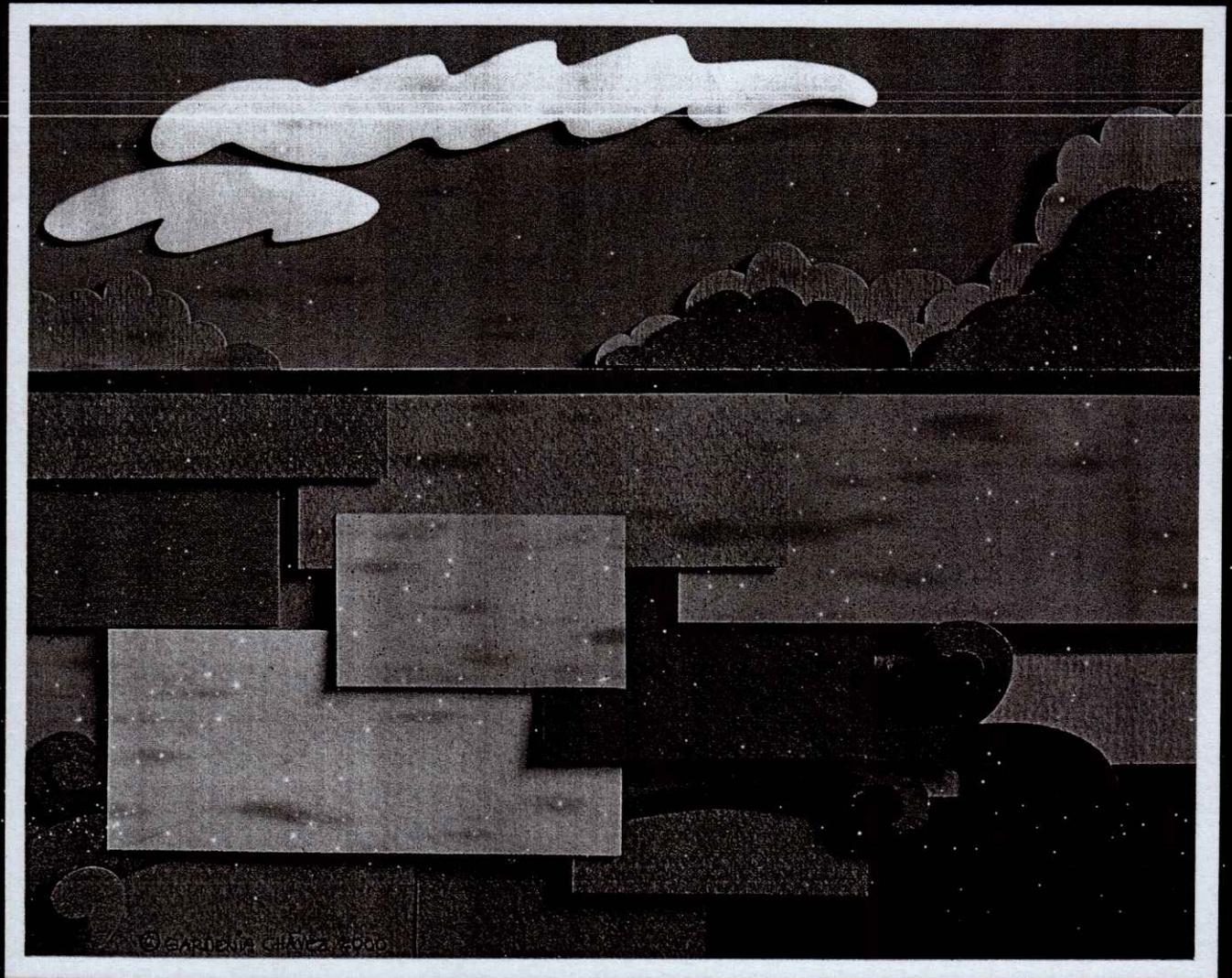


ISSN 0187-5779

TERRA

OCTUBRE - DICIEMBRE DE 1999 • VOLUMEN 17 • NUMERO 4



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

TERRA

SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA DEL SUELO A.C.

MESA DIRECTIVA 1997-1999

Presidente

Vicepresidente

Secretario General

Tesorero

Secretario Técnico

Secretario de Relaciones Públicas

Secretario de Eventos Nacionales

e Internacionales

Vocal

Vocal

Dr. Víctor M. Ordaz Chaparro

M.C. José Cisneros Domínguez

Dr. Prometeo Sánchez García

Dr. Fernando de León González

Dra. Edna Alvarez Sánchez

M.C. Ricardo Torres Cossío

Dr. Francisco Gavi Reyes

Biól. Rogelio Oliver Guadarrama

M.C. Gaspar Romero Hernández

EDITOR EN JEFE

EDITOR ADJUNTO

EDITORES TECNICOS

EDITOR DE ESTILO

Dr. Andrés Aguilar Santelises

Dr. Javier Z. Castellanos

Dr. Gabriel Alcántar González

Dr. Víctor M. Ordaz Chaparro

Dr. Juan José Peña Cabriales

Dr. Xavier X. Uvalle Bueno

Dra. Edna Alvarez Sánchez

M.C. Jorge Alvarado López

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

TERRA registro en trámite.

Órgano Científico de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C.
Octubre - Diciembre de 1999 Volumen 17 Número 4

ISSN 0187 - 5779

Los artículos publicados son responsabilidad absoluta de los autores. Se autoriza la reproducción parcial o total 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 a:
Editor de la Revista TERRA. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C.
Apartado Postal 45, 56230 Chapingo, Estado de México, México.

Oficinas: Edificio del Departamento de Suelos
Universidad Autónoma Chapingo
56230 Chapingo, Estado de México.

Teléfono: +01(5) 954 60 24 Fax: +01(5) 954 80 76

e-mail: smcs@taurus1.chapingo.mx

EQUIPO EDITORIAL ADMINISTRATIVO

Ina Aalmers de Aguilar
Sofía Blancas Cando
Ricarda Torres Estrada
Gardenia Chávez Peña

Diseño de portada

EDITORES ASOCIADOS NACIONALES

Dr. Manuel Anaya Garduño
Dr. Jesús Caballero Mellado
Dr. Lenom J. Cajuste
Dr. Ronald Ferrera Cerrato
Dr. Benjamín Figueroa Sandoval
M.C. Margarita E. Gutiérrez Ruiz
Dr. Reggie J. Laird
Dr. Angel Martínez Garza
Dr. Roberto Núñez Escobar
Dr. José Luis Oropeza Mota
Dr. Carlos Ortiz Solorio
Dr. Alejandro Velázquez Martínez
Dr. Enrique Palacios Vélez
Dr. Oscar L. Palacios Vélez
Dr. Benjamín V. Peña Olvera
Dr. Antonio Turrent Fernández

EDITORES ASOCIADOS INTERNACIONALES

Dr. Eduardo Besoain M.	Chile
Dr. Winfried E. H. Blum	Austria
Dr. Elmer Bornemisza	Costa Rica
Dr. Luis Alfredo de León	Colombia
Dr. Hari Eswaran	E.U.A.
Dr. Anthony Fischer	Australia
Dr. Juan F. Gallardo Lancho	España
Dr. Renato Grex Z.	Chile
Dr. Alberto Hernández	Cuba
Dr. José M. Hernández Moreno	España
Dr. Eric S. Jensen	Dinamarca
Dr. Walter Luzio Leighton	Chile
Dr. John T. Moraghan	E.U.A.
Dr. Héctor J. M. Morrás	Argentina
Dr. Christian Prat	Francia
Dr. Parker F. Pratt	E.U.A.
Dr. Paul Quantin	Francia
Dr. José Rodríguez	Chile
Dr. Carlos Roquero	España
Dr. Karl Stahr	Alemania
Dr. Bernardo Van Raij	Brasil
Dr. Rafael Villegas	Cuba
Dr. Eduardo Zaffaroni	Brasil

TERRA

OCTUBRE - DICIEMBRE DE 1999 • VOLUMEN 17 • NUMERO 4

DIVISION I

- 277 Evaluación taxonómica de sistemas locales de clasificación de tierras.
Carlos Alberto Ortiz Solorio y Ma. del Carmen Gutiérrez Castorena
- 287 Correlación y calibración de soluciones extractantes del fósforo aprovechable en Andisoles de la Sierra Tarasca.
José Venegas González, Lenom Jean Cajuste, Antonio Trinidad Santos y Francisco Gavi Reyes

DIVISION II

- 293 Efecto del abastecimiento foliar de zinc sobre el balance nutrimental del nogal pecanero.
Ma. del Consuelo Medina M., J. Francisco J. Chávez G.
- 299 Actividad de la nitrogenasa en *Gliricidia sepium* en diferentes regímenes de poda.
J. I. Melchor-Marroquín, J. J. Vargas-Hernández, R. Ferrera-Cerrato, J. D. Etchevers-Barra, A. Velázquez-Martínez
- 309 Respuesta del maíz a diferentes niveles de humedad en el suelo. I. Rendimiento de grano y sus componentes.
David Guadalupe Reta Sánchez y Rodolfo Faz Contreras

DIVISION III

- 317 Aspersiones foliares de manganeso y cobre en nogal pecanero.
Ma. del Consuelo Medina M., Enrique de J. Medina Moreno, J. Heriberto Aguilar Pérez, Sergio J. García Garza

- 325** Labranza de conservación y fertilización en el rendimiento de maíz y su efecto en el suelo.
Mario Galeana de la Cruz, Antonio Trinidad Santos, Norma Eugenia García Calderón y David Flores Román
- 337** Producción de frijol bajo diferentes dosis de fertilización nitrogenada y fosfórica usando agua residual en Bustillos, Chih.
Jesús P. Amado Alvarez y Pedro Ortiz Franco
- 345** Diagnóstico de la unidad de riego Puente Nacional, Veracruz, México.
Teodoro Domínguez Torres y Ana Aguilar Arrieta
- 355** Elementos de estrategia para el desarrollo agrícola en una unidad de riego en el estado de Veracruz, México.
Teodoro Domínguez Torres y Ana Aguilar Arrieta
- 361** Zonificación agroecológica del maíz de temporal en los Valles Centrales de Oaxaca II. Determinación de las prácticas de producción adecuadas.
Jaime Ruiz Vega y M. E. Silva Rivera

Índice de autores	367
Índice de revisores	368
Normas para publicación	369

TERRA

MEXICAN SOCIETY OF SOIL SCIENCE

BOARD

President
Vicepresident
Secretary
Treasurer
Technical Adviser
Public Relations
National and International Events
Secretary
Voter
Voter

Dr. Víctor M. Ordaz Chaparro
M.C. José Cisneros Domínguez
Dr. Prometeo Sánchez García
Dr. Fernando de León González
Dra. Edna Alvarez Sánchez
M.C. Ricardo Torres Cossío

Dr. Francisco Gavi Reyes
Biól. Rogelio Oliver Guadarrama
M.C. Gaspar Romero Hernández

EDITOR-IN-CHIEF
ASSOCIATE EDITOR
TECHNICAL EDITORS

Dr. Andrés Aguilar Santelises
Dr. Javier Z. Castellanos
Dr. Gabriel Alcántar González
Dr. Víctor M. Ordaz Chaparro
Dr. Juan José Peña Cabriales
Dr. Xavier X. Uvalle Bueno
Dra. Edna Alvarez Sánchez
M.C. Jorge Alvarado López

STYLE EDITOR

EDITORIAL STAFF

Cover design

Ina Aalmers de Aguilar
Sofía Blancas Cando
Ricarda Torres Estrada
Gardenia Chávez Peña

DIVISIONS AND DISCIPLINES

Division I: Diagnosis, Methodology and Evaluation of the Soil Resource

- a) Soil Genesis, Morphology and Classification
- b) Soil Physics
- c) Soil Chemistry
- d) Pollution

Division II: Soil - Climate - Biota Relationship

- a) Plant Nutrition
- b) Water - Soil - Plant - Atmosphere Relationship
- c) Soil Biology
- d) Technology and Fertilizer Use
- e) Water Management and Use

Division III: Use of the Soil Resource

- a) Soil Conservation
- b) Drainage and Restoration
- c) Soil Fertility
- d) Agrosystem Productivity

Division IV: Education and Technical Assistance

- a) Education
- b) Credit and Technical Assistance

TERRA Registration pending
Scientific publication of the Mexican Society of Soil Science
October - December, 1999 Volume 17 Num. 4

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, Estado de México, México.

Office address: Edificio del Departamento de Suelos
Universidad Autónoma Chapingo
56230 Chapingo, Estado de México.

Telephone: +52 (5) 954 60 24 Fax: +52 (5) 954 80 76
e-mail: smcs@taurus1.chapingo.mx

NATIONAL ASSOCIATE EDITORS

Dr. Manuel Anaya Garduño
Dr. Jesús Caballero Mellado
Dr. Lenom J. Cajuste
Dr. Ronald Ferrera Cerrato
Dr. Benjamín Figueroa Sandoval
M.C. Margarita E. Gutiérrez Ruiz
Dr. Reggie J. Laird
Dr. Angel Martínez Garza
Dr. Roberto Núñez Escobar
Dr. José Luis Oropeza Mota
Dr. Carlos Ortiz Solorio
Dr. Alejandro Velázquez Martínez
Dr. Enrique Palacios Vélez
Dr. Oscar L. Palacios Vélez
Dr. Benjamín V. Peña Olvera
Dr. Antonio Turrent Fernández

INTERNATIONAL ASSOCIATE EDITORS

Dr. Eduardo Besoain M. Chile
Dr. Winfried E. H. Blum Austria
Dr. Elmer Bornemisza Costa Rica
Dr. Luis Alfredo de León Colombia
Dr. Hari Eswaran U.S.A.
Dr. Anthony Fischer Australia
Dr. Juan F. Gallardo Lancho Spain
Dr. Renato Grez Z. Chile
Dr. Alberto Hernández Cuba
Dr. José M. Hernández Moreno Spain
Dr. Eric S. Jensen Denmark
Dr. Walter Luzio Leighton Chile
Dr. John T. Moraghan U.S.A.
Dr. Héctor J. M. Morrás Argentina
Dr. Christian Prat France
Dr. Parker F. Pratt U.S.A.
Dr. Paul Quantin France
Dr. José Rodríguez Chile
Dr. Carlos Roquero Spain
Dr. Karl Stahr Germany
Dr. Bernardo Van Raij Brazil
Dr. Rafael Villegas Cuba
Dr. Eduardo Zaffaroni Brazil

TERRA

OCTOBER - DECEMBER, 1999 • VOLUME 17 • NUMBER 4

DIVISION I

277 Taxonomic evaluation of local land classification systems.
*Carlos Alberto Ortiz Solorio and
Ma. del Carmen Gutiérrez Castorena*

287 Correlation and calibration of extraction solutions of
available phosphorus in Andisols of the Sierra Tarasca.
*José Venegas González, Lenom Jean Cajuste,
Antonio Trinidad Santos, and Francisco Gavi Reyes*

DIVISION II

293 Effect of zinc sprays on nutrimental balance in pecan trees.
Ma. del Consuelo Medina M., J. Francisco J. Chávez G.

299 Nitrogenase activity in *Gliricidia sepium* under several pruning
regimes.
*J. I. Melchor-Marroquín, J. J. Vargas-Hernández,
R. Ferrera-Cerrato, J. D. Etchevers-Barra,
A. Velázquez-Martínez*

309 Maize response to different soil moisture levels. I. Grain yield
and yield components.
David Guadalupe Reta Sánchez and Rodolfo Faz Contreras

DIVISION III

317 Manganese and copper foliar sprays in pecan trees.
*Ma. del Consuelo Medina M., Enrique de J. Medina Moreno,
J. Heriberto Aguilar Pérez, Sergio J. García Garza*

- 325** Conservation tillage and fertilization in corn yield and its effect on the soil.
Mario Galeana de la Cruz, Antonio Trinidad Santos, Norma Eugenia García Calderón, and David Flores Román
- 337** Irrigated bean production with different nitrogen and phosphorus rates using residual water in Bustillos, Chih.
Jesús P. Amado Alvarez and Pedro Ortiz Franco
- 345** Diagnosis at the Irrigation Unit 'Puente Nacional' in Veracruz, Mexico.
Teodoro Domínguez Torres and Ana Aguilar Arrieta
- 355** Strategic elements to the agricultural development in an irrigation unit in Veracruz State, Mexico.
Teodoro Domínguez Torres and Ana Aguilar Arrieta
- 361** Agroecological zoning of rainfed maize in the Central Valleys of Oaxaca II. Determination of suitable production practices.
Jaime Ruiz Vega and M. E. Silva Rivera

Authors index	367
Reviewers	368
Intructions to authors	373

EDITORIAL



Al concluir el volumen 17-4 de TERRA y prácticamente estar al día en su edición, no nos queda más que congratularnos y sentirnos muy satisfechos y orgullosos de nuestro equipo editorial. En este punto es conveniente hacer una reflexión de nuestro desempeño y evaluación de avances en las metas trazadas con antelación. Al hacer esta reflexión viene a nuestra mente la memoria de nuestro amigo Andrés Aguilar Santelises, profesor investigador de la Universidad Autónoma Chapingo. Un hombre por todos conocido pero que quizá pocos se percataron del tiempo que dedicó a la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo y a la revista TERRA, junto con Ina, su esposa y actualmente editora administrativa de

la revista. Ser editor de una revista científica, además de la satisfacción que ello significa, es una tarea que suele ser agobiante y a menudo poco reconocida por la comunidad. Es una de esas tareas que pocos queremos desempeñar, pues nos sustrae tiempo para publicar, proyectar e incluso, investigar. El editor suele pasar horas tratando de corregir trabajos que en algunos casos fueron realizados sin el rigor científico por colegas que se inician en la investigación. También suele pasar dificultades para imprimir los números que ya están editados y que por falta de fondos no lo puede hacer. Para Andrés debió ser agobiante recibir un número muy limitado de manuscritos, debido a que la revista no estaba en el Padrón de Excelencia. Todo ese esfuerzo finalmente se vio coronado con la aceptación de la revista en el Índice de Revistas Mexicanas de Investigación Científica y Tecnológica del CONACYT, situación de la que muchos investigadores de México estamos disfrutando, gracias al esfuerzo de nuestro buen amigo Andrés.

Es merecido recordar que Andrés, a la cabeza de un grupo de científicos consiguió, para México, en 1994 la sede del XV Congreso Mundial de la Ciencia del Suelo, el cual fue organizado exitosamente durante su presidencia en la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo. El haber organizado este evento, con un presupuesto superior a los dos millones de dólares fue una tarea de titanes, que sólo alguien con la determinación y capacidad de Andrés podía lograr. Al congreso mundial de Acapulco asistieron 2,100 científicos de más de 90 países. Muchos colegas edafólogos disfrutamos también de haber cultivado contactos y relaciones científicas, gracias al congreso. En este evento, su principal obra fue de servicio. Con su determinación, buscó y encontró fondos económicos para poder traer a más de 300 científicos de países con serias limitaciones económicas, que carecían de apoyo para asistir al congreso. En este sentido, realizó una tarea social de gran valor y por ello fue condecorado por la Sociedad Rusa de la Ciencia del Suelo con la Medalla Dokuchaev. A riesgo de perder su permanencia en el SNI, Andrés dedicó gran parte de su tiempo a mejorar y superar la revista, a fin de reivindicarla en el Índice de Revistas Mexicanas de Investigación Científica y Tecnológica del CONACYT. Enhorabuena querido Andrés, dondequiera que te encuentres, te enviamos nuestro reconocimiento y afecto por tu labor en beneficio de los edafólogos de México.

Dr. Javier Z. Castellanos y Dra. Edna Alvarez
Comisión de Financiamiento de TERRA

EVALUACION TAXONOMICA DE SISTEMAS LOCALES DE CLASIFICACION DE TIERRAS

Taxonomic Evaluation of Local Land Classification Systems

Carlos Alberto Ortiz Solorio¹ y Ma. del Carmen Gutiérrez Castorena¹

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar taxonómicamente al conocimiento nativo de las tierras de dos grupos étnicos de México, Azteca y Otomí, sobre la base de sus conceptos, nomenclatura y niveles jerárquicos. Los resultados mostraron que el concepto nativo de tierra es diferente al concepto científico de suelo; además, el proceso de culturización ha generado una pérdida de información, al traducir los nombres originales con significados específicos a términos más generales. Los sistemas locales de clasificación de tierras, de los grupos étnicos estudiados, constituyen una taxonomía formal con tres niveles jerárquicos y una nomenclatura que siempre incluye al término tierra. Las clases y grupos de tierras muestran diferentes propiedades de diagnóstico, algunos fácilmente reconocibles y otros necesitan el contacto directo y continuo para su percepción.

Palabras clave: Conocimiento nativo, tierra, nomenclatura y niveles jerárquicos.

SUMMARY

The objective of this research was to evaluate taxonomically local land classification systems of Aztec and Otomi ethnical groups in Mexico, in terms of concepts, nomenclature, and hierarchical levels. The results showed that the scientific concept of soil and the native concept of land are different; moreover, the acculturation process generated the loss of information when the native land names, with specific meaning, were translated into Spanish and got a more general meaning. The local land classification systems of the ethnical groups under study show that they correspond to formal taxonomies. All local taxonomies had only three hierarchical levels and

their nomenclatures always use the land term. The land classes showed different types of diagnostic properties, some of them are defined easily and others only with a direct and continuous contact.

Index words: Native knowledge, land, nomenclature and hierarchical levels.

INTRODUCCION

El suelo es uno de los recursos naturales más significativos en la vida del hombre por su relación directa con la agricultura (FAO, 1980), ya que hasta la fecha éste sigue siendo la principal fuente de alimentos para la humanidad (Jiménez, 1993).

También es conocido que el suelo es un recurso natural limitado que está siendo destruido en forma alarmante (Oldeman *et al.*, 1991), a un grado tal, que varios países han propuesto un nuevo paradigma para la producción agrícola, denominado como **Agricultura Sustentable, Sostenible o Durable**, el cual consiste en **producir alimentos sin deteriorar el ambiente** (De la Isla, 1995). Además, busca conciliar los intereses ambientales con los económicos y los sociales (Smyth y Dumanski, 1993). Situación que resulta muy compleja, provocando que en la actualidad no exista una estrategia única sobre el cómo lograrlo, por la gran diversidad de condiciones que se presentan entre diferentes países e inclusive dentro de una misma nación.

