puede explicarse por el hecho que la microflora es variable de un suelo a otro; así como las especies responsables de la degradación de los insecticidas son diferentes. Por ejemplo, el género *Pseudomonas spp* se considera el responsable de la degradación del carbofuran en los suelos (Read, 1983). Finalmente, nuestros resultados confirman los reportes de Lemley y Wei-Zhong (1984) sobre un comportamiento variable del aldicarb en la mineralización de la materia orgánica de diferentes tipos de suelo.

En un último experimento, incubamos una segunda vez el suelo 1 de la primera incubación pero tratado y secado una segunda ocasión. Por lo tanto fue humedecido esta vez con agua pura. Las curvas acumulativas de 14 días de incubación (Figura 5 y 6) demuestran que todavía la actividad biológica total de las muestras tratadas con insecticidas es más elevada que en el suelo testigo (Figura 5). Esto significa, en el caso del terbufos que hubo adaptación de los microorganismos a la presencia del insecticida. Este tipo de adaptación es generalmente producida por tratamientos repetidos de insecticidas (Read, 1983, 1986; Rake y Coats, 1988).

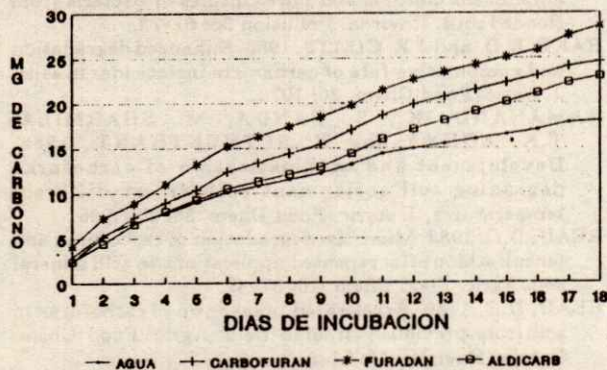


Figura 3. Curvas acumulativas de la liberación de CO₂ de la incubación aeróbica del suelo 2 no tratado (agua; testigo) y tratado con carbofuran, furadan y aldicarb. La cantidad de CO₂ está expresada en mg de carbono como promedio de tres repeticiones.

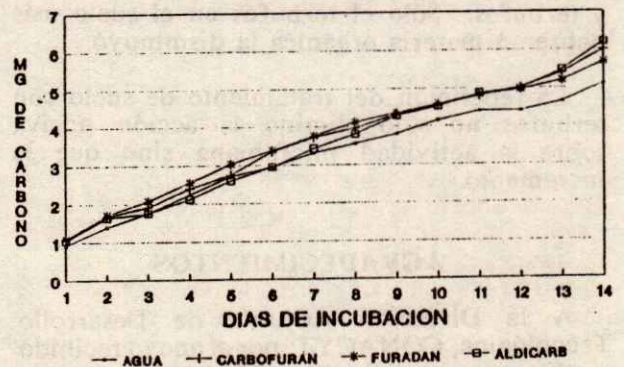


Figura 5. Curvas acumulativas de la liberación de CO₂ de la segunda incubación del suelo 1 posteriormente tratado una segunda vez con carbofuran, furadan y aldicarb. La cantidad de CO₂ está expresada en mg de carbono como promedio de tres repeticiones.

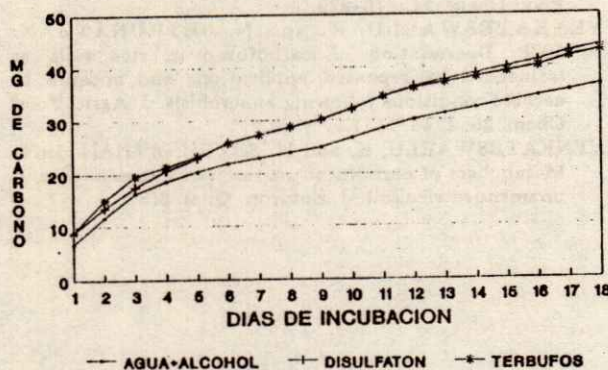


Figura 4. Curvas acumulativas de la liberación de CO₂ de la incubación aeróbica del suelo 2 no tratado (agua + alcohol; testigo) y tratado con disulfaton y terbufos. La cantidad de CO₂ está expresada en mg de carbono como promedio de tres repeticiones.

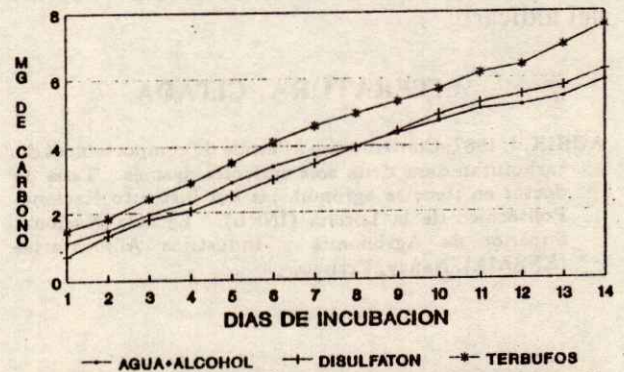


Figura 6. Curvas acumulativas de la liberación de CO₂ de la segunda incubación del suelo 1 posteriormente tratado una segunda vez con disulfaton y terbufos. La cantidad de CO₂ está expresada en mg de carbono como promedio de tres repeticiones.

Finalmente, el aumento de la producción de CO₂ entre testigo y tratamiento no puede explicarse sólo por la degradación de los pesticidas, ya que en la mayoría de los casos este aumento expresado en mg de carbono, rebasa sustancialmente la cantidad de producto aplicado al suelo. Esto puede indicar que los insecticidas en este trabajo jugaron un papel de promotores de la actividad de los microorganismos del suelo.

CONCLUSIONES

La mineralización de la materia orgánica de dos tipos de suelo, no fue disminuida por la presencia del aldicarb, carbofuran, disulfaton y terbufos. Sólo el terbufos en el suelo más pobre en materia orgánica la disminuyó.

La repetición del tratamiento de suelo con terbufos no sólo eliminó la acción nociva sobre la actividad microbiana sino que la incrementó.

AGRADECIMIENTOS

A la Dirección Adjunta de Desarrollo Tecnológico, CONACYT, por el apoyo recibido mediante el convenio 89-2535 para la realización de esta investigación.

Al Dr. F.W. Plapp, profesor del Departamento de Entomología de la Universidad de Texas A&M, por el carbofuran técnico que nos proporcionó.

A Rhone Poulenc de México que nos proporcionó la formulación comercial (Temik) del aldicarb.

LITERATURA CITADA

- ACHIK, J. 1987. Contribution à l'étude du comportement du carbofuran dans deux sols agricoles drainés. Tesis de doctor en ciencias agrónomas del Instituto Nacional Politécnico de la Lorena (INPL). Escuela Nacional Superior de Agronomía y Industrias Alimentarias (ENSAIA). Nancy, Francia.
- BURGES, A. y F. RAW. 1971. Biología de suelos. Ediciones Omega, S.A., Barcelona.
- GETZIN, L.W. 1973. Persistence and degradation of carbofuran in soils. *J. Econ. Entomol.* 2: 461-467.
- GUCKERT, A., P. ROGER et F. JACQUIN. 1968. Contribution à l'utilisation des techniques radioisotopiques pour l'étude de la matière organique du sol. *Bull. ENSAIA*, Nancy, Francia. 10: 69-100.
- LEMLEY, A.T. and WEI-ZHONG. 1984. Hydrolysis of aldicarb, aldicarb sulfoxide and aldicarb sulfone at parts per million levels in aqueous mediums. *J. Agric. Food Chem.* 32: 714-719.
- OULI-TSE, D.H. GANCARZ, W.B. WHEELER, P.S.C. ROA and J.M. DAVIDSON. 1982. Influence of soil temperature and soil moisture on degradation and metabolism of carbofuran in soils. *J. Environ. Qual.* 11: 293-298.
- RAJAGOPAL, B.S., G.P. BRAHMAPRAKASH and N. SETHUNATHAN. 1984. Degradation of carbofuran by enrichment cultures and pure cultures of bacteria from flooded soils. *Environ. Pollution* 36: 61-73.
- RAKE, K.D. and J.R. COATS. 1988. Enhanced degradation and comparative fate of carbamate insecticides in soils. *J. Agric. Food Chem.* 36: 1072.
- RAMANAND, K., S. PANDA, M. SHARMILA, T.K. ADHYA and N. SETHUNATHAN. 1988. Development and acclimatization of carbofuran degrading soil enrichment cultures at different temperatures. *J. Agric. Food Chem.* 36: 200-205.
- READ, D.C. 1983. Microbial degradation of carbofuran and fensulfathion after repeated applications to acid mineral soil. *J. Agric. Food Chem.* 10: 37-47.
- READ, D.C. 1986. Accelerated breakdown of carbofuran in soil from previously treated field. *J. Agric. Food Chem. Ecosys. Environ.* 15: 51-61.
- SCOW, K.M., R.R. MERICO and M. ALEXANDER. 1990. Kinetic analysis of enhanced biodegradation of carbofuran. *J. Agric. Food Chem.* 38: 908-912.
- SIDDARAMAPPA, R., A. TIROL, J.N. SEIBER, E.A. HEINRICH and I. WATANABE. 1978. The degradation of carbofuran in paddy water and flooded soil of untreated and treated fields. *J. Environ. Sci. Health* 13b: 369-380.
- SZETO, S.Y., J. BROWN, J.R. MACKENZIE and R.S. VERNON. 1986. Degradation of terbufos in soil and its translocation into cole crops. *J. Agric. Food Chem.* 34: 876-879.
- VENKATESWARLU, K. and N. SETHUNATHAN. 1978. Degradation of carbofuran in rice soils as influenced by repeated applications and exposure to aerobic conditions following anaerobiosis. *J. Agric. Food Chem.* 26: 1144-1151.
- VENKATESWARLU, K. and N. SETHUNATHAN. 1979. Metabolism of carbofuran in rice straw-amended and unamended rice soil. *J. Environ. Qual.* 8(3).

**NODULACION Y EXTRACCION DE N EN FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.)
BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE HUMEDAD**

Nodulation and N Uptake in Common Beans (*Phaseolus vulgaris* L.)
Under Different Moisture Conditions

J.Z. Castellanos, J.A. Acosta-Gallegos y J.J. Peña-Cabriales

Campo Experimental Bajío, INIFAP, Apartado Postal 112,
Celaya, Gto.

Palabras clave: Nodulación, Area foliar, Índice de cosecha, Índice de cosecha de nitrógeno.

Index words: Nodulation, Leaf area, Harvest index, Nitrogen harvest index.

RESUMEN

En México, el frijol es producido principalmente bajo condiciones de temporal y en suelos con bajo nivel de materia orgánica y contenido de nutrimentos. Con el fin de evaluar el efecto de cuatro tratamientos de humedad sobre el desarrollo del cultivo y el rendimiento de grano, se estableció un experimento de campo con dos cultivares de frijol: Flor de Mayo Bajío (FMB) y Bayocel. Los tratamientos de humedad utilizados fueron: 1) un testigo sin agobio hídrico, 2) moderado, 3) severo agobio hídrico en etapa reproductiva, 4) moderado agobio hídrico en etapa vegetativa y 5) moderado agobio hídrico durante todo el ciclo del cultivo. Se tomaron datos de fenología, número de nódulos, rendimiento y contenido de nitrógeno. El agobio hídrico durante el estado reproductivo afectó más la nodulación que durante el estado vegetativo. La aplicación del riego después del agobio hídrico durante el estado vegetativo permitió la recuperación de la nodulación. En ambos cultivares el

rendimiento de grano y la extracción total de nitrógeno se redujeron en más de 100% bajo agobio hídrico severo. Por otro lado, el índice de cosecha fue mayor en el cultivar FMB indicando una mejor distribución de materia seca de este genotipo bajo condiciones de sequía. No obstante, bajo todos los tratamientos, Bayocel mostró un mayor rendimiento que FMB. En relación con la fenología, el agobio hídrico durante la etapa vegetativa retrasó la madurez y la acortó cuando éste se impuso durante la etapa reproductiva.

SUMMARY

In Mexico, common beans are largely produced under rainfed conditions and in soils with low organic matter and nutrient content. A field experiment was established with two common bean cultivars, Flor de Mayo Bajío (FMB) and Bayocel to assess the effect of five water treatments on crop development and yield. The five moisture treatments used were: 1) control well irrigated, 2) mild and 3) severe water stress during the reproductive stage, 4) mild stress during vegetative and, 5) mild stress during all the growth period. Data were recorded on phenology, nodule number, yield and nitrogen content. Water stress during the reproductive stage affected nodulation more than when applied during the vegetative stage. Irrigating after vegetative water stress allowed the recovery of nodulation. In both cultivars, seed yield and total nitrogen content were reduced by more

Recibido 09-91.

than 100% under severe water stress. Under water stress, the harvest index was higher in cultivar FMB as compared to Bayocel, indicating a better distribution of dry matter in FMB under these conditions. However, under all treatments Bayocel showed a higher yield than FMB. With regard to phenology, water stress during vegetative stage delayed maturity, but accelerated it when applied during the reproductive stage.

INTRODUCCION

En México, más del 80% de la superficie cultivada con frijol se localiza en áreas de temporal (INEGI, 1988). Por lo general, la mayor parte de esas áreas son afectadas por sequía en alguna etapa de desarrollo del cultivo. El riesgo de sequía limita la inversión en insumos como fertilizantes y otros agroquímicos, por lo que la investigación debería enfocarse hacia la búsqueda y mejoramiento de variedades con tolerancia a la sequía y capacidad para fijar nitrógeno atmosférico.

El cultivo del frijol es muy susceptible a la falta de humedad en el suelo (Stansell y Smitle, 1980) y debido a su relativamente corto ciclo de crecimiento, aun breves períodos de sequía pueden afectar severamente el rendimiento (Halterlein, 1980), sobretodo cuando la sequía ocurre en la etapa reproductiva (Doorenbos y Kassam, 1979; Bonanno y Mack, 1983; Acosta y Kohashi, 1988). Por otro lado, la nodulación y el proceso de fijación de nitrógeno también son muy susceptibles a la sequía (Pankurst y Sprent, 1975; Albrecht *et al.*, 1984; Weisz *et al.* 1985; Durand *et al.*, 1987) y de hecho es más susceptible que la reducción de NO_3 (Sprent y Stoker, 1982).

Si se considera que tanto la planta de frijol como el proceso de fijación de N_2 son afectados por la sequía, es importante estudiar detalladamente esta interrelación, así como identificar las características morfofisiológicas relacionadas con la adaptación de las plantas a la sequía. Por ello, el objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto de la sequía en dos etapas fenológicas sobre la nodulación, extracción de N y algunas características agronómicas de dos variedades de frijol.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó en el Campo Experimental Bajío en Celaya, Gto., en un terreno en el cual se había establecido un cultivo de trigo sin fertilizante nitrogenado. En el estudio se utilizaron dos variedades de frijol adaptadas a la región: Flor de Mayo Bajío (FMB) y Bayocel, de 95 y 110 días a madurez fisiológica, respectivamente. Los tratamientos de agobio hídrico que se impusieron fueron: 1) testigo sin agobio hídrico, 2) moderado, 3) severo agobio hídrico en etapa reproductiva, 4) moderado agobio hídrico en etapa vegetativa y 5) moderado agobio hídrico durante todo el ciclo del cultivo. Entre variedades y regímenes de humedad, se estudiaron un total de ocho tratamientos, los que se distribuyeron en el campo bajo un diseño de bloques completos al azar con cinco repeticiones. El tamaño de parcela fue de seis surcos de 60 cm de ancho x 8 m de longitud. La fecha de siembra fue el 3 de Marzo de 1989. Al momento de la siembra, la semilla fue inoculada con una multicepa compuesta por las cepas: Gto. 2.1 y Gto. 12.1, ambas provenientes del Laboratorio de Ecología Microbiana del CINVESTAV, Unidad Irapuato. La densidad de población fue de 200,000 plantas ha^{-1} . Se aplicó una dosis de fertilización de 40-60-0 antes de la siembra; y se controló la maleza mediante dos cultivos mecánicos y una limpia manual, y las plagas, con dos aplicaciones de insecticida. Los calendarios y láminas de riego aplicadas a cada tratamiento se presentan en el Cuadro 1.

Durante el desarrollo del cultivo, se realizaron muestreos periódicos de una área de 0.5 m^2 a partir de los 44 días después de la siembra (DDS) para determinar: número de nódulos, área foliar y peso seco del follaje. Con el dato de área foliar y el peso del follaje se calculó el índice de área foliar (IAF) (cm^2/cm^2) y el área foliar específica (AFE) (cm^2/g de hoja). En madurez, se cosecharon las plantas de tres surcos de 4 m de largo en los que se cuantificó el rendimiento de grano, paja y la concentración de N total en las partes de la planta. También se tomaron datos del número de días a la floración y madurez fisiológica.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Figura 1 se muestran los contenidos de humedad del suelo, antes y después de cada

Cuadro 1. Calendario de riego y lámina total de agua aplicada a dos variedades de frijol bajo diferentes regímenes de humedad.

Sequía en etapa		Número de riego						Lámina	
Vegetativa	Reproductiva	1	2	3	4	5	6	Total	cm
		Flor de mayo bajo							
No	No	28*	37	50	65	80	--		45
No	Moderada	28	49	60	74	--	--		36
No	Severa	28	49	70	--	--	--		27
Moderada	No	37	49	65	80	--	--		37
Moderada	Moderada	37	49	65	75	--	--		36
		Bayocel							
No	No	28	37	50	65	80	95		55
No	Moderada	28	49	70	85	--	--		40
Moderada	Moderada	37	49	70	85	--	--		38

*Días después de la siembra.

Cuadro 2. Número de nódulos por planta en cinco etapas fenológicas de dos variedades de frijol bajo diferentes regímenes de humedad.

Sequía en etapa		Número de nódulos/planta				
Vegetativa	reproductiva	44*	55	68	77	90
		Flor de mayo bajo				
No	No	10	17	72	67	30
No	Moderada	7	10	44	23	17
No	Severa	9	13	14	4	1
Moderada	No	9	9	61	60	47
Moderada	Moderada	9	9	34	40	18
		Bayocel				
No	No	5	12	75	65	37
No	Moderada	6	6	12	17	24
Moderada	Moderada	4	3	10	6	21
MDS 0.05		NS	12	18	19	17

* Días después de la siembra.

riego, de los primeros cuatro tratamientos, en la cual se muestra el agobio hídrico a lo largo del ciclo de desarrollo del cultivo.

En relación con la nodulación, probablemente debido a la aplicación del fertilizante nitrogenado a la siembra, la formación de nódulos fue reducida al inicio de la etapa vegetativa en ambas variedades. Posteriormente, el número de nódulos se incrementó y en ambas variedades alcanzó su valor máximo a lo 68 DDS. El

agobio hídrico durante la etapa vegetativa mostró mínimo impacto sobre la nodulación en la variedad FMB, pues a pesar de que tendió a reducir ligeramente la nodulación en etapas tempranas del desarrollo, ésta fue compensada en etapas avanzadas, una vez que se reinició la aplicación de agua (Cuadro 2). Por el contrario, una sequía severa al final de la etapa reproductiva causó un daño irreparable al sistema nodular. Esto pudo ocurrir a través del daño directo a los nódulos ya establecidos o a los nódulos en formación.

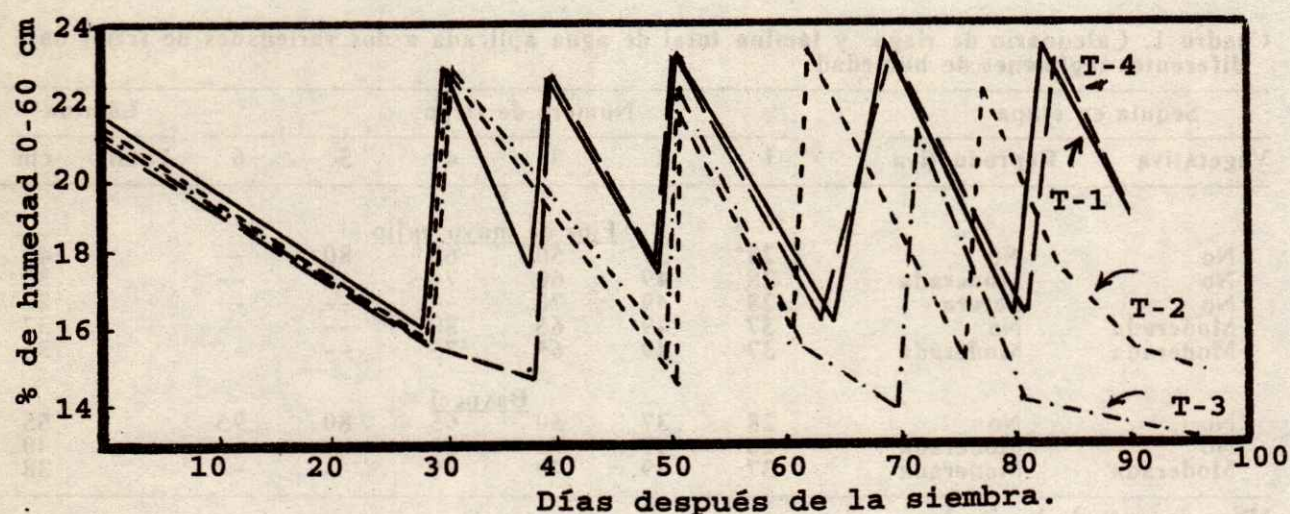


Figura 1. Contenido de humedad del suelo antes y después de cada riego en los primeros cuatro tratamientos de humedad.

Cuadro 3. Índice del área foliar en cinco etapas fenológicas de dos variedades de frijol bajo diferentes regímenes de humedad.

Sequía en etapa		Índice de área foliar				
		44*	55	68	77	90
Vegetativa Reproductiva						
		Flor de Mayo Bajío				
No	No	0.15	0.55	0.95	1.46	0.45
No	Moderada	0.19	0.41	0.95	1.25	0.40
No	Severa	0.17	0.48	0.89	1.07	0.09
Moderada	No	0.15	0.40	0.96	1.21	0.61
Moderada	Moderada	0.15	0.40	0.79	1.28	0.26
		Bayocel				
No	No	0.36	0.98	2.70	3.04	2.26
No	Moderada	0.34	0.91	2.46	2.73	2.49
Moderada	Moderada	0.24	0.59	1.86	2.23	1.98
DMS 0.05		0.15	0.30	0.40	0.38	0.35

*Días después de la siembra.

Bajo condiciones de riego, la variedad Bayocel mostró una nodulación muy similar a FMB. Sin embargo, bajo condiciones de sequía la variedad Bayocel redujo su nodulación en mayor proporción que FMB, indicando una mayor susceptibilidad de su sistema nodular a la sequía.

Con respecto al IAF en diferentes etapas de muestreo, la variedad FMB en ausencia de agobio hídrico presentó valores bajos en

comparación con el valor de cuatro, considerando como el óptimo para la obtención de altos rendimientos en frijol (Laing *et al.*, 1983). La variedad Bayocel presentó un IAF máximo de 3.04, el cual resultó 100% más alto que el de la variedad FMB. Bayocel es una variedad tardía por lo que la duración del área foliar fue también mayor. El IAF se redujo conforme aumentó el nivel de sequía. El IAF promedio de la variedad Bayocel se redujo en 32% con el tratamiento de sequía

imoderada durante todo el ciclo de desarrollo, contra una reducción promedio de 23% en la variedad FMB lo que indica que el cultivar Bayocel es probablemente más susceptible al agobio hídrico que el FMB.

En relación al AFE, durante la etapa de fotosíntesis activa la variedad Bayocel presentó mayor AFE que la variedad FMB, (Cuadro 3) resultados incongruentes con lo señalado por White e Izquierdo (1991), los que reportaron que a menudo las variedades de crecimiento determinado tienen valores más altos de AFE y sugieren que esto es posiblemente el resultado de un mecanismo compensatorio cuando se restringe el IAF. Sólo en la variedad Bayocel se encontró una reducción en el AFE como resultado del aumento en el nivel de sequía. Algunos autores hacen referencia al AFE como peso específico foliar (PEF), el cual se presenta en unidades opuestas, es decir, en mg/cm². Al respecto, Bonanno y Mack (1983), Pendey *et al.*, (1984) y Jara *et al.* (1988) encontraron un aumento en el peso específico foliar (disminución en el AFE) debido a un déficit hídrico, resultados congruentes con el comportamiento de la variedad Bayocel en el presente estudio. Jara *et al.* (1988) sugieren utilizar el peso específico foliar como un índice para identificar genotipos tolerantes a sequía. Los resultados de este estudio no

conuerdan con dicha propuesta, pues mientras que en la variedad Bayocel, que mostró mayor susceptibilidad al agobio hídrico, se incrementó el AFE al aumentar el nivel de sequía; en la variedad FMB, que ha mostrado mayor tolerancia a sequía (Andrade *et al.*, 1990), éste no se modificó.

En relación con la fenología, la sequía en la etapa reproductiva acortó el ciclo del cultivo, mientras que en la etapa vegetativa provocó lo contrario (Cuadro 4). Los datos de rendimiento bajo condiciones de riego mostraron que el potencial base de la variedad Bayocel resultó superior en 58% al de FMB. El rendimiento de la variedad Bayocel resultó significativamente superior al de FMB cuando ambas variedades fueron sometidas a sequía moderada en la etapa reproductiva y cuando estuvieron bajo buenas condiciones de humedad (Cuadro 5) sin embargo, el número de nódulos y el rendimiento en la variedad Bayocel se redujo en mayor proporción al de FMB lo que indica una mayor susceptibilidad a la sequía de la primera variedad. La sequía severa en la etapa reproductiva provocó una fuerte reducción del rendimiento (este tratamiento sólo se aplicó a la variedad FMB), lo cual es congruente con lo reportado previamente por otros investigadores (Stocker, 1976; Bonanno y Mack, 1983; Acosta y Kohashi, 1989)

Cuadro 4. Area foliar específica en cinco etapas fenológicas de dos variedades de frijol bajo diferentes regímenes de humedad.

Sequía en etapa		Area foliar específica &				
Vegetativa	Reproductiva	44*	55	68	77	90
		Flor de Mayo Bajío				
No	No	158	185	161	191	237
No	Moderada	175	157	133	212	215
No	Severa	167	170	143	196	383
Moderada	No	163	166	147	201	218
Moderada	Moderada	163	169	124	205	253
		Bayocel				
No	No	213	204	253	198	183
No	Moderada	239	286	208	178	156
Moderada	Moderada	168	164	203	170	144
DMS 0.05		42	50	40	NS	51

&Cm²/g de hoja.

*Días después de la siembra.

Cuadro 5. Rendimiento y características agronómicas de dos variedades de frijol bajo diferentes regímenes de humedad.

Sequía en etapa		Días a		Rend ₁ ton ha ⁻¹	Extrac- ción de N ₋₁ kg ha ⁻¹	Índice de cosecha	
Vegetativa	Reproductiva	Flora- ción	Madurez			M. Seca N	
Flor de Mayo Bajío							
No	No	52	92	2.51	88	0.65	0.84
No	Moderada	51	90	2.18	70	0.56	0.78
No	Severa	51	88	1.39	41	0.56	0.71
Moderada	No	50	94	2.38	84	0.60	0.81
Moderada	Moderada	50	92	2.13	72	0.62	0.78
Bayocel							
No	No	59	109	4.26	154	0.59	0.78
No	Moderada	59	102	2.99	110	0.49	0.71
Moderada	Moderada	59	108	2.80	95	0.47	0.70
DMS 0.05		NS	3	0.60	21	0.07	0.06

Los datos de extracción total de N mostraron un comportamiento similar al de rendimiento. Bajo condiciones de sequía severa, la extracción total de N se redujo en más de 100%. Sin embargo, los datos de índice de cosecha indican una mejor distribución de la materia seca (mayor capacidad y removilización de compuestos solubles hacia las vainas) bajo condiciones de sequía en la variedad FMB que en Bayocel, lo cual es considerado un mecanismo de adaptación a la sequía. De igual manera, la variedad FMB también mostró una mayor capacidad de removilización de compuestos nitrogenados a las vainas, tanto bajo condiciones de riego como de sequía.

CONCLUSIONES

1. La sequía durante la etapa reproductiva afectó más la nodulación que en la etapa vegetativa. Además, un riego después de la sequía en etapa vegetativa, permitió la recuperación de la nodulación.
2. Con base en los valores de índice de cosecha para materia seca y nitrógeno, la removilización de carbohidratos solubles y compuestos nitrogenados hacia los frutos en desarrollo bajo condiciones de sequía resultó superior en la variedad Flor de Mayo Bajío que en la variedad Bayocel.
3. El área foliar específica fue reducida por efecto de la sequía en forma diferencial

para cada variedad, mostrando Bayocel una mayor reducción que Flor de Mayo Bajío.

4. La sequía en etapa vegetativa alargó el ciclo del cultivo, mientras que en la etapa reproductiva el efecto resultó inverso.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de Investigación fue financiado con fondos del CRSP a través del Proyecto Título XII y bajo el convenio INIFAP-MSU.

LITERATURA CITADA

- ACOSTA-GALLEGOS, J.A. y J. KOHASHI. 1989. Effects of water stress on growth and yield of indeterminate bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *Field Crop Res.* 20: 81-93.
- ALBRECHT, S.L., J.M. BENNET y K.J. BOOTE. 1984. Relationship on nitrogenase activity to plant water stress in field grown soybean. *Field Crop. Res.* 8: 61-71.
- ANDRADE, E., F. DELGADILLO, A. AREVALO, J. SORIA, H. RODRIGUEZ y G. DIAZ CASTRO. 1990. Guía para cultivar frijol de riego y temporal en Guanajuato. Folleto para productores. No. 2. INIFAP-CIFAP-GTO.
- BONANNO, A.R. y M.J. MACK. 1983. Yield components and pod quality of snap beans grown under differential irrigation. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 105: 869-873.
- DOORENBOS, J. y A.H. KASSAM. 1979. Efecto del agua sobre el rendimiento de los cultivos. FAO ROMA. pp. 83-88.

- DURAND, J.L., J.E. SHEEHY y F.R. MINCHIN. 1987. Nitrogenase activity photosynthesis and nodule water potencial in soya bean plants experiencing water deprivation. *J. Exp. Bot.* 38: 311-321.
- HALTERLEIN, A.J. 1980. Bean. In: I.D. Teare y M.M. Peet. Eds. *Crop water relations*. Jhon Wiley & Sons. pp. 158-185.
- INEGI. 1988. Abastos y comercialización de productos básicos. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. SECOFI-Conasupo, México, D.F. 63 p.
- JARA, R.; J. IZQUIERDO y R. MATTE. 1988. Respuesta fisiomorfológica y productiva del frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.) frente al déficit hídrico. *Agrociencia* (Chile). 4: 21-26.
- LAING, P.R.; P.J. KRETCHMER; S. ZULUAGA y P.G. JONES. 1983. Field bean In: W.H. Smith and S.J. band (Eds.), *Symposium on Potential Productivity of Field Crop Under Different Environments*. IRRI, Los Baños, Philippines, 1980. (Proc.) pp. 227-248.
- PENDEY, R.K.; W.A.T. HERRERS; A.N. VILLEGAS y J.W. PENDLETON. 1984. Drought responses of grain legumes under irrigation gradients. III-Plant growth. *Agro. J.* 76: 557-560.
- PANKURST, G.E. y J.I. SPRENT. 1975. Effects of water stress on the respiratory and nitrogen fixing activity of soybean root nodules. *J. Exp. Bot.* 26: 287-304.
- STANSELL, J.R. y D.A. SMITLE. 1980. Effects of irrigation regimes on yield and water use snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 105: 869-873.
- STOKER, R. 1976. Effects on dwarf beans of water stress at different phases of growth. *N.Z.J. Exp. Agric.* 2: 13-15.
- SPRENT, J.J. y STOCKER. 1982. Nitrogen fixation in grain legumes in the U.K. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.* 296: 387-395.
- WEISZ, P.R., R.F. DENISON y T.R. SINCLAIR. 1985. Response to drought stress and nitrogen fixation (acetylene reduction) rate by field grown soybean. *Plant Physiol.* 78: 525-530.
- WHITE, J.W. y J. IZQUIERDO. 1991. Physiology of yield potential and stress tolerance. p. 287-382. In: A.V. Schoonhoven y O. Voysest (Eds.). *Common Beans, Research for Crop Improvement* CAB International

RESPUESTA DE *Citrus aurantium* L. A LA INOCULACION CON HONGOS ENDOMICORRIZICOS ARBUSCULARES UTILIZANDO DIFERENTES NIVELES DE INOCULO

Response of *Citrus aurantium* L. to Inoculation With Arbuscular Endomycorrhizal Fungi Using Different Inoculation Levels

J. Jesús Botello G., Ronald Ferrera-Cerrato y
Ma. del Carmen González Chávez

Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados,
56230 Montecillo, Méx.

Palabras clave: Naranja agrio, Endomicorriza vesículo-arbuscular, Dosis de inóculo.

Index words: Sour orange, Vesicular-arbuscular endomycorrhizae, Inoculation dosage.

(0.25%). De la información obtenida se considera que dosis mínimas de inóculo (1 g) pueden ser empleadas para obtener beneficios de la simbiosis endomicorrízica similares a los observados aplicando dosis elevadas (50 g).

RESUMEN

Se estudió el efecto de diferentes niveles de inóculo de cuatro hongos endomicorrizicos en *Citrus aurantium*. No se presentaron diferencias estadísticas en las variables evaluadas debido a las dosis de inóculo empleadas. Las plantas inoculadas presentaron las mejores respuestas en altura, peso seco, contenido de P en follaje y volumen radical que las plantas no inoculadas. Los hongos endomicorrizicos más eficientes fueron *Scutellispora calospora* (Nicolson & Gerdemann) Walker & Sanders, *Glomus versiforme* (Karsten) Berch y *Glomus fasciculatum* (Thaxter) Gerdemann & Trappe emend. Walker & Koske, siendo sus respuestas estadísticamente diferentes a las plantas no inoculadas y a las inoculadas con *Glomus intraradix* (Schenck & Smith). La producción de materia seca y el volumen radical fueron incrementados hasta en un 1449% y 515%, respectivamente con *Scutellispora calospora*. Todos los hongos endomicorrizicos incrementaron la concentración foliar de P

SUMMARY

The effect of different inoculation levels of endomycorrhizal fungi in *Citrus aurantium* was evaluated in this study. There were no significant differences in the parameters under evaluation due to inoculation. The inoculated plants showed better responses in plant height, dry weight, P leaf content, and root volume than non-inoculated plants. The endomycorrhizal fungi with better efficiency were *Scutellispora calospora* (Nicolson & Gerdemann) Walker & Sanders, *Glomus versiforme* (Karsten) Berch, and *Glomus fasciculatum* (Thaxter) Gerdemann & Trappe emend. Walker & Koske, showing significant responses different to those of non-inoculated plants, and to those inoculated with *Glomus intraradix* (Schenck & Smith). Dry matter production and root volume increased up to 1449% and 515% respectively, with *Scutellispora calospora*. The P leaf concentration was higher in the inoculated plants in comparison to control plants. From the results of this research it can be considered that minimum inoculum dosages (1g) can be used to get advantages from endomycorrhizal symbiosis similar to those observed using higher dosages (50 g).

INTRODUCCION

La endomicorriza vesicular-arbuscular (V-A) es una asociación simbiótica entre algunos hongos del orden de los Glomales y las raíces de las plantas superiores (Morton y Benny, 1990). La distribución de la endomicorriza V-A es casi universal encontrándose en la mayoría de los miembros del reino vegetal (Fitter, 1989). Dentro de los hospederos de los hongos endomicorrízicos, están las plantas de importancia agrícola, frutícola, ornamental y forestal, por lo que su uso en la producción de éstas es relevante (Ferrera-Cerrato, 1987).