Algunos investigadores, como Jiménez (1993), Ortiz (1993), Anaya (1995) y De la Isla (1995), han indicado que lo más parecido a la Agricultura Sustentable o Durable es la Agricultura Tradicional por su permanencia y manejo, y recomiendan la revalorización del conocimiento tradicional así como su interacción con el conocimiento científico, para la búsqueda y el establecimiento de estrategias que tiendan hacia dicha agricultura.

Para lograr tal revalorización es necesario primero demostrar la existencia de conocimiento por parte del productor sobre el recurso suelo. Una forma de realizarlo es a través de la caracterización y evaluación de sistemas locales de clasificación de

¹Especialidad de Edafología, Instituto de Recursos Naturales, Colegio de Postgraduados, 56230 Montecillo, estado de México.

Recibido: Abril de 1999.
Aceptado: Abril de 2000.

suelos, aplicando los principios de las taxonomías biológicas populares, dentro de los cuales están los propuestos por Kay (1971) quien señala que los requisitos que debe reunir una taxonomía para ser considerada como formal son: 1) una estructura jerárquica, 2) un conjunto de nombres (lexemas) y 3) una relación entre ambos. Berlin *et al.* (1973), por su parte, establecieron las características generales que deben cumplir los niveles jerárquicos de las estructuras de las taxonomías populares aplicadas a fenómenos biológicos, las cuales son: a) las estructuras taxonómicas raramente exceden de un máximo de cinco niveles jerárquicos para su identificación, estos son, del más alto al más bajo: **iniciador único, forma de vida, genérico, varietal y específico**; b) que el segundo y tercer nivel sean politípicos, es decir, incluyan más de una clase y que el nivel genérico sea el que cuente con el mayor número de clases; y c) los dos últimos niveles, el específico y el varietal, vuelven a ser menos numerosos y para el nivel más bajo, el varietal, sus clases sean más bien raras.

Si estos principios son válidos para el estudio de los suelos, como se pretende investigar en el presente estudio, entonces los sistemas locales de clasificación deben exhibir un **iniciador único "suelo"**, pocas clases en el ámbito de **forma de vida**, el mayor número de grupos en el **genérico** y, nuevamente, pocas clases en el nivel **específico y varietal**.

Otra característica de las taxonomías populares es su **nomenclatura**, o sea el conjunto de nombres, lexemas o etiquetas con las que se denominan a las clases. Berlin *et al.* (1973) indican que la nomenclatura es una guía casi perfecta de la estructura de la taxonomía. Además, se menciona que para las taxonomías biológicas populares se etiquetan a los niveles **forma de vida y genérico** con lexemas primarios, con un solo nombre, y los niveles **específico y varietal** con lexemas secundarios, con dos nombres.

También, Hunn (1977) estableció que en las taxonomías biológicas populares, la formación de clases es a través de un proceso inductivo, esto es, se crean por una abstracción configuracional a partir de los miembros de la misma clase, sin existir una regla previa, y las categorías inductivas tienen como límites de clase a discontinuidades objetivas de la naturaleza. Autores como Queiroz y Norton (1992) han propuesto al análisis de conglomerados ("cluster analysis") para evaluar cuantitativamente a los niveles jerárquicos de taxonomías populares.

El objetivo del presente estudio fue caracterizar y evaluar taxonómicamente a las clasificaciones locales de tierras pertenecientes a dos grupos étnicos, el Azteca y el Otomí.

MATERIALES Y METODOS

Para realizar la caracterización y evaluación taxonómica de las clasificaciones locales de suelos o tierras que consideran al conocimiento de los productores, se usó la información generada en trabajos previos para dos grupos étnicos, Aztecas y Otomíes, en donde participó el Colegio de Postgraduados.

Para el grupo Azteca, el estudio se basó en la información generada por Luna (1982), donde se consideraron dos comunidades: Huexotla, representativa de una zona agrícola de temporal y a San Salvador Atenco, de una zona agrícola de riego, ambas en el valle de México. Para el grupo Otomí, se partió del estudio elaborado por Quiroz (1983), se analizaron cuatro comunidades del valle del Mezquital en el estado de Hidalgo, dos de la zona agrícola de temporal (San Miguel Tlazintla y Cuesta Blanca) y dos en la zona agrícola de riego (El Nith y San Pedro Cápula). Es conveniente aclarar que las comunidades que integran al grupo Azteca (Huexotla y Atenco), son en realidad mestizos donde ya no se habla el Nahuatl, mientras que en el otro grupo la lengua Otomí es de uso común, teniéndose inclusive que apoyarse en campesinos bilingües para poder realizar el estudio.

La metodología general puede resumirse en los siguientes puntos: 1) entrevistas a informantes directamente en las parcelas que trabajan, 2) análisis taxonómico de la información, y 3) evaluación cuantitativa de los niveles jerárquicos.

En todos los casos, la participación de los informantes fue libre, espontánea y no remunerada. El número de informantes siempre estuvo en función del aporte de conocimientos nuevos, es decir, cuando la información se volvió repetitiva se terminaron las entrevistas. Particularmente, para las comunidades en consideración, el número de informantes fue: Huexotla 6, Atenco 19 y en la zona Otomí: Cuesta Blanca 5, y en San Miguel Tlazintla, El Nith y San Pedro Cápula cada uno con 6.

Las entrevistas consistieron en interrogar a los informantes sobre el nombre de la clase de tierra (suelo) de la parcela que trabaja, su conocimiento sobre otras clases en la zona, su ubicación, y la

descripción de cada tipo de suelo nombrado y sus diferencias con otros tipos. También, es importante indicar que no se usaron formatos de encuesta, sino más bien el investigador llevó en mente los temas de interés y cuando se presentó la oportunidad, dentro de la plática, se interrogó sobre ellos.

Igualmente, durante la realización de las entrevistas se efectuaron **pruebas de inclusión**, con preguntas: ¿pertenece Y a la clase X?, para definir el nivel jerárquico de la clase de suelos que se está describiendo.

Para evaluar en forma cuantitativa los niveles jerárquicos de las clases de tierras obtenidos a través de entrevistas y pruebas de inclusión, se realizó un análisis de conglomerados, como lo propusieron Queiroz y Norton (1992). Este análisis se basa en el cálculo de la Distancia Euclidiana a partir de un número reducido de propiedades de suelos obtenidas en el laboratorio y reportadas previamente por Luna (1982) y Quiroz (1983). Una característica particular del presente estudio fue el darle a todas las propiedades el mismo peso o importancia, a través de su codificación de 0 a 1, con la fórmula:

$$y_i = (x_i - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min})$$

donde:

y_i = variable codificada entre 0 y 1; x_i = valor original de la variable;

x_{\max} = valor máximo de la variable; x_{\min} = valor mínimo de la variable.

Con dicha codificación, el valor máximo de la variable considerada se transforma en 1 y el valor mínimo en 0, con lo cual se evita el problema de escala, es decir, que los resultados estén influenciados por las variables que tengan los mayores valores.

Es importante indicar que en la zona Otomí, los tepetates fueron caracterizados sólo con información de campo, razón por la cual no se reportan en el análisis de conglomerados.

RESULTADOS Y DISCUSION

Características del Conocimiento Campesino de Tierras

Tanto para el grupo Azteca como para el grupo Otomí se encontró que no existen diferencias notables entre los conocimientos que proporcionan los informantes con relación a su edad. Más aún, los propios campesinos indicaron que no es importante

la edad, sino más bien, es el arraigo a la tierra para tener un conocimiento real de los terrenos agrícolas.

Lo anterior se interpreta que entre mayor contacto se tenga con las tierras, mayor conocimiento puede ser generado y *viceversa*. Los conocimientos campesinos actuales sobre las tierras tienen más relación con el conocimiento tradicional que con el conocimiento científico, con un origen marcadamente prehispánico. Sin embargo, a pesar de ello, dicho conocimiento no es estático, sino más bien, como lo establece Stevenson (1996), va evolucionando y se adapta a las nuevas circunstancias y a los nuevos tiempos.

La forma específica como se genera el conocimiento tradicional sobre tierras es a través de un proceso inductivo, es decir, no parte de regla alguna, sino que se analiza el comportamiento de un fenómeno para finalmente definir sus características. Esto indica que el productor está atento para observar las características propias de sus terrenos, las de los vecinos, y lo que ocurre sobre ellos, ya sea en términos del desarrollo de plantas o inclusive de reacciones de animales, utilizando como herramientas a la observación y la comparación con otras clases de tierras a través del tiempo, medido en ciclos de cultivos o de años.

Esto último es la principal diferencia entre el conocimiento tradicional y el conocimiento científico, es decir, mientras que el productor **monitorea** el recurso natural a largo plazo, el técnico lo desarrolla casi de forma instantánea.

Un aspecto sobresaliente es reconocer que raramente en el campo mexicano se usa la palabra **suelo**, para designar al recurso natural. El término **suelo**, en el lenguaje popular, es entendido como **piso**, lo cual explica porque al interrogar a productores de diferentes comunidades por las clases de suelos (pisos), siempre respondieran que eran de tierra.

Lo más semejante a lo que técnica o científicamente se define como suelo es el término campesino de **tierra**. Es importante precisar que las percepciones y definiciones del conocimiento científico en comparación con las del conocimiento campesino **no son equivalentes**. El concepto campesino de tierra, si bien, es más cualitativo, también es más amplio y ecológico que el concepto científico de suelo.

Taxonomía Campesina de Clases de Tierras

De acuerdo con los principios propuestos por Kay (1971), es evidente que los productores cuentan con una Taxonomía Formal de clases de tierras, debido a que el conocimiento que poseen sobre ellas puede organizarse a diferentes niveles jerárquicos, cuentan con una nomenclatura y existe una relación entre ambos.

Como parte de lo anterior, se aplicaron los principios propuestos por Berlin *et al.* (1973) para las taxonomías populares de fenómenos biológicos, y se estableció que el nivel jerárquico más alto o **iniciador único** se denomina como **Tierra** y no como **Suelo** por las razones previamente expuestas. El segundo nivel o **forma de vida** está representado por dos categorías monotípicas: las **Tierras de Labor** y las **Tierras de No labor**, que por los conceptos expresados por los productores, puede considerarse que se establecen con un fin utilitario y reflejan una discontinuidad natural. En particular, las tierras no cultivables se caracterizan por presentar afloraciones de tepetate en zonas agrícolas temporaleras y problemas de salinidad o de encostramiento en zonas de riego, que significa que provienen de un proceso inductivo. El tercer nivel jerárquico, denominado como **Genérico** con el mayor número de clases, es politípico y terminal en la mayoría de los casos, es decir, en cada grupo del segundo nivel se presentan varios grupos o clases en el tercero. Este nivel es el mencionado por Sahagún (1992) y Gibson (1996) como **Calidades de Tierras**, cuyos nombres se presentan en el Cuadro 1 por grupo étnico y tipo de agricultura considerados.

Es importante y conveniente mostrar la aplicación de las pruebas de inclusión: por ejemplo, al interrogar a productores de Huexotla por los nombres de las clases de tierras, se encontró que son: Tierra Negra, Tierra Arenosa, Tierra Prieta, Tierra Lama, Tierra Amarilla y Tepetate. En una de las entrevistas, un productor mencionó después de nombrarlas que todas eran Tierras (iniciador único), pero unas se cultivaban y otras no; otros productores las llamaron Tierras de Labor y Tierras de Monte. Con esto se inicia el proceso de formación de clases, se pregunta para cada tipo de tierra si es o no de labor. Los resultados son los niveles jerárquicos que se presentan en la Figura 1. En la Figura 2 se muestra como ejemplo del grupo Otomí, los resultados de la aplicación del mismo procedimiento a la comunidad El Nith, en el valle del Mezquital, donde se practica una agricultura de riego.

Cuadro 1. Nombres de las clases de tierras campesinas a nivel genérico por grupo étnico y tipo de agricultura (Luna, 1982; Quiroz, 1983).

Grupo étnico [†]	Temporal	Riego
Azteca	Negra	Barro
	Arenosa	Blanca
	Prieta	Arena
	Amarilla	Lama
	Lama	Salina [‡]
	Tepetate [‡]	Cacahuatuda [‡]
Otomí	'Bohai (Negra)	Pehai (Lama)
	Xido (Tepetate) [‡]	T'axhai (Blanca)
	Ihahi (Salina) [‡]	Bomuhai (Arenosa)
	K'asthai (Amarilla) [‡]	Xidohai (Tepetate)
		Ixhai (Salina) [‡]

[†] Las comunidades estudiadas con agricultura de temporal fueron:

para el grupo Azteca: Huexotla, y

para el grupo Otomí: Cuesta Blanca y San Miguel Tlazintla.

Las comunidades estudiadas con agricultura de riego fueron:

para el grupo Azteca: Atenco, y

para el grupo Otomí: El Nith y San Pedro Cápula.

[‡] Tierras no-cultivables.

Después de analizar todas las comunidades bajo estudio, se estableció que la taxonomía campesina de tierras, en general presenta tres niveles jerárquicos, independientemente de la etnia que se trate. Sólo para la comunidad de Huexotla se reporta una evidencia sobre la existencia de al menos otro nivel jerárquico, el varietal a través de la diferenciación de dos clases de Tepetates sobre la base de su color, el blanco y el pardo.

Un aspecto relevante que concierne al nivel Genérico, es el relativo a la existencia de clases de tierras con la característica de una Doble Inclusión, reportada por Williams y Ortiz (1981), quienes la entendían como una misma clase de tierra que podía ser de Labor como de No Labor, y ejemplificándolas en ese trabajo con los Tepetates y en este estudio se puede considerar a las Tierras Salinas.

Esta aparente dualidad taxonómica puede explicarse a través de la información proporcionada por las comunidades Otomíes, que conservan su idioma original. Cuando los productores Otomíes se refieren a los Tepetates, utilizan dos términos **Xido** y **Xidohai**; al primero se le relaciona con el material que aflora a la superficie a través de la erosión, que está cementado y que no tiene aptitud agrícola, y al segundo se le vincula con el Tepetate recuperado, es decir, con el material que ha sido desmenuzado y abonado para poder producir cultivos. Una situación similar ocurría en el mundo azteca prehispánico con los nombres de **Tepetatl** y **Tepetatalli** (Gibson,

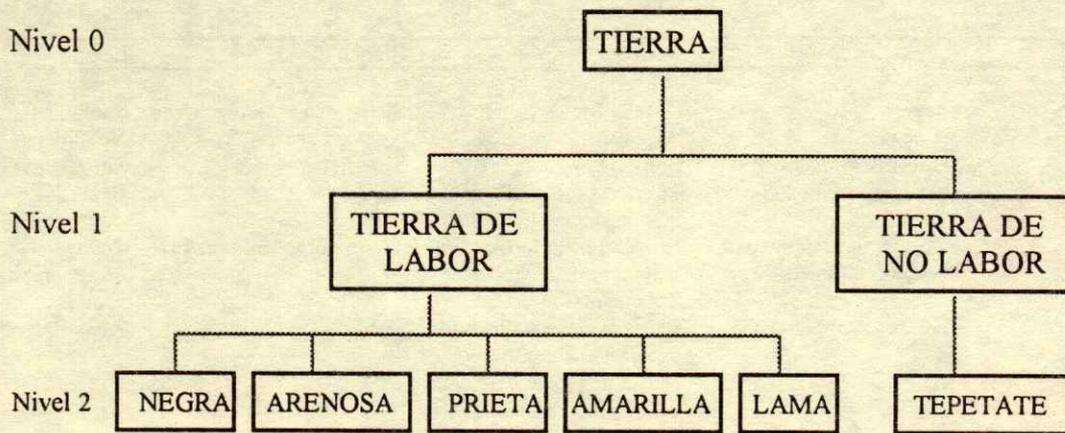


Figura 1. Niveles jerárquicos y nomenclatura de las clases de tierras de Huexotla, estado de México.

1996); el primero es sinónimo de *xido*, y el segundo de *xidohai*.

Lo anterior se interpreta como que durante el proceso de culturización existió una confusión de nombres y al no entenderse los diferentes significados, se prefirió la generalización, que en la actualidad provocó que el término Tepetate sea considerado por los científicos, no por los productores, como una tierra con una dualidad taxonómica cuando en realidad es un problema de nomenclatura.

También es importante notar que los técnicos y científicos no sólo han tratado de generalizar la nomenclatura de las clases de tierras, olvidándose de los detalles finos que poseen los nombres, sino que

además han querido darles un significado simplista, como pensar que Tierra Negra o Tierra Arenosa sólo se relacionan con el color y la textura. En la presente investigación surgieron evidencias que demuestran que el nombre de una clase de tierra es una etiqueta que representa en realidad varias características, a las cuales se les ha buscado una equivalencia en el campo de la Ciencia del Suelo. Los resultados indican que las características que utiliza el productor para definir sus tierras son la retención de humedad, el laboreo, la fertilidad, la consistencia, la textura y la salinidad. En los Cuadros 2 y 3 se presenta la caracterización de las tierras de Labor y No Labor, respectivamente, para el ejido de San Salvador Atenco como representativo de una agricultura de riego con el grupo étnico Azteca.

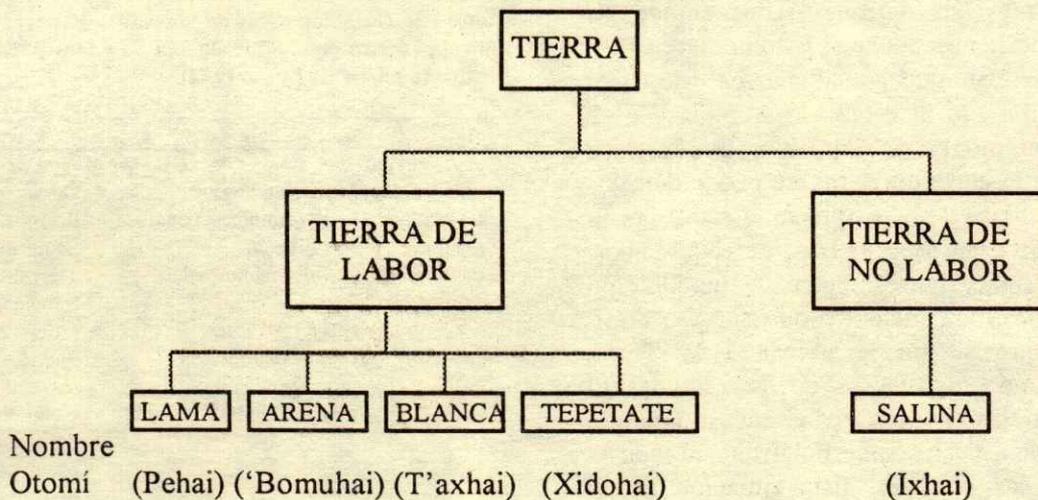


Figura 2. Niveles jerárquicos y nomenclatura de las clases de tierras de la comunidad El Nith, estado de Hidalgo.

Cuadro 2. Características de las clases de tierras de labor a nivel genérico en el ejido de San Salvador Atenco, estado de México (Luna, 1982).

Características	Arena	Barro	Blanca	Lama
Consistencia en seco	Suave	Dura	Suave	Suelta
Consistencia en húmedo	No pegajosa	Pegajosa	No pegajosa	No muy pegajosa
Textura	No forma grietas	Con grietas	Sin grietas	Sin grietas
Retención de humedad	No retiene humedad	Tierra seca; trabajándola a tiempo retiene humedad	Baja	Baja
Fertilidad	Necesita fertilizante para buenos rendimientos	Necesita poco fertilizante; tiene productos que le da a las plantas	Tierra pobre sin fuerza	Todos los cultivos pueden darse; por sí misma es un abono
Laboreo	Fácil	Seca es muy dura; puede suavizarse con estiércol y ceniza doméstica; pesada cuando muy húmeda	Fácil	Fácil
Salinidad	Sin	Sin	Sin	Sin

Aun cuando la nomenclatura de las clases de tierras puede dar una idea general de sus características, la interpretación de equivalencias con características técnicas no fue suficiente, requiriendo en algunas clases de tierras una mayor descripción, tal es el caso de las Tierras Blancas, las Tierras Cacahuatudas y las Tierras de Lama.

La Tierra Blanca, además de un atributo adicional que es el color, técnicamente se le puede caracterizar por sus altos contenidos de carbonato de calcio que forman un horizonte cálcico o petrocálcico (Gutiérrez, 1997). Los productores repetidamente han indicado como una de las características de las tierras blancas la presencia de una capa cementada blanca, que puede entenderse como una evidencia de que el productor no sólo conoce la capa arable sino también características del subsuelo.

La Tierra Cacahuatuda se le denomina así, porque al golpearse entre sí sus terrones secos emiten un sonido como el de los cacahuates. Este nombre es un ejemplo de nomenclatura por analogía, en este caso, con un objeto diferente al estudiado. Además, si se compara la terminología descriptiva entre la clase Cacahuatuda con la clase de Barro, se puede detectar que no hay diferencias y no se aprecia la causa por la cual se le incluye en las tierras de No Labor. Inclusive, si se sigue rigurosamente la metodología del Levantamiento de Suelos (Soil Survey Staff, 1993), difícilmente se puede ubicar a la Tierra Cacahuatuda como una Tierra de No Labor. El problema de esta clase de tierra es el encostramiento, es decir, forma una costra superficial que impide la germinación de las semillas. Esta situación no se detecta con la descripción de perfiles en el campo o con análisis de laboratorio. Lo que sí se menciona por

los productores en la interpretación de equivalencias técnicas, es el cómo mejorarlas y una vez mejoradas se indica que son tan buenas como los Barros.

La Tierra de Lama, en Atenco, es el tercer tipo de tierra que requiere de una mayor explicación. Estas tierras se definen como los sedimentos que transportan los ríos y los arroyos (Gutiérrez, 1997), y son consideradas por los productores como un abono y como mejoradores de otras clases de tierras; este es un conocimiento prehispánico, lo está quedo documentado en el código Florentino (Sahagún, 1992).

Para el grupo Otomí se elaboró un formato diferente al de las interpretaciones de equivalencias técnicas para la descripción de clases de tierras. Se establecen los criterios para la diferenciación de cada clase de tierra, se muestran sus características, lo cual

Cuadro 3. Características de las clases de tierras de no-labor a nivel genérico en el ejido de San Salvador Atenco, estado de México (a partir de Luna, 1982).

Características	Salina	Cacahuatuda
Consistencia en seco	Suelta, no dura	Dura
Consistencia en húmedo	Ligeramente pegajosa	Pegajosa
Textura	Polvosa	Se agrieta
Retención de humedad	Retiene humedad	Tierra seca; trabajándola a tiempo retiene humedad
Fertilidad	Las plantas son raquíticas y amarillentas	Puede ser mejorada con estiércol bovino o con ceniza doméstica; mejorada es tan buena como la de Barro
Laboreo	Fácil	Muy dura
Salinidad	Alta	Sin

Cuadro 4. Terminología descriptiva de las clases de tierras Otomíes en comunidades con agricultura de temporal (Quiroz, 1983).

Comunidad Cuesta Blanca

Clase de tierra	Criterios de diferenciación	Características	Uso	Recomendaciones de uso y manejo
T'axhai (Blanca)	Es polvosa	Medio arenosa y delgada	Cebada	Abonarla con estiércol
'Bohai (Negra)	El color negro	Se agrieta en las secas; pegajosa cuando llueve; muy profunda	Maíz, frijol, cebada; todo se cultiva, sólo falta agua	Aplicar estiércol
Ihai (Salina)	Sabor salado y escalda la boca	Se la comen los chivos	No sirve para cultivar; no sirve para construir	Complemento alimenticio para los chivos
Xido (Tepetate)	Dureza	Crece sólo árboles silvestres	No sirve para cultivos	
K'asthai (Amarilla)	Color amarillo y se ubica en las laderas	Cuando llueve se ponen chiclosas	No sirve para cultivos; sólo crece el enebro, el piñón y el encino	

Comunidad San Miguel Tlazintla

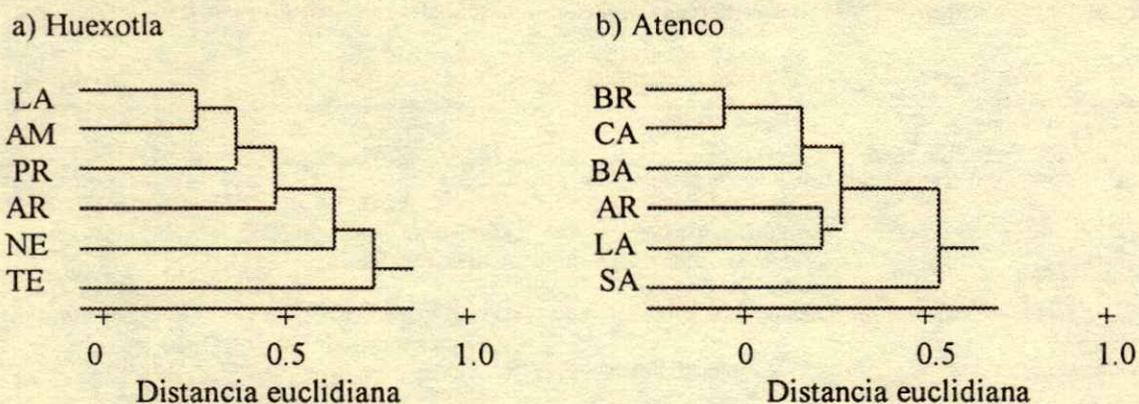
Clase de tierra	Criterios de diferenciación	Características	Uso	Recomendaciones de uso y manejo
T'axhai (Blanca)	Es blanca, jala mucha agua	Consume mucho agua; produce mejor el nopal; harinosa; polvosa	Todos los cultivos se pueden sembrar	Abonar con estiércol de cabra, su fuerza dura tres años; el abono ablanda el terreno y guarda humedad; requiere más abono que la tierra Negra; que entre el riego
'Bohai (Negra)	El color negro	Produce mejor el maguey y todos los cultivos; se agrieta; conserva más el jugo; es mejor que la blanca durante las secas	Todos los cultivos se pueden sembrar	Aplicar estiércol de cabra, que guarda humedad y ablanda el terreno; que llueva a tiempo; meter riego; casi no necesita abono porque se abona con la hierba (acahual) que crece en ella
Xido (Tepetate)	Color blanco y dureza		No sirve para cultivos	

es parecido a lo hecho en Atenco, se menciona su uso, y se registran algunas recomendaciones sobre el uso y manejo de las tierras dadas por los propios productores. En el Cuadro 4 se presentan las características de las clases de tierras de las comunidades Otomíes Cuesta Blanca y San Miguel Tlazintla, con una agricultura de temporal.

En la comunidad Cuesta Blanca llama la atención la terminología descriptiva de la Tierra Salina (Ihai), debido a que el sentido del gusto es usado para diferenciarla. Si se suma con el sonido de las tierras Cacahuatadas de Atenco y el evidente uso de la vista y del tacto, permite indicar que en la generación de conocimiento el productor emplea alguno de sus sentidos. También se reporta que la Tierra Salina se la comen los chivos, lo cual muestra que el productor no sólo caracteriza a las tierras por su efecto sobre las

plantas sino que también considera a los animales. Lo anterior es una indicación del detalle con el cual se realizan las observaciones.

Con respecto al tipo de lexemas que caracterizan a la nomenclatura de las taxonomías biológicas populares, se identificaron varias diferencias en la taxonomía de clases de tierras. La primera, en todos los niveles se use el lexema Tierra aun cuando no se mencione, por ejemplo, al escuchar en Atenco los términos Lama, Salina o Arena, entre otras, se sobreentiende que el productor está hablando de la Tierra de Lama, la Tierra Salina o la Tierra Arenosa. La otra diferencia es con relación al uso de lexemas primarios (una sola palabra), ya que sólo se usa con el iniciador único, que es el nivel jerárquico más alto; en el resto de los niveles la nomenclatura emplea consistentemente lexemas secundarios.



AM = Amarilla, AR = Arena, BA = Blanca; BR = Barro; CA = Cacahuatuda;
LA = Lama; NE = Negra; PR = Prieta; SA = Salina; TE = Tepetate

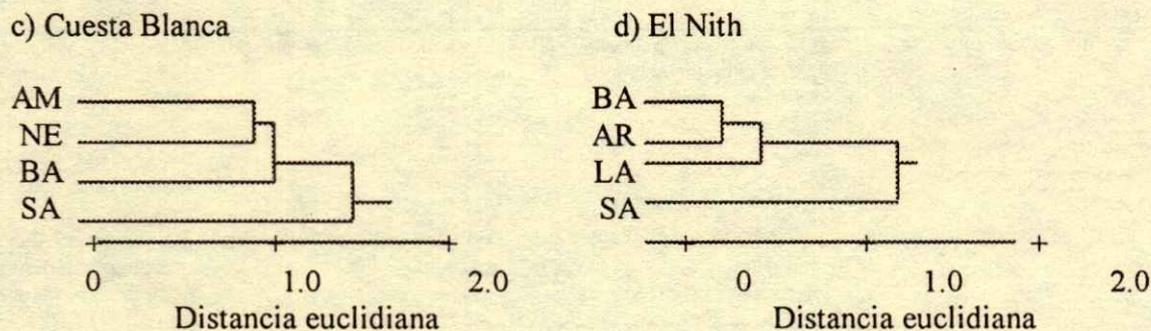


Figura 3. Dendrogramas de clases de tierras para diferentes comunidades.

Evaluación Cuantitativa de los Niveles Jerárquicos

Los datos a partir de los cuales se generan los dendrogramas de la Figura 3, se reportan en los Cuadros 5, 6, 7 y 8.

Los resultados, del análisis de conglomerados mostraron consistentemente que en todas las

comunidades siempre es posible diferenciar a un grupo de Tierras de No-Labor por sus características contrastantes con relación a otras clases de tierras. Pero además, de ser Tierras de No-Labor que se confunden con las Tierras de Labor, como sucede en Atenco con las Cacahuatudas que se confunden con

Cuadro 5. Valores promedio de las propiedades de los suelos que caracterizan a las clases de tierras de Huexotla, Texcoco, estado de México (Luna, 1982).

Clase de tierra	Arena	Arcilla	pH en agua	Materia orgánica	Densidad aparente
	--- % ---	---		%	g cm ⁻³
Negra	41.0	20.7	7.34	1.36	1.21
Arena	70.0	9.4	7.59	1.81	1.44
Prieta	59.7	17.8	7.13	1.03	1.48
Amarilla	73.6	6.4	7.30	0.45	1.40
Lama	70.9	13.7	7.53	0.73	1.33
Tepetate	72.6	3.1	8.30	0.23	1.57

Cuadro 6. Valores promedio de las propiedades de los suelos que caracterizan a las clases de tierras del ejido de Atenco, estado de México (Luna, 1982).

Clase de tierra	Arena	Arcilla	CE [†]	Materia orgánica	pH en agua
	--- % ---	---	dS m ⁻¹	%	
Arena	61.87	13.93	1.19	0.95	7.9
Barro	19.18	42.71	0.85	1.82	7.6
Blanca	44.42	18.00	0.93	2.18	8.2
Lama	38.54	21.45	0.79	1.31	7.0
Cacahuatuda	20.71	30.14	2.34	1.96	7.9
Salina	28.89	21.78	67.67	1.17	9.3

[†] Conductividad eléctrica.

Cuadro 7. Valores promedio de las propiedades de los suelos que caracterizan a las Clases de Tierras de Cuesta Blanca, estado de Hidalgo (Quiroz, 1983).

Clase de tierra	Arena	Arcilla	CE [†]	Materia orgánica	pH en agua
	---	---	dS m ⁻¹	%	
Amarilla	21.9	32.5	2.48	0.48	8.6
Salina	40.0	8.4	35.21	0.58	7.8
Negra	25.7	33.6	0.57	1.96	7.4
Blanca	53.2	14.4	3.15	3.15	8.1

[†] Conductividad eléctrica.

Cuadro 8. Valores promedio de las propiedades de los suelos que caracterizan a las clases de tierras de El Nith, estado de Hidalgo (Quiroz, 1983).

Clase de tierra	Arena	Arcilla	CE [†]	Materia orgánica	pH en agua
	---	---	dS m ⁻¹	%	
Blanca	73.5	11.5	7.11	1.91	8.1
Arena	68.0	11.5	13.06	1.60	8.2
Lama	62.5	13.0	2.07	2.27	8.2
Salina	74.5	16.5	26.14	0.92	9.6

[†] Conductividad eléctrica.

los Barros, o en la Comunidad Cuesta Blanca las Tierras Amarillas, que son forestales, con las Tierras Negras que son agrícolas. Con lo anterior se puede establecer que en las clasificaciones locales de tierras existen diferentes tipos de contrastes, desde los muy evidentes hasta los detallados, que sólo con el contacto directo y continuo es posible su percepción.

CONCLUSIONES

El conocimiento local sobre tierras de diferentes etnias constituye una taxonomía formal, por que cuenta con una estructura jerárquica, tiene su propia nomenclatura y una relación entre ambos.

Los sistemas nativos de clasificación de tierras tienen tres niveles jerárquicos y se diferencian de la taxonomía de otros fenómenos biológicos por el uso de lexemas secundarios en casi todos los niveles.

El concepto campesino de Tierra resultó diferente y más amplio que el concepto científico de Suelo. El conocimiento nativo de tierras es complejo, detallado y útil que lo considerado por técnicos y científicos hasta la fecha y es recomendable su combinación con el conocimiento científico, en la búsqueda de estrategias para lograr una agricultura sustentable.

LITERATURA CITADA

Anaya G., M. 1995. Lineamientos estratégicos y políticas de manejo del recurso suelo para el desarrollo sustentable. pp. 286-294. *In:* Anaya G., M. y F. Calero S. (eds.). IV Curso sobre Desertificación y Desarrollo Sustentable en América Latina y el Caribe. Programa de Edafología. Instituto de Recursos Naturales. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.

Berlin, B., D.E. Breedlove y P.H. Raven. 1973. General principles of classification and nomenclature in folk biology. *Am. Anthropologist* 75: 214-242.

De la Isla de Bauer, Ma. de L. 1995. Agricultura sostenible: Conceptualización, metas y objetivos. pp. 309-314. *In:* Anaya G., M. y F. Calero S. (eds.). IV Curso sobre Desertificación y Desarrollo Sustentable en América Latina y el Caribe. Programa de Edafología. Instituto de Recursos Naturales. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.

Gibson, Ch. 1996. Los Aztecas bajo el dominio español, 1519-1810. 13a edición. Siglo XXI Editores S.A. de C.V. México, DF.

Gutiérrez C., Ma. del C. 1997. Los suelos de la ribera oriental del ex lago de Texcoco (macro y micromorfología). Tesis de Doctor en Ciencias. Especialidad de Edafología. Instituto de Recursos Naturales. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.

Hunn, E. 1977. Tzeltal folk zoology. pp. 3-4 y 46. *In:* The classification of discontinuities in nature. Academic Press, New York.

Jiménez S., L. 1993. Paradigmas en la investigación agrícola en México y su relevancia en la época contemporánea. pp. 45-63. *In:* De la Fuente, R. Ortega y M. Sámano (Coordinadores) Agricultura y Agronomía en México, 500 años. Universidad Autónoma Chapingo.

Kay, P. 1971. Taxonomy and semantic contrast. *Language* 7: 868.

Luna O., P. 1982. Estudio comparativo sobre la clasificación campesina de suelos en dos comunidades del valle de México. Tesis de Maestría. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

Oldeman, L.R., R.T.A. Hakkeling y G.W. Sombroek. 1991. World map of the status of human - induced soil degradation: An exploratory note. International Soil Reference and Information Centre. In cooperation with The Winand Starting Centre, International Society of Soil Science and United Nations Environment Programme. Wageningen, The Netherlands.

Ortiz S., C.A. 1993. Evolución de la ciencia del suelo en México. *Ciencia Especial*: 23-32.

Quiroz, J.S de y B.E. Norton. 1992. An assessment of an indigenous soil classification used in Coatinga Region of Ceara State, Northeast Brazil. *Agric. Systems* 39: 289-305.

Quiroz M., J. 1983. Clasificación Otomí de tierras en dos sistemas terrestres del valle del Mezquital, estado de Hidalgo. Tesis de Licenciatura. Departamento de Suelos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

Sahagún, Fray Bernardino de. 1992. Historia de las cosas de Nueva España. Octava Edición. Editorial Porrúa, México, DF.

Smyth, A.J. y J. Dumanski. 1993. FESLM: An international framework for evaluating sustainable land management. FAO World Soil Resources Report 73, Rome.

Soil Survey Staff. 1993. Soil survey manual. Handbook No. 18, USDA. Washington, D.C.

Stevenson, M.G. 1996. Indigenous knowledge in environmental assessment. *Arctic*: 279-291.

Williams, B.J. y C.A. Ortiz S. 1981. Middle American folk soil taxonomy. *Annals Association of Am. Geographers* 71-3: 335-358.

CORRELACION Y CALIBRACION DE SOLUCIONES EXTRACTANTES DEL FOSFORO APROVECHABLE EN ANDISOLES DE LA SIERRA TARASCA

Correlation and Calibration of Extraction Solutions of Available Phosphorus in Andisols of the Sierra Tarasca

José Venegas González¹, Lenom Jean Cajuste², Antonio Trinidad Santos² y Francisco Gavi Reyes²

RESUMEN

Bajo condiciones de invernadero se estudió la correlación y calibración de cuatro métodos de extracción del P aprovechable: Bray P₁ (Bray y Kurtz, 1945), Olsen (Olsen *et al.*, 1954), Carolina del Norte (Mehlich, 1953) y Soltanpour y Schwab (Soltanpour y Schwab, 1977) de diez suelos de los municipios de Charapan, Paracho, Cherán, Nahuatzen, Tingambato, Villa Escalante y Uruapan, en la Sierra Tarasca, Michoacán. El propósito fue seleccionar los extractantes que detectaran la disponibilidad del P aprovechable para el trigo Anáhuac F 75. En el ensayo se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro niveles de P (00, 300, 600 y 1200 mg kg⁻¹, respectivamente) y los parámetros de evaluación fueron el rendimiento de materia seca, rendimiento relativo (%) y absorción de P por las plantas. Los niveles críticos de P para los métodos Bray P₁, Olsen, Carolina del Norte y Soltanpour y Schwab se determinaron mediante el procedimiento gráfico (Cate y Nelson, 1965) y matemático (Cate y Nelson, 1971). Los niveles críticos fueron de 8.4 mg kg⁻¹ para Olsen (Olsen *et al.*, 1954), 28.3 para Soltanpour y Schwab (Soltanpour y Schwab, 1977), 18.6 para Bray P₁ (Bray y Kurtz, 1945) y 2.6 para Carolina del Norte (Mehlich, 1953). El método seleccionado para analizar el P aprovechable que correlacionó mejor la disponibilidad de P con el rendimiento de trigo Anáhuac F 75 en los suelos de la Sierra Tarasca fue Olsen (Olsen *et al.*, 1954), con 8.4 mg kg⁻¹ de P como nivel crítico.

Palabras clave: Análisis, Bray P₁, Olsen, Carolina del Norte, Soltanpour y Schwab, suelos, Michoacán, México.

¹ COFAA del IPN, Justo Sierra 28, 59510 Jiquilpan, Mich.

² Colegio de Postgraduados, 56230 Montecillo, Méx.

Recibido: Abril de 1999.
Aceptado: Febrero de 2000.

SUMMARY

In this paper the correlation and calibration of four extraction methods for available phosphorus were studied: Bray P₁ (Bray and Kurtz, 1945), Olsen (Olsen *et al.*, 1954), North Carolina (Mehlich, 1953), and Soltanpour and Schwab (Soltanpour and Schwab, 1977) in ten soils classified as Andisols (Aguilera, 1961) of the municipalities of Charapan, Paracho, Cheran, Nahuatzen, Tingambato, Villa Escalante, and Uruapan, in the Sierra Tarasca, Michoacan state, Mexico. The objective of this research was to select extraction methods for available phosphorus that evaluate the availability of this nutrient in wheat Anahuac F 75 cv. A completely random design with four levels of phosphorus (00, 300, 600, and 1200 mg kg⁻¹) was used. The dry matter yield, relative yield and phosphorus uptake for wheat plants were evaluated. The critical levels of phosphorus for the four methods of analysis using the graphic (Cate and Nelson, 1965) and mathematic (Cate and Nelson, 1971) procedures were determined. The critical level for the Olsen method (Olsen *et al.*, 1954) was 8.4 mg kg⁻¹, 28.3 mg kg⁻¹ for Soltanpour and Schwab (Soltanpour and Schwab, 1977), 18.6 mg kg⁻¹ for Bray P₁ (Bray and Kurtz, 1945), and 2.6 mg kg⁻¹ for North Carolina method (Mehlich, 1953). The best extraction method to determine available phosphorus for wheat Anahuac F 75 cv in Andisols of the Sierra Tarasca, Michoacan, Mexico, was the Olsen method (Olsen *et al.*, 1954) with a critical level of 8.4 mg kg⁻¹ of phosphorus.

Index words: Analysis, Bray P₁, Olsen, North Carolina, Soltanpour and Schwab, soils, Michoacan state, Mexico.

INTRODUCCION

El comportamiento del P en los suelos de la Sierra Tarasca es muy dinámico, pues reacciona con los complejos de hierro y aluminio, especialmente con los

minerales amorfos como los alófanos. Hasta la fecha no se ha encontrado una técnica adecuada para analizar el P disponible para las plantas en estos suelos.

El objetivo del presente trabajo fue seleccionar los extractantes que detecten la disponibilidad del P aprovechable de suelos de la Sierra Tarasca, Michoacán, para el cultivo de trigo Anáhuac F 75.

En los últimos años se han realizado algunas investigaciones sobre el tema en diferentes partes del país entre los que se encuentran los siguientes: Alvarez (1982) comparó los métodos Bray P₁ (Bray y Kurtz, 1945), Doble Acido (Mehlich, 1953), Mississippi (Lancaster, citado por Evans, 1980) y Olsen (Olsen *et al.*, 1954) para determinar el P extractable de los suelos de la Sierra Tarasca, concluyendo que: a) los métodos Doble Acido (Mehlich, 1953) y Bray P₁ (Bray y Kurtz, 1945) extrajeron poco P; b) los métodos Olsen (Olsen *et al.*, 1954) y Mississippi (Lancaster, citado por Evans, 1980) extrajeron mayores cantidades de P.

Torres (1972) correlacionó y calibró tres técnicas de extracción de P en 24 suelos de la zona de Chapingo, estado de México, usando como cultivo indicador maíz forrajero. En su estudio concluyó que los métodos Bray P₁ (Bray y Kurtz, 1945) y Olsen (Olsen *et al.*, 1954), con coeficientes de correlación de 0.98 y 0.74, respectivamente, detectaron mejor la disponibilidad de P. El método Peech y Morgan [Morgan (1941), citado por Torres (1972)] no dio buenas correlaciones ni predicciones.

Herrera (1978), al trabajar con suelos de Villa Guerrero, estado de México, comparó cuatro métodos de análisis del P extractable, concluyendo que el mejor método de análisis de P fue Bray P₁ (Bray y Kurtz, 1945) con un coeficiente de correlación de 0.93, aunque los métodos Bray P₂ (Jackson, citado por Herrera, 1978), Olsen (Olsen *et al.*, 1954) y Bray P₁ modificado, también dieron valores aceptables.

Los métodos de análisis de P no funcionan de la misma manera en las diferentes regiones y tipos de suelos. En algunos suelos, para un tipo de cultivo un método correlaciona mejor con la respuesta del cultivo, mientras que en otra región es otro el método el que trabaja o funciona bien. Esto indica la importancia que tienen los trabajos de correlación y calibración de métodos de análisis de P. En el presente trabajo se estudiaron cuatro métodos de extracción de P aprovechable para evaluar su correlación con el rendimiento del trigo Anáhuac F 75 y para determinar

el nivel crítico de P aprovechable del suelo para los mejores métodos de extracción.