La simbiosis confiere al sistema radical del hospedero, sobre todo en suelos de baja fertilidad, de mecanismos más eficientes para la absorción y translocación de P y otros nutrimentos como el Zn, Cu, Mg, S, B (Stribley, 1987). La micorriza aprovecha fuentes disponibles de nutrimentos por muy limitadas que éstas sean, repercutiendo notablemente en el crecimiento del hospedero (Hayman, 1983), debido a una mayor superficie de absorción por la extensa red de hifas que se forman fuera de la raíz, con la capacidad de explorar un volumen mayor y en forma más eficiente que un sistema radical no micorrizado (Safir, 1980).

La colonización de raíces de cítricos por hongos endomicorrízicos fue señalada algunas décadas atrás por Rayner (1935), Reed y Freemont (1935) citados por Bouza (1989), pero no fue confirmada hasta que Marx et al. (1971) encontraron incrementos en el crecimiento de naranjo agrio y limón rugoso al inocularlas con *Glomus fasciculatum*. Desde entonces numerosas investigaciones han encontrado efectos positivos en el crecimiento de los cítricos (Ferguson y Menge, 1981), en el contenido de lípidos (Nagy et al., 1980) y carbohidratos (Nemec y Guy, 1982), incremento en la resistencia contra patógenos (Dehne, 1982), y resistencia a la sequía (Levy et al., 1983). Sin embargo, el uso de la endomicorriza no ha sido implementada en el manejo de viveros. Al respecto, Bitters (1983) menciona que la producción de plantas sanas de cítricos que satisfagan las demandas de los fruticultores requiere de la incorporación de mejores técnicas y prácticas viverísticas.

Jarenette (1991) menciona que la aplicación práctica de la tecnología micorrízica puede ser de impacto en la agricultura, sobre todo en la producción en vivero de plantas micorrizadas; lo cual da como resultado plantas más vigorosas, de mejor porte y con mayor probabilidad de sobrevivencia al ser trasplantadas a los sitios definitivos (Nemec, 1987).

En el vivero, es práctica común fumigar los sustratos donde se desarrollan las plantas con la finalidad de eliminar patógenos de hábitos radicales, sin embargo, la flora microbiana que le proporciona beneficios también es eliminada. La restauración de los endófitos micorrízicos es posible gracias a la inoculación, ya sea con suelo donde crecieron plantas inoculadas que contenga abundantes esporas o fragmentos de raíces colonizadas por estos hongos, ya que éstos tienen la condicionante de no poder crecer en cultivos axénicos.

Powel (1984) menciona que este método requiere del uso de altas cantidades de suelo, es de alto costo y difícil de manipular. Hayman (1984) menciona que la inoculación en campo podría emplear 2-3 ton ha⁻¹ de suelo inóculo. Sin embargo, no se tiene establecida la dosis mínima de uso en vivero que sea capaz de proporcionarle a las plantas la condición micorrízica y los beneficios, evitando así un uso inadecuado de suelo inóculo.

La inoculación cobra interés máximo en los cítricos, porque son hospederos altamente dependientes de la micorriza y su ausencia puede dar como resultado plantas con pobre desarrollo y con severos síntomas de deficiencias nutrimentales. Menge y Lembricht (1977) reportan que fue necesario aplicar 560 kg ha⁻¹ de P para corregir parcialmente la clorosis de las plantas y que las variedades de cítricos más susceptibles sólo produjeron el 25% del crecimiento normal.

Con base en lo anterior, se plantearon como objetivos de este trabajo probar el efecto de diferentes niveles de inóculo proveniente de cuatro especies de hongos endomicorrízicos para determinar el mínimo óptimo capaz de inducir respuesta positiva en *Citrus aurantium* L. y conocer la susceptibilidad del hospedero a los diferentes hongos ensayados.

MATERIALES Y METODOS

Propagación de Hongos Endomicorrízicos.

Se emplearon cuatro especies de hongos formadores de endomicorriza; *Scutellispora calospora*, *Glomus versiforme*, *Glomus fasciculatum* y *Glomus intraradix*. Para la obtención de inóculo todas las especies se propagaron en *Allium cepa* L. var. Cabezona. Los componentes de inóculo usado fueron; suelo de rizosfera con esporas y segmentos de raíces colonizadas del hospedero de propagación, en una proporción 10:1 en peso.

Germinación de Semillas.

Las semillas de *Citrus aurantium* L. esterilizadas superficialmente con bicloruro de mercurio al 0.1%, se germinaron en charolas con tezontle fino esterilizado en autoclave 3 h/121°C) y se mantuvieron en invernadero.

Sustrato de Crecimiento y Macetas.

El sustrato utilizado consistió de una mezcla de suelo-arena-materia orgánica 2:1:1 v/v/v, fumigado con bromuro de metilo. Se utilizaron bolsas de polietileno negro de 26.5 x 35 cm perforadas (envases de uso común en los viveros de producción frutícola), mismas que fueron desinfectadas con alcohol y posteriormente se llenaron con esta mezcla.

Inoculación y Trasplante.

Para facilitar el manejo del inoculante, éste fue pesado y colocado en bolsas pequeñas de polietileno desinfectadas con alcohol. Los niveles de inóculo empleados de cada especie endomicorrízica fueron 0, 1, 10, 25 y 50 g por planta (de la mezcla original proporción 10:1). El inóculo fue aplicado al momento del trasplante en el orificio practicado en la superficie del sustrato donde se colocaron las plántulas de naranjo agrio. Las plántulas seleccionadas para el estudio tenían una altura de 5 cm, tallo recto y aspecto sano. Luego de la inoculación y el trasplante, la superficie del sustrato se cubrió con tezontle grueso estéril para impedir la contaminación externa.

Diseño Experimental.

Se utilizó un diseño completamente al azar con 20 tratamientos, que incluyeron cuatro hongos endomicorrízicos (*Scutellispora calospora*, *Glomus versiforme*, *Gl. fasciculatum* y *Gl. intraradix*) y cinco niveles de inóculo, empleando tres repeticiones.

Riego.

El experimento se condujo bajo condiciones de invernadero. El programa de riego incluyó la aplicación de 200 ml de solución de Long Ashton deficiente en fósforo cada 7 días.

Evaluación.

La duración del trabajo fue de 28 semanas. Los parámetros medidos fueron: altura, peso seco (hasta un peso constante a 70°C); volumen radical, contenido total de fósforo en el follaje y el porcentaje de colonización endomicorrízica radical empleando el método de clareo y tinción (Phillips y Hayman, 1970).

RESULTADOS Y DISCUSION

Todas las plantas micorrizadas presentaron mejor crecimiento que las plantas testigo. En la Figura 1 se presenta el efecto de las diferentes especies de hongos endomicorrízicos y niveles de inóculo empleados sobre la altura que semanalmente fueron adquiriendo las plántulas de *Citrus aurantium*. Se observó que todas las plantas inoculadas incrementaron rápidamente su crecimiento desde las primeras etapas de desarrollo.

Las plantas inoculadas con *Scutellispora calospora* y *Glomus fasciculatum*, no mostraron diferencias significativas en altura con las diferentes dosis de inóculo. En el caso de *Glomus versiforme* se observó comportamiento similar con las dosis de 10, 25 y 50 g desde las primeras semanas de crecimiento. Un patrón de crecimiento diferente fue observado con 1 g de inóculo, sin embargo, no se observan diferencias significativas, en estos tratamientos.

Estos resultados muestran que con sólo 1 g de suelo+raíces se pueden obtener los beneficios que la micorriza ofrece a los

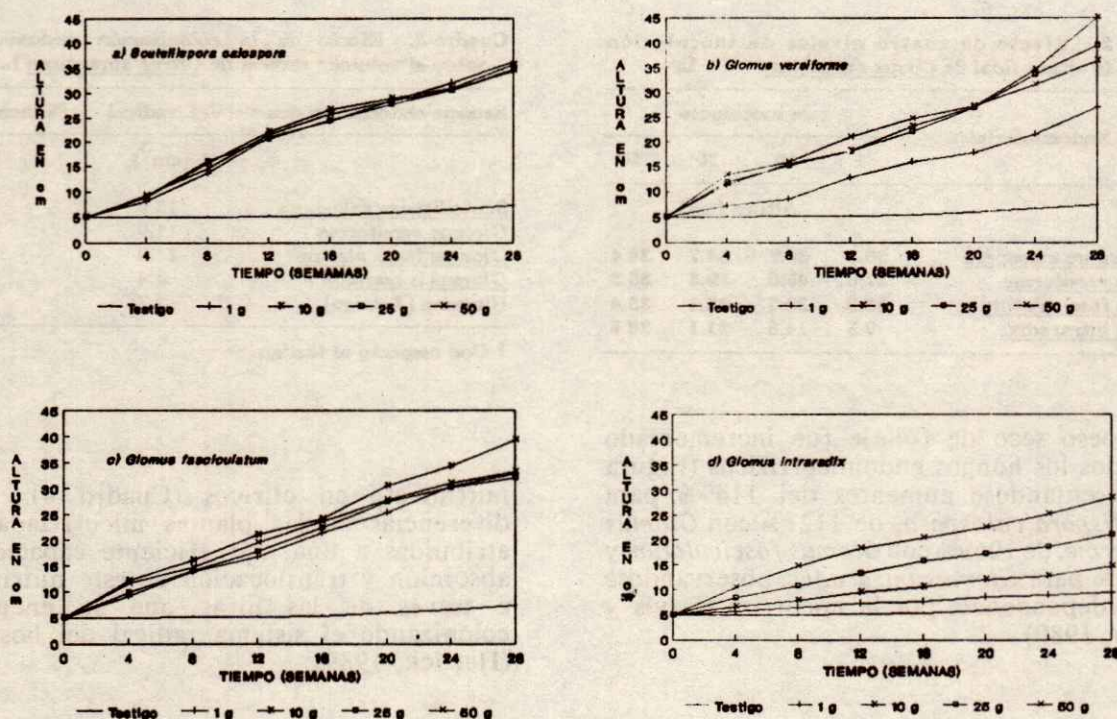


Figura 1. Efecto de cuatro hongos endomicorrizicos aplicados en cinco niveles de inoculación sobre la altura de *Citrus aurantium*.

cítricos, y la limitante para su uso comercial de altas cantidades de inóculo puede ser superada.

Para *Glomus intraradix* se presentaron diferentes respuestas en altura para cada una de las dosis empleadas, siendo estadísticamente diferente el empleo de 1 g e igual las dosis 10, 25 y 50 g de inóculo, este hongo fue el menos eficiente en mejorar el crecimiento de las plantas.

La altura final de las plantas inoculadas utilizando los cuatro niveles de inóculo están resumidas en el Cuadro 1, observando que las plantas testigo presentaron poco desarrollo, debido a que los cítricos, especialmente algunos portainjertos, son altamente dependientes de la simbiosis, por lo que para producir su máximo desarrollo es necesaria la presencia del hongo (Azcón-Aguilar et al., 1984).

Las plantas inoculadas presentaron una mayor altura que la de los testigos no

Cuadro 1. Efecto de cuatro hongos endomicorrizicos sobre la altura final promedio de *Citrus aurantium*.

Especie Endomicorrizica	Altura ¹⁾ (cm)
<i>Scutellispora calospora</i>	35.3a ²⁾
<i>Glomus versiforme</i>	36.9ab
<i>Glomus fasciculatum</i>	34.4b
<i>Glomus intraradix</i>	18.5c
Ninguna (Testigo)	7.35d

1) Promedio por especie endomicorrizica independiente del nivel de inóculo.

2) Números seguidos de la misma letra no son estadísticamente diferentes Duncan ($P \geq 0.1$)

inoculados, independientemente de la especie endomicorrizica y de las dosis de inóculo aplicado. Sin embargo, la altura final de las plantas fue afectada diferencialmente por la especie endomicorrizica empleada (Cuadro 2), estableciendo relaciones preferenciales hongo-planta, como lo reportan González y Ferrera-Cerrato (1987 y 1990), y mostrando que los hongos endomicorrizicos difieren en su efectividad (Howeler et al., 1987).

Cuadro 2. Efecto de cuatro niveles de inoculación sobre la altura final de *Citrus aurantium* L.

Especie Endomicorrizica	g de inoculante			
	1	10	25	50
	Altura (cm)			
<i>Scutellispora calospora</i>	36.3	35.7	34.7	34.4
<i>Glomus versiforme</i>	27.0	46.0	39.3	36.3
<i>Glomus fasciculatum</i>	33.0	39.3	32.1	33.4
<i>Glomus intraradix</i>	9.5	14.8	21.1	28.5

El peso seco de follaje fue incrementado por todos los hongos endomicorrizicos (Figura 2), presentándose aumentos del 1149% para *Scutellispora calospora*, de 1127% con *Glomus versiforme*, de 1069% con *Glomus fasciculatum* y de 418% para *Glomus intraradix*, observándose la alta dependencia por la micorriza (Davis y Menge, 1980).

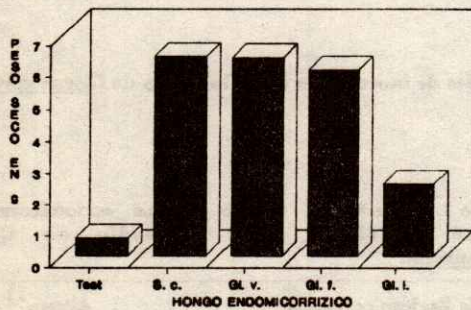


Figura 2. Efecto de cuatro hongos endomicorrizicos sobre el peso seco de *Citrus aurantium*. Test= testigo, S.c. = *Scutellispora calospora*, Gl. v. = *Glomus versiforme*, Gl.f. = *Glomus fasciculatum* y Gl.i.= *Glomus intraradix*.

Las plantas inoculadas presentaron un volumen radical hasta cinco veces mayor que el volumen radical de las plantas testigo (Cuadro 3), esto puede ser debido a que los hongos micorrizicos estimulan el crecimiento de la planta hospedera por efectos hormonales y nutrimentales (Powell, 1984).

El contenido de fósforo en el follaje en las plantas inoculadas fue superior a la concentración de 0.09% reportado por Menge (1977) como indicadora de deficiencia de este

Cuadro 3. Efecto de la colonización endomicorrizica sobre el volumen radical de *Citrus aurantium* L.

Especie endomicorrizica	Vol. radical (cm ³)	% incremento*
<i>Scutellispora calospora</i>	13.9	515
<i>Glomus versiforme</i>	11.9	441
<i>Glomus fasciculatum</i>	11.9	441
<i>Glomus intraradix</i>	8.4	311
Ninguna (Testigo)	2.7	---

* Con respecto al testigo.

nutrimento en cítricos (Cuadro 4). Estas diferencias en las plantas micorrizadas, son atribuidas a una más eficiente capacidad de absorción y translocación de este nutrimento, a través de las hifas que se encuentran colonizando el sistema radical del hospedero (Hetrick, 1989).

Cuadro 4. Efecto de la colonización endomicorrizica sobre la concentración de fósforo (%) en follaje de *Citrus aurantium* L.

Especie endomicorrizico	% Fósforo
<i>Scutellispora calospora</i>	0.247
<i>Glomus versiforme</i>	0.265
<i>Glomus fasciculatum</i>	0.282
<i>Glomus intraradix</i>	0.217
Ninguna (Testigo)	<0.09*

* Reportado por Menge (1977) como deficiente en P. Promedio de 3 repeticiones.

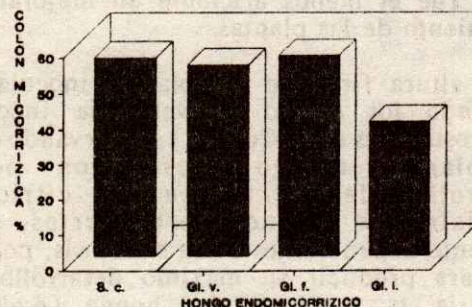


Figura 3. Colonización endomicorrizica de *Citrus aurantium* inoculado con cuatro hongos. Test = testigo, S.c. = *Scutellispora calospora*, Gl. v. = *Glomus versiforme*, Gl.f. = *Glomus fasciculatum* y Gl.i. = *Glomus intraradix*.

En la Figura 3 se reporta el porcentaje de colonización radical, encontrándose porcentajes similares en *Scutellispora calospora*, *Glomus versiforme* y *Glomus fasciculatum* y en menor porcentaje *Glomus intraradix*. La colonización endomicorrízica presentó relación con la respuesta en crecimiento en *Citrus aurantium*, a diferencia de lo observado por Graham et al. (1982), de que no hay relación entre colonización endomicorrízica y la respuesta de crecimiento del hospedero.

CONCLUSIONES

1. La condición micorrícica es necesaria para un buen desarrollo de *Citrus aurantium*.
2. Un gramo de inóculo es suficiente para inducir respuestas estadísticamente similares en *Citrus aurantium* L., que con el empleo de niveles más altos de inóculo (50 g) en las especies endomicorrízicas probadas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la revisión y recomendaciones del Dr. Jorge D. Etchevers de la Sección de Fertilidad del Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados.

LITERATURA CITADA

- AZCON-AGUILAR, C., J.M. BAREA y B.E. ROLDAN-FAJARDO. 1984. Avances recientes en el estudio de las micorrizas VA. II. Factores que afectan su formación y función y aplicaciones prácticas en Agricultura. *Anales de Edafología y Agrobiología* 43(5-6): 953-958.
- BITTERS, W.P. 1983. Comportamiento de patrones Valencia. Seminario de Información Económica (Primer Congreso Mundial de Viveristas de Cítricos) 22(1.120): 27.
- BOUZA, S.N. 1989. Las micorrizas vesículo-arbusculares en el cultivo de los cítricos. Perspectivas de su utilización en viveros. Boletín de Reseña 39. Centro de Información Agropecuario. Habana, Cuba. p. 1-46.
- DAVIS, R.M. y J.A. MENGE. 1980. Influence of *Glomus fasciculatum* and soil phosphorus on *Phytophthora* root rot of *Citrus*. *Phytopathology* 70: 447-452.
- DEHNE, H.W. 1982. Interaction between vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and plant pathogens. *Phytopathology* 72: 1115-1119.
- FERGUSON, J.J. y J.A. MENGE. 1981. Inoculum production and yield application of endomycorrhizal fungi. *Phytopathology* 71: 873.
- FERRERA-CERRATO, R. 1987. La endomicorriza (V-A) en la producción agrícola, frutícola y forestal. *Rev. Méx. Fitopatología* 5: 150-158.
- FITTER, A.H. 1989. The role and ecological significance of vesicular-arbuscular mycorrhizas in temperate ecosystems. *Agric. Ecosystem Environ.* 29: 137-151.
- GRAHAM, J.H., R.G. LINDERMAN y J.A. MENGE. 1982. Development of external hyphae by different isolates of mycorrhizal *Glomus* spp. in relation to root colonization and growth of Troyer Citrange. *New Phytol.* 912: 183-189.
- GONZALEZ, CH.C. y R. FERRERA-CERRATO. 1987. Efecto del captán y la endomicorriza VA sobre el desarrollo de fresa proveniente del cultivo *in vitro*. *Rev. Lat-Amer. Microb.* 29: 193-199.
- GONZALEZ, CH.C. y R. FERRERA-CERRATO. 1990. Effect of vesicular-arbuscular mycorrhizae on tissue culture-derived plantlets of strawberry. *HortScience* 25: 903-905.
- HAYMAN, D.S. 1983. The physiology of vesicular-arbuscular endomycorrhizal symbiosis. *Canadian Journal of Botany* 61: 944-963.
- HAYMAN, D.S. 1984. VA mycorrhizas in field crop system. pp. 171-192. In: Safir GR (Ed.) *Ecophysiology of VA mycorrhizal plants* CRC Press Inc. Florida.
- HETRICK, B.A.D. 1989. Acquisition of phosphorus by VA mycorrhizal fungi and the growth responses of their host plants. p. 212. In: Lynne, Marchant and Read (Eds.). *Nitrogen, Phosphorus and Sulphur utilization by fungi*. Cambridge University Press. Cambridge England.
- HOWELER, R.H.L., L. SIEVERDING y S.R. SAIF. 1987. Practical aspect of mycorrhizal technology in some tropical crops and pastures. *Plant and Soil* 100: 229-283.
- JANERETTE C.A. 1991. An introduction to mycorrhizae. *The American Biology Teacher.* 53: 13-19.
- LEVY, Y., J. DODD y J. KRICKUN. 1983. Effect of irrigation, water salinity and rootstock on the vertical distribution of vesicular-arbuscular mycorrhiza in Citrus roots. *New Phytol.* 95: 397-403.
- MARX, D.H., W.C. BRYAN y W.A. CAMPBELL. 1971. Effect of endomycorrhizae formed by *Endogone mosseae* on growth of Citrus. *mycologia* 63: 1222-1226.
- MENGE, J.A. y H. LEMBRIGHT. 1977. Utilization of mycorrhizal fungi in citrus nurseries. *Proc. Int. Soc. Citriculture.* 1: 129-132.
- MORTON, B.J. y G. BENNY. 1990. Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes): A new order, Glomales, two new suborders, Glomineae y Gigasporineae and two new families, Acauloporaceae and Gigasporaceae, with an emendation of Glomaceae. *Mycotaxon* 34: 471-491.
- NAGY, S., H.F. NORDEY y S. NEMEC. 1980. Composition of lipids in roots of six citrus cultivars infected with the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus, *Glomus mosseae*. *New Phytol.* 85: 377-384.
- NEMEC, S. 1987. VA mycorrhizae in horticultural systems. pp. 193-211. In: G.R. Safir (Ed.). *Ecophysiology of VA mycorrhizal plants* Boca Raton, FL: CRC Press.
- NEMEC, S. y G. GUY. 1982. Carbohydrate status of mycorrhizal and nonmycorrhizal citrus rootstocks. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 107: 177-180.
- PHILLIPS, J.M. y D.S. HAYMAN. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 55: 158-161.

POWELL, C.L. 1984. Field inoculation with VA mycorrhizal fungi. pp. 205-222. In: C.L. Powell & D.J. Bagyaraj (Eds.). VA mycorrhizal Boca Raton. FL CRC Press.

SAFIR, G.R. 1980. Vesicular-Arbuscular mycorrhiza and crop productivity. Academic Press. Inc. N.Y. 231-256.

STRIBLEY, D.P. 1987. Mineral nutrition. In: G.R. Safir (Ed.). Ecophysiology of VA mycorrhizal plants. Boca Raton, FL: CRC Press.

EFFECTO DE LA ENDOMICORRIZA V-A EN MAIZ Y FRIJOL SEMBRADOS SOLOS O ASOCIADOS EN CONDICIONES DE CAMPO

Effect of (V-A) Endomycorrhizal Fungi on Corn and Bean
Under Multiple Crop System

R.A. Guzmán-Plazola¹⁾, R. Ferrera-Cerrato¹⁾ y
G.J. Bethlenfalvay²⁾

¹⁾Colegio de Postgraduados, 56230 Montecillo, Méx.

²⁾Western Regional Research Center, USDA-ARS, Albany, CA 9470, USA

Palabras clave: Micorriza, Maíz, Frijol, Asociación.

Index words: Mycorrhiza, Corn, Bean, Multiple crop system.

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la inoculación micorrizica en maíz y frijol, sembrados en unicultivo o en asociación, bajo condiciones de campo, en un suelo de baja fertilidad fumigado con bromuro de metilo. En las parcelas no micorrizadas, la biomasa producida por el maíz bajo unicultivo, fue similar a la observada en la asociación maíz-frijol, mientras que la leguminosa sembrada sola y sin micorriza, tuvo menor producción de biomasa. Con la inoculación, la actividad micorrizica permitió incrementar la absorción de fósforo y nitrógeno y la producción de biomasa en ambas especies de planta, pero el efecto fue mayor cuando se sembró una sola especie. Esta diferencia es explicada por los distintos requerimientos de potencial de inóculo micorrizico en el sistema asociado respecto al unicultivo, en adición al posible efecto de la competencia entre el maíz y el frijol por agua, luz y nutrimentos.

Recibido 07-91

SUMMARY

Mycorrhizal effects on corn and bean, grown as mixed crop or as monoculture, were evaluated under field conditions in a low fertility soil, fumigated with methyl bromide. In the non-inoculated plots, total nitrogen and phosphorus uptake and total biomass of the corn plants were similar to the corn-bean association, while bean cultivated alone had lower values. In the inoculated plots, mycorrhizal activity increased nitrogen and phosphorus uptake and the biomass production in both species, but the effect was higher in the monoculture. This difference is explained by different rates of inoculum potential required for each cropping system, in addition of the possible effect of competition between corn and bean for water, light and nutrients.

INTRODUCCION

En el proceso de búsqueda de alternativas para incrementar la producción de alimentos a la vez que logre la estabilidad ecológica de los sistemas de producción, se ha propuesto que la asociación de cultivos puede ser una opción adecuada para alcanzar tales objetivos. Este tipo de sistemas de producción parece tener, bajo ciertas condiciones, algunas ventajas respecto a los unicultivos, entre las que destacan la baja variabilidad en el rendimiento de un ciclo a otro, la menor susceptibilidad de los cultivos a las plagas,

enfermedades y maleza y la posibilidad de obtener en el mismo terreno mayor producción de biomasa útil por unidad de superficie (Krishnamurthy, 1984).

La asociación de cultivos es una práctica común en diversas regiones del mundo (Krishnamurthy, 1984). En México, el maíz y frijol son las especies que más frecuentemente se cultivan en asociación. Los orígenes de esta práctica se remontan al inicio del proceso de domesticación de ambas especies. Según Miranda (1967) las variedades de maíz y frijol silvestres tienen la misma área de distribución y además de poseer un ciclo vegetativo similar, el maíz ("teozintle") llega a servir de soporte natural al frijol.

Debido a la importancia económica y ecológica de la asociación de maíz y frijol en México, se han realizado diversos trabajos de investigación enfocados principalmente a la evaluación de variedades, densidades de población, niveles de fertilización y tipos de fertilizante, y en algunos casos hacia el estudio y manejo de plagas y enfermedades; sin embargo, se conoce poco acerca de las interacciones microbianas que ocurren a nivel radical cuando ambas especies son asociadas.

Tanto el maíz como el frijol pueden responder positivamente a la inoculación con hongos micorrízicos cuando los suelos son de baja fertilidad (Aguirre, 1985; Gerdemann, 1964; Guzmán-Plazola *et al.*, 1992; Khan, 1972; Reyes y Ferrera-Cerrato, 1987). Van Kessel *et al.* (1985) observaron que al permitir la asociación de una parte del sistema radical de plantas de soya con raíces de maíz ocurrió incremento en la transferencia de nitrógeno de la leguminosa a la gramínea debido a la presencia de hongos micorrízicos. Guzmán-Plazola *et al.* (1992) demostraron que al sembrar ambas especies en forma adyacente son capaces de desarrollar un sistema micorrízico común mediante la invasión de micelio asociado inicialmente a una de las dos plantas, lo cual afecta significativamente su crecimiento y contenido nutrimental. Sin embargo, las interacciones pueden variar considerablemente cuando los sistemas radicales comparten el mismo volumen de suelo y compiten por luz y nutrientes; debido a esto, en el presente trabajo se ha estudiado la influencia del sistema de cultivo sobre el efecto de la simbiosis micorrízica en ambas especies.

MATERIALES Y METODOS

Se realizó un experimento en condiciones de campo, en un suelo (Typic durandep) con profundidad media de 40 cm, que contenía 11 ppm P (Olsen), 0.07% N, 1.23% de materia orgánica y 0.34, 23.1, 5.42 y 42 meq de K, Ca, Mg y Na/100 g de suelo, respectivamente.

La unidad experimental estuvo constituida por tres surcos de 4 m de largo, separados 90 cm entre sí. Quince días antes de la siembra, cada unidad experimental fue fumigada con 7.5 libras de bromuro de metilo, utilizando polietileno de color negro como cubierta, el cual fue retirado una semana después. Durante la semana siguiente el suelo fue mezclado con una pala para facilitar la liberación del biocida.

Fueron evaluados seis tratamientos: 1) frijol sembrado solo, sin inoculación; 2) maíz sembrado solo, sin inoculación; 3) maíz y frijol sembrados en asociación, sin inoculación; 4) frijol sembrado solo e inoculado (con *Glomus sp* Zac-3); 5) maíz sembrado solo e inoculado y 6) maíz y frijol sembrados en asociación e inoculados.

En los tratamientos micorrizados fue depositado en cada mata, junto con la semilla, 1 g de raíces de alfalfa con 75% de colonización por la cepa Zac-3 de *Glomus sp* y 100 ml de suelo-inóculo que contenía aproximadamente 1200 esporas. Todas las plantas de frijol fueron pelletizadas con inóculo con base de turba, que contenía 1×10^8 bacterias de la cepa de *Rhizobium* CPMEX-1/g de turba. En ningún caso se aplicaron fertilizantes al suelo.

La siembra fue realizada el 10 de julio de 1989. En las parcelas de maíz, cultivado solo o asociado con frijol, se sembró a una distancia de 50 cm entre matas; en las parcelas de frijol en monocultivo la separación fue de 20 cm. Una semana después de la emergencia se realizó un raleo, dejando dos plantas de cada especie en cada mata. La densidad de población en el primer caso fue de 45000 plantas de maíz y 45000 de frijol ha^{-1} , mientras que en el segundo fue de 110000 plantas de frijol ha^{-1} . Los tratamientos fueron distribuidos en el campo mediante un diseño en bloques al azar con cuatro repeticiones.

Se realizó un muestreo a 105 días de la siembra. En cada parcela fue colectada la parte aérea de cuatro matas con competencia completa, pero sólo en dos de ellas se extrajo la raíz. En cada especie fue determinado el peso seco de raíz, tallos y hojas, la colonización micorrízica y el contenido de nitrógeno y fósforo en cada uno de estos componentes. Los valores obtenidos en cada variable fueron extrapolados a kg ha^{-1} para hacer comparable los tratamientos con diferente sistema de cultivo.

Para la determinación de los pesos secos, los diferentes materiales fueron sometidos previamente a 70°C durante 72 horas utilizando una estufa de aire forzado. Para la evaluación de la colonización micorrízica, las raíces de cada planta fueron cortadas en segmentos de 1 a 1.5 cm y mezcladas cuidadosamente para tomar una muestra representativa de 2 a 3 g de peso fresco, la cual fue fijada mediante una solución preparada con 65 ml de formol, 25 ml de ácido acético glacial y 1000 ml de alcohol al 50% (FAA); posteriormente se realizó el clareo y coloración en base al método de Phillips y Hayman (1970), utilizando azul de tripano al 0.05% como colorante. La colonización fue determinada mediante el método de intersección de cuadrantes descrito por Giovannetti y Mosse (1980). El peso seco de la muestra utilizada para medir la micorrización fue estimado tomando en cuenta el contenido de humedad de la fracción remanente. El peso seco de raíz fue calculado sumando el peso seco de ambas fracciones.

El porcentaje de nitrógeno fue determinado mediante el método microkhjeldal modificado para incluir nitratos (Bremner, 1965). El porcentaje de fósforo fue medido utilizando el método de digestión húmeda en ácido nítrico-perclórico y cuantificación colorimétrica con molibdo-vanadato de amonio (AOAC, 1980). La estimación de los contenidos totales de ambos elementos fue realizada con base en el peso seco de cada uno de los órganos de la planta que fueron evaluados.

RESULTADOS

El sistema de cultivo determinó variaciones considerables en la producción de materia seca por las plantas de maíz (Cuadro 1). Cuando esta especie fue sembrada en unicultivo

produjo mayor cantidad de biomasa por hectárea que al sembrarla en asociación con el frijol. Bajo esas condiciones, la actividad del hongo micorrízico estimuló considerablemente la acumulación de biomasa en raíces, tallos y hojas.

Cuadro 1. Efecto de la endomicorriza V-A sobre la producción de materia seca (kg ha^{-1}) de maíz sembrado sólo o en asociación con frijol en condiciones de campo ¹⁾.

Tratamiento	Raíz ²⁾	Tallo ²⁾	Hojas ²⁾	Total
Unicultivo:				
-M	111.2 a	1195.1 ab	576.0 b	1882.3
+M	130.9 a	1751.2 a	964.3 a	2846.4
Asociación:				
-M	73.6 b	645.7 b	507.5 b	1226.8
+M	67.8 b	715.2 b	519.6 b	1302.6

Resultados del análisis de varianza

	Raíz	Tallo	Hojas
	Pr > F		
Micorriza (M)	0.727	0.073	0.041
Sistema de cultivo (S)	0.029	0.028	0.017
Int. M x S	0.527	0.126	0.029
Bloques	0.135	0.114	0.042

1) Muestreo a 105 días de la siembra.

2) Las medias de cada columna que tienen la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey P = 0.05).

Cuando las plantas de maíz fueron sembradas en asociación con el frijol y en ausencia de micorriza, tuvieron la más baja producción de materia seca. Al ser inoculadas con el hongo mostraron incrementos ligeros en la biomasa de tallos y hojas, respecto a lo observado en las plantas asociadas y sin micorriza, pero las diferencias no fueron significativas (Cuadro 1).

La mayor producción de materia seca en el cultivo del frijol fue obtenida al sembrarlo como unicultivo y en presencia de hongos micorrízicos V-A (Cuadro 2). Bajo estas condiciones la biomasa de tallos, hojas y vainas fue más alta que la observada donde no hubo micorriza. La materia seca de las plantas cultivadas en asociación con el maíz fue significativamente menor que en los tratamientos anteriores, particularmente en las parcelas donde no se realizó inoculación.

La endomicorriza tendió a estimular la acumulación de biomasa en los tallos y vainas de las plantas asociadas con el maíz, pero los valores resultaron estadísticamente iguales a los observados donde no fueron aplicados los hongos.

En ausencia de micorriza la cantidad de materia seca producida por el maíz sembrado solo fue similar a la de la asociación maíz-frijol, mientras que el frijol bajo unicultivo produjo menos biomasa. Por el contrario, al

Cuadro 2. Efecto de la endomicorriza V-A sobre la producción de materia seca (kg ha^{-1}) de frijol sembrado solo ¹⁾ en asociación con maíz en condiciones de campo ²⁾.

Tratamiento	Raíz ²⁾	Tallo ²⁾	Hojas ²⁾	Vainas ²⁾	Total
Unicultivo:					
-M	97.3 a	311.5 b	425.4 b	234.5 b	1068.7
+M	112.2 a	623.1 a	754.9 a	950.9 a	2441.1
Asociación:					
-M	34.2 b	131.0 c	252.3 c	148.5 b	566.0
+M	26.9 b	150.7 c	256.5 c	236.8 b	670.9

Resultados del análisis de varianza

	Raíz	Tallo	Hojas	Vainas
	Pr > F			
Micorriza (M)	0.692	0.055	0.012	0.014
Sistema de cultivo (S)	0.001	0.001	0.001	0.015
Int. M x S	0.261	0.021	0.010	0.042
Bloques	0.288	0.299	0.109	0.189

1) Muestreo a 105 días de la siembra.

2) Las medias de cada columna que tienen la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey P = 0.05).

inducir la micorrización el incremento debido al efecto fúngico fue más notorio en el frijol sembrado solo, y el rendimiento de materia seca en ambas especies fue mayor que en el sistema asociado (Cuadro 3).

Contenido de Nitrógeno.

La cantidad de nitrógeno absorbida por el cultivo de maíz, a 105 días de la siembra, fue más alta cuando fue sembrado en unicultivo que al sembrarlo en asociación con frijol. En todos los casos, con excepción de las raíces, la actividad fúngica determinó incrementos en la absorción de ese elemento, pero sólo en los tallos se observó efecto significativo de la inoculación. En todas las variables, los incrementos debidos a la micorriza fueron mayores bajo el unicultivo (Cuadro 4).

El sistema de cultivo afectó considerablemente la cantidad de nitrógeno captada en el frijol (Cuadro 5). El contenido de este elemento en las raíces, tallos, hojas y vainas de las plantas pertenecientes al unicultivo fue más del doble de lo observado en las plantas asociadas con el maíz. La micorriza tendió a incrementar la acumulación de nitrógeno en todos los componentes y la magnitud de este aumento fue mayor en el cultivo solo, pero las diferencias respecto a las plantas no inoculadas fueron significativas únicamente en las vainas.

La cantidad total de nitrógeno acumulado en la biomasa de las plantas de frijol sembrado solo y sin micorriza fue similar al rendimiento total de ese elemento observado en la asociación maíz-frijol sin micorriza (Cuadro 3); por el contrario, el maíz sembrado

Cuadro 3. Rendimiento total (kg ha^{-1}) de materia seca, nitrógeno y fósforo por sistemas de producción de maíz y frijol con y sin inoculación con hongos endomicorrízicos V-A ¹⁾.

Sistema de cultivo	Materia seca		Nitrógeno		Fósforo	
	-M	+M	-M	+M	-M	+M
Maíz solo	1882.3	2846.4	43.167	69.712	2.931	5.259
Frijol solo	1068.7	2441.1	55.910	77.229	3.221	7.609
Maíz y frijol asociados	1792.8	1973.5	54.988	79.102	3.549	4.532

1) Muestreo a 105 días de la siembra.

Cuadro 4. Efecto de la endomicorriza V-A sobre la cantidad de nitrógeno absorbida (kg ha^{-1}) en condiciones de campo por plantas de maíz sembradas en unicultivo o en asociación con frijol¹⁾

Tratamiento	Raíz ²⁾	Tallo ²⁾	Hojas ²⁾	Total
Unicultivo:				
-M	1.736 ab	26.970 b	14.461 a	43.167
+M	2.144 a	47.749 a	19.819 a	69.712
Asociación:				
-M	1.520 ab	22.029 b	12.819 a	36.368
+M	0.933 b	37.423 a	13.326 a	51.682

Resultados del análisis de varianza

	Raíz	Tallo	Hojas
	Pr > F		
Micorriza (M)	0.766	0.032	0.267
Sistema de cultivo (S)	0.037	0.624	0.295
Int. M x S	0.122	0.044	0.205
Bloques	0.037	0.067	0.055

- 1) Muestreo a 105 días de la siembra.
- 2) Las medias de cada columna que tienen la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey P = 0.05).

Cuadro 5. Efecto de la endomicorriza V-A sobre el rendimiento de nitrógeno (kg ha^{-1}) de plantas de frijol sembradas en unicultivo o en asociación con maíz en condiciones de campo¹⁾.

Tratamiento	Raíz ²⁾	Tallo ²⁾	Hojas ²⁾	Vainas ²⁾	Total
Unicultivo:					
-M	2.112a	13.306a	29.146a	11.346b	55.910
+M	2.399a	16.872a	32.362a	25.596a	77.229
Asociación:					
-M	0.633b	4.225b	8.530b	5.232b	18.620
+M	0.508b	6.870b	14.599b	5.443b	27.420

Resultados del análisis de varianza

	Raíz	Tallo	Hojas	Vainas
	Pr > F			
Micorriza (M)	0.665	0.900	0.718	0.014
Sistema de cultivo (S)	0.001	0.026	0.000	0.015
Int. M x S	0.287	0.408	0.257	0.042
Bloques	0.207	0.580	0.244	0.189

- 1) Muestreo a 105 días de la siembra.
- 2) Las medias de cada columna que tienen la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey P = 0.05).

en unicultivo y sin inoculación mostró un valor más bajo. Con la micorrización la cantidad total de nitrógeno absorbida se incrementó independientemente del sistema de cultivo y las especies involucradas, pero el valor medio más bajo volvió a corresponder al unicultivo de maíz.

Contenido de Fósforo.

La absorción de fósforo por las plantas de maíz fue incrementada por la acción de los hongos endomicorrizicos. Los valores más altos en cada sistema de cultivo correspondieron a las parcelas micorrizadas, pero sólo en los tallos y hojas de las plantas bajo unicultivo hubo efecto significativo de la inoculación (Cuadro 6). Sólo en el contenido de fósforo en las raíces se observaron variaciones debidas al sistema de cultivo; en este caso los mayores niveles del elemento correspondieron a las plantas en unicultivo.

Cuadro 6. Efecto de la endomicorriza V-A sobre la cantidad de fósforo absorbida (kg ha^{-1}) en condiciones de campo por plantas de maíz sembradas en unicultivo o en asociación con frijol¹⁾.

Tratamiento	Raíz ²⁾	Tallo ²⁾	Hojas ²⁾	Total
Unicultivo:				
-M	0.077 ab	1.641 b	1.213 b	2.931
+M	0.097 a	3.100 a	2.062 a	5.259
Asociación:				
-M	0.057 b	1.160 b	1.203 b	2.420
+M	0.061 ab	1.767 b	1.222 b	3.050

Resultados del análisis de varianza

	Raíz	Tallo	Hojas
	Pr > F		
Micorriza (M)	0.360	0.027	0.030
Sistema de cultivo (S)	0.043	0.110	0.137
Int. M x S	0.534	0.026	0.035
Bloques	0.014	0.046	0.016

- 1) Muestreo a 105 días de la siembra.
- 2) Las medias de cada columna que tienen la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey P = 0.05).

El contenido de fósforo en las plantas de frijol se mostró más sensitivo al sistema de cultivo y a la inoculación que en las plantas

de maíz (Cuadro 7). En todos los componentes evaluados se detectó efecto interactivo de ambos factores. Las plantas sembradas en unicultivo tuvieron más del doble de fósforo que las sembradas en asociación con maíz, no obstante que la presencia de micorriza tendió a estimular la acumulación de ese elemento en tallos, hojas y vainas de las plantas asociadas, la magnitud de este estímulo fue significativamente mayor en las plantas sembradas en unicultivo, las cuales tuvieron los mayores contenidos de fósforo.

La cantidad total de fósforo absorbida por las plantas de frijol no micorrizadas fue similar a la observada en la asociación maíz-frijol en ausencia de micorriza (Cuadro 3). El maíz, sembrado en unicultivo y sin inoculación, mostró, al igual que en el caso del nitrógeno, el valor más bajo. En las parcelas inoculadas con el hongo la cantidad total de nitrógeno absorbida se incrementó independientemente del sistema de cultivo, pero el valor medio más bajo correspondió en este caso a la asociación, mientras que el unicultivo de frijol tuvo el valor más alto.

Cuadro 7. Efecto de la endomicorriza V-A sobre la cantidad de fósforo absorbida (kg ha^{-1}) en condiciones de campo por plantas de frijol sembradas en unicultivo o en asociación con maíz¹⁾.

Tratamiento	Raíz ²⁾	Tallo ²⁾	Hojas ²⁾	Vainas ²⁾	Total
Unicultivo:					
-M	0.136b	1.006b	1.046b	1.033b	3.221
+M	0.244a	1.805a	2.326a	3.234a	7.609
Asociación:					
-M	0.043a	0.215c	0.461b	0.410c	1.129
+M	0.038a	0.452c	0.499b	0.493c	1.482

Resultados del análisis de varianza

	Raíz	Tallo	Hojas	Vainas
	Pr > F			
Micorriza (M)	0.010	0.083	0.006	0.024
Sistema de cultivo (S)	0.0001	0.0004	0.0001	0.003
Int. M x S	0.006	0.026	0.009	0.033
Bloques	0.312	0.686	0.506	0.314

1) Muestreo a 105 días de la siembra.

2) Las medias de cada columna que tienen la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey P = 0.05).

Colonización Micorrízica.

El frijol se mostró más susceptible a la micorrización que el maíz (Cuadro 8). El porcentaje de longitud de raíz micorrizada de las plantas de frijol disminuyó cuando esta especie fue asociada con el maíz. Por el contrario, el maíz mostró un ligero aumento en su nivel de colonización cuando fue sembrado conjuntamente con el frijol.

Los niveles de colonización micorrízica observados en las parcelas no inoculadas fueron muy bajos, por lo que podemos afirmar que para fines prácticos, la formación de micorriza por contaminación no tuvo efectos sobre el desarrollo de las plantas.

Cuadro 8. Porcentaje de longitud de raíz colonizada de maíz y frijol sembrados solos o en asociación bajo condiciones de campo¹⁾.

Tratamiento	Maíz	Frijol
Unicultivo:		
-M	2.0	1.7
+M	40.7	81.8
Asociación:		
-M	2.4	0.9
+M	52.3	56.9

1) Muestreo a 105 días de la siembra.

DISCUSION

El maíz y el frijol produjeron más biomasa en unicultivo que en el sistema asociado. Este cambio parece ser debido primariamente al fenómeno de competencia entre plantas por luz, agua y nutrientes. No obstante que la micorriza incrementó la producción de materia seca en la asociación, produjo mayor efecto cuando fue sembrada sólo una especie. En otros trabajos también se ha reportado que si la competencia se da entre plantas micorrizadas de la misma especie, la disminución del crecimiento puede ser menor que al interaccionar dos especies distintas (Fitter, 1977; Crowell y Boerner, 1988).

En este trabajo, el frijol sembrado en unicultivo tuvo mayor porcentaje de incremento en la producción de materia seca, debido a la micorriza, que el maíz solo o la asociación maíz-frijol. En todos estos casos la producción de biomasa fue superior a la

observada en las parcelas no inoculadas, pero el contraste entre el monocultivo de maíz y la asociación fue mayor en presencia de micorriza.

Los niveles de colonización observados en las plantas micorrizadas muestran que la cantidad de inóculo aplicada a cada mata al momento de la siembra, fue suficiente para permitir una colonización funcional durante el curso del experimento; sin embargo, no fue posible saber si la cantidad de propágulos necesaria para un crecimiento óptimo en el monocultivo es igual a la requerida por la asociación para el mismo propósito.

Dado que la densidad de plantas en las parcelas de frijol bajo monocultivo fue más alta que en el resto de tratamientos, la cantidad total de inóculo aplicada fue también mayor, lo cual puede explicar, en parte, la mayor colonización e incremento de la producción de biomasa en esa especie bajo tales condiciones. En el maíz asociado con el frijol se observó un ligero incremento en el nivel de micorrización respecto al monocultivo, pero en el caso de la leguminosa el valor disminuyó hasta un nivel similar al de la gramínea, lo cual pudo ser causado por la mayor habilidad del maíz para utilizar el inóculo micorrízico disponible en el suelo, debido a su mayor densidad radical. Barea *et al.* (1989) reportaron también que plantas de *Lolium perenne* aumentaron su nivel de micorrización al asociarse con *Medicago sativa* pero, a diferencia del presente trabajo, no detectaron cambios significativos en la leguminosa.

En un trabajo realizado por Guzmán-Plazola *et al.* (1992) en un suelo más profundo utilizando niveles homogéneos de inóculo, aplicados a los mismos genotipos de planta, el maíz se mostró más susceptible a la colonización que el frijol, independientemente de si fue inoculado directamente o si recibió micelio procedente de la leguminosa. Es evidente entonces que, además del tipo de especies asociadas (Fitter, 1977; Ocampo *et al.*, 1980), el nivel de inóculo aplicado y las condiciones en que se desarrolle el cultivo, determinan la cantidad de micorrización y el efecto de la asociación sobre la formación de micorriza, lo cual a su vez influye en la producción de biomasa.

Es posible que, en adición a los fenómenos de competencia por luz, agua, nutrimentos y al

efecto modificador de la asociación sobre la severidad de plagas y enfermedades (Krishnamurthy, 1984), el potencial del inóculo micorrízico presente en el suelo, al afectar diferencialmente la producción de biomasa de acuerdo con el sistema de cultivo, sea un factor determinante en la magnitud de sub o sobreproducción observables en experimentos con cultivos múltiples.

No obstante la mayor colonización micorrízica observada en el frijol, el maíz mostró mayor habilidad competitiva, ya que el porcentaje de disminución en la producción de biomasa debido a la asociación, fue menor en este último, particularmente cuando estuvo presente la micorriza. Fitter (1977), en un trabajo similar realizado bajo condiciones de invernadero, observó un comportamiento semejante al comparar plantas de *Lolium perenne* y *Holcus lanatus*; en este caso la micorriza mejoró la habilidad competitiva de *Lolium perenne*. Barea *et al.* (1989) observaron que la micorriza tendió a mejorar la producción de materia seca y la habilidad competitiva de plantas de alfalfa asociadas con *Lolium perenne*, pero conforme se incrementó el nivel de fósforo, el desarrollo de la alfalfa se redujo en presencia del pasto.

En el presente trabajo los aumentos en el crecimiento, debidos a la micorriza, estuvieron asociados con un mayor contenido de fósforo y nitrógeno en las diferentes partes de las plantas, lo cual es consistente con lo reportado por otros investigadores (Aguirre, 1985; Gerdemann 1964, Guzmán-Plazola *et al.*, 1992; Jensen, 1984; Khan, 1972; Sanni, 1976), sin embargo, en el caso del fósforo, la magnitud de los incrementos debidos a la actividad fúngica fueron considerablemente mayores cuando cada especie fue sembrada en monocultivo. Por el contrario, el rendimiento de nitrógeno total en la asociación fue similar al observado en el frijol bajo monocultivo, pero en presencia de micorriza el valor más alto correspondió al sistema asociado; sin embargo, dada la magnitud de este incremento, no fue posible obtener evidencia de algún estímulo a la fijación biológica de N_2 , producto de la asociación, similar al reportado por Boucher (1979), pero sí fue notoria la influencia de la micorrización en la mayor captación de este elemento, independientemente del sistema de cultivo, lo cual es consistente con lo reportado por otros investigadores (Barea *et al.*, 1987).

A diferencia de lo observado en un experimento simultáneo realizado bajo condiciones similares (Guzmán-Plazola *et al.*, 1992), en el presente ensayo la formación de un sistema micorrízico común entre el maíz y el frijol no mejoró significativamente la producción de materia seca ni la absorción de nutrimentos a 105 días de la siembra. Tal variación pudo ser debido a la posible insuficiencia de inóculo micorrízico y al efecto de competencia entre plantas en proceso de desarrollo. En el primer experimento no hubo competencia radical entre plantas, por lo que cada especie tuvo la posibilidad de explorar un volumen de suelo similar. Posiblemente la naturaleza de las interacciones en el sistema asociado habrían cambiado o se habrían hecho más evidentes, si el experimento hubiese sido conducido hasta la cosecha (50 días más). Otros investigadores han reportado que la cantidad de nitrógeno transferida de una leguminosa a una gramínea puede variar en función del tiempo de asociación (Burity *et al.*, 1989).

La siembra adyacente, al reducir la competencia en las primeras etapas de desarrollo de las plantas, puede ser más propicia para que ocurran interacciones radicales positivas en presencia de micorriza (Guzmán-Plazola *et al.*, 1992); sería entonces recomendable efectuar una nueva evaluación de los efectos fúngicos comparando el cultivo intercalado (surcos sembrados con frijol, alternados con otros sembrados con maíz) con el sistema asociado propiamente dicho.

LITERATURA CITADA

- AOAC. 1980. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15th edition. Washington, D.C.
- AGUIRRE, M., J.F. 1985. Componentes morfológicos y fisiológicos del rendimiento en frijol *Phaseolus vulgaris* al inocularse con micorriza vesicular-arbuscular (V-A) y dinámica de las estructuras del hongo. Tesis de M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.
- BAREA, J.M., C. AZCON-AGUILAR, y R. AZCON. 1987. Vesicular-arbuscular mycorrhiza improve both symbiotic N₂ fixation and N uptake from soil as assessed with a ¹⁵N technique under field conditions. *New Phytologist* 10:717-725.
- BAREA, J.M., F. EL-ATRACH, y R. AZCON. 1989. Mycorrhiza and phosphate interactions as affecting plant development, N₂-fixation, N-transfer and N-uptake from soil in legume-grass mixtures by using a ¹⁵N dilution technique. *Soil Biol. Biochem.* 21: 581-589.
- BOUCHER, D.H. 1979. La nodulación del frijol en el policultivo: El efecto de la distancia entre plantas de frijol y maíz. *Agricultura Tropical* 1: 276-283.
- BURITY, H.A., T.C. TA, M.A. FARIS y B.E. COULMAN. 1989. Estimation of nitrogen fixation and transfer from alfalfa to associated grasses in mixed swards under field conditions. *Plant and Soil* 114: 249-255.
- BREMMER, J.M. 1965. Total nitrogen. pp. 1149-1178. In: C.A. Black (ed). *Methods of soil analysis. Parte 2. Agronomy American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin.*
- CROWELL, H.F. y R.E.J. BOERNER. 1988. Influences of mycorrhizae and phosphorus on belowground competition between two old-field annuals. *Environmental and experimental Botany* 28: 381-392.
- FITTER, A.H. 1977. Influence of mycorrhizal infection on competition for phosphorus and potassium by two grasses. *New Phytologist* 79: 119-125.
- GERDEMANN, J.W. 1964. The effect of mycorrhiza on the growth of maize. *Mycologia* 56: 342-349.
- GIOVANETTI, M. y B. MOSSE. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist* 84: 489-500.
- GUZMAN-PLAZOLA, R.A., R. FERRERA-CERRATO y G. BETHLENFALVAY. 1992. Papel de la endomicorriza V-A en la transferencia de exudados radicales entre frijol y maíz sembrados en asociación bajo condiciones de campo. *Revista TERRA* 10: 236-248.
- JENSEN, A. 1984. Response of barley, pea, and maize to inoculation with different vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in irradiated soil. *Plant and Soil* 78: 315-323.
- KHAN, A.G. 1972. The effect of vesicular-arbuscular mycorrhizal associations on growth of cereals. I. Effects on maize growth. *New Phytologist* 71: 613-619.
- KRISHNAMURTY, L. (Dir.). 1984. Análisis de la estructura, función, dinámica y manejo del agroecosistema de cultivos asociados. Informe técnico del proyecto PCAFBNA-001404 para CONACYT. Universidad Autónoma Chapingo, México. 400 p.
- MIRANDA, C.S. 1967. Origen de *Phaseolus vulgaris* L. (frijol común). *Agrociencia* 1: 99-109.
- OCAMPO, J.A., J. MARTIN y D.S. HAYMAN. 1980. Influence of plant interactions on vesicular-arbuscular mycorrhizal infections. I. Host and non-host plants grown together. *New Phytologist* 84: 27-35.
- PHILLIPS, J.B. y D.S. HAYMAN. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society* 55: 158-160.
- REYES S., M.G. y R. FERRERA-CERRATO. 1987. Relación huésped simbiote en *Phaseolus vulgaris* L. inoculado con hongos micorrízicos. p. 170. In: *Memorias del XX Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Zacatecas, Zacatecas, México.*
- SANNI, S.O. 1976. Vesicular-arbuscular mycorrhiza in some Nigerian soils and their effect on the growth of cowpea (*Vigna unguiculata*), tomato (*Lycopersicon esculentum*) and maize (*Zea mays*). *New Phytologist* 77: 667-671.
- VAN KESSEL, C., P.W. SINGLETON y H.J. HOBEN. 1985. Enhanced N-transfer from a soybean to maize by vesicular arbuscular mycorrhizal (VAM) fungi. *Plant Physiology* 79: 562-563.

EFFECTOS DEL FOTOPERIODO Y EL pH EN EL SISTEMA SIMBIOTICO *Azolla-Anabaena*

Photoperiod and pH Effects on *Azolla-Anabaena* Symbiotic System

Roberto Quintero Lizaola, David Espinosa Victoria y
Ronald Ferrera-Cerrato

Sección de Microbiología de Suelos, Centro de Edafología,
Colegio de Postgraduados, 56230 Montecillo, Méx.

Palabras clave: *Azolla-Anabaena*, Fotoperíodo, pH.

Index words: *Azolla-Anabaena*, Photoperiod, pH.

RESUMEN

Se llevó a cabo un experimento en cámara de crecimiento para determinar los efectos del fotoperíodo y el pH en la asociación *Azolla-Anabaena*. Se emplearon tres colectas mexicanas del helecho, pertenecientes al *Azollatum* de la Sección de Microbiología del Centro de Edafología del Colegio de Postgraduados: 1) Sinaloa, clasificada como *Azolla microphylla*, 2) Tláhuac y 3) Xochimilco, aún sin clasificar. Como unidades experimentales se usaron frascos de vidrio de boca ancha con 350 ml de solución nutritiva, esta última ajustada a pH 3, 6 y 9. Durante el experimento se mantuvo una temperatura constante de 25 ± 1 °C y una humedad relativa de 85%. Se empleó luz incandescente a una intensidad constante de $250 \text{ Em}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (20 klux) y fotoperíodos de 12/12, 8/16 y 6/18 h (luz/oscuridad). Se encontró que a mayor régimen de horas luz se obtuvieron mayores tasas relativas de crecimiento, así como valores más altos de contenido de clorofila y fijación de nitrógeno. El mejor desarrollo de

las tres asociaciones *Azolla-Anabaena* se obtuvo a pH 6 bajo los tres fotoperíodos empleados. Resultó de particular interés la capacidad de la especie *A. microphylla* para regular el pH del medio, ya que presentó valores de tasa relativa de crecimiento y de contenido de clorofila, estadísticamente iguales, tanto a pH 3 como pH 9, siendo éstos superiores a los valores detectados para las colectas de Tláhuac y Xochimilco.

SUMMARY

A growth chamber trial was carried out to determine the effect of photoperiod and pH on the *Azolla-Anabaena* symbiosis. Three mexican collections of the fern from the *Azollatum* of the Colegio de Postgraduados, were used. Such collection were: 1) Sinaloa, classified as *Azolla microphylla*, 2) Tlahuac and 3) Xochimilco, unclassified collections. As experimental units transparent, glass bottles of 350 ml, were used. Mineral solution was added to these units and pH adjusted to 3, 6 and 9. During experiments a 25 ± 1 °C constant temperature and 85% relative humidity were used. Incandescent light with a $250 \text{ Em}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (20 klux) constant intensity and photoperiods 12-12, 8-16 and 6-18 h (light-darkness) were tested. Longer photoperiods produced higher growth relative rates, higher chlorophyll contents and better nitrogen x fixation. The best growth of the three *Azolla-Anabaena*

Recibido 02-93.

symbiosis was obtained at pH 6 under the three different photoperiods tested. It is interesting to note the *Azolla microphylla* capacity to adjust the pH solution. This was observed because it presented growth relative rates and chlorophyll contents values statistically equal at pH 3 and 9. These values were higher than in Tlahuac and Xochimilco collections.

INTRODUCCION

El género *Azolla* es un helecho acuático que vive simbióticamente con la cianobacteria fijadora de nitrógeno *Anabaena-azollae*.

Los principales requerimientos de las simbiosis *Azolla-Anabaena* son agua, nutrimentos inorgánicos, aire y luz. No obstante, otros factores que tienen efectos significativos en el crecimiento de esta simbiosis son pH, cantidad y calidad de luz, temperatura, densidad de planta, esporulación, turbulencia de agua y humedad (Braun-Howland y Nierzwicki-Bauer, 1991).

La asociación *Azolla-Anabaena* consiste de dos organismos fotosintéticamente competentes (Peters *et al.*, 1981). Se sabe que las ficobilinas del endofito complementan los pigmentos del helecho encargados de absorber la radiación solar (Ray *et al.*, 1979). Aunque el endofito representa el 20% de la clorofila y proteínas de la asociación, su contribución a la capacidad fotosintética total aún no ha sido resuelta (Ray *et al.*, 1978).

Se ha estudiado el efecto del fotoperíodo sobre las tasas de crecimiento y de fijación de nitrógeno. Peters *et al.* (1980) reportaron que la tasa de crecimiento de cuatro especies de *Azolla* aumentó conforme se incrementó el número horas luz hasta 24, mientras que los valores de reducción de acetileno (fijación de nitrógeno) fueron particularmente altos bajo un fotoperíodo de 16/8 h (luz/oscuridad).

Al igual que en la mayoría de los sistemas biológicos, el crecimiento de la simbiosis *Azolla-Anabaena* se ve limitado por valores extremos de pH, siendo el intervalo entre pH 5 y pH 8 el óptimo para su desarrollo (Peters *et al.*, 1980; Quintero y Ferrera-Cerrato, 1989; Singh, 1977).

Así, el objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto del fotoperíodo y el pH

del medio en la fijación de nitrógeno, acumulación de clorofila y tasa de crecimiento de tres sistemas simbióticos *Azolla-Anabaena*.

MATERIALES Y METODOS

Material Biológico.

Se emplearon tres colectas mexicanas del helecho pertenecientes al *Azollatum* de la Sección de Microbiología de Suelos del Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados: 1) Sinaloa, clasificada como *Azolla microphylla*, colectada en la localidad de Guamúchil, a una latitud norte de 25°27'13" y una longitud oeste de 108°05'16"; 2) Tláhuac, sin clasificar, colectada en el Distrito Federal, a una latitud norte de 19°15'25" y una longitud oeste de 99°02'38" y 3) Xochimilco, sin clasificar, colectada en el Distrito Federal, a una latitud norte de 19°15'10" y una longitud oeste de 99°05'10".

Unidades Experimentales.

Se usaron frascos de vidrio de boca ancha, de 18 cm de altura por 9 cm de diámetro (1060 ml de capacidad), con tapa de rosca provista de un tapón de neopreno por donde se aplicaron y extrajeron muestras de gas. Como sustrato se adicionaron 350 ml de solución nutritiva Yoshida (Van Hove *et al.*, 1982) por unidad experimental. Se probaron tres niveles de pH en la solución nutritiva: 3, 6 y 9.

Condiciones Experimentales.

El experimento se llevó a cabo en cámara de crecimiento a una temperatura constante de $25 \pm 1^\circ\text{C}$ y humedad relativa de 85%. Se empleó luz incandescente a una intensidad constante de $250 \text{ Em}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (20 klux) y fotoperíodos de 12/12 h, 8/16 h y 6/18 h (luz/oscuridad).

Inoculación y Cosecha.

Las unidades experimentales fueron inoculadas con 1 g de helecho fresco. A los 15 días se procedió a la cosecha y se determinó la reducción de acetileno (Espinosa *et al.*, 1991), el contenido de clorofila (Harborne, 1973) y los valores de peso seco del helecho para estimar la tasa relativa de crecimiento de acuerdo con la fórmula de Evans (Evans, 1972).

Diseño Experimental.

Se empleó un diseño completamente al azar con cinco repeticiones. Se procedió a realizar para cada fotoperiodo el análisis de varianza de las variables evaluadas, y las medias se compararon mediante una prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

RESULTADOS

Fotoperiodo 12/12 h (luz/oscuridad).

En el Cuadro 1 se muestran los valores de reducción de acetileno, contenido de clorofila y tasa relativa de crecimiento de las tres colectas de *Azolla* desarrolladas bajo un fotoperiodo 12/12 h (luz/oscuridad) en medios con pH 3, pH 6 y pH 9. Los coeficientes de variación para cada una de las variables de respuesta medidas fueron de 15.15, 9.49 y 9.43%, respectivamente.

El mejor desarrollo de las tres colectas de *Azolla* se observó a pH 6. Sin embargo, *A. microphylla* desarrollada en pH 9 se comportó estadísticamente igual a las colectas de Tláhuac y Xochimilco desarrolladas en pH 6, en cuanto a reducción de acetileno y contenido de clorofila.

A. microphylla fue la especie que presentó los valores más altos de reducción de acetileno y contenido de clorofila, así como una mayor tasa relativa de crecimiento al desarrollarse en pH 6.

A pH 3, todas las colectas de *Azolla* presentaron, de manera general, los valores más bajos de los parámetros evaluados; no obstante, en cuanto a contenido de clorofila no hubo diferencia estadística de *A. microphylla* crecida tanto en pH 3 como en pH 9.

Fotoperiodo 8/16 h (luz/oscuridad).

En el Cuadro 2 se muestran las medias de los valores de reducción de acetileno, contenido de clorofila y tasa relativa de crecimiento de las tres colectas de *Azolla* desarrolladas bajo un fotoperiodo 8/16 h (luz/oscuridad) en medios con pH 3, pH 6 y pH 9. Los coeficientes de variación para cada una de las variables de respuesta evaluadas fueron de 5.93, 7.73 y 3.30%, respectivamente.

El mejor desarrollo de las colectas de *Azolla* se observó en el medio con pH 6. *A. microphylla* presentó los valores más altos de reducción de acetileno, contenido de clorofila y tasa realtiva de crecimiento; sin embargo, la colecta de Tláhuac presentó la misma tasa de crecimiento relativa que *A. microphylla*.

Cuadro 1. Reducción de acetileno, contenido de clorofila y tasa relativa de crecimiento de tres colectas de *Azolla* crecidas en cámara de crecimiento en medios con diferente pH bajo un fotoperiodo 12/12 h (luz/oscuridad).

Tratamiento (colecta-pH)	Reducción de acetileno ¹⁾		Contenido de clorofila		Tasa relativa de crecimiento	
	$\mu\text{ mol C}_2\text{H}_4\text{gps}^{-1}\text{h}^{-1}$		$\mu\text{g clor. g helecho fco.}^{-1}$		$\text{g g}^{-1}\text{ día}^{-1}$	
Sinaloa-pH 6	23.516	a	134.278	a	0.19880	a
Tláhuac-pH 6	15.569	b	79.128	cd	0.18640	b
Sinaloa-pH 9	15.470	b	92.348	bc	0.15340	c
Xochimilco-pH 6	14.277	b	98.046	b	0.17640	b
Tláhuac-pH 9	10.619	c	61.668	ef	0.13400	de
Xochimilco-pH 9	7.238	d	80.464	cd	0.12560	ef
Sinaloa-pH 3	4.613	e	87.918	bc	0.13840	d
Xochimilco-pH3	3.845	e	71.152	de	0.11800	f
Tláhuac-pH 3	3.661	e	48.976	f	0.12000	f

1) Las cifras seguidas de la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha = 0.05$)

Sinaloa = *Azolla microphylla*, Tláhuac y Xochimilco = *Azolla* sp.

Cuadro 2. Reducción de acetileno, contenido de clorofila y tasa relativa de crecimiento de tres colectas de *Azolla* crecidas en cámara de crecimiento en medios con diferente pH bajo un fotoperíodo 8/16 h (luz/oscuridad).

Tratamiento (colecta-pH)	Reducción de acetileno ¹⁾		Contenido de clorofila		Tasa relativa de crecimiento	
	$\mu\text{mol C}_2\text{H}_4 \text{ gps}^{-1} \text{ h}^{-1}$		$\mu\text{g clor. g helecho fco}^{-1}$		$\text{g g}^{-1} \text{ día}^{-1}$	
Sinaloa-pH 6	19.087	a	119.068	a	0.17800	a
Tláhuac-pH 6	12.352	b	72.056	c	0.17680	a
Sinaloa-pH 9	11.301	c	88.500	b	0.14180	c
Xochimilco-pH 6	9.557	d	80.826	bc	0.15740	b
Tláhuac-pH 9	7.267	e	55.990	de	0.12140	de
Xochimilco-pH 9	4.935	f	73.088	c	0.11320	ef
Sinaloa-pH 3	3.520	g	80.808	bc	0.12600	b
Tláhuac-pH 3	3.500	g	45.388	e	0.11240	ef
Xochimilco-pH 3	3.211	g	59.486	d	0.10520	f

1) Las cifras seguidas de la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha = 0.05$)

Sinaloa = *Azolla microphylla*, Tláhuac y Xochimilco = *Azolla* sp.

A pH 3 se observaron los valores más bajos de los parámetros evaluados, no obstante, en cuanto a contenido de clorofila no hubo diferencia estadística entre *A. microphylla* que creció en pH 3 y la colecta de Xochimilco que lo hizo a pH 6, pero si hubo igualdad estadística entre la primera y la colecta de Tláhuac desarrollada en pH 6.

Los valores tanto de reducción de acetileno como de contenido de clorofila de *A. microphylla* desarrollada en pH 9 fueron más altos o en su defecto iguales estadísticamente a los observados en las colectas de Tláhuac y Xochimilco, los que crecieron en pH 6.

Fotoperíodo 6/18 h (luz/oscuridad).

En el Cuadro 3 se muestran los valores promedio de reducción de acetileno, contenido de clorofila y la tasa relativa de crecimiento de las colectas de *Azolla* desarrolladas con un fotoperíodo 6/18 (luz/oscuridad) en medios con pH 3, pH 6 y pH 9. Los coeficientes de variación para cada uno de los parámetros medidos fueron 5.73, 7.84 y 3.20%, respectivamente.

En términos generales, el mejor desarrollo de *Azolla* se observó en el medio con pH 6. *A. microphylla* fue la especie que presentó los valores más altos de reducción de acetileno y

contenido de clorofila, así como una tasa relativa de crecimiento mayor. Sin embargo, en cuanto a contenido de clorofila no hubo diferencia estadística entre *A. microphylla* y la colecta de Tláhuac, desarrolladas a pH 6.

Los valores más bajos de las variables evaluadas se presentaron en el medio con pH 3, no obstante, el desarrollo de *A. microphylla*, tanto en pH 3 como en pH 9 fue estadísticamente igual en cuanto a contenido de clorofila; asimismo, no hubo diferencia estadística en la tasa relativa de crecimiento entre *A. microphylla* desarrollada en pH 3 y pH 9 y la colecta de Tláhuac, crecida en pH 6.

DISCUSION

Los datos de los Cuadros 1, 2 y 3 muestran primeramente que un mayor régimen de horas luz reduce en una mayor tasa relativa de crecimiento del helecho. Peters *et al.* (1980) demostraron que incluso regímenes de 24 horas luz propician elevadas tasas relativas de crecimiento no encontrando efecto inhibitorio, aunque si en la fijación de nitrógeno. Los intervalos de las tasas relativas de crecimiento para los fotoperíodos 12/12, 8/16 y 6/18 empleados, 0.19880-0.11800, 0.17800-0.10520 y 0.08660-0.03640, respectivamente, ponen en evidencia este hecho.

Cuadro 3. Reducción de acetileno, contenido de clorofila y tasa relativa de crecimiento de tres colectas de *Azolla* crecidas en cámara de crecimiento en medios con diferente pH bajo un fotoperíodo 6/18 h (luz/oscuridad).

Tratamiento (colecta-pH)	Reducción de acetileno ¹⁾	Contenido de clorofila	Tasa relativa de crecimiento
	$\mu\text{mol C}_2\text{H}_4 \text{ gps}^{-1}\text{h}^{-1}$	$\mu\text{g clor.g helecho Fco.}^1$	$\text{g g}^{-1} \text{ día}^{-1}$
Sinaloa-pH 6	2.410 a	58.662 a	0.08660 a
Tláhuac-pH 6	1.916 b	58.522 a	0.06400 b
Xochimilco-pH 6	1.506 c	18.814 e	0.04620 c
Sinaloa-pH 9	1.505 c	47.972 bc	0.06280 b
Tláhuac-pH 9	1.055 d	54.532 ab	0.04480 c
Xochimilco-pH 9	0.701 e	15.866 e	0.03840 c
Tláhuac-pH 3	0.290 f	34.780 d	0.04680 c
Sinaloa-pH 3	0.376 f	42.760 c	0.06300 b
Xochimilco-pH 3	0.264 f	16.032 e	0.03640 c

1) Las cifras seguidas de la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha = 0.05$).

Sinaloa = *Azolla microphylla*, Tláhuac y Xochimilco = *Azolla* sp.