MATERIALES Y METODOS

En este estudio se usaron diez suelos de los municipios de Tingambato, Nahuatzen, Paracho, Cherán, Charapan, Uruapan y Villa Escalante de la Sierra Tarasca, Michoacán. Se tomaron muestras a una profundidad de 0 a 20 cm sacando 20 submuestras de puntos en zigzag a lo largo y ancho de cada terreno de aproximadamente una hectárea; a continuación se mezclaron perfectamente para derivar una muestra compuesta de cada suelo y se caracterizaron física y químicamente. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro niveles de P (00, 300, 600 y 1200 mg kg⁻¹) como tratamientos, repetidos tres veces. Los suelos con sus respectivos tratamientos se colocaron en macetas de plástico de 20 cm de diámetro superior por 25 cm de altura; se sembraron en cada maceta cinco semillas de trigo Anáhuac F 75 y se mantuvo la humedad aprovechable del suelo a no menos de 80 % durante el ensayo. Se cosechó a los 55 días, las plantas se secaron, pesaron, molieron y tamizaron; el P total se determinó por el método de la vitamina C (Braga y Defilipo, 1974). La caracterización física y química de los suelos (textura, pH, CIC, CC, CE, fijación de P, materia orgánica, N, P, cationes intercambiables) (Cuadro 1) se realizó con las técnicas de rutina de análisis químico de suelos. Los métodos de análisis de P correlacionados y calibrados fueron: Bray P₁ (Bray y Kurtz, 1945), Olsen (Olsen *et al.*, 1954), Carolina del Norte (Mehlich, 1953) y Soltanpour y Schwab (Soltanpour y Schwab, 1977). El nivel crítico se determinó por el método gráfico (Cate y Nelson, 1965) y por el método matemático (Cate y Nelson, 1971).

RESULTADOS Y DISCUSION

Para seleccionar el mejor método de análisis de P aprovechable se obtuvieron los coeficientes de correlación entre los métodos Bray P₁ (Bray y Kurtz, 1945), Olsen (Olsen *et al.*, 1954), Carolina del Norte (Mehlich, 1953) y Soltanpour y Schwab (Soltanpour y Schwab, 1977) con los rendimientos de materia seca y el P absorbido. Los cuatro métodos tuvieron diferentes magnitudes en sus coeficientes de correlación por lo que los suelos presentan diferencias en la eficiencia

Cuadro 1. Algunas características físicas y químicas de los suelos en estudio.

Localidad	MO	N total	pH en KCl	CIC [†]	CC	DA	P	Fij. de P	Ca	Mg	K
	----- % -----				%	g cm ⁻³	mg kg ⁻¹	%	----- cmol kg ⁻¹ -----		
Paracho	1.10	0.70	4.95	12.40	18.00	1.17	17.50	78.21	3.70	2.00	0.91
Santa Cruz	1.90	0.10	5.15	15.30	39.00	0.90	4.20	81.74	5.00	1.75	1.95
San Felipe	0.70	0.40	5.39	10.50	26.00	1.06	15.10	59.26	2.60	1.90	0.90
Tiamba	2.80	0.80	5.20	10.00	21.00	0.95	Tr [†]	87.33	7.20	4.82	1.76
Rancho M.	5.50	0.14	4.75	25.50	33.00	0.85	17.50	97.20	6.50	2.00	2.32
Puente Q.	2.00	0.90	5.02	22.56	23.00	0.85	7.50	83.26	8.60	2.10	1.82
Pichátaro	5.30	0.22	5.15	29.70	33.00	0.85	1.60	98.74	9.70	2.00	2.00
Sevina	2.70	0.08	5.10	18.10	27.00	0.85	4.00	90.68	6.30	1.90	0.80
San Gregor	14.50	0.25	5.45	25.30	38.00	0.80	0.20	99.84	2.18	0.30	0.35
Paso del M.	12.70	0.22	4.90	23.10	39.00	0.80	0.70	99.87	7.80	2.70	0.38

[†] trazas.

de los cuatro métodos para la extracción del P (Cuadro 2).

Los métodos Bray P₁ (Bray y Kurtz, 1945) y Olsen (Olsen *et al.*, 1954) mostraron coeficientes de correlación significativos al 5 % con los rendimientos de materia seca, lo que indica que las fracciones de P que se extraen, se relacionan con la respuesta del trigo. Por otro lado, los coeficientes de correlación obtenidos con los métodos de Carolina del Norte (Mehlich, 1953) y Soltanpour y Schwab (Soltanpour y Schwab, 1977) no fueron significativos, lo que indica que los valores del P extraído no están relacionados con la respuesta de la planta para el caso del P absorbido. Sólo el método de Soltanpour y Schwab (Soltanpour y Schwab, 1977) mostró un coeficiente significativo al 5 % ($r = 0.575^*$).

En el Cuadro 3 se muestran los coeficientes de correlación entre los rendimientos relativos y el P extraído, así como los obtenidos entre el P extraído del suelo y las variables de respuesta directas e indirectas. Sólo la técnica de Olsen (Olsen *et al.*, 1954) y la de Soltanpour y Schwab (Soltanpour y Schwab, 1977) dieron un coeficiente de correlación significativo al 1 % ($r = 0.855^{**}$ y $r = 0.577^{**}$) con el rendimiento relativo, lo cual indica que éstas extraen cantidades de P que se relacionan con el rendimiento en los suelos estudiados.

Cuadro 2. Coeficientes de correlación simple entre el P determinado por los métodos en estudio, materia seca de trigo y absorción de P.

Variable de respuesta	Bray P ₁	Olsen	Carolina del Norte	Soltanpour & Schwab
Materia seca	0.609*	0.577*	0.509	0.428
Absorción de P	0.408	0.408	0.391	0.574*

^{*} = P 0.05

Cuadro 3. Coeficientes de correlación simple entre el P determinado por los métodos en estudio y seis variables de respuesta.

Variable de respuesta	Bray P ₁	Olsen	Carolina del Norte	Soltanpour y Schwab
Rend. testigo	0.063	0.566**	0.181	0.352
Rend. trat. fert.	0.356	0.142	0.374	0.404
Increment. de rend.	0.363	0.232	0.341	0.345
Rend. relativo (%)	0.260	0.855**	-0.145	0.577**
Abs. de P en test.	0.247	0.536	0.020	0.234
Absorc. adicional	0.252	0.159	0.320	0.390

^{**} = P 0.01

Nuevamente se aprecia que la técnica Olsen (Olsen *et al.*, 1954) dio el mayor coeficiente de correlación significativa al 1 % entre el P extraído y el rendimiento de materia seca del testigo ($r = 0.566^{**}$); asimismo, se aprecia que los coeficientes de correlación obtenidos entre el P extraído de los suelos estudiados por los métodos Bray P₁ (Bray y Kurtz, 1945) y Carolina del Norte (Mehlich, 1953) y las variables directas e indirectas fueron demasiado bajos para decir que existe asociación entre ellos.

El coeficiente de correlación obtenido entre el P extraído con el método de Bray P₁ (Bray y Kurtz, 1945) y el de Carolina del Norte (Mehlich, 1953) fue significativo al 1 % ($r = 0.847^{**}$) (Cuadro 4).

Cuadro 4. Coeficientes de correlación entre el P extraído del suelo por los métodos Bray P₁, Olsen, Carolina del Norte y Soltanpour y Schwab.

Método	Olsen	Carolina del Norte	Soltanpour y Schwab
Bray P ₁	0.078	0.847**	0.339
Olsen		0.116	0.553
Carolina del Norte			0.177

^{**} = P 0.01

Cuadro 5. Niveles críticos en mg kg^{-1} para trigo Anáhuac F 75 determinados con base en el P aprovechable extraído por los métodos de Bray P_1 , Olsen, Carolina del Norte y Soltanpour y Schwab.

Método de determinación	Bray P_1	Olsen	Carolina del Norte	Soltanpour y Schwab
	----- mg kg^{-1} -----			
Gráfico	16.00	7.80	2.40	28.60
Matemático	18.60	8.40	2.60	28.30
R^2	0.30	0.89	0.13	0.53
Semejanza (%)	86.02	92.86	92.30	98.95

Esta alta correlación concuerda con los resultados de Alvarez (1982), al encontrar que las cantidades de P extraídas por los métodos de Carolina del Norte (Mehlich, 1953) y Bray P_1 (Bray y Kurtz, 1945) fueron bajas y se correlacionaron entre sí. Esta alta correlación posiblemente se deba a que los principios en que se basan los dos métodos permiten extraer las mismas fracciones de P del suelo.

El coeficiente de correlación entre el P extraído por el método de Olsen (Olsen *et al.*, 1954) y el extraído por el método de Soltanpour y Schwab (Soltanpour y Schwab, 1977), no fue significativo ($r = 0.553$).

En el Cuadro 5 se muestran los niveles críticos para los cuatro métodos en estudio.

En el caso del método Olsen (Olsen *et al.*, 1954), que por su alto coeficiente de correlación con los diferentes estimadores de respuesta se consideró el mejor, se observó que 80 % de los puntos del diagrama de dispersión están en los cuadrantes positivos, por lo que se reafirma su alta eficiencia para estimar el P aprovechable en estos suelos.

El nivel crítico determinado por los métodos gráfico (Cate y Nelson, 1965) y matemático (Cate y Nelson, 1971) para el método de Olsen (Olsen *et al.*,

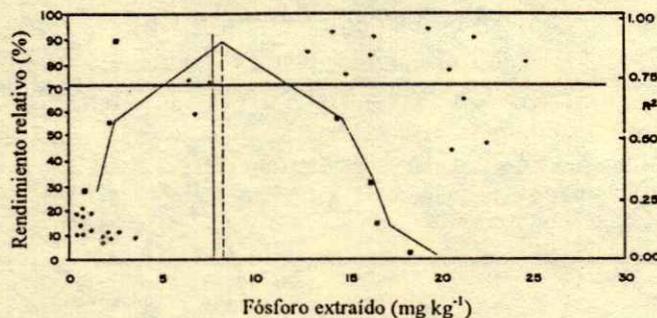


Figura 1. Nivel crítico determinado por los métodos gráfico y matemático para el P extraído del suelo por la técnica de Olsen (mg kg^{-1}).

1954) (Cuadro 5), mostró 92.86 % de semejanza con valores de 7.8 y 8.4 mg kg^{-1} de P, respectivamente.

En la Figura 1 se muestran los niveles críticos para el método de Olsen (Olsen *et al.*, 1954).

CONCLUSIONES

1. Sólo la técnica Olsen (Olsen *et al.*, 1954) resultó confiable para determinar el P aprovechable en el trigo Anáhuac F 75 en los suelos estudiados por sus mayores coeficientes de correlación con el rendimiento relativo y el rendimiento del testigo.
2. Al determinar el nivel crítico de P para trigo Anáhuac F 75 con las técnicas de Olsen (Olsen *et al.*, 1954) y Soltanpour y Schwab (Soltanpour y Schwab, 1977) mediante los métodos gráfico (Cate y Nelson, 1965) y matemático (Cate y Nelson, 1971) se encontró una semejanza de 92.86 y 98.95 %, respectivamente.
3. Los niveles críticos de P para el trigo Anáhuac F 75 determinados por el método gráfico (Cate y Nelson, 1965) fueron: Bray P_1 (Bray y Kurtz 1945), 16 mg kg^{-1} ; Olsen (Olsen *et al.*, 1954), 7.8 mg kg^{-1} ; Carolina del Norte (Mehlich 1953), 2.4 mg kg^{-1} y Soltanpour y Schwab (Soltanpour y Schwab, 1977), 28.6 mg kg^{-1} de P, respectivamente.
4. Los niveles críticos de P para el trigo Anáhuac F 75 determinados por el método matemático (Cate y Nelson, 1971) fueron: Bray P_1 (Bray y Kurtz, 1945), 18.6 mg kg^{-1} ; Olsen (Olsen *et al.*, 1954), 8.4 mg kg^{-1} ; Carolina del Norte (Mehlich 1953), 2.6 mg kg^{-1} y Soltanpour y Schwab (Soltanpour y Schwab, 1977), 28.3 mg kg^{-1} de P, respectivamente.
5. Los métodos recomendados para analizar el P aprovechable del suelo en el cultivo de trigo Anáhuac F 75 son: Olsen (Olsen *et al.*, 1954), con un nivel crítico de 8.4 mg kg^{-1} y Soltanpour y Schwab (Soltanpour y Schwab, 1977) con un nivel crítico de 28.3 mg kg^{-1} de P, respectivamente.

LITERATURA CITADA

- Aguilera, H.N. 1961. Génesis y clasificación de algunos suelos de la Meseta Tarasca, Mich. México. SAG-ENA. Folleto técnico No. 1.
- Alvarez V., V.H. 1982. Efecto de los factores cantidad, intensidad y capacidad amortiguadora de fosfatos en la evaluación del P disponible de suelos derivados de cenizas volcánicas de la Meseta Tarasca, estado de Michoacán. Tesis doctoral. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Braga J., M. y V. Defilipo B. 1974. Determinación espectrofotométrica de fósforo en extractos de solo e material vegetal. Ceres (Brasil) 21: 73-85.

- Bray, R.H. y L.T. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available form of phosphorus in soil. *Soil Sci.* 59: 39-45.
- Cate R., B. Jr. y L.A. Nelson. 1965. A rapid method for correlation of soil test analyses with plant response data. North Carolina Agric. Exp. Sta., International Soil Testing Series. Tech. Bull. No. 1.
- Cate R., B. Jr. y L.A. Nelson. 1971. A simple statistical procedure for partitioning soil test correlation data into two classes. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 35: 658-659.
- Evans, C. 1980. Correlación y calibración de métodos de análisis químicos de suelos y plantas. Curso del Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Herrera G., A.J. 1978. Estudio sobre el comportamiento y disponibilidad del P soluble adicionado a suelos de Villa Guerrero, estado de México. Tesis profesional. Escuela de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Mehlich, A. 1953. Determination of phosphorus by double acid extraction. *In: The council on soil testing and plant analysis. Handbook of reference methods for soil testing*, 1974.
- Olsen, R.S., V.C. Cole, F.S. Watanabe y L.A. Dean. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA. Washington, D.C. Circular 939.
- Soltanpour, P.N. y A.P. Schwab. 1977. A new soil test for simultaneous extraction of macro and micro nutrients in alkaline soils. *In: Comm. Soil Sci. Plant Analysis* 8(3): 195-207.
- Torres B., J.M. 1972. Correlación y calibración de diferentes métodos de análisis químico para P asimilable en los suelos de la zona de Chapingo. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

EFFECTO DEL ABASTECIMIENTO FOLIAR DE ZINC SOBRE EL BALANCE NUTRIMENTAL DEL NOGAL PECANERO

Effect of Zinc Sprays on Nutritional Balance in Pecan Trees

Ma. del Consuelo Medina M.¹, J. Francisco J. Chávez G.

RESUMEN

La deficiencia de zinc (Zn) es aún muy común en nogal pecanero (*Carya illinoensis*). Esta deficiencia se presenta como consecuencia de las propiedades alcalinas y calcáreas de los suelos donde el nogal es establecido. Las necesidades de Zn en nogal tienen que ser cubiertas por medio de aspersiones al follaje. Varios programas de aspersión al follaje son sugeridos en diversas zonas productoras. Sin embargo, la eficiencia de cada programa no ha sido completamente descrita. Por esta razón, se evaluaron varios programas de aspersiones foliares de Zn en los cultivares 'Western' y 'Wichita'. Los objetivos fueron, determinar el número mínimo de aspersiones que puede utilizarse para llenar los requerimientos de Zn en nogal y probar la utilidad del Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (DRIS) como herramienta de análisis en los tratamientos probados. Los resultados indican que es posible abastecer de Zn al nogal con dos aspersiones para el cv. 'Western' y tres aspersiones en el cv. 'Wichita'. Los programas descritos mantuvieron una concentración de Zn en el follaje por arriba de 50 mg kg⁻¹, límite considerado como umbral de deficiencia. Lo anterior fue posible cuando el inicio de aplicación de Zn en cada programa se lleva a cabo inmediatamente después del inicio de crecimiento de brotes. Los programas con un mayor número de aspersiones no mostraron efectos adicionales en brotes vegetativos y fructíferos, producción y calidad de nuez durante los tres años de evaluación. El realizar un número mayor de aspersiones, incrementó el desbalance de los nutrimentos manganeso (Mn) y cobre (Cu). El sistema

Palabras clave: *Carya illinoensis*, nutrición vegetal, DRIS.

¹ Campo Experimental La Laguna, Centro de Investigación Regional Norte-Centro, INIFAP, Apartado Postal 247, 27000 Torreón, Coahuila.

Recibido: Octubre de 1997.
Aceptado: Abril de 2000.

DRIS, confirmó su utilidad como herramienta de análisis de los tratamientos probados.

SUMMARY

Zinc (Zn) deficiency is still very common in pecan trees (*Carya illinoensis*). This deficiency is a consequence of alkaline and calcareous properties of soils where pecan is grown. Zn requirements in pecan trees is covered by foliar sprays. Several foliar spray programs have been suggested for diverse growing areas. Nevertheless, the efficiency of each spray program has not yet been fully described. For this reason, foliar spray programs were evaluated in cv. 'Western' and 'Wichita'. The objectives were to determine the minimum number of sprays that can be used to fulfill pecan Zn requirements, and to describe how useful is the Diagnostic and Recommendation Integrated System (DRIS) to evaluate the treatments. Results showed that it is possible to supply pecan trees with Zn by using two spray programs for cv. 'Western', and by three spray programs for cv. 'Wichita'. The described spray programs maintained Zn concentration in foliage above 50 mg kg⁻¹. Data showed that for a successful spray program, foliar spray programs must begin immediately after bud breaking. Programs with more than two sprays for cv. 'Western' and more than three sprays for cv. 'Wichita' did not show additional effects on either vegetative growth, fructiferous growth, nut yield, or on nut quality during the three years of evaluation. Treatments with a high number of sprays increased nutritional imbalance of manganese (Mn) and copper (Cu). DRIS system confirmed to be useful as an analysis tool.

Index words: *Carya illinoensis*, plant nutrition, DRIS.

INTRODUCCION

Una de las funciones más importantes del zinc (Zn) es la de ser precursor del ácido indolacético, éste es

una hormona de crecimiento que participa en la expansión de hojas y crecimiento de brotes. Una deficiencia severa de Zn ocasiona rosetado u ondulado de las hojas y muerte regresiva del brote, una deficiencia moderada ocasiona hojas pequeñas con bordes ondulados y clorosis uniforme, las hojas deformes reducen la elaboración de carbohidratos (Plus, 1976). En casos extremos de deficiencia de Zn hay baja o nula producción (O'Barr, 1977).

En nogales en producción, el crecimiento del brote vegetativo se presenta desde fines de marzo a principios de junio. Durante la primera etapa de este periodo, el crecimiento es más acelerado. En la Comarca Lagunera, esto sucede en los meses de marzo, abril y principios de mayo (Medina y Lagarda, 1983). El crecimiento del brote fructífero se presenta durante un periodo más corto. En 1985, en la Comarca Lagunera se inició el 17 de marzo y terminó el 19 de abril cuando aparecieron las flores femeninas en la punta del brote (Medina, 1986b). Para un adecuado crecimiento de brotes, el Zn es requerido, por lo tanto, las aspersiones foliares de Zn deberán ser efectuadas dentro del periodo de fines de marzo a principios de junio (Medina y Lagarda, 1983).

El Zn no es absorbido por las raíces del nogal en suelos alcalinos con alto contenido de carbonatos de calcio (como los que existen de manera predominante en el norte de México donde se cultiva el nogal). En estos suelos el Zn presente forma parte de compuestos poco solubles (Storey *et al.*, 1973). Por lo tanto, el abastecimiento de Zn por vía foliar es indispensable en suelos calcáreos, teniéndose que realizar aspersiones foliares cada año (O'Barr, 1977).

Se ha reportado que existen tres factores que incrementan la concentración de Zn en el follaje: a) la fecha de inicio de las aspersiones, una vez que ha empezado la brotación (brote con una longitud de 5 cm aproximadamente), b) el número de aspersiones (de tres a cinco), y c) una dosis mayor que 4 L de NZN/1000 litros de agua (Chávez, 1986).

En los Estados Unidos de América (EU) son recomendadas cinco aspersiones foliares de Zn en nogal: en el área central y este: la primera en la brotación y la 2a, 3a, 4a y 5a; 1 ó 2, 4, 7, y 12 semanas después de la brotación, respectivamente, y en el oeste: la primera en brotación; la 2a, 3a, 4a y 5a; 1, 2, 4 y 6 semanas después de la brotación, respectivamente. En Texas, sugieren que si se hacen únicamente tres aspersiones, éstas podrían ser: la

primera, 3a y 4a del calendario anterior (Storey *et al.*, 1979). En Louisiana, el Zn se ha encontrado deficiente en nogales maduros y puede aplicarse en suelos ácidos cuando es necesario, pero debe ser aplicado al follaje de los árboles en los suelos calcáreos que ocurren en la mayoría de los sitios a lo largo del Red River (O'Barr y McBride, 1980). La mayoría de los cultivares requieren de tres a cuatro aspersiones, iniciando en la brotación (O'Barr, 1977).

En la Comarca Lagunera se encontró que la primera aspersión de Zn es muy importante (brote de 5 cm), ya que conforme es más tardía, se reduce la concentración de Zn en el follaje, independientemente del número de aspersiones (dos a cinco) (Medina, 1986a).

Los intervalos de suficiencia reportados para Zn en nogal son: 1) Arizona de 60 a 300 mg kg⁻¹ (Kilby y Mielke, 1982); 2) en Georgia de 50 a 100 mg kg⁻¹ (University of Georgia, 1974-1979); 3) en Louisiana de 50 a 150 mg kg⁻¹ (O'Barr y McBride, 1980) y 4) en Texas de 58 a 300 mg kg⁻¹ (Stockton, 1985). En general, se considera como nivel de deficiencia una concentración menor que 60 mg kg⁻¹ (Storey y Anderson, 1969).

El Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (DRIS), desarrollado por Beauflis (1973) y Sumner (1986) puede evaluar el índice de desbalance nutrimental (IDN) y detectar el orden de requerimiento de nutrimentos.