Se ha demostrado que *Azolla* alcanza su mayor biomasa a intensidades de luz cercanas al 50% de la intensidad de la luz solar ($49 \text{ klux} = 612.5 \mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$) (Brontonegoro et al., 1982) y que esta intensidad abate la tasa de fijación de nitrógeno (Becking, 1979). No se observó este comportamiento debido a que se empleó una intensidad luminosa constante de 20 klux ($250 \mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$), la cual favorece la saturación de la nitrogenasa (Talley y Rains, 1980).

Por otra parte, la fotosíntesis, que es saturada cerca de los 32 klux ($400 \mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$) (Van Hove y López, 1983), constituye la fuente de ATP y poder reductor necesarios para la actividad nitrogenasa. Si bien las condiciones de intensidad luminosa bajo las cuales se llevó a cabo el experimento no llegaron hasta el valor de saturación de la fotosíntesis, los resultados muestran en los tres fotoperíodos, y particularmente a pH 6, que a mayor contenido de pigmento fotosintético (preferentemente clorofila) se presentó mayor fijación de nitrógeno.

El abatimiento de los valores de reducción de acetileno y contenido de clorofila, así como la tasa relativa de crecimiento tanto a pH 3 como a pH 9 en los tres fotoperíodos, probablemente sea resultado de la baja disponibilidad de nutrientes. El efecto de los

valores extremos de pH es bien conocido para algunos micronutrientes y para el fósforo. Por ejemplo, se ha reportado que el hierro es precipitado en soluciones neutras y alcalinas (Peters et al., 1980).

Es de particular interés el comportamiento de *A. microphylla* en los tres fotoperíodos, ya que la igualdad estadística encontrada entre los valores de contenido de clorofila en pH 3 y pH 9 indica la alta capacidad amortiguadora que presenta esta especie para modificar el medio a condiciones favorables para su desarrollo. En promedio, los valores finales de los tratamientos con pH 3 y pH 9 con esta especie fueron de 2.9 y 5.9, respectivamente.

Es importante resaltar también que la ausencia de diferencia estadística en la tasa relativa de crecimiento de *A. microphylla*, bajo 6 horas luz, tanto en pH 3 como pH 9 indica que esta especie tiene la capacidad de mantener un metabolismo normal bajo pH ácido.

CONCLUSION

Los resultados obtenidos muestran que a mayor, horas luz se presentan mayores tasas relativas de crecimiento, contenido de clorofila y, consecuentemente, una mayor fijación de nitrógeno (reducción de acetileno).

Particularmente, a pH 6 se observó el mejor desarrollo de las tres colectas de *Azolla*. *A. microphylla* (colectada en Sinaloa) fue la que presentó los valores más altos de reducción de acetileno, contenido de clorofila, así como la mayor tasa relativa de crecimiento en los tres fotoperíodos empleados.

A. microphylla es una especie con capacidad amortiguadora sobresaliente debido a que presentó valores estadísticamente iguales a pH 3 y pH 9, y superiores al de las otras colectas bajo las mismas condiciones, tanto de contenido de clorofila como de tasa relativa de crecimiento.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración de Lorenzo Viana Monsalvo, Edmundo Martínez Galán, Martín Godínez Herrera y Manuel Solano Díaz.

LITERATURA CITADA

- BECKING, J.H. 1979. Environmental requirements of *Azolla* for use in tropical rice production. p. 345-373. In: Nitrogen and Rice. International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines.
- BRAUN-HOWLAND, E Y A. NIERZWICK-BAUER. *Azolla-Anabaena* symbiosis: biochemistry, physiology, ultrastructure and molecular biology. p. 63-117. In: Amar N. Rai (ed). Handbook of Symbiotic Cyanobacteria. CRC Press. Inc. Boca Raton, FL.
- BRONTONEGORO, S., M. SUDJADI, S. PARTOHARDJONO, H. SUKIMAN, T. PRIHATINI y V. HENDRIKS. 1982. Some experiments on the use of *Azolla* for rice production in Indonesia. Graham P.H. and S.C. Harris (Ed). In: Biological Nitrogen Fixation for Tropical Agriculture, Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.
- ESPINOSA-VICTORIA, D., R. FERRERA-CERRATO y A. LARQUE S. 1991. Impacto de la sequía en la simbiosis *Phaseolus vulgaris-Rhizobium leguminosarum* bv. phaseoli. Terra 9: 173-185.
- EVANS, G.C. 1972. The quantitative analysis of plant growth. Studies in Ecology. University of California 1: 189-217.
- HARBORNE, J.B. 1973. Phytochemical methods. A guide to modern techniques of plant analysis. Chapman and Hall Ltd., Cox and Hyman Ltd. Fakenham, Norfolk, G.B.
- PETERS, G.A., O.I.TO, V.V.S. TYAGI, B.C. MAYNE, D. KAPLAN y H.E. CALVERT. 1981. Photosynthesis and N₂ fixation in the *Azolla-Anabaena* symbiosis. In: A.H. Gibson, and W.E. Newton (ed.). Currents perspectives in nitrogen fixation. Australian Academy of Sciences. Camberra.
- PETERS, G.A., R.E. TOIA Jr., W.R. EVANS, D.R. CRIST, B.C. MAYNE y R.E. POOLE. 1980. Characterization and comparisons of five N₂-fixing *Azolla-Anabaena* associations. I. Optimization of growth conditions for biomass increase and N content in a controlled environment. Plant Cell Environ. 3: 261.
- QUINTERO L.R. y R. FERRERA-CERRATO. 1989. La simbiosis *Anabaena-azollae-Azolla caroliniana* y la tasa de fijación de nitrógeno bajo el efecto de diferentes pH's. p. 18-19. In: Resúmenes II Congreso Nacional de la Fijación Biológica del Nitrógeno. Guadalajara, Jalisco, México.
- RAY, T.B., B.C. MAYNE, R.E. TDIA Jr. y G.A. PETERS. 1979. *Azolla-Anabaena* relationship. VIII Photosynthetic characterization of the association a individual partners. Plant Physiol. 64: 791-795.
- RAY, T.B., G.A. PETERS, R.E. TOIA Jr. y B.C. MAYNE. 1978. *Azolla-Anabaena* relationship. VII. Distribution of Ammonia-assimilation enzymes, protein and chlorophyll between host and symbiont. Plant Physiol. 62: 463-467.
- SINGH, P.K. 1977. Effect of *Azolla* on the yield of paddy and without application of N fertilizer. Curr. Sci. 46:642-644.
- TALLEY, S.N. Y D.W. RAINS. 1980. *Azolla filiculoides* Lam. as a fallow season green manure for rice in a temperate climate. Agron. J. 72: 11-18.
- VAN HOVE, C., H.F. DIARA y P. GODARD. 1982. *Azolla* in West Africa, Project. WARDA. Belgique.
- VAN HOVE, C. y Y. LOPEZ. 1983. Fisiología de *Azolla*. Boletín Técnico (Órgano de divulgación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias Palmira, Colombia) 1: 48-57.

HIDROGRAFIA DE CUATRO PEQUEÑAS CUENCAS DEL RIO CUZALAPA, EN LA SIERRA DE MANANTLAN, JALISCO

Hidrography of Four Basins of the Cuzalapa
River in the Sierra de Manantlan Jalisco, Mexico

Rubén D. Guevara G. y Luis M. Martínez R.

Laboratorio Natural Las Joyas, Universidad de Guadalajara,
48740 El Grullo, Jal.

Palabras clave: Esgurrimiento, Gasto, Sedimento, Calidad del agua.

Index words: Runoff, Peak discharge, Sediment load, Water quality.

RESUMEN

Debido a la riqueza en recursos naturales de la subcuenca de Cuzalapa, dentro de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, se planteó como objetivo determinar la influencia de las características geomorfológicas, sobre el comportamiento de los escurrimientos superficiales dentro de la cuenca. Para el aforo de las corrientes se utilizó el método de sección-pendiente durante el transcurso de un año, con aforos mensuales y en cada creciente en la temporada de lluvias. Se muestreó la producción de sedimentos, así como la calidad del agua en diferentes fuentes de abastecimiento para uso potable.

De acuerdo con la persistencia de los afluentes del río Cuzalapa, los arroyos la Sidra, La Paloma y San Antonio son perennes, y el de La Pitahaya es intermitente. Según las curvas hipsométricas las cuencas geológicamente maduras, de pie de montaña, se encuentran en etapa de equilibrio. Se

determinó que la forma de la cuenca, el coeficiente de compacidad, el coeficiente de elongación y la densidad de drenaje tienen una influencia directa sobre el comportamiento de los escurrimientos de los afluentes. El arroyo San Antonio presentó la mayor respuesta al influjo de la precipitación. Del aforo de avenidas máximas, el arroyo La Sidra presentó un total de 38 eventos con un gasto máximo promedio de $1.04 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ y una producción de sedimentos promedio de 0.82 kg/m^3 , comparado con La Paloma que tuvo $0.53 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ y 0.54 kg m^{-3} , respectivamente. La Sidra presentó también el mayor gasto durante el año. Desde el punto de vista de su potabilidad el agua fue clasificada de baja calidad debido a la contaminación por bacterias, principalmente del grupo coliforme, producto del manejo del ganado porcino y vacuno cerca de las fuentes de abastecimiento.

SUMMARY

The Cuzalapa watershed is very important in the Sierra de Manantlan Biosphere Reserve both by the richness of their natural resources, and its importance in connection with water resources. The objective of this study was to determine the influence of the watershed geomorphology on the quantity and quality of the runoff. The streams were measured throughout the year and at monthly intervals

Recibido 03-92.

using the slope-section method and by recording effluent swelling during the rainy season. The hypsometric curves show that the watersheds are at stage of equilibrium, are geologically mature, and piedmont dominated. La Sidra, San Antonio and La Paloma are non intermitent streams, while Pitahaya is intermitent. The Basin geofom, the compassid and elongation coefficient and the drainage type have direct influence on the behavior of these streams, San Antonio presented the greatest response to rain with respect to the runoff.

La Sidra stream registred 38 crests during the rainy season, the mean peak discharge was $1.04 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ and the mean sediments load was 0.82 kg m^{-3} . La Paloma registred 32 crests with a mean peak discharge of $0.53 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ and 0.54 kg m^{-3} respectively. La Sidra exhibited the largest peak discharge throughout the year. In terms of potability, water in the Cuzalapa's community was classified as low quality due to the presence of coliform bacteria derived from the presence of cattle and hog upstream.

INTRODUCCION

Los recursos naturales desde tiempos remotos han sido blanco de la explotación desmedida bajo el supuesto aprovechamiento racional del ser humano. El uso y manejo adecuado de estos recursos, son necesarios para su conservación y uso sostenible.

La Sierra de Manantlán se encuentra constituida como Reserva de Biosfera, por su diversidad biológica y su riqueza de recursos físicos. Se enclava dentro de las cuencas hidrográficas de los ríos: Ayuquila-Armería, Marabasco y Purificación, en donde se localizan importantes zonas agrícolas, pecuarias e industriales. Estas se encuentran a su vez subdivididas en 12 subcuencas.

La presente investigación se desarrolló en la subcuenca tributaria del río Cuzalapa, perteneciente a la cuenca del río Marabasco. Esta subcuenca se caracteriza por presentar la mayoría de los asentamientos humanos dentro de la reserva (Guerrero y Cortés, 1989), por tener la mayor superficie y por su vasta riqueza de flora y fauna, así como por sus recursos agua y suelo. Debido a las características antes mencionadas, esta zona se ha visto afectada por la sobre-explotación de sus recursos naturales, lo que ha provocado la degradación del suelo por las prácticas de

manejo inadecuadas (desforestación, siembra de coamiles en zonas de alta pendiente, etc.) realizadas en los últimos años.

Los objetivos del trabajo fueron: (a) determinar la influencia de las características geomorfológicas de las cuatro subcuencas específicas sobre los escurrimientos superficiales, medidos a través de aforos; (b) determinar la producción de sedimentos durante las crecientes, y (c) evaluar la calidad del agua para uso potable y riego.

REVISION DE LITERATURA

La cuenca hidrográfica es considerada la unidad divisoria natural entre regiones. Su manejo debe reunir todas aquellas características naturales (físicas y biológicas) para un adecuado equilibrio de los ecosistemas. Este término abarca una serie de definiciones, entre las que encontramos: (a) unidad hidrológica definida en un área de captación y drenada por un río (Lugo y Brown, 1985); (b) área de la superficie terrestre separada de zonas adyacentes por una frontera más o menos definida, la cual se encuentra ocupada en un tiempo dado por un grupo bien definido de plantas y animales (Hewlett y Nutter, citados por Gutiérrez, 1985).

La conservación de las cuencas hidrográficas se establece a través del adecuado manejo de los recursos dentro de un área definida de escurrimiento, cuyo objetivo principal es la producción y protección de los suministros de agua y los recursos basados en éste incluyendo el control de la erosión, inundaciones y sus valores estéticos (Hewlett y Nutter, citados por Gutiérrez, 1985).

Una de las formas de evaluar la degradación de una cuenca hidrográfica, es por medio de las características geomorfológicas que presenta. Mediante éstas se pueden establecer comparaciones entre cuencas, en cuanto a su relación altura-superficie, drenaje, susceptibilidad a la erosión, respuesta al escurrimiento, etc. La geomorfología es el medio que cuantifica ciertos rasgos propios de la superficie terrestre, tales como la superficie de la cuenca, su forma, pendiente, elevación media, etc., rasgos que presentan influencia sobre el comportamiento hidrológico. Dichas características influyen sobre los índices de erodabilidad de los suelos, que aunados con las inadecuadas prácticas de manejo ocasionan una degradación del medio. Linsley *et al.* (1977) especifican que una cuenca que

altas densidades de corriente, refleja lo bien drenada que se encuentra, lo que a su vez representa fuertes tasas de erosión debido a las pendientes pronunciadas. Las características físicas del suelo son además, determinantes de la naturaleza y desarrollo de la vegetación, las cuales influyen sobre el régimen hidrológico y la erosión (Campos, 1987).

México, por su ubicación latitudinal y diversidad fisiográfica, denotada por altas serranías, presenta diferentes grados de erosión en 71% del total del país y en 16% una degradación total (De la Madrid y SARH, citados por Sánchez, 1987). Martínez y Fernández, citados por Maass y García (1990), estiman que: "la erosión promedio del país es de $2.7 \text{ ton}^{-1} \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, con un rango de 0.2 en cuencas menos afectadas (en el norte del país) a $7.4 \text{ ton}^{-1} \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ (en la costa del Pacífico)". Vázquez, citado por los mismos autores, hizo un ajuste de los datos obtenidos por Martínez, utilizando criterios del Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, estima que el valor promedio de la erosión en cuencas del país es de $46.9 \text{ ton}^{-1} \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, con rangos de 2.9 a $126 \text{ ton}^{-1} \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$.

Esta problemática, acentuada por un manejo irracional de las prácticas silvícolas provoca daños irreversibles en los recursos o bien su recuperación resulta ser demasiado lenta, por la pérdida del horizonte orgánico del suelo y los cambios drásticos en el microclima del suelo, así como la alteración del mismo ciclo hidrológico (Aguirre, 1982).

La relación del clima (precipitación pluvial) con respecto al potencial de crecimiento vegetal, representa la erosión potencial de los suelos, y es, en la mayoría de las ocasiones, afectada por la actividad humana (Ten Raa y Espinoza, 1983). Las tasas de erosión hídrica varían por los diferentes ecosistemas que se encuentran en las cuencas, considerando a éstas una de las fuentes más importantes de degradación de los suelos en las zonas tropicales, lo cual ocurre por la interacción clima-vegetación-suelo-topografía. Entre los factores degradantes de los suelos, se encuentran la densidad de población, uso y tenencia de la tierra y la demanda para nuevas tierras de cultivo (Maass y García, 1990).

La erosión afecta además la calidad de agua de los escurrimientos, coadyuvando a la contaminación de las aguas de consumo humano, la cual causa enfermedades como la fiebre tifoidea, disentería o simplemente padecimientos diarreicos. El análisis bacteriológico de aguas es un buen apoyo para el combate a estas enfermedades, al determinar el número aproximado de bacterias aunque no el tipo; el agua se considera a bacteriológicamente potable, cuando ésta presenta menos de una bacteria del grupo coliforme por cada 100 ml de agua (Herman, 1987).

Rodríguez y Botello (1987) consideran que el número de bacterias del grupo coliforme total es de dos por cada 100 ml de agua potable. De acuerdo con lo anterior, la calidad del agua potable se establecerá por la composición y concentración de los elementos que lo constituyen.

METODOLOGIA

Descripción del área de estudio.

La subcuenca de Cuzalapa se encuentra localizada en la parte suroeste de la Reserva de Biosfera Sierra Manantlán, entre las coordenadas $19^{\circ}26'40''$ y $19^{\circ}36'51''$ latitud norte y $104^{\circ}12'40''$ y $104^{\circ}22'49''$ longitud oeste. Presenta una superficie aproximada de 19 100 ha, de las cuales 2898 son dedicadas a las actividades agropecuarias que se subdividen en 635 para cultivos de riego, 429 para cultivos de temporal y 1833 ha dedicadas para agostadero (Sandoval, 1991).

En esta subcuenca se encuentran establecidas ocho comunidades indígenas, con un número aproximado de 240 familias (Guerrero y Cortés, 1989), las cuales basan su dieta alimenticia en la siembra de maíz-frijol.

Su gradiente altitudinal varía de los 500 a los 2660 msnm, con pendientes de 2 a mayores de 100%. Su clima de acuerdo con el sistema de Köppen, modificado por García, es definido como un Aw2 (w) (i), en la zona centro sur; Aw2 (w)(i')g, en la zona oeste, y (A)Ca (w2)(w)(i')g, en el macizo montañoso de la zona noroeste. Presenta una precipitación de 1500 a 1700 mm y una temperatura media anual de 18°C (Martínez *et al.*, 1991).

Su geología se constituye básicamente por rocas ígneas extrusivas ácidas, ígneas intrusivas ácidas (granitos), así como suelos de origen aluvial (SPP, 1981).

El estrato arbóreo se compone de bosque de pino, localizado de 700 a 2260 msnm, bosque de pino-encino, de 800 a 1800 msnm, bosque de encino, de 600 a 1700 msnm, y bosque mesófilo de montaña, en las zonas de cañadas.

Dentro de las características hidrológicas, el sistema de drenaje del río Cuзалapa se constituye por cuatro subcuencas específicas; arroyo La Sidra, La Paloma, San Antonio y La Pitahaya.

METODOS

Estos fueron divididos en tres aspectos que cubren las fases de este trabajo: geomorfología de la cuenca, aforo de escurrimientos superficiales y calidad de agua.

a) Geomorfología de la Cuenca.

La determinación de las características geomorfológicas se realizó para los afluentes del río Cuзалapa, con base en los siguientes parámetros: áreas de las subcuencas, forma, curva hipsométrica, elevación media, pendientes, características de la red de drenaje, longitud, perfil y pendiente del cauce principal de la subcuenca. Para estas determinaciones se utilizaron cartas topográficas 1:50 000 (INEGI, 1987).

b) Escurrimientos Superficiales.

La cuantificación de estos escurrimientos se realizó en los cuatro arroyos principales de la subcuenca mencionados en el punto anterior, en forma mensual durante un año.

La metodología empleada para llevar a cabo el aforo de los arroyos, fue por el método de sección-pendiente (Tena, 1973). En campo se procedió al establecimiento de las estaciones de aforo para cada arroyo afluente (Figura 1). El establecimiento de las estaciones se realizó de acuerdo con las siguientes especificaciones: 1) selección de tramos rectos y uniformes; 2) longitud no menor a seis veces el ancho del tramo; 3) sección a lo largo del tramo y pendiente uniformes; 4) márgenes libres de obstáculos (árboles, construcciones, etc.); 5) lecho y márgenes

estables, y no sujetos a los efectos de la erosión o depositación en las crecientes; 6) de ser posible se eligirá un tramo de cauce cercano a un lugar habitado, a fin de que éstos tengan amplia información sobre el fenómeno.

Para cada estación de aforo, se establecieron dos secciones hidrométricas, la sección "A₁" (aguas arriba) y la sección "A₂" (aguas abajo). Se realizó un levantamiento topográfico de cada sección. El aforo se efectuó midiendo el nivel del agua a lo ancho de la sección cada 50 cm.

Para obtener el gasto se utilizó la siguiente fórmula:

$$Q = A V \quad (1)$$

donde:

$$A = \text{área de la sección (m}^2\text{)}$$

$$V = \text{velocidad media (m s}^{-1}\text{)}$$

La velocidad se estimó a partir de la fórmula de Manning:

$$V = 1/n (R^{2/3}) (S^{1/2}) \quad (2)$$

donde:

$$V = \text{Velocidad media (m/s)}$$

$$R = \text{Radio hidráulico (m)}$$

$$S = \text{Pendiente del gradiente de energía}$$

$$n = \text{Coeficiente de rugosidad}$$

Si se conoce el área hidráulica de la sección transversal "A", se tiene que el gasto es:

$$Q = A/n (R^{2/3}) S^{1/2} \quad (3)$$

Si se cuenta con dos secciones por estación de aforo, entonces, los elementos de la ecuación anterior se pueden calcular de la siguiente manera:

$$A = (A_1 + A_2)/2, \quad R = (R_1 + R_2)/2 \quad \text{y} \quad S = Z/L$$

donde:

$$Z = \text{desnivel entre las secciones 1 y 2 (m)}$$

$$L = \text{longitud horizontal entre las secciones 1 y 2 (m)}$$

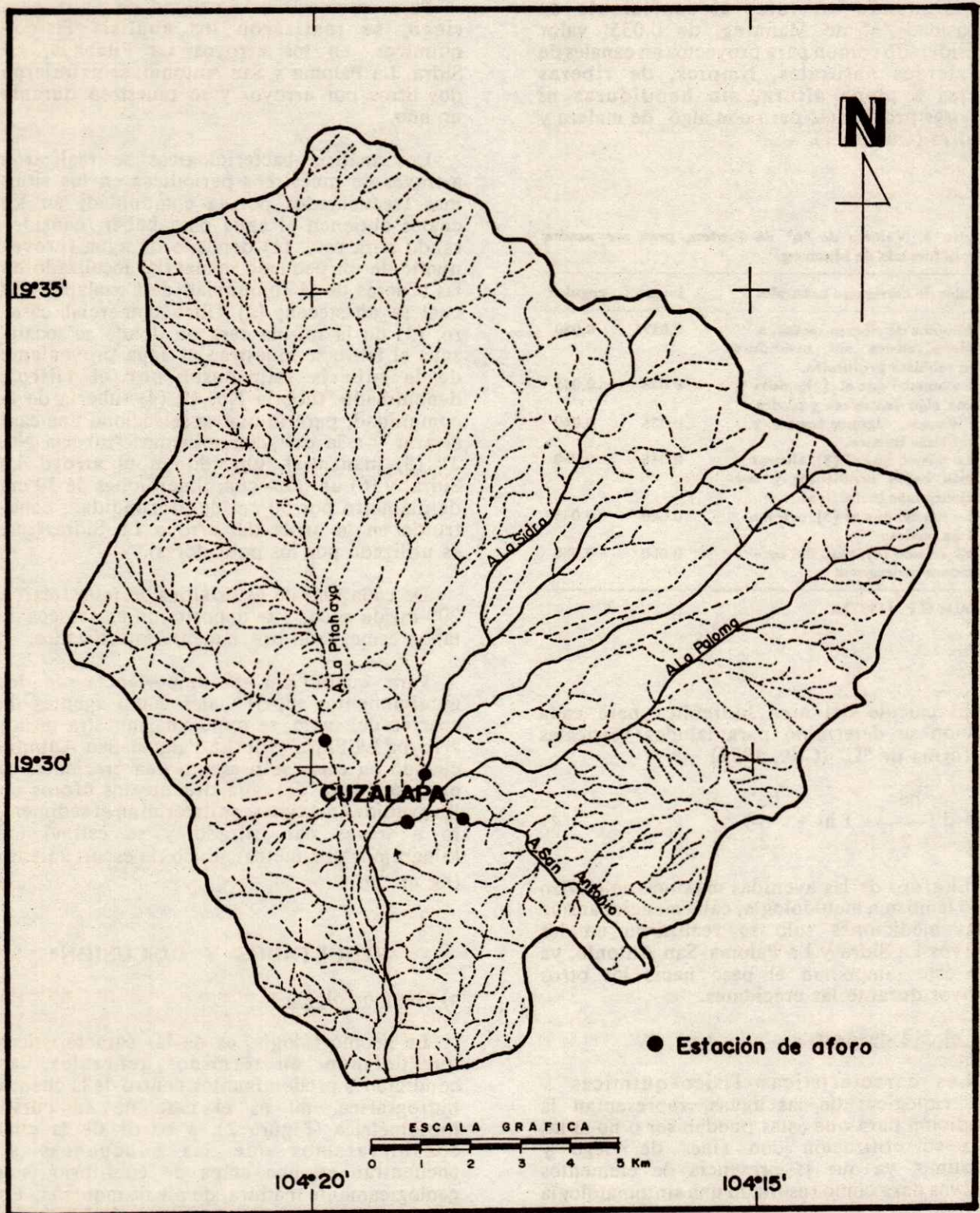


Figura 1. Ubicación de estaciones de aforo.

Asignando un valor al coeficiente de rugosidad "n" de Manning, de 0.035, valor considerado común para proyectos en canales de corrientes naturales, limpios, de riberas rectas a plena altura, sin hendiduras ni rebalsas profundos, pero con algo de maleza y piedras (Cuadro 1).

Cuadro 1. Valores de "n" de Horton, para ser usados en la fórmula de Manning.

Canales de corrientes naturales	bueno	regular
1) Limpios de riberas rectas, a plena altura sin hendiduras ni rebalsas profundas.	0.0275	0.030
2) Lo mismo que el (1), pero con algo de maleza y piedra.	0.033	0.035
3) Sinuosos, algunos bancos y rebalsas limpios.	0.035	0.040
4) Lo mismo que el (3), alturas más bajas pendientes y secciones más inefectivas.	0.045	0.050
5) Lo mismo que el (3), con maleza piedras	0.040	0.045
6) El mismo (4), pero de secciones pedregosas	0.050	0.055

Fuente: C.P. (1977).

El cálculo del área hidráulica para cada sección se determinó para taludes verticales en forma de "U" (C.P., 1977).

$$A = d \left(\frac{he}{2} + \Sigma hi + \frac{he'}{2} \right) \quad (4)$$

El aforo de las avenidas máximas se realizó bajo la misma metodología, cabe mencionar que estas mediciones sólo se realizaron en los arroyos La Sidra y La Paloma-San Antonio, ya que éstos impedían el paso hacia los otros arroyos durante las crecientes.

c) Calidad de Agua.

Las características físico-químicas y bacteriológicas de las aguas, representan la condición para que éstas puedan ser o no aptas para su utilización con fines de riego y consumo, ya que la presencia de elementos nocivos dará como resultado una sintomatología característica en las plantas e incluso en el ser humano.

Para caracterizar la calidad de agua para riego, se realizaron los análisis físico-químicos, en los arroyos La Pitahaya, La Sidra, La Paloma y San Antonio, se extrajeron dos litros por arroyo, y se muestreo durante un año.

Los análisis bacteriológicos se realizaron a través de muestreos periódicos en los sitios más frecuentados por la comunidad, en los cuales obtienen el agua para beber, considerando para esto: (1) depósito de agua (proveniente de un pequeño manantial localizado en las afueras de la comunidad de Cuзалapa) del cual se abastecen; (2) filtro comercial case-ro; (3) de la misma casa en donde se localizaba el filtro se muestreó el agua proveniente de la tubería (sin pasar por el filtro), denominado "tubería No. 1"; (4) tubería de la comunidad, para lo que se seleccionó una casa al azar y a la que denominamos "tubería No. 2"; (5) manantial, ubicado en el arroyo La Sidra, y (6) un pozo con dimensiones de 30 cm de diámetro por 50 cm de profundidad, construido en la orilla del arroyo La Sidra (que es utilizado por los pobladores).

De cada uno de estos sitios se muestrearon 200 ml de agua, y se depositaron en frascos de tapón esmerilado previamente esterilizados.

Para cuantificar la importancia de los escurrimientos superficiales como agentes de acarreo del suelo, se tomó una muestra de los arroyos La Sidra y de La Paloma-San Antonio cuando en éstos se presentó una creciente, se extrajo 1 litro de agua durante los aforos en las avenidas máximas, se determinó el sedimento a través del filtrado y se estimó los kilogramos por metro cúbico de escurrimiento (kg m^{-3}).

RESULTADOS Y DISCUSION

a) Geomorfología.

La geomorfología, es de las características que definen, en términos generales, las condiciones predominantes dentro de la cuenca hidrográfica, tal es el caso de su curva hipsométrica (Figura 2), a partir de la cual consideraremos que las subcuencas se encuentran en una etapa de equilibrio, son geológicamente maduras, de pie de montaña. En la misma figura podemos observar la diferencia que existe entre las cuencas con respecto al

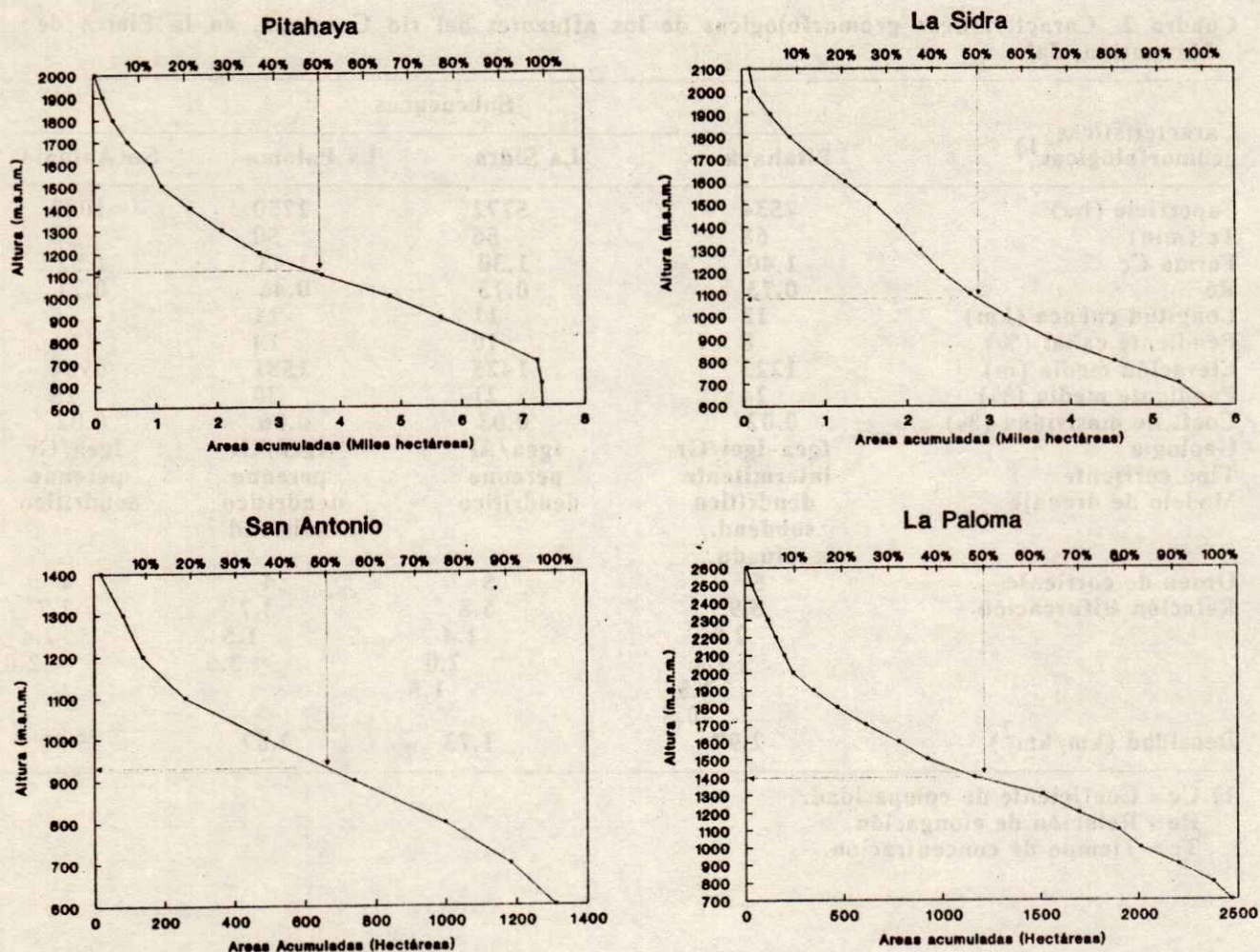


Figura 2. Curvas hipsométricas de los afluentes del río Cuizalapa.

relieve de cada una de éstas; La Paloma presenta el 50% de la superficie arriba de los 1400 msnm, mientras que la Sidra y Pitahaya el 50% está sobre los 1100 msnm, en cambio el arroyo San Antonio se presenta el mismo porcentaje hacia arriba de 920 m y con una altura máxima de 1400 msnm.

De acuerdo con la clasificación mencionada por Campos (1987), sobre el tamaño de cuencas, se tiene que los arroyos La Pitahaya (75 km²) y La Sidra (57 km²) son considerados como cuencas pequeñas con un rango correspondiente de 25 a 250 km², y los arroyos La Paloma (22 km²) y San Antonio (10 km²), como cuencas muy pequeñas (menores de 25 km²).

Las formas de las subcuencas, de acuerdo con su coeficiente de compasidad (Cc), presentan valores muy parecidos. Los arroyos La Sidra, Pitahaya y La Paloma tienen una forma oval redonda u oval oblonga. El arroyo San Antonio presenta una forma oval oblonga a rectangular oblonga. Podemos decir, en términos generales, que presentan la misma forma, dado que la diferencia de coeficientes entre La Sidra, Pitahaya y La Paloma es mínima con respecto al arroyo San Antonio. Al analizar el tiempo de concentración, encontramos que la rapidez de respuesta a una precipitación intensa está dada en el siguiente orden, arroyo San Antonio, La Paloma, La Sidra y la Pitahaya (Cuadro 2).

Cuadro 2. Características geomorfológicas de los afluentes del río Cuzalapa, en la Sierra de Manantlán, Jal.

Características geomorfológicas ¹⁾	Subcuencas			
	Pitahaya	La Sidra	La Paloma	Sn Antonio
Superficie (ha)	7534	5772	2250	1022
Tc (min)	68	56	50	28
Forma Cc	1.40	1.30	1.43	1.52
Re	0.73	0.73	0.46	0.71
Longitud cuenca (km)	13	11	11	5
Pendiente canal (%)	8	10	14	6
Elevación media (m)	1223	1425	1581	0964
Pendiente media (%)	24	21	30	25
Coef. de masividad (%)	0.02	0.03	0.06	0.02
Geología	Igea-igei/Gr	Igea/Al	Igea/Gr	Igea/Gr
Tipo corriente	intermitente	perenne	perenne	perenne
Modelo de drenaje	dendrítico subdend./ pinado	dendrítico	dendrítico subdend.	dendrítico
Orden de corriente	5	5	4	4
Relación Bifurcación	3.9	5.8	3.7	2.7
	2.9	1.4	1.5	2.4
	3.3	2.0	3.5	2.0
	1.5	1.5		
	-0.5			
Densidad (km/km ²)	2.97	1.73	2.67	5.08

- 1) Cc = Coeficiente de compacidad.
Re = Relación de elongación.
Tc = Tiempo de concentración.

De acuerdo con su relación de elongación (Re), las subcuencas presentan relieves fuertes y pendientes pronunciadas (Cuadro 2). Lo anterior se basa en que coeficientes cercanos a la unidad son típicos de relieve bajo, en cambio donde el Re varía de 0.6 a 0.8 está asociado a fuertes relieves y pendientes pronunciadas (Campos, 1987; Sánchez, 1987); las pendientes de los canales principales se clasifican, por su perfil natural, como típicos cóncavos.

El modelo de drenaje es similar para los cuatro arroyos (tipo dendrítico). Todos los arroyos son perennes con excepción del Pitahaya que es intermitente. De acuerdo con la densidad de drenaje, la cuenca del arroyo San Antonio es la que responde más rápidamente al influjo de la precipitación.

b) Escurrimientos superficiales.

Con los resultados obtenidos mediante los aforos realizados a lo largo de un año, se constata que efectivamente el comportamiento resultó ser similar para los cuatro arroyos; los gastos máximos se presentan en los meses de agosto y septiembre, y su gasto mínimo en los meses de abril y mayo (períodos de lluvia y estiaje, respectivamente), con la diferencia que el arroyo Pitahaya es intermitente y no presenta escurrimiento de los meses de marzo a junio. El mayor gasto durante todo el año fue presentado por el arroyo La Sidra (Figura 3).

En cuanto al aforo de las avenidas máximas sólo se estableció, como se mencionó con anterioridad, en los arroyos La Sidra y La Paloma-San Antonio. Al comparar la respuesta de los hidrogramas (Figura 4), se obtuvo que

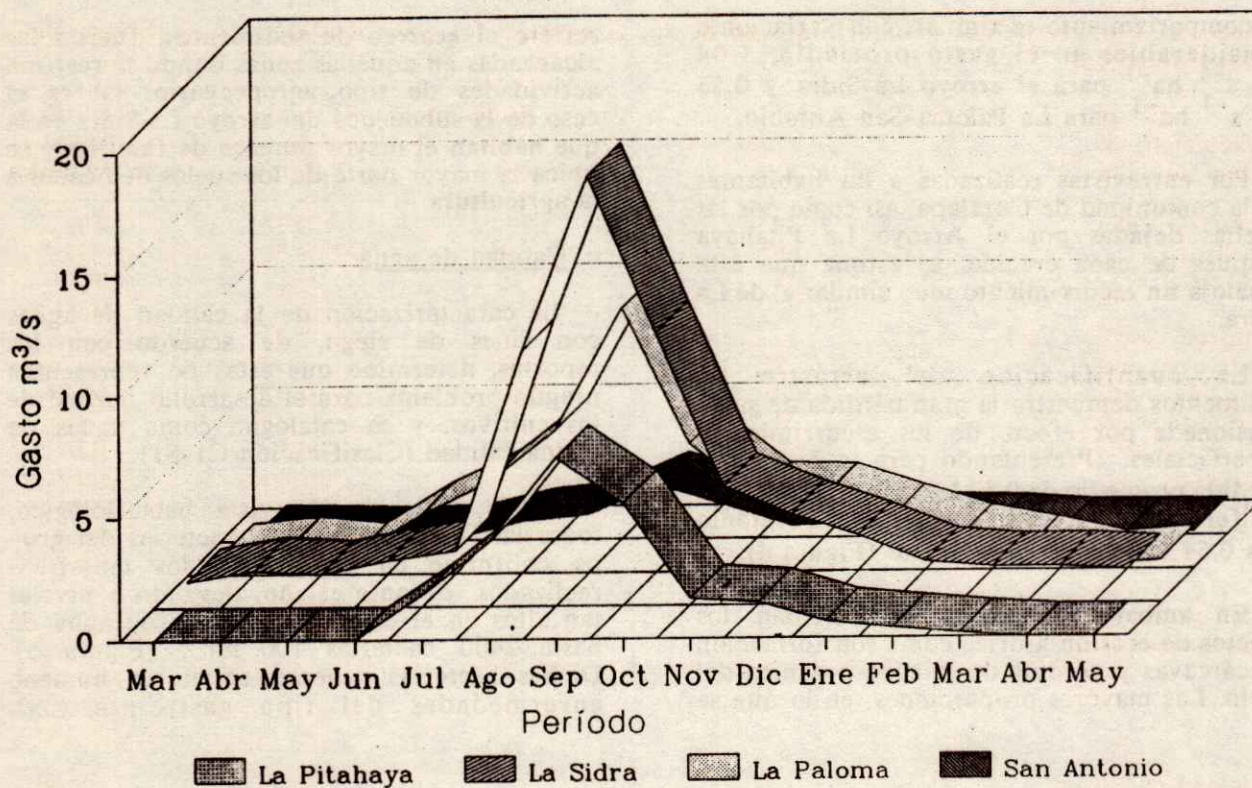


Figura 3. Fluctuaciones del escurrimiento para las cuatro cuencas.

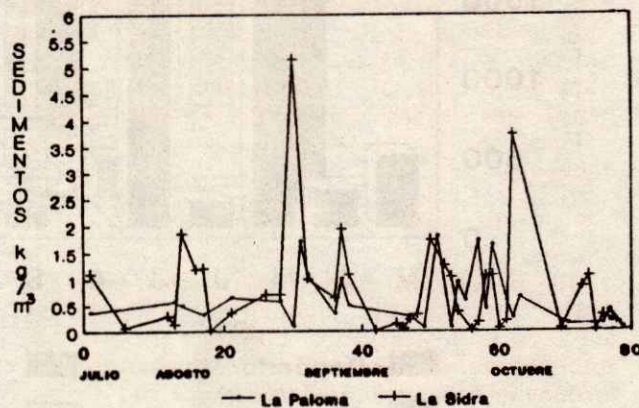
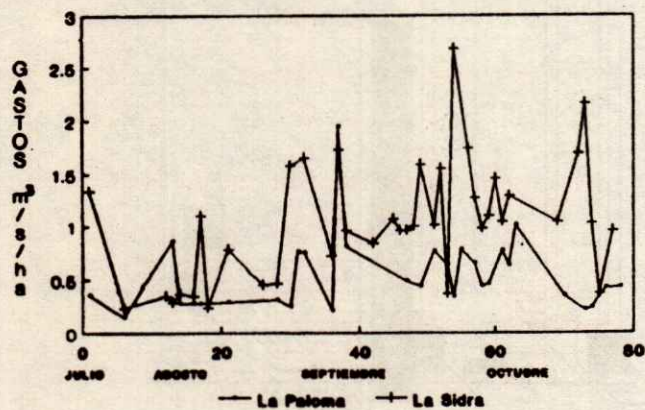


Figura 4. Escurrimiento y producción de sedimento en avenidas máximas.

su comportamiento es similar, con variaciones considerables en el gasto promedio; $1.04 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ para el arroyo La Sidra y $0.53 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ para La Paloma-San Antonio.

Por entrevistas realizadas a los habitantes de la comunidad de Cuzalapa, así como por las huellas dejadas por el Arroyo La Pitahaya después de cada crecida, se estima que éste desaloja un escurrimiento muy similar al de La Sidra.

La cuantificación del arrastre de sedimentos demuestra la gran pérdida de suelo ocasionada por efecto de los escurrimientos superficiales. Presentando para la Sidra una pérdida promedio de 0.82 kg m^{-3} en 38 eventos a diferencia de arroyo La Paloma-San Antonio con 0.54 kg m^{-3} en 32 eventos (Figura 4).

En ambas subcuencas se presentan los efectos de erosión hídrica como son formación de cárcavas y pérdida de la capa orgánica del suelo. Las mayores proporciones, en lo que se

refiere al acarreo de sedimentos, fueron las alcanzadas en aquellas zonas donde se realizan actividades de tipo agropecuario, tal es el caso de la subcuenca del arroyo La Sidra en la que habitan el mayor número de familias y se ubica la mayor parte de los suelos dedicados a la agricultura.

c) Calidad de agua.

La caracterización de la calidad de aguas con fines de riego, de acuerdo con los reportes, determinó que éstas no representan ningún problema para el desarrollo normal de los cultivos, y se catalogan como aguas de buena calidad (Clasificación C1-S1).

Desde el punto de vista bacteriológico, todas las fuentes presentan bacterias del grupo coliforme en algunos de los muestreos realizados durante el año, llegando a niveles tan altos en el caso del depósito de agua de hasta $2400 \text{ bacterias } 100 \text{ ml}^{-1}$ (Figura 5). Dichas bacterias generan en el ser humano enfermedades del tipo gastrointestinal.

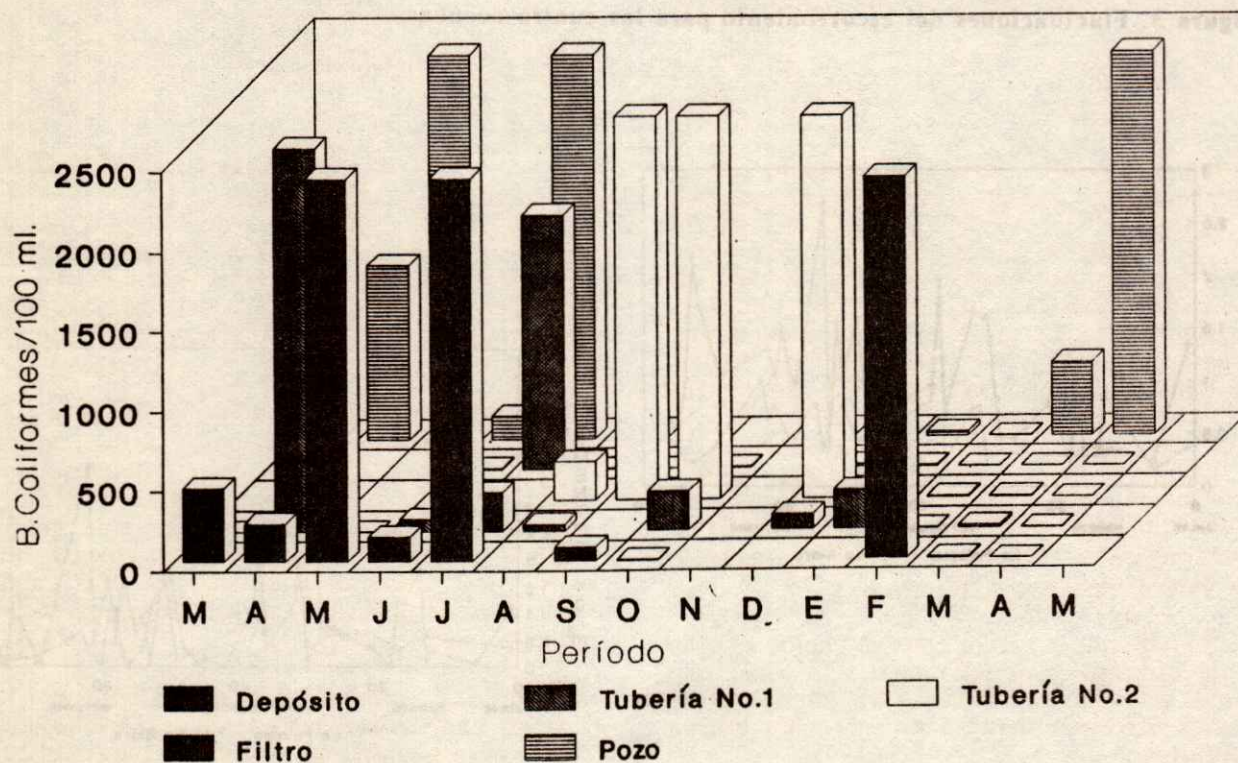


Figura 5. Calidad del agua (Bacterias coliformes).

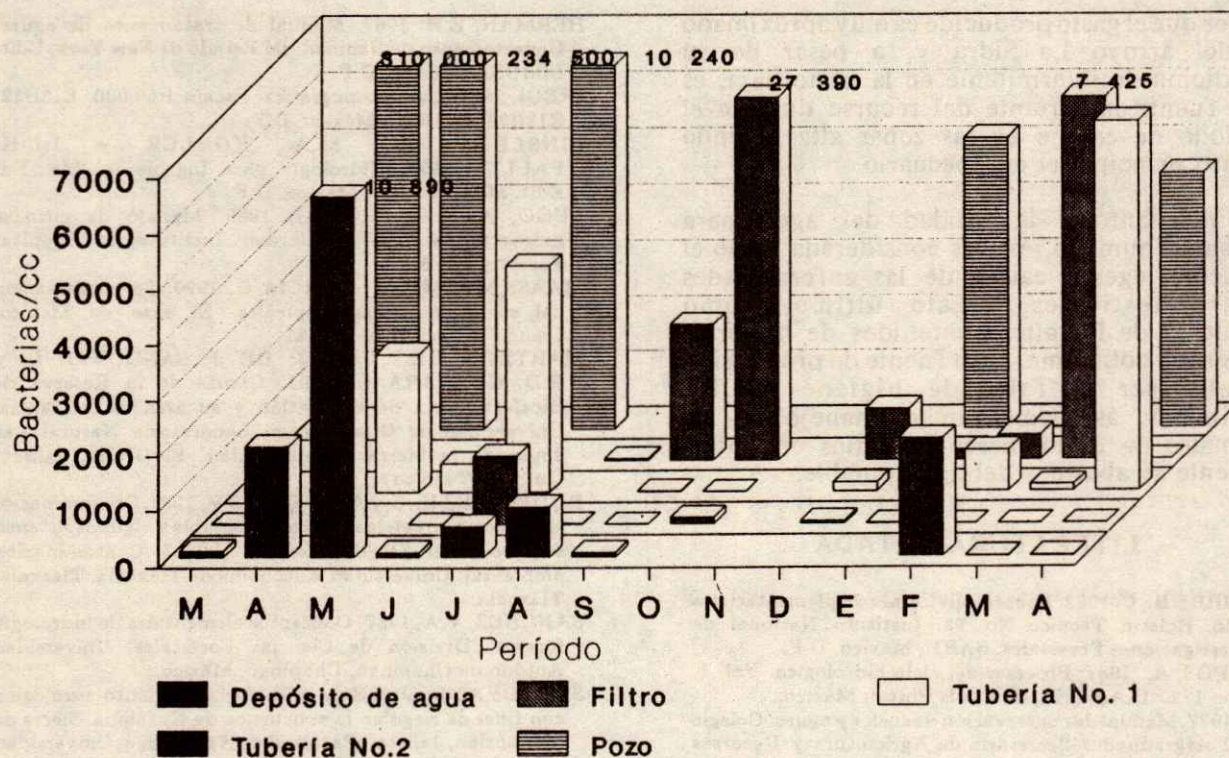


Figura 6. Calidad del agua (Bacterias totales).

Estas, en el caso de las comunidades de la subcuenca de Cuzalapa, fueron reportadas por el médico de la zona, que puso de manifiesto que en la mayoría de los casos eran provocadas por las condiciones insalubres de las viviendas, así como por la calidad del agua potable. Las muestra del depósito de agua y el pozo fueron las fuentes que presentaron mayor contaminación mientras que el filtro mostró los valores más bajos.

En el análisis del número de bacterias por centímetro cúbico, el pozo presentó valores muy altos, se determinaron hasta 310,000 bacterias cc^{-1} . El filtro nuevamente presentó los valores más bajos (Figura 6).

En general, la mayor contaminación se presentó durante el periodo de estiaje (marzo a junio) y disminuyó durante la temporada de lluvias correspondiente a los meses de julio a octubre.

CONCLUSIONES

Las características geomorfológicas de la cuenca, forma (coeficientes de compacidad), relación de elongación, densidad de drenaje, y pendiente de la cuenca del arroyo San Antonio, fueron las que presentaron la mayor respuesta al escurrimiento.

La Sidra fue la cuenca que presentó el mayor escurrimiento y producción de sedimentos durante todo el año. Un factor determinante para la producción de sedimentos en la Sidra fue el hecho que en esta cuenca se encuentra la mayor superficie agropecuaria. Además que sus partes altas, al igual que las otras cuencas, son dedicadas a la ganadería extensiva sin un manejo adecuado.

Por otro lado, los indicios dejados por el arroyo La Pitahaya después de cada evento durante la temporada de crecientes permiten su-

poner que el gasto producido es muy aproximado al del arroyo La Sidra y, a pesar de su condición de intermitente en la parte baja, es una fuente importante del recurso durante el período de estiaje en las zonas altas, siendo su uso principal el agropecuario.

En cuanto a la calidad del agua para consumo humano, ésta es considerada como el principal agente causal de las enfermedades gastrointestinales. Esto último, como resultado de los altos contenidos de bacterias del grupo coliforme, cuya fuente de producción resultó ser la falta de higiene de los habitantes, así como por el manejo de los animales de corral cerca los sitios en donde la gente se abastece del agua potable.

LITERATURA CITADA

- AGUIRRE B., C. 1982. Labores silvícolas complementarias al suelo. Boletín Técnico No. 93. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. SARH, México, D.F.
- CAMPOS, A. 1987. Procesos del ciclo hidrológico. Vol. 1. tomo 1/2. U.A.S.L.P., San Luis Potosí, México.
- C.P. 1977. Manual de conservación de suelos y aguas. Colegio de Postgraduados-Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos-Secretaría de Programación y Presupuesto. Chapingo, México.
- GUERRERO V., S. y E. CORTES F. 1989. Diagnóstico socioeconómico de la Comunidad Indígena de Cuzalapa. Laboratorio Natural Las Joyas de la Sierra de Manantlán. Universidad de Guadalajara. El Grullo, Jalisco. (Reporte Técnico).
- GUTIERREZ C., J. 1985. Ordenación y manejo de cuencas hidrológicas. Apuntes de Curso de Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buena Vista, Saltillo, Coahuila.
- HERMAN, E.H. 1987. Manual de tratamiento de aguas. Departamento de Sanidad del Estado de New York. Edit. LIMUSA. México, D.F.
- INEGI. 1987. Carta topográfica. Escala 1:50,000. E13B22, E13B23, E13B33., México, D.F.
- LINSLEY, R.K., M.A. KOHLER y J.L.H. PAULUS. 1977. Hidrología para Ingenieros. 2da. Ed. Edit. Mc.Graw Hill. México, D.F.
- LUGO, A. y S. BROWAI. 1985. Manejo de cuencas hidrográficas en el Caribe. Institute of Tropical Forestry MAB.
- MAASS M, J.M. y F. GARCIA O. 1990. La conservación del suelo en zonas tropicales. El caso de México. Ciencia y Desarrollo XV: 21.
- MARTINEZ R., L.M., J. DE J. SANDOVAL L. y R.D. GUEVARA G. 1991. Climas de la Reserva de Biosfera Sierra de Manantlán y su área de influencia. Universidad de Guadalajara, Laboratorio Natural Las Joyas de la Sierra de Manantlán. El Grullo, Jalisco. (Informe Técnico)
- RODRIGUEZ H., S. y A. BOTELLO V. 1987. Contaminación entobacteriana en la red de agua potable y algunos sistemas acuáticos del SE de México. Vol. 3 Contaminación ambiental. Universidad Autónoma de Tlaxcala. Tlaxcala, Tlaxcala.
- SANCHEZ, V.A. 1987. Conceptos elementales de hidrología forestal. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.
- SANDOVAL L., J. DE J. 1991. Levantamiento agrológico con fines de riego en la subcuenca de Cuzalapa, Sierra de Manantlán, Jalisco. Facultad de Agronomía, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco. (Tesis de Licenciatura).
- SPP. 1981. Síntesis geográfica del estado de Jalisco. México, D.F.
- TEN RAA, M. y J.M. ESPINOZA R. 1983. Estudio de la erosión en la ladera SE del Cofre de Perote. INIREB, Xalapa, Veracruz.
- TENA, O., S.G. 1973. Proyecto de zonas de riego. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México, D.F.

FERTILIZACION DEL TRIGO DE TEMPORAL EN LA LAGUNITA, MUNICIPIO DE JIQUILPAN, MICHOACAN

Wheat Fertilization Under Rainfed
Conditions in La Lagunita, Jiquilpan, Mich.

J. Venegas G., G. Vázquez G. y L.F. Ceja T.

CIIDIR-IPN-U-MICH, Justo Sierra # 28, Jiquilpan, Mich.

Palabras clave: Trigo, Temporal, Fertilización, Jiquilpan, Michoacán.

Index words: Fertilization, Rainfall wheat, Jiquilpan, Michoacan, Mexico.

RESUMEN

El área de influencia de La Lagunita del municipio de Jiquilpan, Mich., es una región agrícola temporalera con precipitaciones estimadas en 700 mm de lluvia anuales, distribuidas entre los meses de junio a octubre; sus suelos son de tipo Luvisol crómico, pobres en materia orgánica, con altos contenidos de arcilla caolinítica; los agricultores practican una agricultura de subsistencia con un sistema de producción consistente en cultivar el maíz asociado con frijol y calabaza, para lo cual utilizan materiales criollos y obtienen bajos rendimientos y grano de mala calidad. Considerando el interés de los productores por sembrar otros cultivos, se hizo una investigación con diferentes especies, entre éstas el trigo. El objetivo del presente trabajo consistió en conocer el tratamiento de fertilización más económico para el trigo Anáhuac F 75 bajo condiciones de un temporal errático, y en muchas ocasiones deficiente, en el área de influencia de La

Lagunita, municipio de Jiquilpan, Mich., para lo cual se probaron 12 tratamientos con nitrógeno, fósforo y potasio y un testigo absoluto, en un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones. La siembra se realizó en surcos de 5.0 m de longitud y 0.30 m de separación; se sembraron cuatro surcos por tratamiento, con una cantidad de semilla equivalente a 130 kg ha⁻¹ depositada en el fondo del surco; se aplicó la mitad del nitrógeno y todo el fósforo y potasio al momento de la siembra, el resto del nitrógeno se aplicó 30 días después; se tomaron los siguientes datos agronómicos como indicadores de respuesta: días a floración, días a madurez fisiológica, altura de las plantas, reacción y severidad con que atacó la roya de la hoja y rendimientos de grano. Al final del trabajo se concluyó que el tratamiento óptimo económico de fertilización adecuado fue el 100-60-00.

SUMMARY

La Lagunita, Jiquilpan, Michoacan, Mexico, is a rainfed agricultural region with estimated rain of 700 mm per year distributed in the months of June to October. The soils are Chromic Luvisols, poor in organic matter, with high contents of kaolinitic clay. The farmers practice a subsistence agricultural system consisting of growing every year corn in association with beans and squash. Farmers plant local materials and they harvest low yields and grain of deficient quality. The

Recibido 09-92.

objective of this paper was to determine the best economic fertilization treatment for Anahuac F 75 wheat variety grown under rainfed conditions in the area of influence of La Lagunita, Jiquilpan, Michoacan, Mexico. Twelve treatments with nitrogen, phosphorus and potassium were compared to a control treatment without fertilizers. A randomized plot design with four replications was used. The wheat was planted in rows 5.0 m long and 0.30 m wide, at a sowing density 130 kg of wheat seed ha^{-1} . Half of the nitrogen and all of phosphorus and potassium fertilizer were applied at planting; the other half of nitrogen, 30 days later. The best fertilization treatment from an economic point of view was 100-60-00.

INTRODUCCION

En el área de influencia de La Lagunita, municipio de Jiquilpan, Mich., los agricultores año con año practican una agricultura de subsistencia, que consiste en cultivar el maíz asociado con frijol y calabaza, para lo cual utilizan materiales criollos y obtienen bajos rendimientos, por lo que se interesan en la introducción de otros cultivos propios para la zona de temporal.

En la búsqueda de cultivos alternativos y con el antecedente de que a principios de siglo se cultivaba trigo en la región, el cual fue abandonado por el drástico ataque del chahuixtle (*Puccinia sp.*) y los bajos rendimientos. En los últimos 5 años se realizaron investigaciones para seleccionar algunas variedades temporales, entre las que Anahuac F 75 destacó por su resistencia al chahuixtle, su vigor agronómico, su tolerancia a la sequía y sus altos rendimientos de grano.

Con la introducción del trigo, a los productores agrícolas se les brinda la oportunidad de establecer un sistema de rotación que les garantiza una variación en su dieta y un mayor rendimiento de grano. El objetivo del presente trabajo fue conocer el tratamiento de fertilización más económico para el trigo Anahuac F 75 en el área de influencia de La Lagunita, municipio de Jiquilpan, Mich. bajo condiciones de temporal.

REVISION DE LITERATURA

Para fertilizar trigo de temporal el INIA (1975) sugiere utilizar el tratamiento general 80-40-0. Con bases en resultados preliminares de investigaciones realizadas en los Valles Del Fuerte y Carrizo, Sin., bajo condiciones de temporal, el INIA (1979-1980) recomienda para la variedad Anahuac F 75 la dosis de fertilización 130-40-00; asimismo, INIA (1982) recomienda la aplicación de la fórmula 120-60-00 para fertilizar el trigo cultivado bajo condiciones de temporal en la Sierra Tarasca; un tercio del nitrógeno y todo el fósforo al momento de la siembra, y el resto del nitrógeno de 35 a 45 días después.

Gallardo y González, citados por Núñez (1989), recomiendan el tratamiento de fertilización 130-40-00 para el Valle de Morelia-Queréndaro, Mich. con una densidad de siembra de 140 kg de semilla ha^{-1} , y para la región Ciudad Hidalgo-Tuxpan, Mich., el tratamiento 160-80-00.

Núñez (1989) condujo una investigación sobre fertilización del trigo en la región de Tanhuato, Mich., en la cual probó diferentes niveles de nitrógeno, fósforo y densidades de población y concluyó que: (a) al mantener constantes el fósforo y la dosis de siembra (60 kg P_2O_5 ha^{-1} y 160 kg ha^{-1} , respectivamente), el rendimiento de grano de trigo aumentaba al incrementar la fertilización nitrogenada entre 120 y 200 kg de nitrógeno; el máximo rendimiento se obtuvo al aplicar 200 kg ha^{-1} de este nutriente; (b) con relación al fósforo, la mejor respuesta del rendimiento de grano de trigo resultó cuando se aplicaron 60 kg de este elemento, con niveles constantes de nitrógeno (160 kg ha^{-1}) y de densidad de población (160 a 200 kg de semilla ha^{-1}).

González y Rodríguez (1974) realizaron un estudio sobre el efecto del nitrógeno en cuatro variedades de trigo en la región del Bajío. Estos autores hicieron variar la dosis de este elemento de 30 en 30 kg hasta el nivel de 300 kg ha^{-1} , y mantuvieron constante la dosis de fósforo en 60 kg de P_2O_5 ha^{-1} y la de Cinc en 30 kg ha^{-1} ; concluyendo que: (a) hubo una respuesta altamente significativa a las aplicaciones del nitrógeno en todas las variedades estudiadas; que (b) para las variedades Azteca, Yécora y Cajeme el tratamiento óptimo económico fue de 180 kg de nitrógeno ha^{-1} , y (c) que la variedad Cocorit es la más

productiva, ya que en un experimento superó al resto de las variedades en más de una tonelada y en otro más de media tonelada ha^{-1} . La dosis óptima económica se situó en 200 kg de nitrógeno ha^{-1} .

Rodríguez, citado por Nuñez (1989), efectuó estudios sobre la fertilización del trigo en el Bajío para conocer el comportamiento del cultivo con varios niveles de fertilización, en diferentes rotaciones y en dos finos de suelo. En el Cuadro 1 se muestran las dosis de fertilización encontradas como recomendables.

Cuadro 1. Tratamientos de fertilización para el trigo en función del cultivo anterior y el tipo de suelo en el Bajío.

Cultivo Anterior	Suelo gris oscuro	Suelo café claro
Sorgo	240-40-00	240-60-00
Mais	220-40-00	220-60-00
Hortalisa	210-40-00	210-60-00
Alfalfa	200-40-00	200-60-00

Martín, citado por Nuñez (1989), indica que en la región del Bajío, según investigaciones del CIAB, se recomienda aplicar el tratamiento 80-40-00 para suelos negros y el 80-60-00 en suelos rojos, con una densidad de 140 kg de semilla ha^{-1} .

Urbina *et al.* (1966) han trabajado durante varios años en el Bajío con diferentes aspectos del cultivo del trigo; al estudiar el comportamiento de éste en suelos diferentes y su interacción con el nitrógeno y fósforo, proponen los tratamientos descritos en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Fertilización del trigo según el tipo de suelo en el Bajío.

Varietal	Suelo arcilloso	Suelo arenoso
Mayo 64	120-40-00	120-60-00
Nadadores 63	120-40-00	120-60-00
Sonora 64	120-40-00	120-60-00
Pénjamo T 62	120-40-00	120-60-00
Oviachic 65	100-40-00	100-60-00

MATERIALES Y METODOS

Se trabajó en la localidad de La Lagunita, municipio de Jiquilpan, Mich., la cual es una

zona agrícola temporalera localizada entre 1700 y 2000 msnm; la precipitación se caracteriza por ser errática, en muchas ocasiones es deficiente en tanto que en otras excesiva, con una media anual de 700 mm que se distribuyen entre los meses de junio a octubre; el clima del área de influencia es templado frío; sus suelos son de tipo Luvisol crómico de color rojizo y susceptibles a la erosión hídrica; pobres en materia orgánica, ácidos, con altos contenidos de arcilla caolinítica y, en general, con un bajo nivel de fertilidad.

El experimento se estableció a una altura de 2000 msnm, en un suelo que presentaba una capa arcillosa compacta a unos 30 cm de profundidad. En el Cuadro 3 se muestra el análisis químico del sitio a la profundidad 0-20 cm.

Cuadro 3. Algunas características químicas del suelo de La Lagunita, Municipio de Jiquilpan, Michoacán.

Textura	pH	Materia	Nitrógeno	Fósforo
		Orgánica		
		%	%	ppm
Arcillosa	5.5	1.5	0.06	3

En años anteriores el sitio experimental había sido cultivado con maíz asociado con frijol y calabaza, y fertilizado con diversas dosis de nitrógeno y fósforo, empleando como fuentes de fertilizantes urea y superfosfato triple de calcio. La práctica realizada de manera inadecuada y tardía, pues en ocasiones el fósforo se aplicaba al empezar a espigar el maíz. El barbecho y el surcado del terreno se hace con un tronco tirado por caballos.

Durante el desarrollo del experimento la lluvia estuvo bien distribuida de manera que el cultivo no sufrió ni deficiencia ni exceso de agua.

Se probaron tres factores con los siguientes niveles: (a) nitrógeno: 0, 100, 120, 160 y 200 $Kg\ ha^{-1}$; (b) fósforo: 0, 60 y 80 $kg\ de\ P_2O_5\ ha^{-1}$, y c) potasio: 0 y 100 $kg\ de\ K_2O\ ha^{-1}$.

Estos factores y sus niveles se combinaron para integrar 13 tratamientos que se distribuyeron en el terreno según un diseño experimental en bloques al azar, con cuatro repeticiones. Las fuentes de nutrimentos fueron las siguientes: para nitrógeno se empleó urea (46 % N); para fósforo el superfosfato triple de calcio (46 % P_2O_5) y para potasio el sulfato de potasio (50% K_2O_5). La variedad de trigo empleada fue Anáhuac F 75, a una densidad de 130 kg de semilla ha^{-1} , la cual fue proporcionada por INIFAP.

Durante el ciclo de cultivo se tomaron los siguientes datos agronómicos: (1) espigamiento: días transcurridos desde la siembra hasta la emergencia del 50 % de las espigas; (2) ataque de la roya de la hoja (*Puccinia recondita*), para lo cual se consideraron dos aspectos: (a) severidad del ataque, que es función del porcentaje del área foliar infectada por el hongo y puede ser desde trazas (Tr), cuando se encuentre una pústula en forma esporádica, hasta el 99 % de la superficie foliar infectada; (b) reacción que manifiesta la variedad al hongo, que puede ser: resistente (R), cuando las pústulas son muy pequeñas y no hay esporulación; moderadamente resistente (MR), cuando las pústulas son pequeñas y hay algo de esporulación, y se encuentra tejido necrótico alrededor de las pústulas; moderadamente susceptible (MS), cuando las pústulas están algo desarrolladas y hay tejido clorótico a su alrededor, y susceptible (S), cuando las pústulas están completamente desarrolladas y bien esporuladas; (3) días a madurez fisiológica: días transcurridos desde la siembra hasta que los pedúnculos de las espigas se tornan de un color amarillo limón; (4) altura de las plantas: longitud medida desde el ras del suelo hasta la parte media de las espigas y (5) rendimiento de grano a la cosecha.

Los días a espigamiento y a la madurez fisiológica, y la altura, se determinaron de acuerdo con la metodología que describe Venegas (1979).

Para tomar las lecturas relativas al ataque de la roya de la hoja, se procedió de acuerdo con lo descrito por Loegering (1959).

El análisis de la información se realizó para rendimiento de grano, con fines de generar una recomendación de fertilización para lo cual se efectuó un análisis de regresión lineal y múltiple. Se ajustaron, varios

modelos de acuerdo con el método forward, descrito por Box *et al.* (1978): lineal, cuadrático, cúbico y de interacción. Se practicó un análisis de varianza y la separación de medias fue realizada a través de la prueba de Tukey (Reyes, 1978).

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 4 se encuentran los rendimientos medios de grano de trigo obtenidos con la aplicación de los tratamientos fertilizantes.

Cuadro 4. Rendimientos medios de grano de trigo obtenidos con diferentes tratamientos de fertilizantes.

No	Tratamientos	Rend. ($t\ ha^{-1}$)	Tukey ⁺
13	160-80-100	5.409	a
12	200-80-00	4.917	a
5	100-60-00	4.658	a
6	100-80-00	4.400	a
10	160-80-00	4.267	a
11	200-60-00	4.233	a
7	120-60-00	4.067	a
8	120-80-00	4.050	a
9	160-60-00	3.891	a
2	120-00-00	2.506	b
4	00-00-100	2.091	c
3	00-80-00	1.307	c
1	00-00-00	0.683	d

DMSH ($\alpha = 0.05$) = 1.762

+ Las medias que tienen la misma letra son estadísticamente iguales

Los análisis estadísticos practicados a los datos de rendimiento, generaron las ecuaciones de regresión del Cuadro 5.

Las primeras cuatro ecuaciones, que corresponden a modelos lineales de regresión, explican mejor la variación del rendimiento de grano respecto a los modelos cuadráticos y cúbicos, como puede constatarse al analizar sus coeficientes de determinación, tienen las siguientes características estadísticas:

Primer modelo:
cuadrado medio del error = 575785.8247

Variable	Parámetro estimado	F	Prob > F	Coef. de corr. con rendimiento
Intercepto	1810.05605993	21.020	0.00100	
NP	0.23672689	31.880	0.00020	0.87

Segundo modelo:
cuadrado medio del error = 590884.0004

Variable	Parámetro estimado	F	Prob > F	Coef. de corr. con rendimiento
Intercepto	1688.28505530	15.85	0.00320	
K	5.17663757	0.74	0.41060	0.02
NP	0.24125800	31.78	0.00030	0.87

Tercer modelo:
cuadrado medio del error = 583930.98553829

Variable	Parámetro estimado	F	Prob > F	Coef. de corr. con rendimiento
Intercepto	1270.65072112	4.82	0.0595	
P	11.62427287	1.11	0.3234	0.67
K	7.27524520	1.34	0.2807	0.02
NP	0.20107091	12.37	0.007	0.87

Cuarto modelo:
cuadrado medio del error = 558457.52931248

Variable	Parámetro estimado	F	Prob > F	Coef. de corr. con rendimiento
Intercepto	974.79184330	2.47	0.1601	
N	15.57868035	1.36	0.2809	0.86
P	15.45566672	1.87	0.2133	0.67
K	10.08248781	2.33	0.1706	0.02
NP	0.01524402	0.01	0.9394	0.87

Por las características que presentan estos modelos, el primero es el más adecuado para predecir los rendimientos del trigo con base en las aplicaciones de nitrógeno y fósforo, pues tiene un alto coeficiente de determinación, una sola variable, uno de los menores cuadrados medios del error y alto coeficiente de correlación entre el nitrógeno y fósforo y el rendimiento.