El objetivo principal de este estudio fue determinar el número mínimo de aspersiones de Zn, para evitar niveles de deficiencia en el follaje y favorecer el desarrollo de brotes, la producción y calidad de la nuez por tres años consecutivos. El objetivo secundario fue la utilización del DRIS para evaluar el efecto de las aspersiones foliares de Zn en el balance nutrimental del árbol.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó durante tres años (1988 a 1990), en una huerta del municipio de Viesca, Coahuila. Esta huerta fue seleccionada porque en 1987 los árboles presentaron una concentración de 47 mg kg⁻¹ de Zn en el follaje. Esta concentración está abajo del límite inferior del intervalo de suficiencia (50 a 60 mg kg⁻¹). Se utilizaron árboles en producción entre 12 y 16 años de edad, de los cvs. 'Western' y 'Wichita', plantados a 12 x 12 m, con una densidad de

70 árboles ha⁻¹. La fertilización al suelo fue de 500 kg ha⁻¹ de sulfato de amonio, que equivalen a 100 kg ha⁻¹ de nitrógeno (N). Se aplicaron siete riegos durante el ciclo. Para el control del pulgón amarillo se aplicó el insecticida Dimetoato 40 a una dosis de 125 mL en 100 L de agua. La maleza se controló con rastreos después de los riegos.

Las características del suelo de la huerta son las siguientes: pH 8.5; conductividad eléctrica (CE) 0.95 dS m⁻¹; materia orgánica 0.46 mg kg⁻¹ de suelo; carbonatos totales 10.3 mg kg⁻¹; PSI 3.9 %; y la textura es arena migajonosa con 82.5 % de arena, 11.3 % de limo y 6.16 % de arcilla.

Los tratamientos consistieron de varias aspersiones foliares de Zn durante la época de mayor demanda del nutrimento (período de crecimiento intenso del brote), durante los tres años (Cuadro 1). El producto químico utilizado fue el "NZN", el cual está compuesto por "urán" y nitrato de Zn (1:1); el urán es una mezcla de urea, nitrato de amonio y nitrato de Zn. El porcentaje de cada elemento dentro del NZN es 15 % de N y 5 % de Zn. Las dosis de NZN fueron para el cv. 'Western' 4.5 L y para el cv. 'Wichita' 6.0 L, disueltas en 1000 L de agua cada una. La concentración final de Zn fue de 225 mg L⁻¹ para el cv. 'Western' y de 300 mg L⁻¹ para el cv. 'Wichita'.

El diseño experimental fue bloques al azar, con cinco y seis repeticiones en los cultivares 'Western' y 'Wichita', respectivamente. La parcela útil fue un árbol. Se evaluó la concentración de Zn por medio del análisis de folíolos (los dos centrales de la hoja compuesta, ubicada en la parte media del brote), para lo cual se hizo un muestreo de 40 folíolos por tratamiento. La concentración de Zn se analizó con el método de absorción atómica. Las fechas de muestreo

fueron: en 1988 el 17 de julio; en 1989 el 26 de junio y en 1990 el 24 de julio. En 1989 y 1990, además se evaluó la concentración foliar de N, fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), hierro (Fe), Mn, Cu y boro (B), para evaluar el índice de desbalance nutrimental. Este muestreo fue después de la aplicación de los tratamientos y consistió en la colección de 80 folíolos por tratamiento.

Se seleccionaron ramas en cada árbol (brotes de un año). Cuatro brotes en 1988 y 1989 y ocho brotes en 1990 y se evaluaron número de brotes vegetativos y fructíferos por rama y longitud de brotes vegetativos y fructíferos por rama. La longitud del brote se midió a fines de junio cuando ya había terminado su crecimiento. Para la producción y calidad de nuez se evaluaron los siguientes parámetros: kg de nuez por árbol; nueces por kg; porcentaje de almendra; porcentaje de nuez verde y porcentaje de nuez germinada.

Se realizó un análisis de varianza en cada parámetro evaluado: número de brotes vegetativos y fructíferos por rama, longitud de brotes vegetativos y fructíferos por rama, kg de nuez por árbol, nueces por kg, porcentaje de almendra, de nuez verde y nuez germinada. La comparación de medias de tratamientos se hizo con la prueba de Duncan en el cv. 'Western', y para el cv. 'Wichita' se utilizó la prueba de "t", porque sólo eran dos tratamientos: tres y cinco aspersiones de Zn. En el cálculo de los índices DRIS, el orden de requerimiento de nutrimentos (ORN) y el índice de desbalance nutrimental (IDN) en 1989 y 1990, se utilizaron normas DRIS derivadas de 670 observaciones de México (Medina y Medina, 1994). Este análisis se realizó con un programa de computadora diseñado por Sánchez (1988). Según el sistema DRIS,

Cuadro 1. Tratamientos con aplicaciones foliares de Zn en nogal pecanero. Campo Experimental La Laguna. INIFAP. 1988-1990.

Cultivar	No. de tratamiento	No. de aplicaciones	Fechas de aplicación				
			primera	segunda	tercera	cuarta	quinta
'Western' [†]	1	0					
	2	1	8-abril				
	3	2	8-abril	25-abril			
	4	3	8-abril	25-abril	15-mayo		
	5	3	8-abril	15-abril	29-abril		
	6	5	8-abril	15-abril	29-abril	20-mayo	10-junio
'Wichita' ^{††}	1	3	8-abril	15-abril	29-abril		
	2	5	8-abril	15-abril	29-abril	20-mayo	10-junio

[†] Dosis NZN: 4.5 L 1000 L⁻¹ de agua.

^{††} Dosis NZN: 6.0 L 1000 L⁻¹ de agua.

el índice negativo de un nutrimento indica deficiencia y el positivo suficiencia o exceso relativo, mientras más negativo es el índice el nutrimento es más requerido. Al ordenar los índices de menor a mayor se obtiene el ORN.

El IDN se obtuvo sumando los valores absolutos de los índices de todos los nutrimentos de la muestra. Conforme el IDN tiende a cero, la planta está más balanceada nutrimentalmente (Beaufils, 1973). El IDN de los tratamientos se relacionó con su rendimiento; en general, a menor IDN, mayor rendimiento, y a mayor IDN menor rendimiento (Sumner, 1986; Davee *et al.*, 1986).

RESULTADOS Y DISCUSION

En los tres años de evaluación se detectó diferencia significativa entre los tratamientos de Zn en los dos cultivares, excepto en 1989 en el cv. 'Wichita' (Cuadro 2). En el cv. 'Western', el programa de dos aspersiones de Zn no mostró diferencia en la concentración de Zn comparada con tres y cinco aspersiones en los tres años, excepto en 1988 cuando con cinco aspersiones, la concentración de Zn fue superior a todos los tratamientos. Con dos aspersiones foliares de Zn (8 y 25 de abril), el Zn estuvo arriba del límite de deficiencia (50 a 60 mg kg⁻¹); lo que indica que fueron suficientes para abastecer este nutrimento al nogal (durante el período de más requerimiento o crecimiento del brote) y que con tres y cinco

Cuadro 2. Concentración de Zn en el follaje de árboles de nogal pecanero 'Western' y 'Wichita' con diferente número de aspersiones con Zn durante 1988 a 1990.

Cultivar	No. de aspersiones con Zn	Concentración de Zn		
		1988	1989	1990
		----- mg kg ⁻¹ -----		
'Western'	0	49 bc	68 b	32 c
	1	65 b	77 b	34 c
	2	93 b	139 a	65 ab
	3	94 b	166 a	70 ab
	3	91 b	154 a	52 bc
	5	151 a	131 a	82 a
		**	**	**
	C.V. (%)	32	22	28
'Wichita'	3	99	109	85
	5	156	137	116
		*	NS	*
	C.V. (%)	29	25	25

NS, *, **, No significativo y significativo a p<0.05 o 0.01, respectivamente.

aspersiones no ocurrió un aumento significativo en comparación a dos aspersiones de Zn.

En el cv. 'Wichita', se encontró diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos en 1988 y 1990. En los tres años la concentración de Zn en el follaje fue superior con cinco aspersiones; sin embargo, con tres aspersiones, se logró mantener la concentración de Zn arriba del límite de deficiencia (50 a 60 mg kg⁻¹). Esto sugiere que con tres aplicaciones de Zn (8, 15 y 29 de abril), fue suficiente para este cultivar. O'Barr (1977) indica que 'Wichita' es más susceptible a la deficiencia de Zn y requiere más aspersiones que 'Western'. Las dos aspersiones en 'Western' y tres en 'Wichita' no coinciden con lo recomendado por Storey *et al.* (1979), quienes sugieren cinco aspersiones, dando la última el 19 de junio, aproximadamente.

Sin embargo, los resultados de este trabajo muestran que con dos y tres aspersiones en abril (en 'Western' y 'Wichita', respectivamente), se logra abastecer de Zn al nogal cuando más lo necesita para el crecimiento del brote y formación de flores femeninas (Sparks, 1969; Plus, 1976; Medina, 1986b). Es muy importante realizar las aspersiones al inicio del crecimiento del brote, que es cuando el tejido foliar es joven y el producto puede penetrar más fácilmente. Como el Zn ayuda al crecimiento del brote, se esperaría una respuesta en el número y longitud de éstos al incrementar las aspersiones de Zn, sin embargo, en los tres años de evaluación no se encontró diferencia significativa entre tratamientos en estas variables (Cuadro 3). En el cv. 'Wichita' se observa que en 1990 con tres aspersiones fue mayor el número de brotes vegetativos, pero su longitud fue menor. Estos resultados indican que existe una alta variabilidad en los hábitos de crecimiento del árbol (como se puede ver en los coeficientes de variación altos) por lo que no se detectó diferencia entre tratamientos. Sin embargo, estos resultados también sugieren que haciendo más de dos aspersiones en el cv. 'Western' y tres en el cv. 'Wichita', no se aumentan el número y la longitud de los brotes en el árbol.

No se encontró diferencia significativa entre tratamientos en la producción de nuez en los tres años de evaluación y en la producción acumulada por árbol, en los cvs. 'Western' y 'Wichita'.

En el cv. 'Western', con tres y cinco aspersiones de Zn, la producción de nuez tendió a disminuir en 1988 y

Cuadro 3. Longitud y número de brotes vegetativos y fructíferos por rama en árboles de nogal pecanero 'Western' y 'Wichita' con diferente número de aspersiones con Zn, durante 1988-1990.

Cultivar	No. de aplicaciones de Zn	Número de brotes por rama						Longitud de brotes					
		Vegetativos			Fructíferos			Vegetativos			Fructíferos		
		1988	1989	1990	1988	1989	1990	1988	1989	1990	1988	1989	1990
----- cm -----													
'Western'	0	9.6	0.9 a	6.8	0.1	0.8	8.6	8.1	5.5	11.0	1.1	10.5	13.4
	1	6.8	0.6 abc	7.4	0.5	1.1	7.4	8.6	8.5	8.7	1.1	14.8	12.6
	2	9.0	0.3 c	8.2	0.2	1.0	9.4	7.7	7.2	11.3	1.2	12.4	13.8
	3	8.4	0.4 bc	13.4	0.4	1.3	6.0	9.0	10.6	12.3	1.1	14.4	12.7
	3	7.8	0.3 c	11.0	0.3	1.1	8.2	6.0	9.9	10.0	1.1	11.7	13.0
	5	8.6	0.8 ab	10.0	0.1	1.0	7.6	6.5	8.6	9.9	0.6	12.9	13.8
			NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	C.V. %	27	59	46	263	28	36	42	103	61	132	41	61
'Wichita'	3	8.2	0.8	12.6	0.5	0.8	4.0	6.5	6.8	7.0	2.8	14.3	12.5
	5	8.7	0.9	7.6	1.2	1.0	6.5	5.6	7.0	14.7	4.5	14.9	13.2
		NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS
		C.V. %	39	85	31	95	31	41	47	111	39	100	46

NS, *, **, No significativo y significativo a p<0.05 o 0.01, respectivamente.

1990, con respecto a dos aspersiones, o sea que tuvo efectos negativos. Con una aplicación de Zn se obtuvo la mayor producción acumulada en los tres años (117.6 kg árbol⁻¹). Tampoco se encontró diferencia significativa entre tratamientos de Zn, en la calidad de nuez medida como nuez verde, nuez germinada, número de nueces kg⁻¹ y porcentaje de almendra. Estos datos indican que con dos aspersiones de Zn en 'Western' y tres en 'Wichita' es suficiente para abastecer de Zn al nogal y no se afecta la producción y

calidad de nuez. Al hacer un número de aplicaciones mayor, se eleva la concentración del nutrimento en las hojas (Cuadro 2), pero sin que haya un efecto positivo en la producción y calidad de la nuez. Hacer más aspersiones que las indicadas, pudiera ser sólo conveniente para huertas en producción con deficiencia severa que no han sido tratadas durante varios años, o bien, donde no se desea que se presenten síntomas de deficiencia de Zn en la totalidad de las puntas de los brotes.

Cuadro 4. Índice de desbalance nutrimental (IDN) y rendimiento, con aspersiones de Zn en nogal pecanero 'Western' durante 1989.

No. de aspers. de Zn	Nutrimentos										Rendimiento	IDN	Orden de requerimiento nutrimental										
	N		P		K		Ca		Mg					Fe		Mn		Zn		Cu		B	
	%													mg kg ⁻¹									
0	2.7 [†]	0.14	1.6	1.9	0.50	217	70	68	9	156	44.6	70	Mn>Zn>P>Cu>N>Ca>K>B>Mg>Fe										
	3 [†]	1	11	3	12	20	-10	-1	1	11													
1	2.2	0.16	1.5	1.8	0.53	194	96	77	7	160	56.0	73	Cu>N>Mn>Ca>Zn>K>P>Mg>B>Fe										
	-4	8	8	-1	12	13	-3	4	-7	13													
2	2.7	0.16	1.6	1.9	0.48	200	83	139	9	150	41.3	83	Mn>Cu>N>P>Ca>B>K>Mg>Fe>Zn										
	-1	3	8	7	13	18	-4	19	-3	7													
3	2.5	0.16	1.7	1.6	0.49	241	81	167	9	141	45.9	100	N>Mn>Cu>Ca>P>B>K>Mg>Zn>Fe										
	-5	4	10	1	14	27	-4	27	-3	6													
3	2.6	0.15	1.6	1.8	0.50	233	85	154	9	149	43.3	92	Mn>Cu>N>P>Ca>B>K>Mg>Zn>Fe										
	-1	3	8	4	14	25	-3	24	-3	8													
5	2.6	0.15	1.7	1.7	0.53	251	91	131	10	154	40.3	89	Mn>N>Ca>P>Cu>B>K>Mg>Zn>Fe										
	1	1	11	1	16	28	-2	17	2	10													
NS																							

NS = No significativo. [†] Concentración foliar. * Índice DRIS.

En 1989, el DRIS indica que en el tratamiento testigo los nutrimentos más requeridos son Mn y Zn. Con una aspersión de Zn, la concentración de Zn aumentó de 68 a 77 mg kg⁻¹ y el índice DRIS cambió de -1 a 4; es decir, pasó de deficiente a suficiente. Por lo tanto, este sistema confirma que los tratamientos de Zn abastecieron de este nutrimento al cultivo, corrigiendo una deficiencia presente inicialmente. También hubo respuesta en el rendimiento, el cual se incrementó a 56 kg árbol⁻¹, que fue el más alto de los seis tratamientos pero no diferente significativamente con los otros tratamientos ni tuvo el IDN menor; ya que aumentó a 73; aun cuando el Zn ya era suficiente (quinto lugar del ORN). Con dos, tres y cinco aspersiones, la concentración de Zn también se incrementó y los índices DRIS fueron más positivos; el rendimiento tendió a disminuir, aunque no hubo diferencia significativa y el IDN aumentó (se promovió el desbalance al incrementarse el Zn excesivo). Además el Zn al estar en los últimos lugares del ORN indica la suficiencia o un probable exceso. Esto sugiere que en el cv. 'Western' más de tres aspersiones de Zn al follaje puede tener efectos negativos, ya que se incrementa el desbalance nutrimental y el rendimiento tiende a reducirse. Por otra parte, el Mn y el Cu se desbalancearon, resultando ser los más requeridos (Cuadro 4). En 1990, se tuvieron resultados similares.

CONCLUSIONES

Es posible abastecer de Zn al nogal, con un mínimo de dos aspersiones para el cv. 'Western' y tres para el cv. 'Wichita', aplicadas en abril, durante el periodo de requerimiento. Esto permite mantener en el follaje una concentración de Zn arriba de 50 a 60 mg kg⁻¹ (que es el límite de deficiencia).

El realizar más aspersiones de las mencionadas no mostró un efecto en parámetros vegetativos, producción y calidad de nuez, más bien se obtuvieron resultados negativos porque de acuerdo con el DRIS se incrementó el desbalance en otros nutrimentos.

LITERATURA CITADA

- Beaufils, E.R. 1973. Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). A general scheme for experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition. Soil Sci. Bull. No. 1. University of Natal, South Africa.
- Chávez G., J.F.J. 1986. Abastecimiento de zinc en nogal pecanero (*Carya illinoensis*, Koch) por medio de aplicaciones foliares en la región de Ramos Arizpe, Coahuila. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Davec, D.E., T.L. Righetti, E. Fallahi y S. Robins. 1986. An evaluation of the DRIS approach for identifying mineral limitations on yield in 'Napolean' sweet cherry. J. Am. Soc. Hort. Sci. 111-6: 988-993.
- Kilby, M.W. y E. Mielke. 1982. Mineral nutrition of the pecan in the irrigated Southwest. Sixteenth Western Pecan Conference Proc. New Mexico State University, Coop. Ext. Serv., EUA.
- Medina M., M.D.C. 1986a. Diagnóstico de nutrición del nogal pecanero en la Comarca Lagunera. Informe de Investigación en Fruticultura. CAELALA-CIAN-INIFAP.
- Medina M., M.D.C. 1986b. Efecto de la defoliación en la diferenciación de flores femeninas de nogal pecanero (*Carya illinoensis*). Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Centro de Fruticultura. Chapingo, México.
- Medina M., M.D.C. y A. Lagarda M. 1983. Comportamiento fenológico de variedades de nogal en la Comarca Lagunera. pp. 23-39. In: X Ciclo de Conferencias Internacionales de los Productores de Nuez de la República Mexicana. Delicias, Chihuahua.
- Medina M., M.D.C. y E.J. Medina M. 1994. Evaluation of DRIS in pecan tree in Mexico. pp. 277-292. In: Volume 5a: Commission IV. Symposium ID-1. Soil testing and plant analysis: Methodology and interpretation. 15th World Congress of Soil Science. Acapulco, México.
- O'Barr, R.D. 1977. Nutrients: Their impact. The Pecan Quarterly 11(4): 4-10.
- O'Barr, R.D. y J.H. McBride. 1980. Pecan leaf sampling for commercial growers. Pecan South 7: 42-45.
- Plus, E. 1976. Pecan fertility. Texas Pecan Growers Association 59: 13.
- Sánchez V., L.R. 1988. Programa Basic para calcular los índices DRIS. Informe de Investigación de Cómputo y Estadística. CIFAP-Región Lagunera.
- Sparks, D. 1969. Some characteristics of shoot growth of pecan trees and their implications to yield. pp. 55-59. In: Proc. 62nd Annual Convention. Southeastern Pecan Growers Association.
- Storey, J.B. y W.B. Anderson. 1969. Important ingredient in the pecans diet zinc. The Pecan Quarterly 3(2): 15-16.
- Storey, J.B., M. Smith y P.N. Westfall. 1979. Why do pecans need zinc? The Pecan Quarterly 13(2): 3-9.
- Storey, J.B., M. Smith, P.W. Westfall, J.D. Hanna, W. Gass y W.C. Henderson. 1973. A new method to increase zinc absorption by pecan leaves. The Pecan Quarterly 13(2): 3-9.
- Stockton, A. 1985. Interpreting pecan tree nutritional levels through leaf analysis. pp. 99-100. In: Proc. 19th Western Pecan Conference. New Mexico State University. Coop. Ext. Serv.
- Sumner, M.E. 1986. The Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) as a guide to orchard fertilization. Food and Fertilizer Technology Center. Extension Bull. No. 231.
- University of Georgia, E.U.A. Plant Testing Service. 1974-79. The Best of Pecan South.

ACTIVIDAD DE LA NITROGENASA EN *Gliricidia sepium* EN DIFERENTES REGIMENES DE PODA

Nitrogenase Activity in *Gliricidia sepium* Under Several Pruning Regimes

J. I. Melchor-Marroquín¹, J. J. Vargas-Hernández², R. Ferrera-Cerrato²,
J. D. Etchevers-Barra², A. Velázquez-Martínez²

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto del régimen de podas sobre la actividad específica de la nitrogenasa (AEN) en *Gliricidia sepium*, con la técnica de reducción de acetileno en plantas sometidas a cuatro frecuencias de poda de la biomasa aérea (cada cuatro, ocho, 12 y 24 semanas) aplicadas a dos alturas (0.5 y 1.0 m), en una plantación de seis meses de edad. La AEN se estimó en muestras de raíces con nódulos de dos árboles, seleccionados al azar de cada parcela experimental, colectadas un día antes (1DA) y dos días después (2DD), quince (15DD) y treinta días después (30DD) de las podas durante un período de seis meses. La AEN se redujo al incrementarse la frecuencia de las podas, desde 190 nmol C₂H₄ h⁻¹ mg⁻¹ de peso seco de nódulos en el tratamiento de 24 semanas, hasta 153.6, 138.4 y 38.5 nmol h⁻¹ mg⁻¹ en los tratamientos de 12, ocho y cuatro semanas, respectivamente. La AEN de las plantas podadas a 1.0 m de altura (115.4 nmol h⁻¹ mg⁻¹) fue hasta 1.6 veces mayor que en las plantas podadas a 0.5 m de altura. Las diferencias relativas de la AEN se incrementaron desde 27 hasta 62 % en las frecuencias de poda de cuatro y 24 semanas, respectivamente. La AEN disminuyó drásticamente en la etapa 2DD, pero se recuperó gradualmente hasta alcanzar incluso valores mayores que los registrados en la etapa 1DA. Pese a que en el tratamiento de cuatro semanas no se observó un patrón consistente, la aplicación recurrente de podas en las frecuencias de ocho y 12 semanas redujo la capacidad de recuperación de la AEN.

Palabras clave: Actividad específica de la nitrogenasa, cocoite, podas, sistemas agroforestales.