El modelo indica claramente que el 76 % de la variación en el rendimiento se debe a los nutrimentos nitrógeno y fósforo interaccionando, no encontrando significancia a las aplicaciones de potasio ni a sus interacciones con los demás elementos; asimismo, no se encontró significancia a la aplicación aislada de nitrógeno y fósforo. Sin embargo, se observó una fuerte respuesta a la aplicación de los tres elementos.

Se obtuvieron dos modelos de regresión en los cuales se consideró como variable independiente el nitrógeno y como dependiente al rendimiento de grano. En el primer y segundo caso se mantuvo constante al fósforo en 60 y 80 kg de P₂O₅ ha⁻¹, respectivamente:

$$Y = 1518.334 + 17.1385 N \quad r = 0.80$$

$$Y = 655.3732 + 24.5778 N \quad r = 0.90$$

si la dosis de fósforo se mantiene constante, al nivel de 60 kg de P₂O₅ ha⁻¹, el rendimiento de trigo se incrementa al elevar los niveles de nitrógeno hasta 120 kg ha⁻¹. Los

Cuadro 5. Ecuaciones de regresión y coeficientes de determinación que relacionan los nutrimentos con el rendimiento de grano de trigo en La Lagunita, Jiquilpan, Michoacán.

Ecuación de regresión	R ²
$Y = 1810.0560 + 0.2367 NP$	0.76
$Y = 1688.2850 + 5.1756 K + 0.2412 NP$	0.77
$Y = 1270.6507 + 11.6242 P + 7.2752 K + 0.2010 NP$	0.80
$Y = 974.7918 + 15.5786 N + 15.4556 P + 10.0824 K - 0.0152 NP$	0.83
$Y = 2476.8583 + 0.0000134 N^2 P^2$	0.52
$Y = 2044.1715 + 0.1507 P^2 + 0.00001079 N^2 P^2$	0.56
$Y = 1744.1755 + 0.0571 N^2 + 0.2036 P^2 + 0.00000052 N^2 P^2$	0.61
$Y = 1340.3277 + 0.0802 N^2 + 0.2677 P^2 + 0.0871 K^2 - 0.00000421 N^2 P^2$	0.65
$Y = 2873.5040 + 0.0 N^3 P^3$	0.37
$Y = 2440.9246 + 0.001828 P^3 + 0.0 N^3 P^3$	0.42
$Y = 2071.4879 + 0.0002717 N^3 + 0.002671 P^3 - 0.0 N^3 P^3$	0.48
$Y = 2085.8231 + 0.000302 N^3 + 0.00244 P^3 - 0.0 N^3 P^3 + 0.0 N^3 K^3$	0.52

rendimientos con fósforo al nivel de 80 kg de P_2O_5 ha⁻¹, son menores; pero el fenómeno se invierte con niveles superiores a 120 kg de nitrógeno ha⁻¹.

Como resultado del análisis económico el tratamiento 100-60-00 fue el más recomendable. Sin embargo, en rendimientos resulta 1.500 kg ha⁻¹ inferiores al mejor tratamiento agronómico (160-80-100).

Los resultados estadísticos obtenidos en este trabajo concuerdan con las recomendaciones de INIA (1982) y con los obtenidos por Gallardo y González (1981), en el sentido de obtener diferencias significativas con la aplicación conjunta de los nutrimentos nitrógeno y fósforo, no así con las de potasio y sus interacciones con estos nutrimentos. Sin embargo, agronómicamente es obvia la respuesta a la aplicación de potasio. Esta situación debe ser analizada con mayor detenimiento, ya que la no inclusión de potasio en la fórmula estaría limitando el rendimiento máximo que pudiese alcanzarse.

En el transcurso del desarrollo del cultivo se observó que los diferentes tratamientos no tuvieron influencia sobre la reacción que manifestó el genotipo indicador a la roya de la hoja.

Los diferentes tratamientos tuvieron influencia sobre el grado de precocidad del genotipo empleado, de tal manera que mientras el testigo absoluto llegó a su madurez fisiológica a los 105 días, los tratamientos con las mayores cantidades de nitrógeno maduraron a los 115 días (Cuadro 6).

En el Cuadro 6 también se aprecia que las dosis de fertilizante influyeron sobre la altura de las plantas, correspondiendo las mínimas a los testigos y las máximas a los niveles más altos de fertilización.

En general, el conjunto de diferencias cuantitativas que los tratamientos causaron en los caracteres agronómicos de las plantas de trigo, originaron también las diferencias en los rendimientos unitarios de grano.

Otras observaciones que se hicieron en el transcurso de la presente investigación, permiten concluir que: los tratamientos con menores cantidades de fertilizante provocaron que las plantas no amacollaran lo suficiente, por lo que presentaron una baja densidad de

plantas por hectárea, y esto ocasionó que se desarrollara la maleza, aumentando los costos del cultivo.

Cuadro 6. Aspectos agronómicos del trigo Anáhuac F 75 con diferentes tratamientos de fertilización en La Lagunita municipio de Jiquilpan, Mich.

No.	Tratamiento	Roya	Altura (cm)	Mad. fis.(días)
13	160-80-100	TrMR	82	113
12	200-80-00	TrMR	84	115
5	100-60-00	TrMR	80	113
6	100-80-00	TrMR	82	114
10	160-80-00	TrMR	83	115
11	200-60-00	TrMR	77	115
7	120-60-00	TrMR	82	113
8	120-80-00	TrMR	83	113
9	160-60-00	TrMR	82	114
2	120-00-00	TrMR	60	110
4	00-00-100	TrMR	72	110
3	00-80-00	TrMR	68	108
1	00-00-00	TrMR	56	105

CONCLUSIONES

Del análisis de las observaciones realizadas, los datos tomados y los rendimientos obtenidos, se concluye lo siguiente:

1. La variedad de trigo Anáhuac F 75 manifiesta una respuesta positiva en rendimiento de grano a la aplicación conjunta de los nutrimentos: nitrógeno, fósforo y potasio, en el área de influencia de la comunidad de La Lagunita, Jiquilpan, Mich. Sin embargo, no todas éstas fueron estadísticamente significativas.
2. La respuesta a la aplicación de potasio y sus interacciones con el nitrógeno y fósforo no fue estadísticamente significativa, pero sí importante agronómicamente.
3. El tratamiento más económico fue el 100-60-00, aunque este es inferior en 1500 kg ha⁻¹ al mejor rendimiento agronómico.

LITERATURA CITADA

- BOX, G.E.P., W.G. HUNTER y J.S. HUNTER. 1978. Statistics for experimenters: An introduction design, data analysis and model building. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- GONZALEZ M., J.A. y G. RODRIGUEZ H. 1974. Fertilización nitrogenada en cuatro variedades de trigo en la región del Bajío, pp. 415-422. In: Memorias del VII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Guanajuato, Gto. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, Chapingo, México

- INIA. 1975. Guía para la asistencia técnica en el área de influencia del Centro de Investigaciones Agrícolas de la Mesa Central. INIA-SAG., México, D.F.
- INIA. 1979-1980. Guía para la asistencia técnica agrícola en el área de influencia de los Valles del Fuerte y del Carrizo, Sinaloa. INIA-CIAPAN-SARH, Sinaloa.
- INIA. 1982. Guía para la asistencia técnica agrícola en la Sierra Tarasca. INIA-CIAB-CAESIT-SARH. Pátzcuaro, Michoacán.
- LOEGERING. 1959. Guía para evaluar royas. CIMMYT. México, D.F.
- NUÑEZ CH., J. 1989. Respuesta del trigo en términos de rendimiento de grano a diferentes niveles de nitrógeno, fósforo y densidad de población en la región de Tanhuato, Mich. (Tesis profesional). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán.
- REYES C., P. 1978. Diseños de experimentos aplicados. Editorial Trillas, México, D.F.
- SSP. 1981. Atlas nacional del medio físico. México, D.F.
- URBINA A., R., B. ALVARADO A. y R. PADILLA. 1966. El cultivo del trigo en el Bajío. Circular No. 12. INIA-CIAB-SARH, Celaya, Gto.
- VENEGAS G., J. 1979. Ensayo de adaptación y rendimiento de 25 líneas y cinco variedades de trigos harineros en la región de Comitán, Chis. (Tesis profesional). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán.

PRODUCCION DE SORGO EN FUNCION DE NIVELES Y FUENTES NITROGENADAS

Sorghum Production as Influenced by Levels and Sources of Nitrogen

J.G. Díaz de León T. y C. Mejía A.

CEBAJ, CIR-CENTRO, INIFAP

Palabras clave: pH, Análisis vegetal, DRIS, Eficiencia, PSI, Nitrógeno.

Index words: pH, Plant analysis, DRIS, Efficiency, PSI, Nitrogen.

RESUMEN

La tendencia actual en el uso de fertilizantes es elegir los de alta concentración por ser más económicos, relegándose a segundo término características importantes como tipo de reacción o iones acompañantes. Con la finalidad de evaluar el efecto de fuentes y dosis nitrogenadas sobre rendimiento, composición química vegetal y variaciones del pH del suelo se estableció en Cortazar, Gto. México, durante el ciclo P-V de 1987 un experimento en un suelo con PSI de 8 hasta 15.7 en la capa de 0-90 cm. El diseño usado fue parcelas divididas en bloques al azar. La parcela grande llevó dos híbridos, WAC-698 y RB-3006, y la parcela chica el factorial 5 x 4 (fuentes x dosis) dado por urea ácida, urea, sulfato de amonio, nitrato de amonio y agua amoniacal y 80, 160, 240, 320 kg N ha⁻¹. En la dosis 240 kg N ha⁻¹ se realizaron cinco análisis de suelo a lo largo del ciclo y tres análisis vegetales en las etapas vegetativa, floración y madurez. Al evaluar rendimiento se encontró diferencia

sólo entre las fuentes, siendo las mejores: el sulfato de amonio y nitrato de amonio con 2866 y 2214 kg ha⁻¹ de grano seco, respectivamente; estas mismas fuentes fueron las más eficientes alcanzándose la máxima en la dosis 80 kg N ha⁻¹ y 34 kg de grano por kilo de nitrógeno con sulfato de amonio y 27 con nitrato de amonio, la eficiencia disminuyó a dosis altas de nitrógeno. En general, hubo poco efecto de los tratamientos en la composición química de la planta. Con el Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (DRIS) se encontró que el magnesio seguido del fósforo fueron los nutrimentos más limitantes, independientemente de la dosis y fuente nitrogenada usada. Todas las fuentes excepto la urea ácida produjeron un aumento (8.1-8.3) en el pH inicial del suelo (7.6) y luego una disminución (7.3-7.5), la urea ácida en ningún momento elevó el pH y lo redujo al final del ciclo (7.4). Se concluye que bajo estas condiciones de suelo sí hay un efecto diferencial de fuentes nitrogenadas.

SUMMARY

The present tendency on fertilizer use is to choose highly concentrated materials because they are less expensive, and to place in a second term important characteristics such as type of reaction or accompanying ions. The objective of the present work was to evaluate the effect of nitrogen source and

Recibido 08-91.

dose over yield, vegetable chemical composition and variation of the soil pH. An experiment was established at Cortazar, Gto. Mexico, during the seasons of Spring-Summer 1987 on a soil with ESP ranging from 8 to 15.7 in the layer of 0-90 cm. The experimental design was an split plot; in the whole plot treatments two hybrid sorghum, WAC-698 and RB-3006 were tested; the subplot treatments were the factorial 5x4 (source x dose): acid urea, urea, ammonium sulfate, ammonium nitrate, and ammoniacal water at rates of 80, 160, 240, 320 kg N ha⁻¹. At dose 240 kg N ha⁻¹ was made five soil sampling along the plant cycle, and three sampling for plant analysis: at vegetative, flower and maturity stages were performed in the 240 kg N ha⁻¹ treatment. The yield was affected by the N source. The best treatments were ammonium sulfate and ammonium nitrate (2866 and 2214 kg ha⁻¹ of dry grain respectively). These N sources were the most efficient at 80 kg N ha⁻¹ (34 and 27 kg of grain per kilogram of N, respectively). The efficiency at higher nitrogen rates was lower. In general there was scarce effect of treatments on the chemical composition of the plant. The Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) technique showed magnesium and phosphorus as the most limiting nutrients for plant growth independent of rate and source of nitrogen. All sources, with the exception of the acid urea, increased the initial soil pH (7.6) to 8.1-8.3 but latter the soil pH decreased to 7.3-7.5. Acid urea decreased the soil pH to 7.4 at the end of the cycle. It conclude Under the experimental conditions there was a differential effect of nitrogen sources.

INTRODUCCION

En la zona del Bajío es muy común observar clorosis en sorgo, las cuales en parte se han atribuido a los pH alcalinos que limitan la disponibilidad del hierro y otros nutrimentos como Cu, Mn y Zn. Otro factor que favorece dicha clorosis es la acumulación de sodio en el suelo. Se ha detectado mediante análisis una superficie de 5191 ha (comunicación SARH, 1992) clasificadas como suelos salino-sódicos y sódicos, sin embargo, se estima una superficie aproximada de 30000 ha en el estado de Guanajuato con problemas de sales, de ahí la importancia de seleccionar la fuente nitrogenada que proporcione mejores efectos para la producción del sorgo en este tipo de terrenos.

El nitrógeno es el nutrimento cuya deficiencia es común en los suelos agrícolas, lo que hace necesario aplicarlo en las diversas fuentes disponibles.

Actualmente la tendencia es usar fertilizantes de alta concentración, tales como la urea y el amoniaco anhidro, por facilidades de adquisición, transporte, almacenamiento y aplicación o porque resultan más económicos, sin embargo, en muchas ocasiones no se toman en cuenta otras características importantes como la eficiencia de producción de los diferentes fertilizantes, efecto sobre el pH o naturaleza del ion acompañante, lo cual puede proporcionar una eficiencia diferencial entre las fuentes usadas; de ahí la importancia de seleccionar adecuadamente el mejor fertilizante.

La utilización prolongada de fertilizantes libres de azufre (urea, amoniaco anhidro y superfosfato triple de calcio) puede a futuro ocasionar deficiencia de azufre, puesto que el suelo no es un almacén inagotable y los altos rendimientos extraen en consecuencia grandes cantidades de este nutrimento; lo mismo ocurre con otros que normalmente no se suministran pero sí se extraen.

En las comparaciones realizadas de fuentes nitrogenadas se ha observado una inconsistencia en los resultados, por lo que se puede deducir que las fuentes disponibles deben ser usadas en función de las características del sitio a donde se van a aplicar, así como del mismo fertilizante.

Skarlou *et al.*, citado por Mashhady (1984), evaluó diferentes fuentes de nitrógeno con N¹⁵, y encontró que las plantas de algodón utilizaron la fuente nítrica más eficientemente que la amoniacal en suelos calcáreos medios-pesados con pH de 7.8-8.3.

La eficiencia en el uso de fertilizantes fluctuó entre 30 y 40% para urea, 25-35% para sulfato de amonio y 25-55% para nitrato de calcio, esto sugiere que en general un 25-55% del nitrógeno aplicado no fue tomado por las plantas (Mashhady, 1984).

La baja eficiencia a altos niveles de aplicación nitrogenada ha sido atribuida a las grandes pérdidas ocurridas por la condición calcárea de los suelos (Feen y Kissel, 1974, citados por Mashhady, 1984).

La urea ácida (27-0-0-8) es una fuente que puede aportar nitrógeno y azufre. Es un fertilizante líquido obtenido de la reacción de urea y ácido sulfúrico. El azufre contribuye a la disponibilidad de otros nutrimentos al reaccionar químicamente en el suelo, ya que baja el pH y neutraliza el exceso de carbonato de calcio; también disminuye el nivel de sodio y calcio y hace más asimilables al fósforo, boro, zinc, hierro, manganeso y cobre (Petroquímica de México, 1987).

El efecto de las diversas fuentes nitrogenadas sobre el pH del suelo, sobre todo en suelos con problemas de sodio o carbonatos de calcio, depende de la naturaleza química de ésta. Un exceso de sodio en un suelo alcalino-sódico afecta la nutrición cálcica de las raíces, el sodio desplaza el calcio del sistema radical, lo que produce una reducción del crecimiento o la muerte de la planta por falta de calcio (Bonnet, 1968).

El sodio tiene efectos secundarios sobre el crecimiento de la planta. Al provocar dispersión reduce la aireación y en consecuencia la nitrificación. En estas circunstancias puede ser conveniente el uso de fuentes nítricas directamente aprovechables por la planta (Bonnet, 1968).

El efecto inicial del amoniaco aplicado al suelo tiende hacia una elevación del pH, pero su efecto último es una disminución de éste, ya que la nitrificación es acompañada de producción de ácido (Tisdale y Nelson, 1982).

El sulfato y el nitrato de amonio aumentan la acidez del suelo, debido a que se favorece la formación de ácidos nítrico y sulfúrico. La aplicación de sulfato de amonio puede solucionar la deficiencia de hierro en suelos con pH arriba de 7.5, puesto que reduce la disociación del CaCO_3 haciéndolo menos activo y más soluble, y convierte los hidróxidos insolubles de hierro en sulfatos fácilmente solubles y aprovechables por la planta (Teuscher y Adler, 1981).

La aplicación de azufre a un suelo sódico ofrece resultados satisfactorios, si en dicho suelo existe calcio. Si no hay calcio para sustituir el sodio posiblemente se logre abatir el pH pero el sodio no será eliminado (Teuscher y Adler, 1981).

Los iones amonio reducen la absorción del magnesio mientras los nitratos incrementan la utilización de éste (Mulder, 1958, citado por Chapman, 1966).

Cuando existe mayor disponibilidad y absorción de NO_3^- , se incrementa la absorción de calcio mientras que el NH_4^+ la inhibe considerablemente (Rao y Rains, 1976).

La eficiencia de fertilizantes nitrogenados depende de la naturaleza de los cultivos, cantidad de fertilizante aplicado, condiciones climáticas, naturaleza de los suelos, etc. Debido a estos factores, la comparación de la eficiencia de fertilizantes nitrogenados relacionados al cultivo es compleja (Tanaka *et al.*, 1984).

Los objetivos del presente trabajo fueron evaluar el efecto de fuentes y dosis nitrogenadas en el rendimiento de grano de sorgo, su eficiencia de producción, sus efectos sobre el contenido nutrimental foliar y posibles variaciones en el pH de un suelo alcalino y con problemas de sodio, a través del ciclo.

MATERIALES Y METODOS

El trabajo se estableció el 17 de junio de 1987 en el municipio de Cortazar, Gto. en un suelo mediano de textura franco, pH ligeramente alcalino, medianamente pobre en materia orgánica, mediano en fósforo, extremadamente rico en potasio, calcio y magnesio, no salino y con propiedades de suelo sódico; las características fisicoquímicas detalladas se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Característica fisicoquímica del suelo donde se estableció el experimento de sorgo.

Determinación	Profundidad (cm)				
	0-15	15-30	30-45	45-60	60-90
pH 1:2	7.5	7.6	8.3	8.7	8.8
Textura	Franco				
Materia orgánica %	1.7	1.6	0.8	0.7	0.5
Fósforo (ppm)	9	6	3	5	4
Potasio (ppm)	994	850	1128	1281	1192
Calcio (ppm)	4734	4857	4276	3434	2298
Magnesio (ppm)	296	487	454	502	314
CE ds/m	0.85	0.85	0.97	1.11	1.16
PSI	7.8	8.2	11.0	12.8	15.7

1) Análisis realizado por el Laboratorio de Suelos del CIFAP-GTO.

El diseño usado fue parcelas divididas en bloques al azar; en las parcelas grandes se ubicaron los híbridos RB-3006 y WAC-698, y en las parcelas chicas el factorial completo 5 x 4, formado por las fuentes nitrogenadas: urea ácida (UA), urea (U), sulfato de amonio (SA), nitrato de amonio (NA), agua amoniacal (AA) y los niveles de nitrógeno 80, 160, 240 y 320 kg ha⁻¹; se incluyó un testigo sin nitrógeno. Cada tratamiento se repitió tres veces. Se aplicó una fertilización básica de 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅ como superfosfato triple de calcio, a todo el experimento. La cantidad de semilla utilizada en la siembra fue de 20 kg ha⁻¹.

La parcela estuvo conformada de seis surcos de 5 m de largo y 0.76 m entre sí, con un área de 22.8 m². La parcela útil fueron los cuatro surcos centrales de 4 m de largo y un área de 12.16 m².

Se realizaron tres análisis químicos de las plantas, a los 50, 80 y 147 días después de la emergencia del cultivo, para determinar la concentración de N, P, K, Ca, Mg, S, Mn, Fe, Zn y Cu. Para conocer la variación nutricional de la planta bajo esas condiciones, se usó la metodología DRIS, que indica el orden nutricional en función de balance. A la cosecha se determinó el nitrógeno en hoja, tallo y grano (proteína) y se calculó la extracción de nitrógeno por la parte aérea, la eficiencia de producción (kilos de grano por kilo de nitrógeno), y la eficiencia en el uso del nitrógeno por la parte aérea (%).

En el suelo se hicieron cinco muestreos, el primero completo (Cuadro 1) para determinar su fertilidad inicial, del dos al cinco sólo se muestrearon las parcelas tratadas con 240 kg ha⁻¹ de nitrógeno con cada fuente. Dos de estos muestreos se usaron solo para determinar pH y los otros dos para analizar la fertilidad; también se analizó el testigo para observar la variación natural del pH del suelo.

Debido a las condiciones edáficas (Cuadro 1) de pH alcalino y problemas de exceso de sodio en el perfil, posiblemente ocasionado por el agua de riego, cuyo análisis señaló salinidad alta (sodio 6.5 meq L⁻¹ y bicarbonatos 7.16 meq L⁻¹) es probable que el calcio y el magnesio se tornen inaprovechables para la planta. El valor de sodio posible fue de 93.67%. Esta agua se clasifica como condicionada para uso agrícola.

Se presentaron amarillamientos (clorosis), en todo el lote experimental dada la susceptibilidad del sorgo a deficiencias de hierro, las cuales se agudizaron por las condiciones antes mencionadas, por esta razón se aplicó sulfato ferroso (3%) a los 30, 60 y 76 días después de emergido el cultivo.

Debido a los amarillamientos presentados se analizó el contenido de clorofila (mg dm⁻²) con el método de Bruinsma (1963), para buscar alguna respuesta a la probable interacción entre fuente nitrogenada y aplicación foliar de sulfato ferroso, este análisis se realizó a los 126 días de emergido el cultivo.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los análisis de varianza de las variables: peso seco de grano (PSG), eficiencia de producción en kilos de grano producido por kilos de nitrógeno aplicado (EKGKN), eficiencia de uso del nitrógeno (EUN) considerada como el porcentaje de nitrógeno aprovechado de la cantidad total suministrada, y extracción de nitrógeno por la parte aérea (ENPA), mostraron que no hubo diferencias entre híbridos. Hubo interacción fuentes x dosis de nitrógeno en las variables EKGKN_(0.01) y EUN_(0.05). El efecto simple de fuentes fue altamente significativo en todas las variables mencionadas, así como el de dosis en las variables EKGKN, EUN y ENPA.

El mayor rendimiento de grano seco (2866 kg ha⁻¹) se obtuvo con sulfato de amonio; le siguieron el nitrato de amonio (2214 kg ha⁻¹) y la urea ácida (2094 kg ha⁻¹) Cuadro 2. Las fuentes que se emplean actualmente en la localidad son: amoniaco anhidro, que es comparable al agua amoniacal empleada en este experimento, ya que producen la misma reacción, y la urea, fuentes nitrogenadas que produjeron los más bajos rendimientos.

Cuadro 2. Efecto de fuentes nitrogenadas sobre el rendimiento de grano seco de sorgo.

Fuente	Peso seco de grano kg ha ⁻¹
Sulfato de amonio	2866 a
Nitrato de amonio	2214 ab
Urea ácida	2094 b
Agua amoniacal	766 c
Urea	555 c

Tukey (0.05) = 737 Testigo 151 (sin N) CV = 53%.

Los bajos rendimientos son atribuidos al pH alcalino, al exceso de sodio en el suelo y al agua de riego de calidad condicionada.

La interacción fuentes x dosis sobre la eficiencia de producción (Cuadro 3) sólo se manifestó con las dosis bajas de nitrógeno (80 y 160 kg ha⁻¹), ya que con dosis mayores no hubo efecto de fuentes. Las fuentes más eficientes fueron el sulfato de amonio y el nitrato de amonio con producciones de 34.1 y 27.0 kilos de grano por kilo de nitrógeno aplicado en la dosis 80 kg N ha⁻¹. Con 160 kg N ha⁻¹ la eficiencia decreció y se unió a las fuentes efectivas, a esta dosis, la urea ácida. Las eficiencias fueron 16.0, 11.4 y 15.9 kilos de grano por kilo de nitrógeno, respectivamente.

Cuadro 3. La eficiencia de producción medida en kg grano por kg de nitrógeno en función de fuentes y dosis nitrogenadas.

Fuente	Dosis nitrogenadas kg ha ⁻¹			
	80	160	240	320
Sulfato de amonio	34.1a	16.0a	12.8a	7.8a
Nitrato de amonio	27.0a	11.4ab	10.0a	5.8a
Urea ácida	12.5 b	15.9a	9.1a	6.4a
Agua amoniacal	3.1 bc	4.8 b	3.6a	1.7a
Urea	1.8 c	2.8 b	2.9a	1.0a

Tukey (0.05) = 10.14 para fuentes en cada dosis.

En relación con la eficiencia de uso de las fuentes de nitrógeno consideradas, solamente se presentaron diferencias al nivel 80 kg N ha⁻¹. Las fuentes más eficientes fueron sulfato de amonio y nitrato de amonio con valores de 71.3 y 48.9% de aprovechamiento del nitrógeno aplicado (Cuadro 4).

Cuadro 4. La eficiencia en el uso del nitrógeno aplicado, expresado en porcentaje y con base en crecimiento aéreo del cultivo.

Fuente	Dosis de nitrógeno kg (ha ⁻¹)			
	80	160	240	320
Sulfato de amonio	71.3a	35.3a	37.6a	25.4a
Nitrato de amonio	48.9ab	29.7a	30.0a	21.0a
Urea ácida	45.2 b	41.7a	24.4a	20.1a
Agua amoniacal	12.2 c	19.6a	10.1a	9.7a
Urea	4.7 c	16.1a	14.6a	8.0a

Tukey (0.05) = 26.0 para fuentes en cada dosis.

Respecto a la extracción de nitrógeno por la parte aérea de la planta, el efecto de fuente y dosis se presenta en el Cuadro 5. De las fuentes solamente la urea (58 kg N ha⁻¹) y el agua amoniacal (59 kg N ha⁻¹) resultaron ser inferiores al resto de las fuentes, entre las cuales sobresalió el sulfato de amonio (106 kg N ha⁻¹). En el mismo Cuadro 5 se observa que a partir de 160 kg N ha⁻¹ este nutrimento dejó de ser limitante, no incrementándose más la extracción a dosis mayores.

Cuadro 5. Extracción de nitrógeno por la parte aérea de la planta en función de fuentes y dosis nitrogenadas.

Fuente	kg ha ⁻¹	Dosis	kg ha ⁻¹
Sulfato de amonio	106 a	80	64 a
Nitrato de amonio	91 a	160	81 b
Urea ácida	91 a	240	91 b
Agua amoniacal	59 b	240	91 b
Urea	58 b	320	89 b
Tukey (0.05)	18		15

Los resultados anteriores muestran que dadas las condiciones de suelo y agua, existió un efecto benéfico del azufre contenido en la urea ácida y sulfato de amonio, por su efecto acidificante y características de mejorador de suelo, por otra parte, también resultó efectiva la forma nítrica, inmediatamente disponible para la planta, en comparación a la fuente amoniacal y la urea resultando ser estas últimas las menos efectivas porque no llevan azufre en su composición.

Estos resultados concuerdan con los de Skarlou *et al.* citado por Mashhady (1984), quienes compararon los efectos de la urea, agua amoniacal y nitrato de amonio en suelo calcáreo de pH 7.8-8.3; la mejor fuente resultó ser el nitrato. Dado que el suelo también presentó problemas de sodio, lo cual provoca desagregación y reduce la aireación que afecta la nitrificación, un proceso totalmente aeróbico, el uso de fuentes nítricas parece más conveniente Bonnet (1968).

La eficiencia de uso del nitrógeno para el caso de urea (30-40%) mencionada por

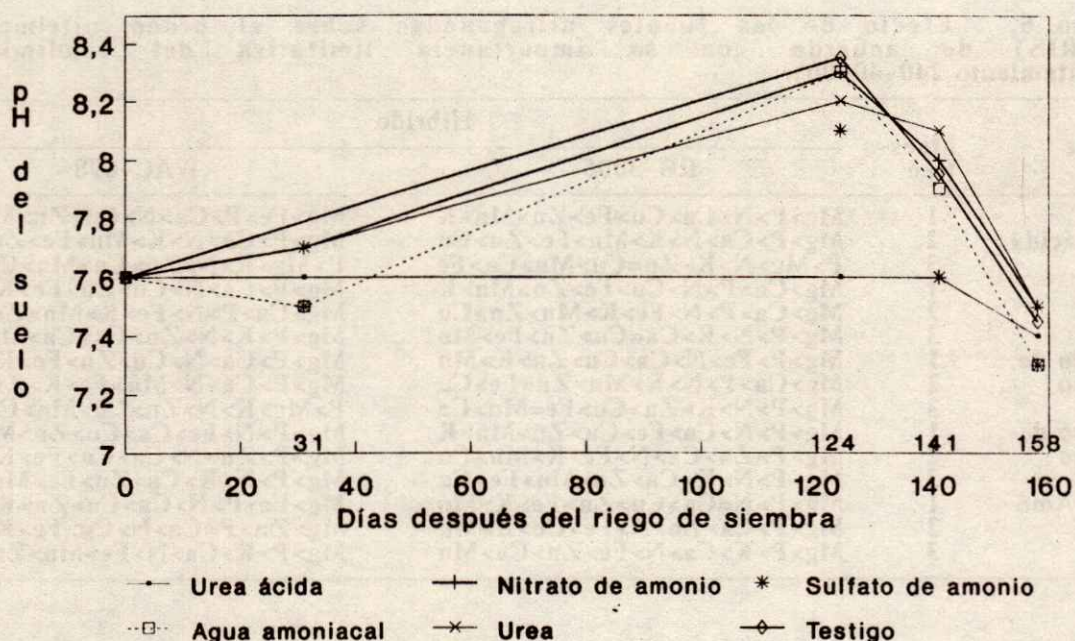


Figura 1. Efecto de las fuentes nitrogenadas sobre el pH del suelo profundidad (0-30 cm).

Mashhady (1984) es muy superior a las aquí logradas, que variaron de 4.7 a 16.1%; sin embargo, para el caso del sulfato de amonio, este autor señala valores de 25-35%, siendo estos valores menores a los aquí obtenidos, que variaron de 25.4 a 71.3% en las dosis más alta y baja, respectivamente.

La urea ácida que también resultó ser una fuente efectiva de nitrógeno bajo las condiciones dadas, se debe en gran parte al ácido sulfúrico usado en su preparación, el cual neutraliza los efectos de los carbonatos de calcio sobre la disponibilidad nutrimental y disminuye los niveles de sodio activo, lo que ocasiona una mejor absorción de nutrimentos.

En la Figura 1 se observa el efecto que tuvieron las fuentes nitrogenadas sobre el pH del suelo, similar al mencionado por Bonnet (1968). Todas las fuentes, excepto la urea ácida, presentaron un incremento inicial en el pH pero al final del ciclo, se observó una disminución en éste hasta quedar abajo del nivel inicial, condición similar a la del testigo; la urea ácida nunca aumentó el pH pero sí provocó una disminución al final. Esto puede deberse al bajo pH del producto (1-4) lo cual provee de condiciones favorables al

desarrollo de la raíz de la planta, sobre todo en este tipo de suelo y a nivel rizosfera. Tisdale y Nelson (1982) atribuyen esta variación a la formación del ácido que acompaña a la nitrificación.

Resultados de Teuscher y Adler (1981) también concuerdan con el presente experimento en cuanto a la mayor reducción del pH del suelo cuando se aplica sulfato de amonio, en comparación al nitrato de amonio, se debe al ion SO_4^{2-} de lenta asimilación, el cual se acumula acidificando el medio, además la absorción de NH_4^+ trae consigo el intercambio por iones H^+ que libera la planta para mantener el equilibrio eléctrico.

En el Cuadro 6 se observa el efecto que tuvieron las fuentes nitrogenadas sobre el orden nutrimental, de acuerdo con su importancia limitativa del rendimiento, cuando se empleó la metodología DRIS. Desde las primeras etapas de crecimiento el nutriente más limitante fue el magnesio. Si este diagnóstico es hecho temprano en la estación de crecimiento con DRIS se tiene la oportunidad de aplicar magnesio y así eliminar o disminuir esta limitante. Esta es una ventaja del DRIS sobre otras metodologías que no señalan un orden establecimiento de un orden jerárquico de las deficiencias.

Cuadro 6. Efecto de las fuentes nitrogenadas sobre el orden nitrimental (DRIS) de acuerdo con su importancia limitativa del rendimiento (tratamiento 240-40-00).

Fuente	Mues-treo	Híbrido	
		RB-3006	WAC-698
Urea ácida	1	Mg>P>N>Ca>Cu>Fe>Zn>Mn>K	Mg>Fe>P>Ca>N>Cu>Zn>Mn>K
	2	Mg>P>Ca>N>K>Mn>Fe>Zn>Cu	Mg>P>Ca>N>K>Mn>Fe>Zn>Cu
	3	P>Mg>N>K>Zn=Cu>Mn>Ca>Fe	P>Mg>K>N>Zn>Cu>Mn>Ca>Fe
Urea	1	Mg>Ca>P>N>Cu>Fe>Zn>Mn>K	Mg>P>Ca>N>Cu>Zn>Fe>K>Mn
	2	Mg>Ca>P>N>Fe>K>Mn>Zn>Cu	Mg>Ca>P>N>Fe>K>Mn>Zn>Cu
	3	Mg>P>N>K>Ca=Cu>Zn>Fe>Mn	Mg>P>K>N>Zn>Cu>Ca>Mn>Fe
Sulfato de amonio	1	Mg>P>Fe>N>Ca>Cu>Zn>K>Mn	Mg>P>Ca>N>Cu>Zn>Fe>K>Mn
	2	Mg>Ca>P>N>K>Mn>Zn>Fe>Cu	Mg>P>Ca>N>Mn>Fe>K>Zn>Cu
	3	Mg>P>N>K>Zn>Cu>Fe=Mn>Ca	P>Mg>K>N>Zn>Cu>Mn>Ca>Fe
Nitrato de amonio	1	Mg>P>N>Ca>Fe>Cu>Zn>Mn>K	Mg>P>N>Fe>Ca>Cu>Zn>Mn>K
	2	Mg>P>Zn>Ca>N>Fe>K>Mn>Cu	Mg>P>Zn>N>Ca>Cu>Fe>K>Mn
	3	Mg>P>N>K>Ca>Zn>Mn>Fe>Cu	Mg>P>N>K>Ca>Zn>Fe>Mn>Cu
Agua Amoniaca	1	Mg>P>N=Ca>Cu>Zn>Fe>K>Mn	Mg>Fe>P>N>Ca>Cu>Zn>K>Mn
	2	Mg>P>Ca>Zn>N>Fe>Cu>K>Mn	Mg>Zn>P=Ca>N>Cu>Fe>K>Mn
	3	Mg>P>K>Ca>N>Fe>Zn>Cu>Mn	Mg>P>K>Ca>N>Fe>Mn>Zn>Cu

Los resultados DRIS sugieren que es necesario aplicar dolomita como fuente de calcio y magnesio, complementado con un mejorador de suelo (ácido sulfúrico, yeso, etc.) para sustituir el sodio. Posteriormente, se debería usar fertilizantes nitrogenados como sulfato de amonio, nitrato de amonio, o urea ácida y un complejo con superfosfato simple de calcio como fuente de fósforo. Estas fuentes contrarrestarán los efectos negativos del agua de riego condicionada para uso agrícola.