SUMMARY

The objective of this study was to determine pruning regimen effect on specific nitrogenase activity (AEN) of six-month old plantation of *Gliricidia sepium*. The acetylene reduction technique was used in pruned trees under several frequencies (four, eight, 12, and 24 weeks) and heights (0.5 and 1.0 m). The AEN was evaluated in root samples with nodules collected in two randomly selected trees in each experimental plot. Sampling was made one day before (1DA), two days after (2DD), 15 (15DD), and 30 days after (30DD) pruning, during a 6-month period. The AEN decreased with increasing pruning frequency, from 190.01 nmol C₂H₄ h⁻¹ mg⁻¹ nodules dry weight in 24-week period, to 153.6, 138.39 and 38.50 nmol h⁻¹ mg⁻¹ in the 12-, 8- and 4-week regimes, respectively. The AEN in pruned trees at 1.0 m-height (115.416 nmol h⁻¹ mg⁻¹) was up to 1.6 times greater than in pruned trees at 0.5 m-height. The relative differences in AEN values increased from 27 up to 62 % in the 4- and 24-week frequencies. The AEN was drastically reduced immediately after the pruning (2DA) but it gradually recovered reaching values even higher than before the pruning. Even though, in the 4-week pruning regime a consistent pattern was not found, recurrent pruning in the 8- and 12-week regimes caused a reduction in the recovering capacity of AEN.

Index words: Specific nitrogenase activity, cocoite, pruning, agroforestry systems.

INTRODUCCION

El nitrógeno es uno de los factores limitativos más comunes en la producción de la mayoría de los cultivos, situación que el agricultor tiene que corregir

¹ INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Ixtacuaco. Apartado Postal 162, 93600 Martínez de la Torre, Veracruz, México. Tel: (232) 457-07. Fax: (232) 459-31.

² Instituto de Recursos Naturales, Colegio de Postgraduados, 56230 Montecillo, Edo. de México.

Recibido: Mayo de 1999.

Aceptado: Abril de 2000.

mediante el suministro oportuno de este nutrimento a las plantas en forma asimilable. Pese a que el nitrógeno (N) constituye aproximadamente 80 % de la atmósfera, en su forma molecular (N_2) es inerte y sólo es aprovechado por las plantas en forma mineral asociado a otros compuestos que dan origen a los iones amonio (NH_4^+) y nitrato (NO_3^-), o cuando es fijado biológicamente por microorganismos libres o simbióticos (Giller y Wilson, 1991).

La importancia del sistema *Rhizobium*-leguminosa en general, estriba en que del total del nitrógeno incorporado al suelo, alrededor de 90 % es fijado por los nódulos de las leguminosas; además, se estima que 50 % del N_2 fijado en la tierra se origina de dicha simbiosis (FAO, 1985). Por lo anterior, la integración de especies de leguminosas arbóreas con capacidad para fijar N_2 en sistemas agroforestales, contribuye a la restauración y mantenimiento de la fertilidad del suelo. Se ha estimado que la fijación biológica de N_2 (FBN) en las especies leguminosas arbóreas varía de 50 a 500 kg N ha^{-1} año⁻¹ (Allen y Allen, 1981; Nair, 1993).

Entre estas especies se encuentra *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp., que es nativa de las regiones tropicales de México donde se distribuye ampliamente y es utilizada como cerco vivo, leña y ocasionalmente como sombra para cultivos y para producir forraje; por lo que esta especie representa una opción para aportar el N requerido por cultivos agrícolas de una manera ecológica y económica mediante la FBN y la incorporación al suelo del mismo vía materia orgánica (Allen y Allen, 1981; Niembro, 1986; Brewbaker, 1987).

Awonaike *et al.* (1992), en un estudio realizado con *G. sepium* en Austria, en condiciones de invernadero y plantas de seis meses de edad, estimaron que la FBN fue de 28 mg N planta⁻¹; en cambio, Liyanage *et al.* (1994), en Sri Lanka en condiciones de campo con plantas de la misma especie de un año de edad y sin podar, estimaron que la FBN varió desde 17.8 hasta 61.7 g N árbol⁻¹, equivalentes a 86 y 309 kg N ha^{-1} , respectivamente, con una densidad de 5000 plantas ha^{-1} , lo cual se considera como una contribución substancial de N hacia el sistema suelo-planta. Por su parte, Kadiata *et al.* (1998), en un estudio realizado en Nigeria con plantas de la misma especie de nueve meses de edad en condiciones invernadero, estimaron una FBN en plantas con y sin

poda de 268 y 335 kg N ha^{-1} , respectivamente, para una densidad de 5000 plantas ha^{-1} .

La reducción del N_2 a formas aprovechables requiere un mínimo de 16 ATP y ocho electrones para reducir una molécula de N_2 hasta NH_4 , por lo que los costos de energía para la planta varían de 6 a 8 g C metabolizado g^{-1} N_2 reducido (Mahon, 1983; Sheehy, 1987). Por lo anterior, los nódulos, estructura donde se lleva a cabo la FBN, representan una de las zonas con más alta demanda de carbohidratos para mantener tanto su desarrollo como la AEN y la formación de esqueletos de carbono para la asimilación del amonio (Rawsthorne *et al.*, 1980). Dado que la fotosíntesis es la principal fuente de carbohidratos que sostiene al sistema enzimático de la FBN, cualquier factor que afecte la fotosíntesis y las relaciones fuente-demanda dentro de la planta, influirá sobre el proceso de FBN (Shantharam y Mattoo, 1997). Por lo tanto, la aplicación de diferentes regímenes de poda aérea (eliminación del área foliar) podría tener un impacto importante sobre la magnitud y dinámica de la FBN y, por lo tanto, en el establecimiento de los sistemas agroforestales a base de esta leguminosa (Sanginga *et al.*, 1995).

Con base en lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la aplicación de diferentes regímenes de poda de la biomasa aérea en *G. sepium*, sobre la actividad específica y dinámica de la nitrogenasa mediante la técnica de reducción de acetileno, lo cual permitirá establecer un manejo de podas para que esta especie sea utilizada eficientemente asociada a cultivos agrícolas en sistemas agroforestales.

MATERIALES Y METODOS

Localización del Estudio

El estudio se estableció en el Campo Experimental Agroforestal Ixtacuaco (20° 04' norte y 97° 04' oeste y 152 msnm) del municipio de Tlapacoyan, Ver.; el clima es cálido húmedo con lluvias todo el año, temperatura media anual de 24.5 °C y precipitación media anual de 1534 mm. El sitio experimental tiene una pendiente de 10 %; el suelo es vertisol con pH de 6.5 a 7.0 y la roca madre se encuentra a una profundidad de 40 a 50 cm (Melchor, 1999). El terreno se encontraba sin cultivar y con presencia de vegetación herbácea y arbustiva, la cual se eliminó antes de establecer la plantación de *G. sepium*.

Producción de Planta en Vivero y Establecimiento de la Plantación

Se utilizó semilla de *G. sepium* procedente de una población natural de la región, sembrándose dos semillas por bolsa de polietileno negro de 20 x 25 cm de diámetro y altura, respectivamente, en un sustrato formado por la mezcla de suelo agrícola del sitio y arena de río en una proporción de 3:1 que fue desinfectado con Captán (5 g L^{-1}); en los casos donde germinaron ambas semillas, se eliminó una planta dejando la más vigorosa. Las plantas se mantuvieron en vivero durante cuatro meses, aplicando los cuidados y riegos pertinentes para asegurar una buena calidad de la misma. La plantación en campo se estableció mediante el método de cepa común, con una profundidad aproximada de 20 cm y un espaciamiento de 1.5 m entre hileras y de 1.0 m entre plantas de cada hilera ($6670 \text{ plantas ha}^{-1}$). Para permitir el establecimiento y reducir la competencia de las plantas en el terreno, se aplicó un control manual de arvenses.

Diseño Experimental y Tratamientos

Se utilizó un diseño factorial 4 x 2 con arreglo en parcelas divididas y cuatro repeticiones. El factor frecuencia de podas, con cuatro niveles; cuatro, ocho, 12 y 24 semanas (testigo), se asignó a las parcelas principales; el factor altura de poda, con dos niveles (0.5 y 1.0 m), se asignó a las subparcelas.

La combinación de estos factores con sus repeticiones generó un total de 32 unidades experimentales. La parcela principal estuvo constituida por 32 plantas útiles. Cada subparcela (24 m^2) estuvo separada perimetralmente por una hilera de plantas que funcionó como borde, para eliminar el efecto de orilla entre parcelas. Estas plantas también recibieron los tratamientos correspondientes a la parcela donde se encontraban.

A los seis meses de edad se aplicó una poda de homogeneización a todas las plantas, eliminando el follaje y las ramas presentes para dejar un solo tallo a la altura de poda establecida. A partir de esa fecha, los regímenes de poda se aplicaron de manera sistemática en cada una de las unidades experimentales durante un ciclo de 24 semanas. La poda se realizó en cada ocasión con tijeras, cortando todas las ramas cercanas al punto de inserción en el tallo principal, dejando el

eje original a la altura de poda establecida (1.0 y 0.5 m).

Tratamientos de Evaluación

Se hicieron evaluaciones de la actividad específica de la nitrogenasa (AEN), en muestras de nódulos de plantas a diferentes fechas de la aplicación de las podas, incluyendo un día antes (1DA) y dos días después (2DD), quince (15DD) y treinta días después (30DD), respectivamente. En cada ocasión de la aplicación de las podas, sólo se evaluaron las parcelas que fueron podadas en esa fecha, lo que generó cuatro ciclos de evaluación de la AEN. En los Ciclos 1 (C1) y 3 (C3) se incluyeron las frecuencias de poda de cuatro y ocho semanas, en el Ciclo 2 (C2) a las de cuatro y 12 semanas y en el Ciclo 4 (C4) a todas las frecuencias de poda (cuatro, ocho, 12 y 24 semanas). En cada ciclo, el muestreo de nódulos se realizó en las raíces de dos árboles seleccionados al azar en cada una de las parcelas experimentales; considerando una distancia de 0.5 m a partir del tallo principal de cada árbol y una profundidad de 0 a 20 cm. Las raíces con nódulos fueron separadas del sistema radical y se les eliminó el exceso de suelo; inmediatamente después se introdujeron a los frascos de incubación donde se aplicó la prueba de reducción de acetileno (Hardy *et al.*, 1968). Posteriormente, las raíces fueron empaquetadas y llevadas al laboratorio, donde se separaron los nódulos y se introdujeron en una estufa de ventilación forzada durante 48 h a 72°C para determinar su peso seco.

Estimación de la AEN

La AEN se estimó con la prueba de reducción de acetileno propuesta por Hardy *et al.* (1968). Las raíces con nódulos de cada muestra se introdujeron en un frasco de plástico de color blanco con una capacidad de 1.2 L, utilizándose otro frasco sin material biológico como referencia ("blanco"); estos frascos se cerraron y sellaron para impedir el intercambio gaseoso; inmediatamente después se extrajo de cada uno de ellos, mediante una jeringa a través de un tapón de hule comprimido, 10 % del volumen de aire y se reemplazó por la misma cantidad de acetileno al 100 % de pureza. Con base en otros estudios, donde se ha aplicado esta técnica en especies leñosas leguminosas (Miettinen,

1989; Pokhriyal *et al.*, 1992), los frascos se dejaron incubar durante 1 h en exposición directa al sol. Posteriormente, con otra jeringa se extrajo una muestra de 5 mL de la atmósfera de cada frasco y se transfirió a un tubo al vacío tipo vacutainer. Las muestras se analizaron en el laboratorio mediante la inyección de 0.5 mL de cada tubo en un cromatógrafo de gases VARIAN modelo 1440. La actividad de la nitrogenasa se estimó mediante la cantidad de acetileno reducido a etileno (nmoles), considerando los puntos máximos de las curvas formadas por ambos gases en el cromatograma; estos datos se sometieron a un análisis de regresión para estimar la concentración de etileno utilizando el siguiente modelo (CIAT, 1988):

$$Y = \text{Antilog} [\log_{10} (\beta_0 + \beta_1 X)] * F. D.$$

Donde:

Y = Concentración de etileno

β_0 = Ordenada al origen (con un valor constante de -12.6227).

β_1 = Pendiente de la recta (con un valor constante de 1.02772).

X = Altura del punto máximo de acetileno (mm)

F. D. = Factor de dilución (1200 mL/0.5 mL).

Nota: Los valores de β_0 y β_1 fueron determinados en una curva de calibración específica para los datos del presente estudio.

Los valores obtenidos de etileno se dividieron entre el peso seco nodular (PSN) de la muestra correspondiente para estimar la actividad específica de la nitrogenasa (AEN = $\text{nmol C}_2\text{H}_4 \text{ h}^{-1} \text{ mg}^{-1}$), los cuales se analizaron estadísticamente utilizando el procedimiento GLM del Statistical Analysis System (SAS, 1985), que incluyó la comparación entre tratamientos de poda (frecuencias y alturas), así como entre fechas de muestreo dentro de cada tratamiento. Para la comparación de medias entre tratamientos, se utilizó la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSION

Efecto de la Frecuencia de Poda sobre la AEN

La AEN siempre fue menor en las plantas podadas con mayor frecuencia, relación que se mantuvo durante los cuatro ciclos y fechas de muestreo. Respecto a la AEN promedio para todas las fechas de muestreo, en el caso de las plantas podadas cada cuatro semanas se

registró un valor de $38.5 \text{ nmol h}^{-1} \text{ mg}^{-1}$, que representó 27.8 % de la AEN observada en las plantas podadas cada ocho semanas ($138.4 \text{ nmol h}^{-1} \text{ mg}^{-1}$); dicha proporción disminuyó hasta 20 y 25 % con respecto a la AEN promedio registrada en las plantas podadas cada 12 ($153.6 \text{ nmol h}^{-1} \text{ mg}^{-1}$) y 24 semanas ($190 \text{ nmol h}^{-1} \text{ mg}^{-1}$), respectivamente. Así mismo, para cada fecha de muestreo con excepción de la realizada 2DD en las plantas podadas cada cuatro semanas, la AEN promedio fluctuó entre 45.1 y $49.5 \text{ nmol h}^{-1} \text{ mg}^{-1}$; en cambio, en las plantas podadas cada ocho, 12 y 24 semanas se observó una mayor variabilidad en la AEN promedio obtenida 1DA, con respecto a los valores observados en el resto de las fechas de muestreo después de aplicar las podas (Cuadro 1).

Estos resultados indican que la AEN en *G. sepium* se reduce al aplicar podas al follaje más frecuentes, lo cual guarda una estrecha relación con el suministro y la disponibilidad de compuestos de carbono requeridos por los nódulos y específicamente por los bacteroides, para llevar a cabo eficientemente el proceso de FBN, situación observada por Suryanarayana *et al.* (1994) en el caso de *Leucaena leucocephala*. Se ha señalado que los nódulos son grandes inmobilizadores de carbono en especies de leguminosas con alta capacidad de fijación de N_2 (Ryle *et al.*, 1985; Vance y Heichel, 1991); ya que en condiciones ambientales normales, los nódulos requieren un suministro adecuado y oportuno de fotosintatos para los bacteroides con poder reductor y moléculas de ATP para apoyar el sistema de la nitrogenasa y para la formación de esqueletos de carbono, moléculas de ATP y poder reductor para la síntesis de los compuestos nitrogenados, que serán exportados hacia las zonas de crecimiento de la planta hospedera (Rawsthorne *et al.*, 1980).

En especies leguminosas arbóreas, la poda del follaje afecta negativamente la nodulación al estimular el desarrollo de nuevo follaje que compite con los nódulos por los carbohidratos disponibles, ya que la recuperación de los árboles podados es apoyada inicialmente por las reservas internas de carbohidratos no estructurales (Erdman *et al.*, 1993, Nygreen y Ramírez, 1995). En las etapas de formación y desarrollo del follaje nuevo se presentan altas tasas metabólicas y de expansión celular, así como la creación de otros sitios que requieren metabolitos para el desarrollo de tejido cicatrizante y substancias antifúngicas, que constituyen grandes zonas de demanda e influyen drásticamente en el patrón de

Cuadro 1. Actividad específica de la nitrogenasa (AEN) en *Gliricidia sepium* en diferentes frecuencias y fechas de muestreo durante cuatro ciclos de podas.

Ciclo	Frecuencia de poda (semanas)	Fechas de muestreo*				Promedio
		1DA [†]	2DD	15DD	30DD	
		AEN nmol C ₂ H ₄ h ⁻¹ mg ⁻¹				
1	4	55.2 b	0.7 b	32.2 b	38.7 b	
	8	254.3 a	73.4 a	249.3 a	264.8 a	
2	4	38.7 b	11.3 b	51.6 a	58.8 b	
	12	320.8 a	103.6 a	107.3 a	132.2 a	
3	4	58.8 b	10.5 b	37.7 a	45.3 a	
	8	120.9 a	32.3 a	75.0 a	128.3 a	
4	4	45.3 d	24.3 a	59.1 c		
	8	128.3 c	26.6 a	110.5 b		
	12	259.4 b	28.7 a	144.5 a		
	24 [‡]	368.9 a	39.7 a	161.3 a		
		Promedio				
	4	49.5	11.7	45.1	47.6	38.5
	8	167.8	44.1	144.9	196.5	138.4
	12	290.1	66.1	125.9	132.2	153.6
	24	368.9	39.7	161.3		190.0

* Valores con la misma letra dentro de columnas y ciclos no son significativamente diferentes (Tukey $p \leq 0.05$).

[†] 1DA = Un día antes de la poda. 2DD, 15DD y 30DD = dos, 15 y 30 días después de la poda.

[‡] Testigo.

distribución de asimilados dentro de la planta (Dickson, 1989; Haddad *et al.*, 1995). Dado que los nódulos tienen una menor prioridad en la asignación de fotosintatos, las podas ocasionan una declinación muy rápida de nódulos activos y un incremento en la senescencia de éstos, al interrumpirse o reducirse el flujo de carbohidratos hacia la raíz (Nygreen y Ramírez, 1995).

Efecto de la Altura de Poda sobre la AEN

En todos los ciclos de podas y fechas de muestreo, la AEN de las plantas podadas a 1.0 m de altura fue de 1.3 a 1.6 veces mayor que en las plantas podadas a 0.5 m de altura, ya que el promedio global de la AEN fue de 115.4 y 86 nmol h⁻¹ mg⁻¹, respectivamente. Sin embargo, después de las podas, la tasa de recuperación de la AEN fue similar en ambas alturas de poda, ya que los promedios de la AEN registrados en las fechas 2DD y 15DD de las podas en las alturas de 0.5 y 1.0 m fluctuaron entre 20 y 25 % y entre 61 y 64 %, mientras que a los 30 DD sólo se alcanzó una recuperación de 70 y 72 % de la AEN inicial, respectivamente, lo cual indica que el efecto del estrés ocasionado por las podas fue más allá de dicho período (Cuadro 2).

El hecho de que las plantas podadas a 1.0 m de altura presenten en forma consistente una mayor AEN

durante todo el período de evaluación, puede estar relacionado con la cantidad de compuestos de carbono almacenados en sus órganos de reserva, incluyendo al tallo. Dickson (1989) señala que en los tejidos del tallo de las plantas leñosas, como el parénquima radial y vertical en la corteza y el xilema, se almacenan una cantidad importante de fotosintatos en forma de carbohidratos, lípidos y otros compuestos, que son utilizados cuando la demanda excede la producción actual. Así, en los tallos de las plantas podadas a 1.0 m, es posible que se almacene una cantidad complementaria de carbohidratos, que contribuya a reducir el nivel de competencia interna por estos compuestos destinados al mantenimiento del proceso simbiótico y a la reactivación de la fotosíntesis.

Por lo anterior, el nivel de competencia se torna más crítico cuando las podas se realizan a menor altura, que se traduce en una menor área de reserva de carbohidratos y, por lo tanto, en una menor actividad de los nódulos. Al parecer, la reconstrucción del área fotosintética tiene mayor prioridad, como ha sido observado en estudios con otras especies leñosas donde se ha demostrado un claro cambio en la asignación de compuestos de reserva, hacia la producción del nuevo follaje inmediatamente después de la poda (Duguma *et al.*, 1988; Haddad *et al.*, 1995). Sin embargo, una vez que el nuevo follaje se vuelve productivo, la actividad nodular empieza a recuperarse con tasas relativas

Cuadro 2. Efecto de la altura de poda sobre la actividad específica de la nitrogenasa (AEN) en *Gliricidia sepium* en diferentes fechas de muestreo durante cuatro ciclos de podas.

Ciclo	Altura de poda m	Fechas de muestreo*				Promedio
		1DA [†]	2DD	15DD	30DD	
		AEN nmol C ₂ H ₄ h ⁻¹ mg ⁻¹				
1	0.5	137.7 b	32.8 b	119.8 b	134.1 b	
	1.0	171.8 a	41.3 a	161.7 a	169.3 a	
2	0.5	164.7 b	40.0 b	60.4 b	78.6 b	
	1.0	194.8 a	74.8 a	98.4 a	112.4 a	
3	0.5	75.2 b	13.6 b	48.8 b	74.2 b	
	1.0	104.5 a	29.1 a	63.8 a	99.4 a	
4	0.5	167.3 b	25.6 b	107.9 b		
	1.0	233.6 a	34.0 a	129.7 a		
		Promedio				
	0.5	136.2	28.0	84.2	95.6	86.0
	1.0	176.2	44.8	113.4	127.0	115.4

* Valores con la misma letra dentro de columnas y ciclos no son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$).

[†] 1DA = Un día antes de la poda. 2DD, 15DD y 30DD = dos, 15 y 30 días después de la poda.

similares en las dos alturas de poda con respecto a los valores iniciales. De hecho, se ha señalado que la velocidad de rebrote después de podar descansa sobre las reservas de almidones del tallo (Erdman *et al.*, 1993), y que la altura de poda es importante sobre el nivel de reservas, a pesar de que el contenido de carbohidratos antes de la poda, generalmente, es mayor en la parte inferior del tallo (Suryanarayana *et al.*, 1994).

Dinámica de la AEN

Dentro de cada ciclo de evaluación (C1, C2, C3 y C4) se observó que la AEN se redujo en forma drástica después de la poda (2DD), con respecto a los valores registrados antes de la eliminación del follaje (1DA); posteriormente, la AEN incrementó gradualmente en los muestreos realizados en las fechas 15 y 30DD, alcanzando al final valores cercanos y en algunos casos mayores que los registrados en 1DA (Figura 1).