Al evaluar el efecto de fuentes y dosis de nitrógeno sobre el contenido de clorofila, se encontró que todos los tratamientos presentaron valores dentro del rango normal mencionado por Sesták (1971), que va de 1-10 mg dm⁻²; sin embargo, y dado que las aplicaciones de sulfato ferroso fueron uniformes para todo el lote, se notó una mayor respuesta en las plantas que correspondieron a las parcelas de sulfato y nitrato de amonio que fueron las de mayor concentración de clorofila 1.75 y 1.55 mg dm⁻² e iguales entre sí.

En relación con el contenido de proteína no hubo efectos significativos de los tratamientos probados.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se produjo el presente experimento, la fuente de nitrógeno

que mejores rendimientos produjo y funcionó con mayor eficiencia fue el sulfato de amonio. Otras fuentes con efectos benéficos fueron el nitrato de amonio y la urea ácida. Las ventajas de estos fertilizantes se atribuyen al contenido de azufre en el sulfato de amonio y urea ácida, el cual funciona como mejorador de suelo, aumentando la disponibilidad de otros nutrimentos a nivel rizosfera, y al nitrato rápidamente asimilable del nitrato de amonio, el cual no tiene que pasar por el proceso de nitrificación que se ve disminuido en el suelo usado, por falta de aireación.

La urea y el agua amoniacal fueron las fuentes que produjeron los menores rendimientos y baja eficiencia de uso, ya que carecen de propiedades mejoradoras de suelo como el azufre o de una forma de nitrógeno rápidamente asimilable.

Se recomienda hacer estudios de mejoradores de suelo y usar sulfato de amonio como la mejor fuente de nitrógeno para las condiciones estudiadas, el cual contrarresta en cierta medida el efecto de la baja calidad del agua de riego y problemas de sodio en el suelo, comparativamente mejor que otras fuentes nitrogenadas.

LITERATURA CITADA

BONNET J.A. 1968. La ciencia del suelo. Colegio de Ing. Arq. y Agrim. de Puerto Rico. San Juan, Puerto Rico.

- BRUINSMA, J. 1963. The quantitative analysis of Chlorophyll "a" and "b" in plant extract. *Photochem. and Photobiol.* 2: 241-249.
- CHAPMAN, D.H. 1966 (Ed.). *Diagnostic criteria for plants and soils.* Univ. of California and Agric. Exp. Sta. Riverside.
- MASHHADY, A.S. 1984. Response to, and efficiency of different forms of fertilizer nitrogen applied to an arid, highly calcareous soil. *Agrochimica.* 27: 228-233.
- PETROQUIMICA DE MEXICO. 1987. Urea acidificada, la alternativa de fertilización en suelos alcalinos. Matamoros, Tamps. Méx.
- RAO, K.P., y D. RAINS W. 1976. Nitrate absorción by barley I. Kinetics and energetics. *Plant Physiology* 57: 57-58.
- SESTAK, Z. 1971. Determination of chlorophylls "a" and "b". pp. 698. In: Z. Sesták, J. Carsky and P.G. Jarvis (Eds.). *Plant photosynthetic production manual of methods.* Dr. W. Jun K.N.V. Pub. The Hague.
- SUMNER M.E., R.B. RENEAU Jr., E. SHULTE E. y J. AROGUN O. 1983. Foliar diagnostic norms for sorghum. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 14: 817-825.
- TANAKA A., J. YAMAGUCHI, S. MIURA y H. TAMARU. 1984. Comparison of fertilizer nitrogen efficiency among field crops. *Soil Sci. Plant Nutr.* 30: 199-208.
- TEUSCHER H. y R. ADLER. 1981. El suelo y su fertilidad. Ed. CECSA. México.
- TISDALE S.L., y W. NELSON L. 1982. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Ed. UTEHA. México.

ESTIMACION DE RENDIMIENTOS MAXIMOS ALCANZABLES DE MAIZ EN AREAS DE TEMPORAL DEL ESTADO DE TLAXCALA

Estimation of the Maximum Attainable Yield by Maize in Rainfed Areas of Tlaxcala (Mexico)

Arturo Galvis S¹⁾., Jorge D. Etchevers B¹⁾. y José Rodríguez S²⁾

¹⁾Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx.

²⁾Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile

Palabras clave: Estimación de rendimientos para maíz, Areas de temporal, Dosis óptimas económicas.

Index words: Maize yield estimation, Rainfed areas, Optimum economical rate.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue establecer un modelo de predicción del rendimiento de maíz en el estado de Tlaxcala. El modelo se basa en indicadores de disponibilidad de agua para los cultivos y parte de la hipótesis que la cantidad de humedad disponible para el crecimiento de los mismos alrededor de la floración (50 días antes y 30 después de ésta, definido como periodo crítico) es el factor más limitante de la producción agrícola en áreas temporales. La relación entre el rendimiento de maíz y las condiciones edafoclimáticas analizadas (profundidad de suelo; precipitación, PP; déficit evapotranspirativo, DE; balance hidrológico, BH) se obtuvo a partir de la información de 15 años de ensayos de respuesta a la fertilización con dosis óptimas de capital limitado (DOE) y dosis fisiológicas óptimas (DOF), generada por distintas instituciones. La tendencia de dicha relación en suelos profundos (>100 cm)

fue lineal y, en general, cuadrática para suelos someros. A partir de cualquiera de los tres parámetros climáticos estudiados (PP, DE, BH), la predicción de los rendimientos fue similar en todos los casos. Finalmente, los rendimientos obtenidos con las dosis óptimas económicas de capital limitado en suelos profundos, fueron significativamente mayores al de los suelos someros sólo cuando no hubo estrés hídrico y bajo ésta misma condición, los rendimientos con la dosis fisiológica (experimentos establecidos en suelos profundos) superaron en un 40% a la producción en suelos someros y en un 20% a los profundos.

SUMMARY

The objective of the present work was to produce a model to predict the yield of maize in the rainfed areas of Tlaxcala (Mexico). The model was based on water availability indicators for this crop particularly around flowering (50 days before and 30 days after anthesis), period considered as the most critical for corn production. Soil and climate characteristic (soil depth; rainfall, PP; evapotranspirational deficit, DE; and hydrological balance, BH) and maize yield corresponding to results of fertilizer response trials conducted along 15 years were related. Yield data considered were either the obtained with an optimal economical rate of fertilizer (DOE) or the maximum yield obtained with an optimal physiological rate (DOF). The relationships were linear in

deep soils (>100 cm soil), and in general, quadratic in shallow soils (<50 cm). Yield predictions were quite similar irrespectively of the model used (yields vs PP, DE or BH). DOE yield differences between deep and shallow soils were significant only in non-stress conditions. Yields obtained with DOF under non-stress conditions were 20 and 40% higher than DOE yields in deep and shallow soils, respectively.

INTRODUCCION

Uno de los principales objetivos en los estudios de productividad agrícola, es lograr el máximo rendimiento económico que puede alcanzar un cultivo en una zona. Esto se logra mediante la implementación de diversos recursos técnicos, enmarcados dentro de un determinado ámbito socioeconómico y agroecológico (Laird, 1981).

Los estudios de este tipo, conducidos en áreas temporaleras, presentan considerable grado de dificultad, debido a la total dependencia de la variación del agrosistema y de su productividad de las condiciones edafoclimáticas (Volke, 1988). El desarrollo técnico de estos trabajos tiene que superar la escasa calidad y cantidad de información agroclimatológica con que actualmente se cuenta en México para medir e interpretar eficientemente la asociación cultivo-ambiente, lo que representa un escollo evidente y difícil de salvar.

Los efectos del marco físico sobre el rendimiento de los cultivos varían de acuerdo con las condiciones agroecológicas de la zona en estudio; su repercusión es aún mayor en zonas semiáridas, como es el caso del estado de Tlaxcala (Galvis *et al.*, 1988a; Rodríguez, 1987). En las zonas tropicales de valles altos, las variables más significativas que, dentro del periodo de crecimiento influyen en los rendimientos son: la capacidad de almacenamiento de agua por el suelo y la fluctuación en cantidad, intensidad y distribución de la precipitación y su relación con la evapotranspiración (Galvis *et al.*, 1988b). El efecto de estas condiciones edafoclimáticas sobre el rendimiento, variará de acuerdo con el tipo de cultivo y etapa de desarrollo en que se manifieste una determinada situación de estrés. La principal etapa crítica en los cultivos de grano se encuentra al inicio del periodo reproductivo (alrededor de la floración),

resultando la producción severamente dañada cuando es inadecuada la disponibilidad de agua en el suelo durante este tiempo (Ortiz, 1974; Salter y Goode, 1967).

Finalmente, se puede concluir que la humedad disponible para los cultivos es un factor importante en la producción agrícola y, el entendimiento de las variaciones y efectos de la disponibilidad de ésta, es esencial en la predicción de los rendimientos económicos máximos alcanzables cuando es aplicada adecuadamente la tecnología recomendada para la zona. Por tales razones, en el presente trabajo se planteó como objetivo asociar mediante funciones de regresión simple el rendimiento de ensayos de respuesta a la fertilización en maíz, con el propósito de obtener una estimación, lo más eficiente posible, de los rendimientos máximos alcanzables en la zona maicera del estado de Tlaxcala. Los ensayos considerados fueron realizados por diferentes instituciones, bajo distintas condiciones edafoclimáticas que influyeron en la disponibilidad de humedad del suelo.

MATERIALES Y METODOS

Para estimar el rendimiento máximo alcanzable, se colectaron los resultados de 119 ensayos de respuesta a la fertilización en maíz, realizados por CIMMYT, Colegio de Postgraduados, INIFAP y la Universidad Autónoma Chapingo en los Distritos de Tlaxcala y Huamantla del estado de Tlaxcala entre 1971 y 1985, de los cuales sólo se consideraron 95. El resto se desechó por carecer de información (Cuadro 1 Apéndice). De los experimentos recopilados, 88 fueron efectuados para establecer la dosis óptima económica de capital limitado (DOE) y 31 para definir el rendimiento máximo alcanzable (DOF). Este consiste en el rendimiento obtenido cuando se proveen supuestas condiciones óptimas de producción mediante la adición de 10 toneladas de gallinaza por hectárea, lo cual aseguraría una disponibilidad nutrimental sin limitaciones. En estas condiciones las únicas restricciones son las que impone el marco físico de producción (no controlables) del sitio.

De los 88 ensayos conducidos para determinar DOE, se excluyeron 24 por no poder asignarles valores de clima, ya sea porque no coincidieron el año en que se establecieron con los registros disponibles de las estaciones ubicadas en la zona de

Cuadro 1. (Apéndice). Ensayos recopilados de respuesta a la fertilización en maíz, realizados por distintas instituciones en los Distritos de Tlaxcala y Huamantla en el Estado de Tlaxcala.

Núm. Profundidad del suelo	PP	ETC	Rendimiento	Observ.	Núm. Profundidad del suelo	PP	ETC	Rendimiento	Observ.		
	(mm)	(mm)	(kg/ha)			(mm)	(mm)	(kg/ha)			
74	< 50 cm	200	403	800	RDOE	49	>100 cm	340	414	5064	RDOE
73	< 50 cm	200	403	1400	RDOE	31	>100 cm	340	448	5108	RDOE
66	< 50 cm	155	416	1750	RDOE	17	>100 cm	400	349	5514	RDOE
75	< 50 cm	188	403	1900	RDOE	3	>100 cm	400	448	6169	RDOE
111	< 50 cm	140	394	1962	RDOE	4	>100 cm	400	448	6169	RDOE
26	< 50 cm	150	394	2094	RDOE	102	>100 cm	423	394	6192	RDOE
16	< 50 cm	152	464	2203	RDOE	104	>100 cm	468	394	6324	RDOE
51	< 50 cm	235	448	2627	RDOE	110	>100 cm	460	394	6427	RDOE
119	< 50 cm	280	488	2946	RDOE	106	>100 cm	468	394	6661	RDOE
64	< 50 cm	250	424	3000	RDOE	103	>100 cm	468	394	6733	RDOE
53	< 50 cm	260	424	3051	RDOE	98	>100 cm	460	394	6774	RDOE
65	< 50 cm	300	424	3250	RDOE	32	>100 cm	428	448	6836	RDOE
12	< 50 cm	265	448	3478	RDOE	10	>100 cm	428	448	6890	RDOE
69	< 50 cm	307	403	3500	RDOE	86	>100 cm	460	448	7165	RDOE
14	< 50 cm	265	448	3584	RDOE	60	>100 cm	473	332	7200	RDOE
70	< 50 cm	307	403	3800	RDOE	84	>100 cm	460	464	7251	RDOE
40	< 50 cm	290	403	3911	RDOE	6	>100 cm	330	448	7715	RDOE
1	< 50 cm	400	464	4500	RDOE	88	>100 cm	150	394	1809	RMA
59	< 50 cm	420	332	4600	RDOE	90	>100 cm	252	394	3645	RMA
83	< 50 cm	375	464	4787	RDOE	62	>100 cm	277	424	4000	RMA
61	< 50 cm	473	332	4800	RDOE	41	>100 cm	165	448	4064	RMA
85	< 50 cm	379	464	4824	RDOE	42	>100 cm	165	448	4064	RMA
68	< 50 cm	462	424	4930	RDOE	2	>100 cm	222	448	4585	RMA
114	< 50 cm	475	394	5188	RDOE	63	>100 cm	250	424	4640	RMA
67	< 50 cm	473	416	5282	RDOE	118	>100 cm	280	448	4800	RMA
87	< 50 cm	459	394	5374	RDOE	30	>100 cm	280	448	4880	RMA
36	< 50 cm	506	464	5514	RDOE	56	>100 cm	315	414	5200	RMA
105	< 50 cm	468	394	5676	RDOE	8	>100 cm	300	448	5626	RMA
101	< 50 cm	460	394	5846	RDOE	81	>100 cm	357	394	5708	RMA
45	>100 cm	230	349	2325	RDOE	7	>100 cm	330	448	6225	RMA
48	>100 cm	267	414	2847	RDOE	18	>100 cm	390	349	6525	RMA
15	>100 cm	280	414	2877	RDOE	116	>100 cm	459	448	6586	RMA
37	>100 cm	270	464	2898	RDOE	117	>100 cm	411	448	6991	RMA
28	>100 cm	252	414	3199	RDOE	92	>100 cm	387	394	7370	RMA
55	>100 cm	203	403	3253	RDOE	25	>100 cm	460	394	7620	RMA
54	>100 cm	240	403	3298	RDOE	58	>100 cm	373	414	7620	RMA
43	>100 cm	340	448	3331	RDOE	100	>100 cm	460	394	7697	RMA
72	>100 cm	240	403	3400	RDOE	113	>100 cm	475	394	7830	RMA
44	>100 cm	330	448	3552	RDOE	57	>100 cm	460	448	7900	RMA
78	>100 cm	225	448	3800	RDOE	95	>100 cm	459	394	7901	RMA
46	>100 cm	240	349	3918	RDOE	80	>100 cm	438	394	8096	RMA
38	>100 cm	270	464	3948	RDOE	9	>100 cm	428	448	8135	RMA
39	>100 cm	290	403	4151	RDOE	109	>100 cm	460	394	8242	RMA
5	>100 cm	340	448	4210	RDOE	20	>100 cm	422	349	8373	RMA
21	>100 cm	320	349	4251	RDOE	19	>100 cm	390	349	8373	RMA
91	>100 cm	340	394	4613	RDOE	115	>100 cm	459	448	8769	RMA
13	>100 cm	265	448	4811	RDOE	112	>100 cm	475	394	9422	RMA
						11	>100 cm	428	448	9438	RMA

¹PP = Precipitación del período crítico.²ETC = Evapotranspiración del período crítico.³RDOE = Rendimiento con la dosis óptima económica.

influencia del sitio experimental, por no estar dentro de la misma o simplemente porque la estación correspondiente no midió alguna de las variables de interés del presente estudio. De los 64 ensayos restantes, 29 se identificaron conducidos en áreas de lomerío y suelos someros (menos de 50 cm de profundidad) y 35 en suelos planos y profundos (más de un metro de profundidad). Los 31 ensayos para definir el rendimiento máximo alcanzable se efectuaron en suelos profundos.

Las variables climáticas utilizadas fueron los totales mensuales correspondientes al año de establecimiento de cada ensayo y colectadas por el Servicio Meteorológico Nacional en las estaciones climatológicas del estado de Tlaxcala. Sólo se consideró el período crítico del maíz, es decir: 50 días antes y 30 días después de la floración (Ortiz, 1974). Las variables estudiadas fueron la precipitación (PP) y dos índices que incluyen la evapotranspiración (ET): el déficit evapotranspirativo, DE (Palacios, 1981) y el cociente de la PP y la ET, el que se denominó BH (balance hidrológico). Este último es similar al índice de disponibilidad de humedad propuesto por Hargreaves (1977), sólo que en vez de tomar la precipitación a un determinado valor de probabilidad, se consideró el dato real del año respectivo.

Para asignarle a los 95 ensayos analizados los valores climáticos señalados, se consideraron los registros de las estaciones climatológicas para el año del establecimiento del experimento y con base en el trazo de isolíneas, la fecha de siembra y floración del maíz, se le asignaron las variables correspondientes al período crítico.

- Cálculo de la ET. En la literatura se encuentran varias fórmulas para calcular la ET, sin embargo, en Tlaxcala hay escasez de información sobre las variables que requieren dichas ecuaciones, lo cual torna difícil la determinación. Debido a lo anterior, la ET se estimó a partir del factor empírico 0.8 (Ortiz, 1987) y la evaporación (EV) medida en tanque de tipo A1 en las estaciones climatológicas de acuerdo con la siguiente relación:

$$ET=0.8(EV)$$

Una limitante para el empleo de esta fórmula, es que de las 42 estaciones climatológicas encontradas en el estado, sólo 19

miden la EV, por lo que se requirió estimarla en función de la temperatura máxima (TM) para incrementar el número de observaciones con EV. Para dicho cálculo, Ortiz (1987), sugiere emplear la ecuación propuesta por Pájaro (1983):

$$EV = \beta + \beta_1(TM)$$

que para el área de estudio se ajustó al siguiente valor (n= 19 estaciones climatológicas):

$$EV = -86.53 + 8.98(TM) \quad R^2=0.82$$

- Cálculo del Déficit Evapotranspirativo (DE): Este cálculo se realizó con los valores mensuales de precipitación y la ET en el período crítico, empleando la ecuación sugerida por Palacios (1981):

$$DE = \frac{k_j \sum_{i=1}^n (ET_i - PP_i)}{\sum_{i=1}^n ET_i}$$

donde:

ET= evapotranspiración potencial mensual.
PP= precipitación mensual.
kj = índice de cultivo (en floración es 1).

- Cálculo del Cociente (BH): El cociente BH (balance hidrológico) es la relación entre la precipitación abatida durante el período crítico del cultivo en cada ensayo, año y fecha de siembra y la ET acumulada para ese período de acuerdo con la siguiente expresión:

$$BH = PP/ET$$

donde:

PP= precipitación total del período crítico.
ET= evapotranspiración potencial total del período crítico.

Finalmente, la estimación de los rendimientos máximos alcanzables se realizó calculando las ecuaciones de regresión a los rendimientos de maíz y las variables climáticas antes señaladas (PP, DE y BH). Cabe mencionar que, por pertenecer a poblaciones distintas, se obtuvieron funciones para cada condición experimental; ensayos para definir los rendimientos máximos alcanzables y rendimientos con dosis óptimas de capital limitado, dividiendo éstos a su vez de acuerdo con la profundidad del suelo donde fueron establecidos.

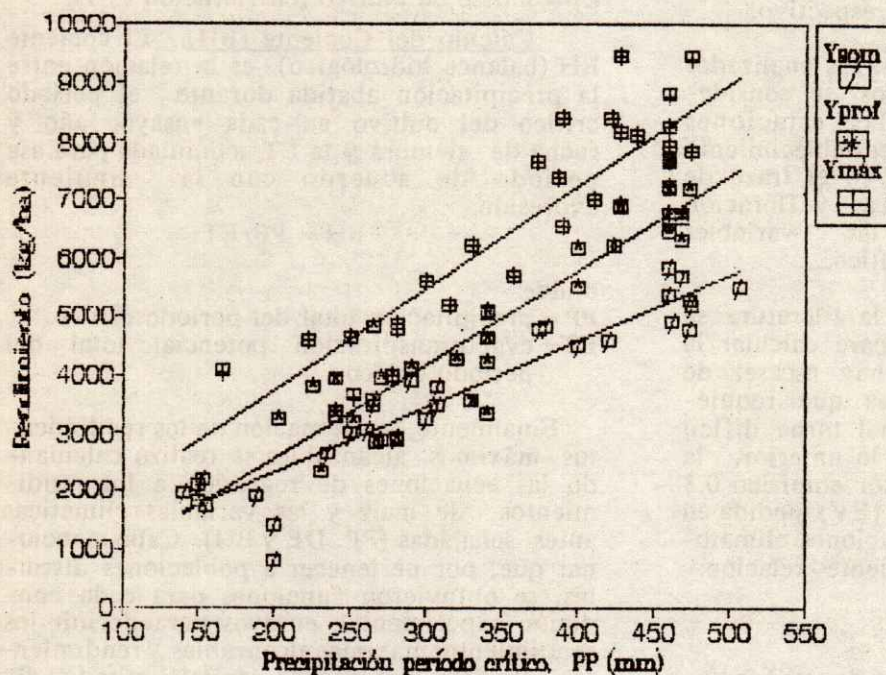
RESULTADOS Y DISCUSION

Los rendimientos de los ensayos analizados (Cuadro 1 apéndice) presentan un amplio espacio de exploración que abarca todo el rango de producción posible de la zona en estudio (800 a 9438 kg/ha), y el rango de las variables estudiadas es representativo de las diferentes condiciones edafoclimáticas donde se cultiva el maíz en el estado de Tlaxcala. La relación entre el rendimiento de maíz y las condiciones edafoclimáticas se presentó en forma lineal para los experimentos realizados en suelos profundos (>100 cm), mientras que para los ensayos en suelos someros (<50 cm) la tendencia fue cuadrática cuando se incluyó la evapotranspiración en las regresiones. A continuación se hace un análisis por separado de cada factor estudiado.

Relación del Rendimiento de Maíz con la Precipitación.

En la Figura 1 se presenta el efecto de la precipitación pluvial en el período crítico del maíz (PP) sobre el rendimiento de éste, donde se puede apreciar las diferencias atribuibles a la profundidad del suelo y a la cantidad de fertilizante aplicado (DOE o DOF), así como las funciones de regresión obtenidas para cada caso.

El rendimiento está expresado en kilogramos por hectárea y el valor de la precipitación en milímetros. Las dos primeras funciones corresponden a rendimientos obtenidos en ensayos con DOE, la primera es para suelos someros (Ysom) y la segunda para suelos profundos (Yprof). La tercera (Ymax) corresponde a



$$Y_{som} = 36.8 + 11.38(PP)$$

$$R^2 = 0.88 \quad n = 29$$

$$Y_{prof} = -687.2 + 16.14(PP)$$

$$R^2 = 0.86 \quad n = 36$$

$$Y_{max} = 247.2 + 17.40(PP)$$

$$R^2 = 0.83 \quad n = 31$$

Figura 1. Relación del rendimiento de maíz (Y) con la precipitación (PP).

rendimientos alcanzados con DOF en experimentos en suelos profundos. Los límites para las tres funciones anteriores son: 140 a 475 mm, 203 a 473 mm y 150 a 475 mm, respectivamente. Dentro de estos límites, es posible predecir que con la DOE se pueden producir en suelos someros y profundos 11 y 16 kilogramos de maíz por milímetro de lluvia caída durante el PP, respectivamente, y cuando se aplica la DOF, se pueden obtener 17 kilogramos de maíz por milímetro de lluvia durante el período crítico.

El coeficiente de determinación de las tres ecuaciones es superior a 0.83, lo cual se considera aceptable, particularmente por las condiciones del presente estudio, con información proveniente de diversas fuentes y, en algunos casos, inferida. Los coeficientes de determinación señalan la estrecha relación entre la precipitación en el período crítico y el rendimiento, lo cual corrobora lo encontrado por Ortiz (1974). En un estudio similar este autor obtuvo la siguiente función para el maíz cultivado en la zona de Chalco, Estado de México: $Y = -28.12 + 13.3(PP)$. La pendiente de ésta se encuentra dentro del rango de las pendientes obtenidas en las ecuaciones calculadas en el presente trabajo, para los rendimientos con DOE para suelos someros y profundos.

En la figura anterior se puede ver que la diferencia de rendimiento que se obtiene al aplicar una dosis de fertilizante conservadora (DOE) y una óptima (DOF) varía en función de la precipitación. Por ejemplo, en El Carmen Tequisquilita, con 200 mm de precipitación en el período crítico se obtuvo un 40% más de rendimiento, tanto en suelos someros como profundos, cuando se aplicó la DOF en vez de una DOE.

En contraste, cuando se presentan condiciones favorables de precipitación (p.ej. 400 mm en el período crítico), el rendimiento obtenido con las DOE es del orden del 64% y 80% del máximo alcanzable con las DOF en suelos someros (lomeríos del bloque de Tlaxcala) y suelos profundos (valle de Tlaxcala), respectivamente. La producción obtenida en suelos profundos con las DOE es superior al de los someros en 20%.

Relación del Rendimiento de Maíz con el Déficit Evapotranspirativo (DE).

El valor del déficit evapotranspirativo (DE) se puede interpretar de la siguiente

forma: cuando el coeficiente es cero, la precipitación es igual a la evapotranspiración, lo que sería similar al caso de un período de crecimiento normal de acuerdo con la nomenclatura de FAO. Cuando el coeficiente es positivo, quiere decir que el cultivo recibe menos agua de la que se pierde por efecto de la evapotranspiración pudiendo estresarse por falta de humedad y, por el contrario, cuando el DE es negativo, denota un excedente de humedad. En el presente estudio, los rangos de DE fueron: 0.64 a -0.41 en suelos someros; 0.50 a -0.42 en suelos profundos (ambos rangos en ensayos con DOE) y 0.61 a -0.20 para ensayos con DOF.

En la Figura 2 se presenta el efecto del DE correspondiente al período crítico del maíz sobre su rendimiento y las funciones obtenidas para cada caso. En ellas se pueden apreciar las diferencias atribuibles a la profundidad del suelo y al manejo de la fertilización (DOE vs DOF). Sólo en los ensayos realizados en suelos someros se manifestó un efecto depresivo en el rendimiento por exceso de humedad, no siendo este mismo significativo en el caso de los ensayos en suelos profundos.

El rendimiento en la Figura 2 se expresa en kilogramos por hectárea y el valor del coeficiente del DE es adimensional. Las dos primeras funciones corresponden a ensayos con DOE y la tercera a ensayos con DOF.

El coeficiente de determinación de las tres ecuaciones, calculadas con DE como variable independiente aunque inferior al obtenido con la precipitación, se puede considerar como aceptable, incluso para el caso de los suelos profundos que es el que muestra el menor valor. Aunque conceptualmente es más conveniente incluir la evapotranspiración, en el presente estudio no se mejoró el ajuste de las funciones, a excepción de la función estimada para los suelos someros, lo que puede atribuirse a la falta de puntos experimentales asociados a valores más altos de precipitación (poco común en la zona de estudio), aunque no se descarta el efecto que tiene la cantidad de inferencias que hubo de hacerse. Sin embargo, aun con todas las limitantes constantemente reiteradas, se aprecia una estrecha relación entre el rendimiento y la disponibilidad de humedad para el maíz alrededor de la floración.

En las zonas climáticamente más deprimidas el rendimiento varió, según la dosis de

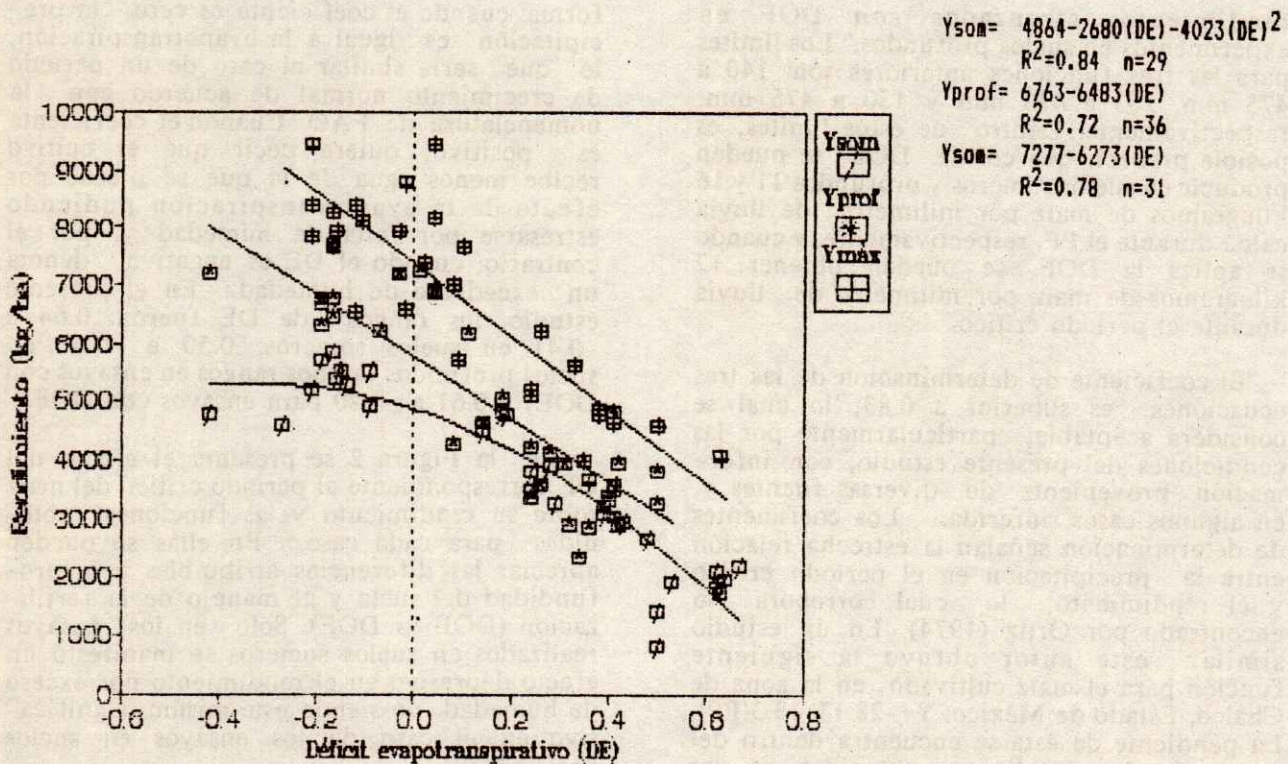


Figura 2. Relación del rendimiento de maíz (Y) con el déficit evapotranspirativo (DE).

fertilizante aplicado (DOE o DOF), el valor del DE y nivel de tecnología adoptado (suponiendo que se practica un manejo adecuado de la producción). En la zona occidental del estado (con 0.50 de DE en el período crítico), la producción que se obtiene con la DOF supera en un 40% a la posible de alcanzar con DOE, y no hubo diferencias significativas entre las producciones con DOE a causa de la profundidad del suelo. Por otro lado, cuando la precipitación es superior a la evapotranspiración (p.ej. -0.20 de DE en el período crítico), el rendimiento obtenido con las DOE es sólo de 61% y 80% del que se lograría con la DOF para suelos someros (lomeríos del bloque de Tlaxcala) y profundos (valle de Tlaxcala), respectivamente. En este caso, el volumen de producción obtenido en suelos profundos con las DOE es superior al de los someros en 24%.

Relación del Rendimiento de Maíz con el Cociente de la Precipitación/Evapotranspiración (BH).

En la Figura 3 se presenta el efecto del BH correspondiente al período crítico del maíz

sobre el rendimiento y las funciones obtenidas para cada caso. En ésta se pueden apreciar las diferencias atribuibles a la profundidad del suelo y al manejo de la fertilización (DOE vs DOF).

El rendimiento del maíz está expresado en kilogramos por hectárea y el valor del cociente del BH es adimensional. Las dos primeras funciones corresponden a ensayos de DOE de capital limitado y la tercera a la DOF. El coeficiente de determinación de las tres ecuaciones, así como la pendiente son casi idénticos a los obtenidos en las funciones con el DE, no así el valor del intercepto y el efecto lineal de la función cuadrática de los suelos someros. Esto es obvio desde el punto de vista matemático debido a que en la estimación del DE se consideró el coeficiente de cultivo $K_j=1$, por realizarse este cálculo alrededor de la floración, haciendo muy parecidas las relaciones del BH y el DE.

El valor del BH se puede interpretar de la siguiente forma: cuando el coeficiente tiende a cero, la precipitación es menor a

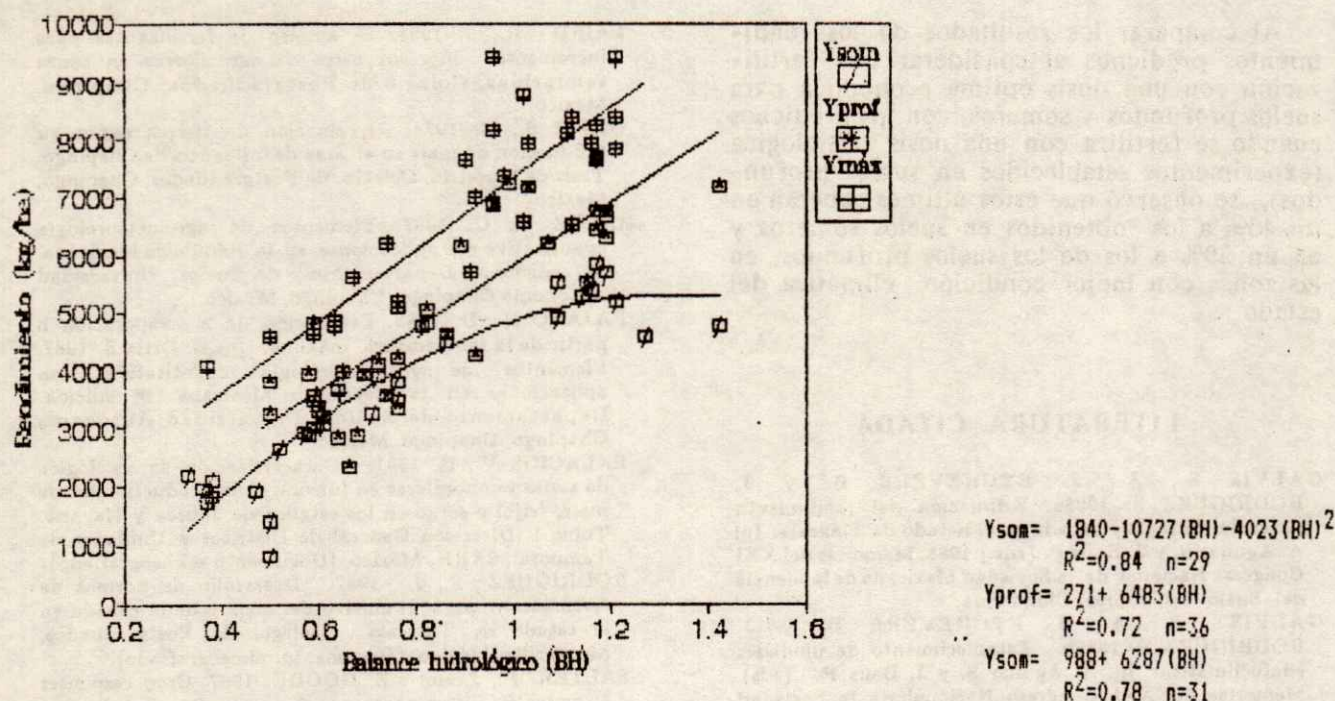


Figura 3. Relación del rendimiento de maíz (Y) con el cociente precipitación/evapotranspiración (BH).

la evapotranspiración, es decir, expresa presencia de déficit hídrico. Cuando el coeficiente es igual a uno, equivale a una disponibilidad hídrica ideal para un crecimiento normal, de acuerdo con la nomenclatura de FAO, y si el coeficiente es mayor que uno, éste denota un excedente en la disponibilidad de humedad.

Los valores de BH calculados para los distintos ensayos fueron: 0.3 a 1.4 en suelos someros; 0.5 a 1.4 en suelos profundos (ambos rangos para DOE) y 0.4 a 1.2 para los experimentos con DOF. En ningún caso se detectó que la precipitación duplicara con la evapotranspiración, condición habitual de las regiones del trópico húmedo en ciertas épocas del año. Estos resultados respaldan las funciones lineales obtenidas para suelos profundos y que señalan el escaso riesgo que puede haber por excesos de humedad. Los suelos someros, debido a su menor volumen de almacenamiento de agua, pueden, sin embargo, inundarse fácilmente y ocasionar un efecto deletéreo sobre la producción. La mayor concentración de datos correspondió a valores

de déficit hídrico, ubicándose principalmente en las zonas donde la precipitación es menor a la evapotranspiración ($BH < 1.0$).

CONCLUSIONES

La predicción de rendimientos efectuada con cualquiera de los tres parámetros climáticos estudiados (PP, DE y BH), fue similar para los ensayos conducidos en suelos profundos. La función en todos los casos fue lineal. En contraste, en suelos someros, las funciones predictivas con base en la evapotranspiración (DE y BH) fueron cuadráticas.

El rendimiento predicho para los suelos profundos fertilizados con una dosis óptima económica de capital limitado fue superior en un 20% al predicho para los suelos someros localizados en áreas del estado de Tlaxcala con menos restricciones climáticas, mientras que en las zonas más deprimidas no hubo diferencias significativas, lo cual se atribuyó a la profundidad del suelo.

Al comparar los resultados de los rendimientos predichos al considerar una fertilización con una dosis óptima económica para suelos profundos y someros, con los predichos cuando se fertiliza con una dosis fisiológica (experimentos establecidos en suelos profundos), se observó que estos últimos superan en un 40% a los obtenidos en suelos someros y en un 20% a los de los suelos profundos, en las zonas con mejor condición climática del estado.

LITERATURA CITADA

- GALVIS S., A., J. ETCHEVERS B. y J. RODRIGUEZ S. 1988a. Estimación del rendimiento potencial de maíz y cebada en el Estado de Tlaxcala. In: A. Aguilar S. y J. Baus P. (eds.) 1988. Memorias del XXI Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Cd. Juárez, Chihuahua.
- GALVIS S., A., J. ETCHEVERS B. y J. RODRIGUEZ S. 1988b. Establecimiento de unidades edafoclimáticas. In: A. Aguilar S. y J. Baus P. (eds.) Memorias del XXI Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Cd. Juárez, Chihuahua.
- HARGREAVES, G.H. 1977. World water for agriculture. Utah State University, Logan, and Agency for International Development (AID), Washington, D.C.
- LAIRD R., J. 1981. El empleo de fertilizantes para incrementar ingresos netos de agricultores en zonas semiáridas. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- ORTIZ S., C. 1974. Evaluación de tierras según su producción de maíz en el área de influencia de Chapingo. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- ORTIZ S., C. 1987. Elementos de agrometeorología cuantitativa con aplicaciones en la República Mexicana. 3ª edición. Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.
- PAJARO H., D. 1983. Estimación de la evaporación a partir de la temperatura máxima. In: C. Ortiz S. 1987. Elementos de agrometeorología cuantitativa con aplicaciones en la República Mexicana. 3ª edición. Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.
- PALACIOS V., E. 1981. Caracterización agroecológica de zonas temporales en función de la productividad de maíz, frijol y sorgo en los estados de Jalisco y Nayarit. Tomo I. Dirección General de Distritos y Unidades de Temporal, SARH, México. (Documento mimeografiado).
- RODRIGUEZ S., J. 1987. Desarrollo de normas de fertilización para el cultivo del maíz y de la cebada en el estado de Tlaxcala. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. (Documento mimeografiado).
- SALTER P., J. and J.E. GOODE. 1967. Crop responses to water at different stages of growth. Research Review No. 2. C.A.B. Farnham Royal Bucks, England.
- VOLKE H., V. 1988. Generación de tecnología agrícola bajo condiciones de riesgo. Serie Cuadernos de Edafología 12. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.

**INDICE DE AUTORES
AUTHOR INDEX**

- Achik, J. 166
 Acosta G., J.A. 171
 Alcántar G., G. 61
 Amador R., M.D. 106
 Alvarado L., J. 33, 127
 Alvarez S., M.E. 73
- Barrera G., J.L. 166
 Bethlenfalvay, G.J. 185
 Botello G., J.J. 178
- Cabañas C., B. 141
 Cajuste, L.J. 33
 Castellanos, J.Z. 171
 Ceja T., L.F. 211
 Cruz D., J. 127
 Cruz H., L. 93
- De León, F. 18
 Díaz L., J.G. 218
- Etchevers B., J.D. 73, 93, 226
 Espinosa V., D. 193
- Ferrera C., R. 178, 185, 193
 Flores M., R. 43
 Frausto R., J. 85
- Galindo G., G. 115
 Galvis S., A. 226
 García S., M. 100
 Guérif, J. 18
 Guevara G., R.D. 199
 Godoy A., C. 151
 González Ch., M.C. 178
 Guzmán P., R.A. 185
- Ibarra J., L. 67
- Márquez L., G. 67
 Martínez R., L.M. 3, 199
 Medina G., G. 141
 Mejia A., C. 218
 Merino B., C. 85
- Oyervides G., A. 135
- Peña C., J.J. 171
 Peña R., A. 135
 Perales C., M.A. 135
 Pérez Z., O. 48, 158
- Quintero L., R. 193
- Rodríguez S., J. 226
 Ruiz P., M.E. 12
 Ruiz V., J. 100
- Salas A., M.D. 166
 Salazar S., E. 166
 Sandoval L., J.J. 3
 Sandoval V., M. 61
- Tirado T., J.L. 61
- Utset S., A. 12
- Vargas H., M. 43, 56
 Vázquez G., G. 211
 Venegas G., J. 211
 Verástegui Ch., J. 141
 Volke H., V. 85

REVISORES QUE HAN COLABORADO CON LA REVISTA TERRA DURANTE 1993

M.C. HOMOBONO AGUILAR SALDAÑA, Gen. Terán, N.L.
 DR. MANUEL ANAYA GARDUÑO, Montecillo, Méx.
 DR. HECTOR MANUEL ARIAS ROJO, Hermosillo, Son.
 M.C. BALDEMAR ARTEAGA MARTINEZ, Chapingo, Méx.
 DR. GUSTAVO BACA CASTILLO, Montecillo, Méx.
 M.C. PATRICIA BARCENAS ABOGADO, México, D.F.
 M.C. ANGEL G. BRAVO LOZANO, Calera de V.R., Zac.
 DR. JAVIER Z. CASTELLANOS, Celaya, Gto.
 DR. JOSE I. CORTES FLORES, Montecillo, Méx.
 DR. DIDIER DUBROEUCQ, Bondy, Francia
 DR. LUIS FERNANDO FLORES LUI, México, D.F.
 M.C. ARTURO GALVIS SPINOLA, Montecillo, Méx.
 DR. DIEGO R. GONZALEZ BGUIARTE, Guadalajara, Jal.
 DR. CARLOS HERNANDEZ YAÑEZ, México, D.F.
 M.C. MARCO A. INZUNZA IBARRA, Cd. Lerdo, Dgo.
 DR. REGGIE J. LAIRD, Montecillo, Méx.
 M.C. ARMANDO LEGASPI GUZMAN, Guadalupe, Zac.
 M.C. FELIPE DE JESUS LUPERCIO HUERTA, Caborca, Son.
 DR. MARIO MARTINEZ MENES, Montecillo, Méx.
 M.C. GUILLERMO MEDINA G., Calera de V.R., Zac.
 M.C. RICARDO MENDOZA ROBLES, Puebla, Pue.
 DR. OSCAR MORENO RAMOS, Cd. Obregón, Son.
 DR. ABEL MUÑOZ OROZCO, Montecillo, Méx.
 DR. ROBERTO NUÑEZ ESCOBAR, Montecillo, Méx.

DR. VICTOR OLALDE PORTUGAL, Irapuato, Gto.
 M.C. ENRIQUE OJEDA TREJO, Montecillo, Méx.
 DRA. KLAUDIA OLESCHKO, Montecillo, Méx.
 DR. JOSE LUIS OROPEZA MOTA, Montecillo, Méx.
 M.C. CARLOS ORTIZ SOLORIO, Montecillo, Méx.
 DR. JUAN JOSE PEÑA CABRIALES, Irapuato, Gto.
 DR. BENJAMIN PEÑA OLVERA, Puebla, Pue.
 DR. CHRISTIAN PRAT, Montecillo, Méx.
 ING. LUCIANO POOL NOVELO, Montecillo, Méx.
 M.C. CARLOS RAMIREZ AYALA, Montecillo, Méx.
 DR. HECTOR HUGO REBOLLEDO, Chapingo, Méx.
 M.C. NIEVES RODRIGUEZ MENDOZA, Montecillo, Méx.
 M.C. JOSE LUIS RODRIGUEZ ONTIVEROS, Montecillo, Méx.
 M.C. JOSE DONALDO RIOS BERBER, Montecillo, Méx.
 DR. LEONARDO TIJERINA CHAVEZ, Montecillo, Méx.
 DR. JUAN LUIS TIRADO TORRES, Montecillo, Méx.
 M.C. JORGE L. TOVAR SALINAS, Montecillo, Méx.
 DR. ANTONIO TRINIDAD SANTOS, Montecillo, Méx.
 DR. ANTONIO TURRENT FERNANDEZ, Montecillo, Méx.
 DR. RIGOBERTO E., VAZQUEZ ALVARADO, Nuevo León
 DR. HUGO ALEJO VELASCO MOLINA, Monterrey, N.L.
 DR. ALEJANDRO VELAZQUEZ MARTINEZ, Montecillo, Méx.
 M.C. IVAN VIDAL PARRA, Montecillo, Méx.
 DR. VICTOR VOLKE HALLER, Montecillo, Méx.
 M.C. BENJAMIN ZAMUDIO G., Hermosillo, Son.

XII CONGRESO LATINOAMERICANO DE LA CIENCIA DEL SUELO (CLCS).

(XII CLCS, 18 a 25 de Septiembre,
Salamanca, Sevilla)

Se ha celebrado en España entre los días 18 al 25 de Septiembre de 1993, el *XII CLCS* siendo ésta la primera ocasión que se celebra en ese país una reunión científica de la Sociedad Latinoamericana de la Ciencia del Suelo (*SLCS*). El *XII (CLCS)* se inauguró en Sevilla el sábado 18 de Septiembre, con una Conferencia ("Desarrollo y retos de la Ciencia del Suelo") a cargo del Prof. A. AGUILAR S. Presidente de la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo, (*ISSS*). El domingo se visitó La Cartuja y la Ciudad de Sevilla. El lunes, día 20, se inició una excursión pre-Congreso durante la cual se observaron y discutieron perfiles de suelos de la Sierra Morena, continuando el martes con otros perfiles de las dehesas extremeñas, visitando el Parque Natural de Monfragüe. Se realizaron también visitas turísticas a los enclaves romanos de Mérida y los recintos medievales de Cáceres y Trujillo. La excursión, después de atravesar verticalmente Extremadura, finalizó en Salamanca la noche del día 21. El número de participantes de dicha excursión giró en torno de 70 personas y, salvo los organizadores, prácticamente en su totalidad fueron científicos americanos.

El miércoles 22 se iniciaron las jornadas científicas en el Palacio de Congresos de Castilla y León (Salamanca), con una conferencia a cargo del Dr. PLA SENTIS ("Uso, manejo y degradación de suelos en America latina: Situación actual y perspectivas de futuro"). El Programa científico se dividió en ocho secciones, a saber: 1. Física del Suelo (25 comunicaciones); 2. Química del Suelo (36); 3. Biología del Suelo (16); 4. Fertilidad del Suelo (51); 5. Génesis y Cartografía del

Suelo (49); 6. Tecnología de Suelos (52); 7. Mineralogía del Suelo (19); y 8 Ecología del Suelo (33). Se expusieron alrededor de 40 comunicaciones orales y cerca de 200 en forma de carteles.

Paralelamente a esas sesiones, se desarrollaron cuatro mesas redondas: la primera presidida por el Dr. J.F. GALLARDO (por ausencia del Dr. W. FRANCO) discutió la temática de los *suelos forestales*, dado su enorme interés en la actualidad (bien, en el Viejo Continente debido a la reforestación de antiguas tierras labradas o marginales, bien por la deforestación) y puesta en cultivo de terrenos boscosos existentes en el Nuevo Continente, participando como ponentes ocho científicos, que hicieron énfasis en la importancia de la materia orgánica en el subsistema edáfico forestal; la segunda, presidida por el Dr. J. CELECIA (*UNESCO*), versó sobre los *suelos urbanos y periurbanos*, de gran interés en los países con megalópolis con exigentes necesidades alimenticias, siendo ponentes cinco científicos que concluyeron la necesidad de la constitución de un Grupo de trabajo permanente en la *ISSS*; la tercera fue presidida por el Dr. J.M. HERNANDEZ (*SECS*), que versó sobre *léxico y didáctica de la Edafología en Iberoamérica*, y destacó la necesidad de existencia de Grupos de trabajo sobre enseñanza de la Ciencia del Suelo y terminología edafológica, y de un banco de datos bibliográficos iberoamericano, tomando parte cuatro ponentes, la cuarta y última estuvo presidida por el Dr. M.CATTIZZONE (*DG XII/CEE*), que mantuvo una dinámica discusión sobre la *investigación edafológica en los países en desarrollo*, tomando parte siete científicos, que elaborarán un manifiesto conjunto sobre dicha problemática. En distintas mesas redondas se hizo énfasis en la necesidad de una revista iberoamericana de la Ciencia del Suelo.

El sábado día 25 se desarrolló la Asamblea General de la *SLCS*, aprobándose

finalmente los Estatutos de la Sociedad (sólo este logro ya justificó en sí el Congreso), prorrogándose el mandato del Dr. SILVA MOJICA de Colombia, como Secretario de la *SLCS*. Se designó a la Sociedad Brasileira de la Ciencia del Suelo (*SBCS*) como responsable de la organización y a Piracicaba, Saõ Paulo como sede del próximo *XIII CLCS* (1996), al Presidente de la *SBCS* Dr. R. ALOISI como Presidente de la *SLCS*. Seguidamente se desarrolló la Sesión General de Paneles.

Por último, en el Paraninfo de la Universidad de Salamanca, se realizó el Acto de Clausura del *XII CLCS*. En esa ocasión otorgaron los siguientes premios: 1) Premio '*Huguet del Villar*' (50,000 Ptas.) al trabajo de mayor impacto científico: Dr. R.B. ZUCCARDI (Argentina); 2) Premio '*Camino Real*' (25,000 Ptas.) a la temática más original: Dra. M.E. RODRIGUEZ (Cuba); y c) Premio '*Ruta de la Plata*' (25,000 Ptas.) a la mejor presentación artística en cartel: T. de FIGUEIREDO y F. FONSECA (Portugal).

En total acudieron a la cita del *XII CLCS* alrededor de 280 científicos pertenecientes a 18 países, de los cuales más de un centenar eran americanos. Los países que más contribuyeron fueron España, Argentina, Portugal, Brasil y México. Se concedieron unos cinco millones de

Ptas. de ayudas, gracias a los apoyos de la D.G. XII/CEE, la DGICYT/M^oEC, y de la Junta de Castilla y León, quien también sufragó los costos del Palacio de Congresos de Salamanca; además el Ministerio de Agricultura (M^oAPA) español editó una selección de los trabajos presentados en el *XII CLCS*.

Existió también una excursión post-Congreso, durante la cual se mostraron suelos de la zona Suroeste de la provincia de Salamanca, con dos opciones finales, bien una visita a la Alberca y la Peña de Francia (Provincia de Salamanca), o a los ecosistemas forestales de la Sierra de Gata, en la zona limítrofe con Portugal. La asistencia fue de un total de 40 personas, algunas pertenecientes también al *XI Simposium Internacional sobre Biogeoquímica Ambiental (ISEB XI)*.

Los organizadores desean hacer constar el agradecimiento, no sólo a los organismos citados, sino también a las personas integrantes de los diferentes Comités (de Honor presidido por S.M. El Rey-, Internacional, Científico y de Organización) y de la Secretaría del Congreso; en la coordinación del esfuerzo de todos ellos ha radicado el éxito del *XII CLCS*.

¡Hasta siempre!

Juan F. GALLARDO LANCHO
Secretario de Organización *XII CLCS*
Presidente Sección III *SECS*

REVISTA TERRA

NORMAS PARA PUBLICACION

TIPO DE MANUSCRITO PARA PUBLICACION

La Revista TERRA acepta trabajos, en lengua española, sobre temas relacionados con la Ciencia del Suelo y el Agua. Estos pueden ser Artículos Científicos, Notas de Investigación, Ensayos o Revisiones de Literatura, Cartas al Editor, y Reseña de Libros. Se entiende por Artículo Científico aquel basado en un trabajo de investigación en que se ha aplicado en forma rigurosa el método científico y se ha estudiado el efecto que tienen diferentes tratamientos sobre la respuesta medible de un sistema, como metodología para comprobar o rechazar una hipótesis claramente establecida como objetivo del trabajo.

Las Notas de Investigación son artículos basados en trabajos experimentales que presentan aspectos metodológicos novedosos, o resultados que el autor quisiera publicar antes que finalice la investigación.

Los Ensayos o Revisiones de Literatura son artículos basados en una recopilación de artículos científicos o de

investigación existentes, en que el autor aporta su opinión personal sobre el tema y establece conclusiones respecto del estado actual del conocimiento del tema.

TERRA publicará las Cartas al Editor con opiniones o comentarios debidamente argumentados, que reciba. Esta sección tiene por objeto fomentar la discusión sobre temas publicados en sus páginas o de interés para la comunidad científica nacional. La Reseña de Libros es una sección destinada a dar a conocer la obra, particularmente de autores mexicanos e iberoamericanos, que son de interés para los científicos del suelo.

La Revista TERRA acepta colaboraciones de todos los miembros de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, así como de individuos que deseen publicar sus trabajos en ella, pero no tengan esta calidad. Los trabajos que se envíen deberán ceñirse a estas Normas para Publicación y estarán sujetos a revisión por el Comité Editorial o por quien éste designe, antes de su publicación.

Nota: Los manuscritos deberán enviarse con original y dos copias, escritos a doble espacio, a:
Editor de la Revista TERRA,
Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C.
Apartado Postal 45,
56230 Chapingo, Edo. de México.
México.

CONTENIDO DEL MANUSCRITO

Los Artículos Científicos y las Notas Científicas que se presentan deberán contar de las siguientes partes: (a) Título; (b) Autor(es); (c) Institución(es) responsable(s) del trabajo y dirección de los autores; (d) Resumen; (e) Palabras claves; (f) Summary; (g) Index words; (h) Introducción, que aparte de la motivación, importancia de los objetivos, deberá incluir aquellos aspectos más importantes, relativos del tema central, de la revisión de literatura; (i) Materiales y Métodos, donde se indique claramente el o los método(s) experimental(es) empleado(s) para dar respuesta a las hipótesis del trabajo; (j) Resultados y Discusión; (k) Conclusiones; y (l) Literatura Citada. El Comité Editorial podrá aceptar algunas modificaciones de esta estructura, cuando el tenor del texto así lo aconseje.

Los Ensayos o Revisiones de Literatura deberán constar de las siguientes partes: (a) Título; (b) Autor(es); (c) Institución donde se desarrolló el trabajo; (d) Resumen; (e) Palabras claves; (f) Summary; (g) Index words; (h) Introducción; (i) Desarrollo del tema, con los subtítulos que se estimen convenientes; (j) Discusión, donde fuere procedente; (k) Conclusiones; y (l) Literatura Citada.

Las Cartas al Editor y las Reseñas de Libros no tienen un formato definido, pero no deberán ser de más de dos cuartillas a máquina, doble espacio.

FORMATO DEL MANUSCRITO

Los trabajos deben enviarse mecanografiados en papel tamaño carta a doble espacio dejando márgenes en los cuatro costados de 2.5 cm y con las líneas numeradas. Las páginas, incluyendo los Cuadros y las Figuras, se numerarán correlativamente. El texto no deberá exceder de 20 páginas siendo 15 el largo ideal para un Artículo Científico y 8 para una Nota Científica. Cada Cuadro o Figura se incluirá en una hoja aparte con su correspondiente número con lápiz de grafito suave en el reverso. Las leyendas correspondientes se mecanografiarán en hojas apartes (una hoja para cada Cuadro o Figura). Los Cuadros y las Figuras contendrán sólo la información esencial y en ningún caso repetir los datos que se presenten en otra forma. Las unidades que se empleen serán los del Sistema Métrico Decimal.

ESPECIFICACIONES PARA EL FORMATO

Título. El título se escribirá con mayúsculas, al inicio y al centro de la página. Se colocará también traducido al inglés, inmediatamente abajo del título en español. El título en inglés se escribirá con minúsculas, excepto las primeras letras de cada palabra, dos espacios sencillos abajo del anterior. El título deberá ser breve e indicar en forma precisa la naturaleza y contenido del artículo. Un título largo no es necesariamente el mejor. Así por ejemplo "Fijación de Fósforo en un Andosol de Colima" es mejor que "Determinación de la Cantidad de Fósforo Fijado en los Horizontes A y B de un Perfil Alterado en un Suelo Andosol del Estado de Colima".

Autores. Se incluirá el nombre del autor o autores en la forma en que se acostumbran a escribirlo en sus publicaciones. Se sugiere adoptar una forma para toda la vida, que sea breve. Ejemplo: Roberto Núñez E., J. H. Miranda P. o R. Ferrera-Cerrato. Esto ayuda a no crear confusión y a identificar fácilmente a los autores. No se usarán títulos ni grados. La primera letra del nombre y apellidos se escribirán con mayúsculas. Los nombres de los autores se separarán por comas y se centrarán en la página. Se escribirán cuatro espacios debajo del título en inglés y centrados respecto de los márgenes.

Institución(es) patrocinante(s) y dirección de los autores. El objetivo de esta parte del artículo es dar el crédito respectivo a la institución que patrocinó el trabajo y que los lectores puedan contactar a los autores en caso necesario; la dirección postal debe quedar claramente especificada. Ejemplo: Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx. o Departamento de Suelos, UACH, Chapingo, México. Esta identificación se escribirá con minúsculas, excepto las siglas, dos espacios sencillos debajo de los autores.

Pie de página. Se podrán utilizar, cuando sea necesario, para identificar información adicional; se numerarán correlativamente a través de todo el texto. Deberán emplearse al mínimo y sólo cuando sea imprescindible.

De la forma de titular. Los títulos tienen diversos órdenes y ellos señalan automáticamente la posición de una parte del artículo dentro de éste.

Título de primer orden. Es el título principal del artículo y siempre se escribe con mayúsculas, al inicio del artículo, centrado respecto a los márgenes.

Títulos de segundo orden. A este tipo corresponden las diferentes partes del artículo: Resumen, Summary, Introducción, etc. Se escriben con minúsculas, excepto las primeras letras de cada palabra. Se ubican tres espacios simples abajo del último renglón escrito. El texto que le sigue se comenzará a escribir dos espacios simples después del título.

Títulos de tercer orden. Se escriben al margen izquierdo, con minúsculas, excepto la primera letra de las palabras. Se subraya. Se ubican dos espacios sencillos bajo el último escrito. El texto comienza a escribirse dos espacios sencillos después del título.

Títulos de cuarto orden. Se escriben al margen izquierdo con minúsculas, excepto la primera letra. Van subrayados y con punto final sin dejar sangría, como en el presente párrafo. Si hubiera necesidad de título de mayor orden, se seguirán las normas recién indicadas, pero éstos se colocarán con una sangría de cinco espacios contados a partir del margen izquierdo, para el de quinto orden, y mayor, para el sexto orden.

Resumen. Esta sección debe sintetizar, en no más de 250-300 palabras, los aspectos más importantes del

trabajo, esto es, su motivación, importancia, método experimental (cuando corresponda) y las conclusiones más importantes. Se titula con un título de segundo orden.

Palabras claves. Dos espacios sencillos abajo del texto anterior se colocan al margen izquierdo y con minúscula: Palabras claves, seguido de dos puntos y a continuación las palabras que el autor considere clave para su trabajo, las que deberán ser distintas a las empleadas en el título.

Summary. Se siguen las mismas normas que para el Resumen en español. Esta sección es básica para darle difusión internacional a la revista. Se titula también con segundo orden.

Index words. Se seguirán las instrucciones dadas para Palabras claves, pero estas últimas se colocarán en inglés.

Introducción. En esta sección se indica la motivación, la importancia y los objetivos del trabajo que llevan implícito las hipótesis del trabajo. Contienen, además, los aspectos más relevantes del tema, tratados por otros autores e identificados en la Revisión de Literatura. La Introducción no debe exceder de tres cuartillas a doble espacio. Se titula con segundo orden.

Materiales y Métodos. Esta sección debe describir las características relevantes de los materiales usados en el estudio y los métodos experimentales empleados. A la descripción del método experimental utilizado para lograr los objetivos planteados se le debe dar particular importancia. Debe mostrar concordancia plena con las hipótesis. Así por ejemplo, si el propósito de un trabajo es determinar el efecto de la adición de estiércol vacuno en la mineralización del nitrógeno del suelo, deberá describirse el experimento que permitió medir este efecto. Los revisores tendrán muy en cuenta la concordancia entre objetivos planteados y los métodos experimentales empleados. Se titula con segundo orden.

Resultados y Discusión. Bajo este título se incluyen los resultados obtenidos en la investigación. Estos se presentarán en forma de Cuadros, Figuras, Fotografías, etc., y no deberán duplicar la información presentada en el texto. La información presentada en Cuadros y Figuras tampoco deberá duplicarse, así como incluir resultados que puedan ser fácilmente calculables. Ejemplo: presentar en una columna el rendimiento en g/m^2 y en otra en kg/ha . En la Discusión se harán resaltar los principios más importantes y las relaciones causa-efecto derivados del análisis de los resultados. Además, deberá explicar, en función de las observaciones hechas, el por qué de lo observado. Los resultados obtenidos se compararán con los de otros investigadores, señalando las divergencias y las semejanzas. Los Resultados y la Discusión deben tener los mismos subtítulos, si es que los hay, de la sección de Materiales y Métodos. Se titula con segundo orden.

Conclusiones. Las primeras conclusiones que se presentan deben ser aquellas correspondientes a los

objetivos planteados. Se pueden incluir, además, otras conclusiones relevantes y recomendaciones que emanen del trabajo. Se titula con segundo orden.

Citas en el texto. Las citas en el texto se harán de acuerdo con la forma en que participan éstas en la oración. Se seguirán las siguientes reglas: (a) se citará el apellido principal del autor(es) y el año, cuando se trate de uno o dos autores, y el apellido principal del primer autor seguido de *et al.* y el año, cuando se trate de tres o más autores; (b) las citas cuando más de una, se colocarán en orden alfabético; (c) cuando el nombre del autor(es) participa en la oración se colocará el apellido principal seguido del año entre paréntesis; ejemplo: Martínez (1982) observó que...; Carrasco (1983) y Merino (1984) encontraron gran diferencia...; (d) cuando la cita se agrega al final de la oración los nombres de los autores y el año se colocarán entre paréntesis, separados por una coma; ejemplo: ... al final de la cosecha (Martínez, 1982) o (Carrasco, 1983; Merino, 1984) o (Bravo *et al.*, 1979); (e) cuando el autor tiene más de una publicación en un año se adiciona a éste a, b, c; ejemplo: (Moreno, 1984a) o (Moreno, 1984b) según sea el caso; (f) las comunicaciones personales se citarán sólo en el texto; ejemplo: (R. Núñez E., 1984. Comunicación personal); (g) las citas que no aparezcan en la Literatura Citada, por ser documentos de circulación restringida y no sean comunicaciones personales, se colocarán con pie de página, siguiendo la numeración correlativa correspondiente.

Literatura Citada. Para confeccionar la lista de citas de la Literatura Citada se seguirán las normas que se detallan a continuación con ejemplos.

(1) Caso de artículos en revistas seriadas; ejemplo:

NUÑEZ E., R., A. TRINIDAD S., J.J. MARTINEZ H. 1984. Efecto de estiércol de vacuno en la producción de maíz. *Agropecuaria Técnica* 54: 385-388.

Obsérvese que la inicial del nombre propio se ha trasladado al final de los apellidos sólo para el caso del primer autor, y que se ha mantenido la inicial del segundo apellido y del nombre propio en el lugar que corresponde en el resto de los casos. Es común que los nombres ingleses se escriban con dos nombres personales y un apellido; ejemplo: L.J. Brown, el cual se citará en caso de ser primer autor como Brown, L.J. y como L.J. Brown en todos los demás. Los portugueses y brasileños acostumbran colocar el apellido paterno en segundo lugar y éste es el que se debe citar; ejemplo: Antonio Amaro Filho, es Filho, A.A. o A.A. Filho según sea el primer autor o acompañante. Para el caso de los nombres árabes, orientales e hindúes se deberá consultar una guía para citas bibliográficas, como la del Council of Biological Editors o las Normas del IICA para citas bibliográficas.

(2) Caso de artículos en una publicación colectiva no periódica con o sin editor, ejemplo:

(i) con editor

TURRENT F., A. 1984. Los agrosistemas del trópico, pp. 315-328. In: E. Hernández X. (ed). Los sistemas agrícolas de México. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.

(ii) sin editor

CORTES F., J. I. 1984. El manejo de los frutales en zonas frías, pp. 181-192. In: La fruta y su perspectiva en México. CONAFRUT, SARH, México. CONAFRUT, SARH, México, D.F.

(3) Caso de los boletines técnicos u otras publicaciones seriadas no periódicas; ejemplo:

CLEMENT, H.F. 1952. Factors affecting the growth of sugarcane. Univ. Hawaii Agr. Exp. Sta. Tech Bull. 18.

(4) Caso de los libros; ejemplo:

JACKSON, M.L. 1964. Análisis químico de los suelos. Traducción al español de J. Huerta. Editorial Omega, Barcelona, España.

ZAMUDIO H., B. 1970. Las especies latifoliadas del Cono Sur. 2a. Edición. Editorial Inca, Lima, Perú.

(5) Otras publicaciones; ejemplo:

CAVAZOS L., A. 1971. Efecto de la pendiente en la pérdida de suelo por erosión hídrica. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. (Tesis de Maestría)

La lista de citas se confeccionará en orden alfabético. Sólo se incluirá en ella los trabajos citados en el texto.

OTROS ASPECTOS DEL MANUSCRITO

A continuación se dan algunas indicaciones acerca de los cuidados y consideraciones que hay que tener para la elaboración de las figuras, cuadros, mapas, etc. Los cuadros y las figuras se emplean para reemplazar al texto, cuando el contenido de éstos no puede expresarse claramente con palabras o su uso contribuya a un ahorro importante de espacio. Los cuadros y las figuras deben ser claros, simples y concisos. Para ello es necesario seleccionar los datos de modo que se presentan sólo aquellos que se emplearán para hacer énfasis en algún aspecto o que expliquen otros. Los datos deben ordenarse en una forma tal que sean fácil de interpretar.

En el pie de cuadro se incluirán las llamadas que sean pertinentes. Los asteriscos se reservarán para indicar significación al 5% (*) y al 1% (**), respectivamente. Se recomienda el uso de numerales correlativos para las llamadas.

Los cuadros deben tener tres líneas horizontales sólidas: al inicio del cuadro, al inicio del campo del cuadro, y al final de éste. No se permitirá el uso de líneas verticales.

El encabezamiento del cuadro dará entrada a las columnas y a las líneas. Las unidades correspondientes a las columnas irán en el campo del cuadro, no en el encabezamiento. El campo y el encabezamiento de las columnas se pueden dividir a conveniencia del autor.

Los encabezamientos, de columnas y líneas se describirán con minúsculas, excepto la primera la primera letra de la primera palabra.

Se empleará sólo el número de cifras significativas necesarias para destacar el punto que se desea. No tiene sentido hablar de 4,314.3 kg de maíz, probablemente 4.3 ó 4.31 ton/ha es suficiente.

Los cuadros no podrán ser mayores de una página tamaño carta, considerando los márgenes antes dichos.

Los Mapas y las Figuras deben dibujarse en tinta china sobre papel albanene o papel dibujo de buena calidad. No deben exceder las dimensiones de una página tamaño carta. La leyenda debe ser con letras y números de tamaño lo suficiente grande, como para que puedan leerse al ser reducidos, al igual que el grosor de los ejes y líneas interiores. Para un gráfico del tamaño de una página carta se requieren letras y números de 0.8 a 1.0 cm de altura. Recuerde que en una figura lo que interesa destacar es el contenido y no los ejes. Consecuentemente, el grosor de estos últimos tiene que ser menor que el de las líneas interiores. Los puntos experimentales deben marcarse visiblemente. Para dimensionar los ejes se deben escoger módulos constantes para cada uno.

Los mosaicos fotográficos deben entregarse montados en hojas de papel, totalmente terminados, con leyenda y numeración. El aumento de las microfotografías debe indicarse en la leyenda.

Agradecimientos. Podrán incluirse cuando sea necesario al final del texto, esto es, después de las Conclusiones y antes de la Literatura Citada.

DIVISION II

Efecto de la endomicorriza V-A en maíz y frijol sembrados solos o asociados en condiciones de campo.

**R.A. GUZMAN-PLAZOLA,
R. FERRERA-CERRATO y
G.J. BETHLENFALVAY**

185

Efectos del fotoperíodo y el pH en el sistema simbiótico *Azolla-Anabaena*.

**ROBERTO QUINTERO LIZAOLA,
DAVID ESPINOSA VICTORIA y
RONALD FERRERA-CERRATO**

193

Hidrografía de cuatro pequeñas cuencas del río Cuzalapa, en la Sierra de Manantlán, Jalisco.

**RUBEN D. GUEVARA G. y
LUIS M. MARTINEZ R.**

199

DIVISION III

Fertilización del trigo de temporal en la Lagunita, municipio de Jiquilpán, Michoacán.

**J. VENEGAS G.,
G. VAZQUEZ G. y
L.F. CEJA T.**

211

Producción de sorgo en función de niveles y fuentes nitrogenadas.

**J.G. DIAZ DE LEON T. y
C. MEJIA A.**

218

Estimación de rendimientos máximos alcanzables de maíz en áreas de temporal del estado de Tlaxcala.

**ARTURO GALVIS S.,
JORGE D. ETCHEVERS B. y
JOSE RODRIGUEZ S.**

226