Respecto a la frecuencia de poda de cuatro semanas, la AEN promedio de los cuatro ciclos de evaluación en la fecha 2DD fue de 11.7 nmol h⁻¹ mg⁻¹, indicando una reducción de 76 % con respecto a la detectada 1DA de la poda; en las fechas 15 y 30DD de la poda, la AEN alcanzó valores promedio de 45.2 y 47.6 nmol h⁻¹ mg⁻¹, respectivamente, representando una recuperación de entre 91 y 96 % con respecto a los valores promedio iniciales (Figura 1).

Por otro lado, en la frecuencia de poda de ocho semanas, la AEN promedio en todos los ciclos de evaluación se redujo a 44.1 nmol h⁻¹ mg⁻¹ a los 2DD, que representó 73.7 % de la AEN obtenida 1DA; sin embargo, se recuperó hasta alcanzar un promedio de 196.6 nmol h⁻¹ mg⁻¹ a los 30DD de la poda, es decir, 114 % con respecto al promedio inicial (Figura 1). En el último ciclo de poda (C4) se observó con mejor claridad las diferencias entre frecuencias de poda respecto a la capacidad de recuperación de la AEN. En este caso, después de la caída drástica de la AEN a los 2DD de la poda, a los 15DD las plantas con menor frecuencia de poda presentaron una AEN entre 1.8 y 2.7 veces superior a la de las plantas podadas cada cuatro semanas (Figura 1).

Los resultados, indican que la dinámica de la AEN fue influenciada por las podas al follaje, ya que probablemente la caída drástica de la AEN inmediatamente después de las podas se asoció con una asignación reducida de carbohidratos hacia la raíz. En este sentido, Tschaplinsky y Blake (1994) observaron en *Platanus maximowiczii* x *nigra* que a los cuatro días después de la poda, la concentración de sacarosa y galactosa en la raíz disminuyó en 20 y 57 %, mientras que la de sacarosa en el tallo fue de 59 %, con respecto a las plantas sin defoliación. Así mismo, la recuperación observada en la AEN en las dos últimas fechas de muestreo posteriores a las podas, puede ser explicada por una mayor asignación de carbohidratos hacia la raíz debido a la suspensión en la demanda de estos compuestos por el follaje recientemente formado,

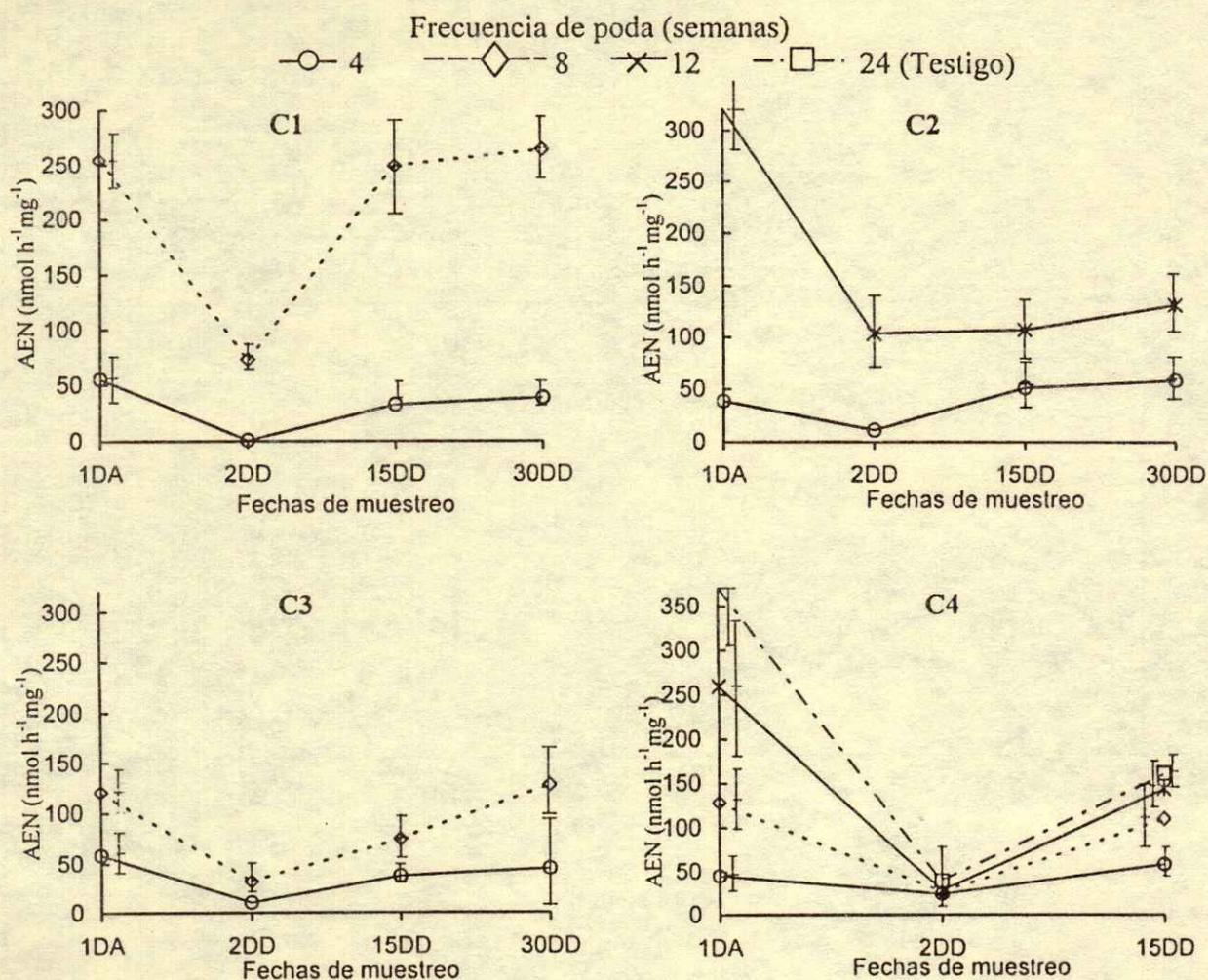


Figura 1. Actividad específica de la nitrogenasa (AEN) en *Gliricidia sepium* en diferentes fechas de muestreo durante cuatro ciclos de aplicación de podas (C1, C2, C3 y C4) con diferentes frecuencias (las barras indican la desviación estándar).

el cual una vez satisfechos sus requerimientos por fotosintatos, está en posibilidad de exportar los excedentes hacia los órganos de reserva de la planta. Al respecto, Tschaplinsky y Blake (1994) mencionan que a pesar de que a los 16 días después de la poda las reservas de almidón y sacarosa en el tallo disminuyeron hasta 49 y 31 % respecto a las plantas control, para el día 80 la concentración de ambos compuestos se recuperó en 68 y 74 %, respectivamente. Por otra parte, la menor tasa de recuperación y los valores más bajos de la AEN observados en las plantas podadas con mayor frecuencia, reflejan una mayor competencia por carbohidratos entre las zonas de demanda de la planta.

Al parecer, esta situación se atenuó en las plantas sujetas a una menor frecuencia de podas, debido a un período activo más prolongado del aparato fotosintético, que permitió una mayor acumulación de carbohidratos en los órganos de reserva y que se reflejó en una recuperación más rápida de la AEN.

Efecto de la Aplicación Recurrente de Podas sobre la AEN

En la frecuencia de poda de cuatro semanas se observó que la AEN obtenida 1DA se redujo en el C2 casi 30 % con respecto al valor observado en el C1, lo cual podría ser un indicio de la falta de recuperación de

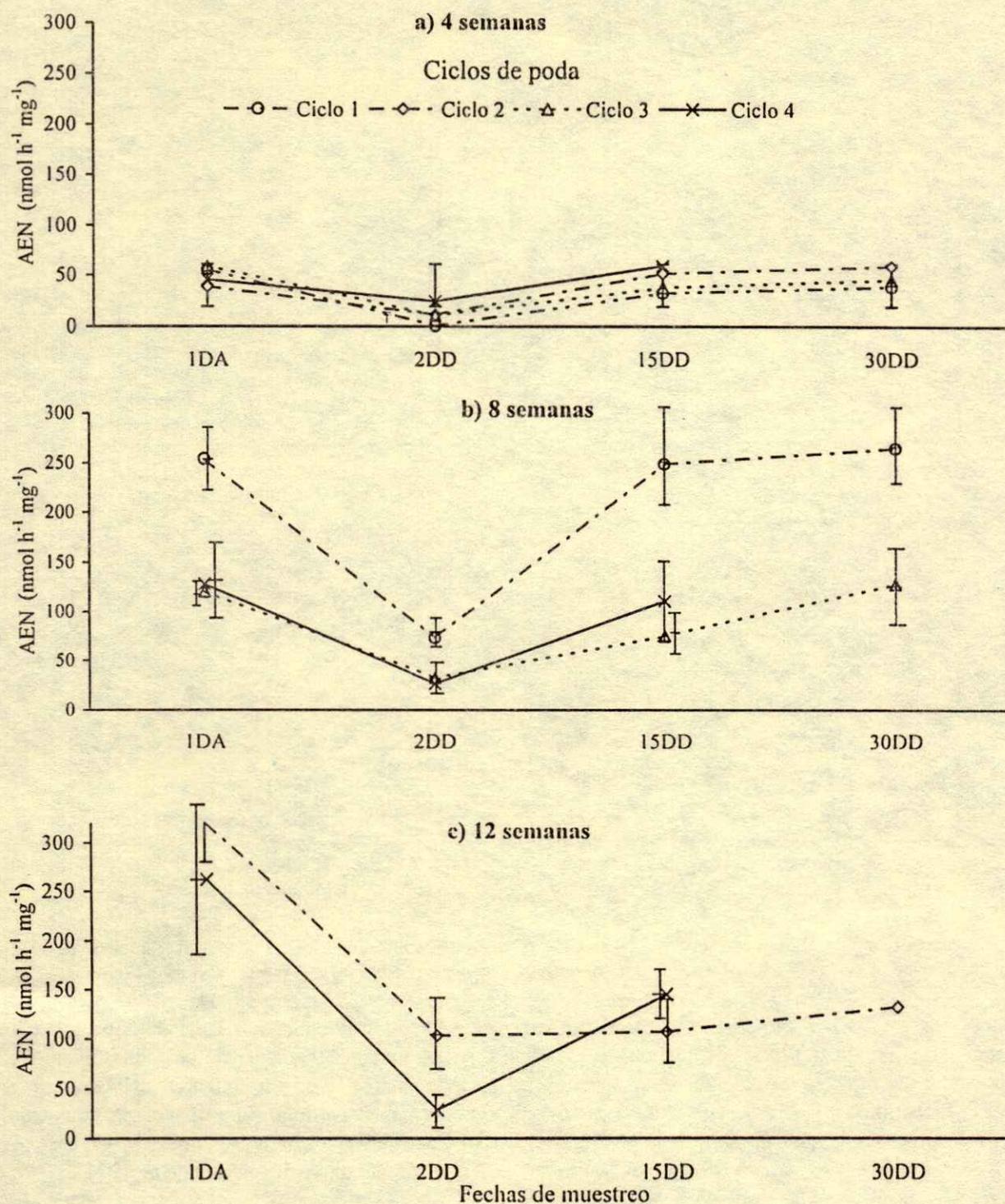


Figura 2. Actividad específica de la nitrogenasa en *Gliricidia sepium* en cuatro fechas de muestreo y ciclos de aplicación recurrente de podas (C1, C2, C3 y C4) con diferentes frecuencias (las barras indican la desviación estándar).

la AEN en los primeros 30 días después de la poda; sin embargo, con excepción de las muestras tomadas antes de efectuar la última poda, en los C3 y C4 se obtuvieron valores de AEN mayores que en el C1 en

cada fecha de muestreo, sin diferencias significativas entre los promedios de la AEN de las fechas 1DA y 30DD en todos los ciclos de evaluación (Figura 2).

En el caso de las podas realizadas cada ocho y 12 semanas, se apreció una reducción de la AEN en los ciclos posteriores, con respecto a los del primer ciclo. En la frecuencia de podas de ocho semanas ocurrió una reducción en la AEN promedio de 57 % durante los C3 y C4, sin diferencias significativas entre ambos ciclos, pero sí con respecto a la AEN promedio del C1. En la frecuencia de poda de 12 semanas, la reducción en la AEN en todas las fechas de muestreo del C4 varió entre 20 y más de 72 % con respecto a los valores en las mismas fechas de muestreo de la primera poda, con diferencias significativas sólo en la fecha 2DD (Figura 2).

Se ha demostrado que la defoliación sucesiva en especies leñosas conduce a la reducción en la concentración de carbohidratos solubles en la zona inferior del tallo y la raíz (Erdman *et al.*, 1993; Tschaplinsky y Blake, 1995), situación que puede incidir negativamente sobre el proceso de fijación simbiótica de N_2 en leguminosas arbóreas. En el presente estudio al parecer esta situación no se manifestó con claridad en la frecuencia de poda cada cuatro semanas, ya que la AEN no mostró un patrón lógico de comportamiento por la aplicación recurrente de podas; lo cual se atribuyó al efecto ambiental estacional sobre el desarrollo del follaje y probablemente, a la acumulación de reservas en la planta así como a la variabilidad intrínseca del muestreo; es decir, que los nódulos hayan estado en diferente grado de desarrollo y/o senescencia, en cada ciclo de podas.

En cambio, la reducción gradual de la AEN en las fechas de muestreo de los ciclos de evaluación de las frecuencias de poda de ocho y 12 semanas, sugiere que la aplicación recurrente de podas al follaje, posiblemente indujo una disminución paulatina en el flujo de carbohidratos hacia la raíz, ya que a pesar de que el aparato fotosintético probablemente produjo y acumuló mayor cantidad de materia seca y asimilados, éstos pudieron ser destinados en mayor proporción para apoyar la recuperación del área foliar, de tal manera que la proporción asignada al proceso simbiótico, posiblemente no fue suficiente para mantener la AEN al mismo nivel en los ciclos de poda posteriores. De hecho, se ha observado en otras especies leñosas que las reservas de carbohidratos son severamente afectadas si la defoliación excede más de 50 % del área fotosintética; además, la continua defoliación total conduce al agotamiento tanto de las reservas de almidón como de azúcares solubles, lo cual sugiere que

el factor crítico en la utilización de almidón de reserva es la ruptura de la relación fuente-demanda debido a la remoción del área foliar (Tschaplinsky y Blake, 1994).

CONCLUSIONES

La frecuencia y altura de podas afectaron en forma significativa la AEN en *Gliricidia sepium*, entre y dentro de los ciclos de poda evaluados. La AEN se redujo en las podas más frecuentes y se incrementó con la mayor altura de poda. Dentro de cada ciclo de evaluación, la AEN se redujo drásticamente después de aplicadas las podas al follaje, pero se recuperó gradualmente hasta alcanzar valores cercanos y en algunos casos mayores que los registrados antes de la poda. Este patrón general de comportamiento se observó en las dos alturas y en todas las frecuencias de poda. La AEN en las frecuencias de poda de ocho y 12 semanas se redujo con los ciclos de poda, esto indica, que la aplicación recurrente de podas disminuye la capacidad de recuperación de la AEN, debido a una reducción en la asignación de carbohidratos hacia el sistema radical.

El presente estudio demuestra que la aplicación de podas al follaje en diferente grado afecta la actividad de la enzima nitrogenasa en *G. sepium*. Por lo tanto, esta práctica debe considerarse como un criterio de gran importancia para el establecimiento y manejo de esta especie, asociada con otros componentes dentro de un sistema agroforestal, donde se pretenda aprovechar su biomasa y capacidad de FBN para mejorar las condiciones de fertilidad del suelo en beneficio de cultivos asociados, situación que constituye un factor clave para el éxito del sistema agroforestal.

LITERATURA CITADA

- Allen, O.N. y E.K. Allen. 1981. The *Leguminosae*: A source book of characteristics, uses and nodulation. University of Wisconsin Press. Madison, WI.
- Awonaike, K.O., S.K.A. Danso y F. Zapata. 1992. Biological nitrogen fixation by *Gliricidia sepium* and *Acacia senegal* in association with *Rhizobium* and *Bradyrhizobium* strains. Nitrogen Fixing Tree Research Reports 10: 36-39.
- Brewbaker, J.L. 1987. Significant nitrogen fixing trees in agroforestry systems. pp. 31-45. In: H.L. Gholz (ed.). Agroforestry: realities, possibilities and potentials. Martinus Nijhoff, Dordrecht, The Netherlands.
- CIAT. 1988. Simbiosis leguminosa-rhizobio. Manual de métodos de evaluación, selección y manejo agronómico. CIAT. Cali, Colombia.

- Dickson, R.E. 1989. Carbon and nitrogen allocation in trees. *Ann. Sci. For. (Suppl.)* 46: 631-647.
- Duguma, B., B.T. Kang y D.U.U. Okali. 1988. Effect of pruning intensities of three woody leguminous species grown in alley cropping with maize and cowpea on an alfisol. *Agroforestry Systems* 6: 19-33.
- Erdman, T.K., P.K.R. Nair y B.T. Kang. 1993. Effects of cutting frequency and cutting height on reserve carbohydrates in *G. sepium*. *For. Ecol. Manag.* 57: 45-60.
- FAO. 1985. La fijación de nitrógeno en la explotación de los suelos. Boletín de Suelos N° 49. Roma, Italia.
- Giller, K.E. y K.J. Wilson. 1991. Nitrogen fixation in tropical cropping systems. CAB International. Oxon, UK.
- Haddad, Y., D. Clair-Maczulajty y G. Bory. 1995. Effects of curtain-like pruning on distribution and seasonal patterns of carbohydrates reserves in plane (*Platanus acerifolia* Wild) trees. *Tree Physiol.* 15: 135-40.
- Hardy, R.W.F., R.D. Holsten, E.K. Jackson y R.C. Burns. 1968. The acetylene-ethylene assay for N₂ fixation. *Plant Physiol.* 43: 1185-1207.
- Kadiata, B.D., K. Mulongoy y N.O. Isirimah. 1998. Effect of tree pruning and pruning application to trees on N₂ fixation by *Leucaena* and *Gliricidia*. *Agroforestry Systems* 39: 117-128.
- Liyanae, M., S.K. Danso y H.P. Jayasundara. 1994. Biological nitrogen fixation in four *Gliricidia sepium* genotypes. *Plant Soil* 161:267-274.
- Mahon, J.D. 1983. Energy relationships. pp. 299-327. In: W.J. Broughton (ed.). Nitrogen fixation. Vol. 3 Legumes. Oxford, Clarendon Press. Oxford, UK.
- Melchor, M.J.I. 1999. Productividad de *Gliricidia sepium* y su potencial para mejorar la fertilidad del suelo. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México.
- Miettinen, P. 1989. Nitrogenase activity in *Prosopis juliflora* seedlings inoculated with *Rhizobium* isolates from eastern Kenya. *Nitrogen Fixing Tree Research Reports* 7: 110-111.
- Nair, P.K.R. 1993. An introduction to agroforestry. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Niembro, R.A. 1986. Arboles y arbustos útiles de México. Editorial LIMUSA. México.
- Nygreen, P. y C. Ramirez. 1995. Production and turnover of N₂ fixing nodules in relation to foliage development in periodically pruned *E. poeppigiana* (*Leguminosae*) trees. *For. Ecol. Manag.* 73: 59-73.
- Pokhriyal, T.C., S.P. Chaukiyal, U. Singh y G.S. Bisht. 1992. Effect of defoliation on acetylene reduction activity in *Dalbergia sissoo*. *Nitrogen Fixing Tree Research Reports* 10: 155-157.
- Rawsthorne, S., F.R. Minchin, R.J. Summerfield, C. Cookson y J. Coombs. 1980. Carbon and nitrogen metabolism in legume root nodules. *Phytochemistry* 19: 341-355.
- Ryle, G.A., C. Powell y A.J. Gordon. 1985. Defoliation in white clover: regrowth and N₂ fixation. *Annals Bot.* 56: 9-18.
- Sanginga, N., B. Vanlauwe y S. K.A. Danso. 1995. Management of biological N₂ fixation in alley cropping systems: estimation and contribution to N balance. *Plant Soil* 174: 119-141.
- SAS. 1985. SAS User's Guide: Basics. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.
- Shantharam, S. y A. Mattoo. 1997. Enhancing biological nitrogen fixation: an appraisal of current alternative technologies for N input into plants. *Plant Soil* 194: 205-216.
- Sheehy, J.E. 1987. Photosynthesis and nitrogen fixation in legume plants. *Crit. Rev. Plant Sc.* 55: 121-159.
- Suryanarayana, S., D.P. Mishra y R.K. Gupta. 1994. Changes of organic reserves in bark during regrowth after cutting of *Leucaena leucocephala* plants. *Indian J. For.* 17: 317-320.
- Tschaplinski, T.J. y T.J. Blake. 1994. Carbohydrate mobilization following shoot defoliation and decapitation in hybrid poplar. *Tree Physiol.* 14: 141-151.
- Tschaplinski, T.J. y T.J. Blake. 1995. Growth and carbohydrate status of coppice shoots of hybrid poplar following shoot pruning. *Tree Physiol.* 15: 330-338.
- Vance, C.P. y G. Heichel. 1991. Carbon in N₂ fixation: limitation and exquisite adaptation. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 42: 373-392.

RESPUESTA DEL MAIZ A DIFERENTES NIVELES DE HUMEDAD EN EL SUELO I. RENDIMIENTO DE GRANO Y SUS COMPONENTES

Maize Response to Different Soil Moisture Levels. I. Grain Yield and Yield Components

David Guadalupe Reta Sánchez y Rodolfo Faz Contreras¹

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo cuantificar el efecto de diferentes niveles de humedad en el suelo en varias fases fenológicas sobre el rendimiento de grano en maíz (*Zea mays* L.). El primer experimento fue establecido en 1989 bajo un diseño experimental de bloques al azar con arreglo de parcelas divididas y seis repeticiones. La parcela grande correspondió a tres fechas de inicio de riego, y la parcela chica a tres intervalos de riego. El segundo experimento se estableció en 1990, bajo un diseño experimental de bloques al azar con seis repeticiones. Se evaluaron ocho calendarios de riego, basados en el inicio de las fases fenológicas. En cada parcela experimental se determinaron la evapotranspiración, rendimiento de grano y sus componentes. La mejor respuesta del maíz en términos de rendimiento de grano y uso del agua evapotranspirada se obtuvo cuando el cultivo tuvo condiciones adecuadas de humedad en el inicio de las siguientes etapas fenológicas: diferenciación de órganos reproductivos [35 a 51 días después de la siembra (dds)], inicio del crecimiento de la mazorca (52 a 65 dds), inicio de emergencia de estigmas (65 a 69 dds) y grano lechoso (85 a 120 dds). Esta respuesta puede ser obtenida con la aplicación de tres o cuatro riegos de auxilio, de acuerdo con la precipitación ocurrida durante el ciclo. Sin embargo, en un año de baja precipitación es necesario aplicar cuatro riegos de auxilio, coincidiendo cada uno de ellos al inicio de las fases fenológicas antes mencionadas. Las deficiencias de humedad durante la diferenciación e inicio de crecimiento de la mazorca, provocaron una reducción del rendimiento de grano de 23 a 34 %, debido a la disminución del número de granos por mazorca de 15 a 26 %. Asimismo, una reducción de la evapotranspiración de 13 % durante el llenado del grano

(85 a 120 dds) provocó una disminución del peso medio de grano en 17 %.

Palabras clave: *Zea mays* L., fases fenológicas, evapotranspiración, calendarios de riego.

SUMMARY

The objective of this study was to quantify the effect of different soil moisture levels in several phenological stages on the grain yield of maize (*Zea mays* L.). The first experiment was established in 1989 using a split plot treatment distribution in a randomized complete block design with six replications, with three initial irrigation dates as main plots and three irrigation frequencies as subplots. The second experiment was performed in 1990 using a randomized complete block design with six replications. In this experiment, eight irrigation schedules based on phenological phase appearance were evaluated. Evapotranspiration, grain yield, and yield components were determined in each experimental plot. The best maize response in terms of grain yield and water efficiency was obtained when soil moisture conditions were adequate at the following phenological phases: reproductive organs differentiation [35 to 51 days after planting (dap)], beginning of ear growth (52 to 65 dap), stigmas emergence (65 to 69 dap), and milk grain (85 to 120 dap). This response can be obtained applying three or four postplanting irrigations, according to the precipitation occurred during the growing cycle. However, in a year of low precipitation, the corn requires four postplant irrigations, each one applied at the beginning of the above mentioned phenological stages. Water deficits during differentiation and beginning of ear growth reduced the grain yield from 23 to 34 % due to the decrement of the number of grain per ear from 15 to 26 %. Likewise, an evapotranspiration reduction (13 %) during grain filling (85 to 120 dap) reduced the kernel weight by 17 %.

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias-CIRNOC-Campo Experimental La Laguna, Apartado Postal 247, 27000 Torreón, Coahuila.

Recibido: Febrero de 1999.

Aceptado: Abril de 2000.

Index words: Zea mays L., phenological phases, evapotranspiration, irrigation schedules.

INTRODUCCION

El crecimiento y rendimiento del cultivo de maíz son afectados en diferente grado, no sólo por la intensidad y duración de las deficiencias de humedad sino también a la fase fenológica en que éstas se presentan (Claassen y Shaw, 1970). La fase más susceptible a períodos cortos de deficiencias de humedad es durante el período alrededor de la emergencia de estigmas, seguida en orden decreciente de vulnerabilidad por el inicio de crecimiento de mazorca y el período vegetativo (Claassen y Shaw, 1970; Grant *et al.*, 1989; Reta *et al.*, 1990). Durante el crecimiento vegetativo, la etapa más temprana susceptible a deficiencias de humedad es la diferenciación de órganos reproductivos, en la cual el rendimiento de grano puede disminuir de 12 a 27 %, debido a la reducción del número de granos por mazorca (Claassen y Shaw, 1970; Lorens *et al.*, 1987; Reta *et al.*, 1990; Jama y Ottman, 1993). Algunos estudios consignan que períodos cortos de deficiencias de humedad entre las etapas de diferenciación de órganos reproductivos y emergencia de estigmas, no presentan efectos significativos sobre el rendimiento de grano (Claassen y Shaw, 1970; Vincent y Woolley, 1972; Grant *et al.*, 1989). Sin embargo, en estudios donde el período de deficiencia de humedad fue más prolongado durante el inicio de crecimiento de mazorca (dos semanas antes de emergencia de estigmas), el rendimiento de grano disminuyó de 29 a 40 %, debido a la reducción del número de granos por mazorca (Reta *et al.*, 1990; d'Andria *et al.*, 1997).

Las deficiencias de humedad durante la formación y llenado del grano pueden provocar una disminución del número de granos por mazorca y/o el peso medio del grano, de acuerdo con la intensidad, duración y fase en que éstas ocurren. Vincent y Woolley (1972) encontraron que deficiencias de humedad durante la fase de formación del grano (10 a 14 días después de la emergencia de estigmas) no provocaron reducción en el rendimiento. Sin embargo, en otros estudios se encontró que deficiencias dentro del período de dos semanas después de la emergencia de estigmas redujeron el rendimiento de grano de 16 a 40 %, debido principalmente a una disminución de 16 a 39 % en el número de granos por planta (Claassen y Shaw, 1970; Harder *et al.*, 1982; Grant *et al.*, 1989). Por otra parte, se ha encontrado que deficiencias de

humedad durante el período de llenado del grano pueden reducir el rendimiento de 29 a 53 %, al disminuir el peso medio de grano de 19 a 49 % (Claassen y Shaw, 1970; McPherson y Boyer, 1977; Jurgens *et al.*, 1978; Grant *et al.*, 1989; Reta *et al.*, 1990).

La variación en la sensibilidad a deficiencias de humedad durante las fases vegetativa y reproductiva del maíz, ofrece la posibilidad de aplicar calendarios de riego que permitan satisfacer los requerimientos hídricos del cultivo sólo en las fases más críticas. De esta forma, es posible optimizar el agua que se aplica al cultivo. El objetivo de este estudio fue cuantificar la respuesta del maíz a diferentes niveles de humedad en el suelo en términos de rendimiento de grano y sus componentes.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en el Campo Experimental La Laguna en Matamoros, Coahuila, México, durante los ciclos de primavera-verano de 1989 y 1990, en un suelo de textura arcillosa. En 1989 se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con arreglo de parcelas divididas en seis repeticiones. En la parcela mayor se estudiaron tres fechas de inicio de riego al primer auxilio [35, 45 y 55 días después de la siembra (dds)], mientras que en la parcela menor se estudiaron tres intervalos de riego, iniciando después de la aplicación del primer riego de auxilio (no riego, 17 y 25 dds), diseñados para que la aplicación de los riegos coincidiera con fases fenológicas importantes como diferenciación de órganos reproductivos (35 dds), inicio de crecimiento de mazorca (52 dds), emergencia de estigmas (69 dds) y grano lechoso (85 dds) (Cuadro 1). En 1990 se evaluaron ocho calendarios de riego basados en el inicio de las fases fenológicas del cultivo antes mencionadas, bajo un diseño experimental de bloques al azar con seis repeticiones (Cuadro 1).

En los dos años de estudio, la parcela experimental constó de 12 surcos a 0.76 m de separación y 10 m de longitud, tomando como parcela útil 6 m de cinco surcos de la parte central de la parcela (22.8 m²). En la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey con un nivel de significación de 5 %. Se sembró el híbrido H-422 en suelo húmedo el 3 y 7 de mayo de 1989 y 1990, respectivamente. Se estableció una densidad de población de 54 386 plantas ha⁻¹, con una dosis de fertilización de 120-60-00 (N-P₂O₅-K₂O), aplicando

Cuadro 1. Calendarios de riego de auxilio (CR) aplicados al maíz en 1989 y 1990 presentados en fases fenológicas y días después de la siembra.

CR	Fases fenológicas y días después de la siembra			
	1989		1990	
1	En(35) [†]	1	En(35)	
2	En(35)-Icm(52)-Aes(69)-Gl(86)	2	En(35)-Icm(52)	
3	En(35)-Pre(60)-Gl(85)	3	En(35)-Icm(52)-Aes(65)	
4	Cva(45)	4	En(35)-Icm(52)-Aes(65)-Gl(85)	
5	Cva(45)-Pre(62)-Fg(79)	5	Cvt(25)-En(35)-Cva(45)-Icm(56)-Aes(65)-Fg(74)-Gl(85)-Gm(95)-Gmd(105)	
6	Cva(45)-Aes(70)-Gmd(95)	6	Cva(45)-Aes(65)-Gl(85)	
7	Icm(55)	7	Icm(52)-Aes(65)-Gl(85)	
8	Icm(55)-Aes(72)-Glm(89)	8	En(35)-Aes(65)-Gl(85)	
9	Icm(55)-Fg(80)			

[†] Cvt = crecimiento vegetativo temprano; En = encañado; Cva = crecimiento vegetativo activo; Icm = inicio crecimiento de mazorca; Pre = preespigado; Aes = aparición de estigmas; Fg = formación de grano; Gl = grano lechoso; Glm = granos lechoso masoso; Gm = grano masoso; Gmd = grano masoso duro.

todo al momento de la siembra. El agotamiento de la humedad en el suelo se evaluó en cada tratamiento en tres repeticiones y tres veces por semana hasta una profundidad de 0.90 m mediante una sonda de neutrones calibrada previamente con muestreos gravimétricos. La evapotranspiración real (Etr) se consideró como la pérdida de humedad en el suelo por evaporación directa desde la superficie más la extracción del cultivo, y se calculó con la siguiente ecuación:

$$Etr = (H1 - H2) (DA) (Pr)$$

Donde: Etr = evapotranspiración real (cm); H1 = humedad anterior (%); H2 = humedad actual (%); DA = densidad aparente (g cm⁻³); Pr = profundidad de cada estrato muestreado (cm).

La cantidad de agua que se aplicó en cada riego fue la necesaria para llevar a capacidad de campo el perfil del suelo hasta 0.90 m de profundidad. Las condiciones climáticas durante el desarrollo del cultivo en 1989 y 1990 se muestran en la Figura 1. En 1989, la precipitación y evaporación durante el ciclo del cultivo fue de 60 y 1156 mm, respectivamente. En 1990, la precipitación acumulada fue de 205 mm, de los cuales, 76 % ocurrió después de la emergencia de estigmas. Antes de esta fase solamente se presentaron lluvias a los 37, 56 y 57 dds. La evaporación en este ciclo fue de 989 mm.

Para aporcar y mantener al cultivo libre de maleza, se realizó una escarda mecánica a los 21 dds. Para el control de plagas, se realizaron dos aplicaciones de insecticida para combatir al gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y al gusano barrenador (*Zea diatraea* spp). Posteriormente, se

realizaron dos aplicaciones para controlar la araña roja (*Tetranychus* spp).

El rendimiento de grano fue ajustado al 15 % de humedad y a una población de 54 386 plantas ha⁻¹. También en la superficie cosechada de cada tratamiento, se obtuvieron los siguientes componentes del rendimiento: número de granos mazorca⁻¹ y peso de 1000 granos. El tamaño de muestra para obtener el número de granos por mazorca fue de 30 mazorcas de la parcela útil en 1989 y 50 mazorcas en 1990.

RESULTADOS Y DISCUSION

Agua Evapotranspirada

En la Figura 2 se presenta el agua evapotranspirada (Etr) en diferentes periodos del desarrollo del maíz bajo varios calendarios de riego (CR) en 1989 y 1990. En el primer año, la mayor Etr ocurrió en el CR 2 (78.9 cm), con cuatro riegos de auxilio (Figura 2-A). En 1990, debido a la aplicación hasta de nueve riegos de auxilio en el CR 5, la máxima Etr fue de 107 cm (Figura 2-E). En ambos ciclos de estudio, cuando el número de riegos de auxilio se redujo a uno o dos, la Etr total disminuyó respecto a los tratamientos con cuatro riegos de auxilio entre 20 y 44 %, mientras que en los tratamientos con tres riegos de auxilio, la Etr total disminuyó entre 3.6 y 25%. Aunque la Etr total durante el ciclo del cultivo es importante para la determinación del rendimiento, lo es también la disponibilidad de humedad en el suelo durante las etapas críticas para la diferenciación y formación de órganos reproductivos.

El consumo de agua en las etapas críticas del cultivo de maíz varían de acuerdo con el calendario de

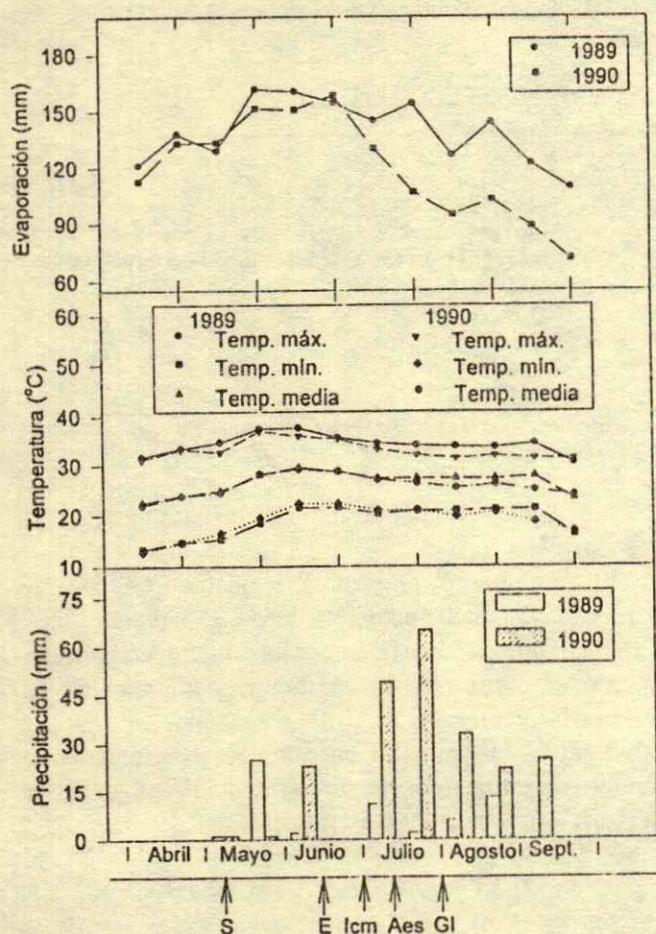


Figura 1. Factores climáticos durante el ciclo de crecimiento del cultivo de maíz en 1989 y 1990. Las principales fases fenológicas también se muestran.

† S = siembra; E = encañado (inicio crecimiento órganos reproductivos); Icm = inicio crecimiento de mazorca; Aes = aparición de estigmas; GI = grano lechoso.

riegos aplicado. Cuando el primer riego de auxilio se retrasó hasta 45 y 55 dds en los CR 5, 6, 8, y 9 en 1989, la Etr durante el período crítico de diferenciación de órganos reproductivos (35 a 52 dds) se redujo de 41 a 58 % (Figura 2-B,C). Durante el ciclo 1990, la aplicación del primer riego de auxilio hasta 45 y 52 dds en los CR 6 y 7, respectivamente, provocó una disminución de la Etr durante el período 35 a 52 dds entre 31 y 77 % (Figura 2-E,F). Asimismo, la no aplicación oportuna del segundo riego de auxilio redujo también la Etr durante el período de crecimiento rápido de la mazorca. El retraso de este riego hasta cerca del inicio de emergencia de estigmas en el CR 3 en 1989, y CR 8 en 1990, causó una reducción de la Etr entre 19 y 56 % durante el período 51 a 69 dds (Figura 2-A,F).

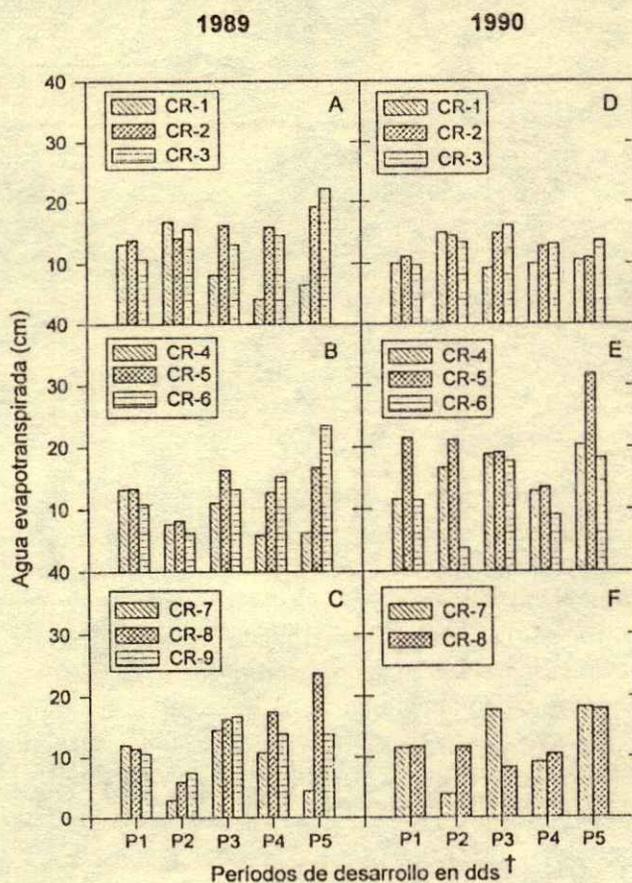


Figura 2. Agua evapotranspirada en varios periodos del desarrollo de maíz bajo diferentes calendarios de riego (CR) en 1989 (A, B y C) y 1990 (D, E y F).

† P1 = 0 a 35 dds (días después de la siembra); P2 = 36 a 51 dds; P3 = 52 a 69 dds; P4 = 70 a 85 dds; P5 = 86 a 120 dds.

Durante la formación del grano e inicio de llenado del grano (69 a 85 dds), la menor Etr ocurrió en los CR 1, 4, y 7 de 1989 (Figura 2-A,B,C) y CR 1 de 1990 (Figura 2-D), en los cuales sólo se aplicó un riego de auxilio. Por otra parte, durante el llenado activo del grano (85 a 120 dds) en 1989, la mayor Etr se presentó en los tratamientos en los que se aplicó el último riego entre los 85 y 95 dds (CR 2, 3, 6, y 8) (Figura 2-A,B,C). Al aplicar el último riego en los CR 5 y 9 entre los 79 y 80 dds, la evapotranspiración se redujo entre 13 y 29 % (Figura 2-B,C). En 1990, la aplicación del último riego a la emergencia de estigmas en el CR 3 ocasionó una reducción de Etr de 32.6 % durante el llenado del grano (Figura 2-D). Probablemente, los 156 mm de precipitación pluvial, ocurridos después de la emergencia de estigmas (Figura 1), evitaron que las deficiencias de humedad fueron mayores durante el llenado del grano.

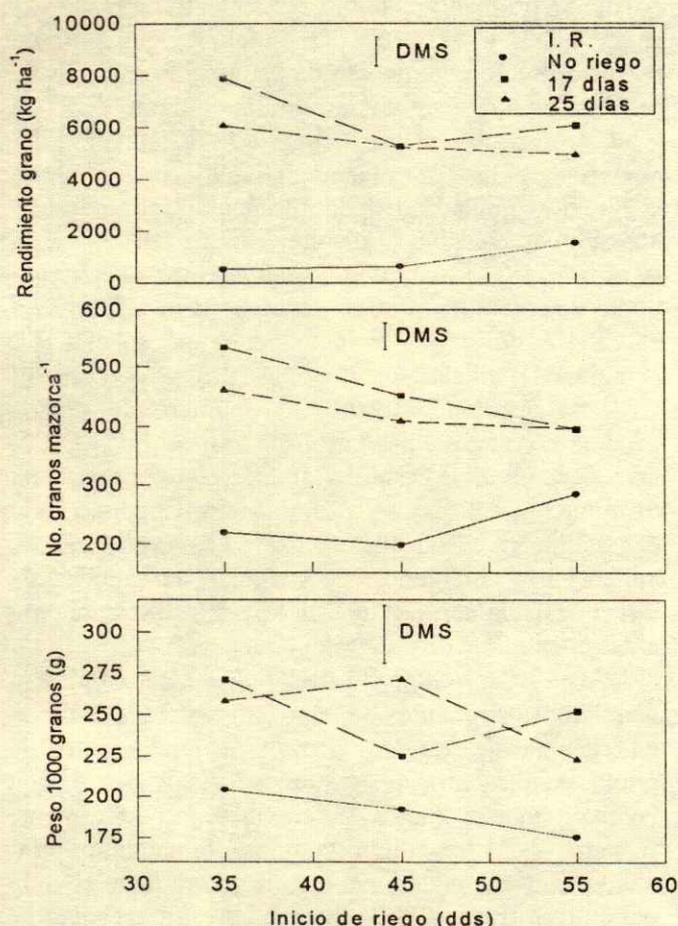


Figura 3. Rendimiento de grano y sus componentes en maíz sujeto a diferentes inicios e intervalos de riego (LR) en 1989. DMS = diferencia mínima significativa (comparación de medias para un mismo inicio de riego) de acuerdo con pruebas de t ($P \leq 0.05$) basadas en errores estándar del diseño de parcelas divididas.

Rendimiento de Grano y sus Componentes

El análisis estadístico del rendimiento y sus componentes en 1989 indicó que hubo diferencia significativa entre algunos de los tratamientos para fechas de inicio e intervalos de riego, así como para la interacción. Esto significa que la respuesta del maíz a los intervalos de riego dependió de la fecha de inicio de riego. En la Figura 3 se observa que el mayor rendimiento de grano se obtuvo con la fecha de inicio de riego a los 35 dds, y un intervalo de riego de 17 días (CR 2). Este tratamiento consistió en la aplicación de cuatro riegos de auxilio, que coincidieron con las etapas de diferenciación de órganos reproductivos, inicio de crecimiento de la mazorca, inicio de emergencia de estigmas y grano

Cuadro 2. Comparación del rendimiento y sus componentes entre diferentes calendarios de riego (CR) evaluados en maíz en 1989.

CR	Rendimiento de grano kg ha ⁻¹	No. granos mazorca ⁻¹	Peso de 1000 granos g
2	7872 a *	534 a	271 a
5	5276 b	451 b	225 b
2	7872 a	534 a	271 a
6	5229 b	408 b	271 a
2	7872 a	534 a	271 a
8	6059 b	395 b	252 a
3	6058 a	461 a	258 a
5	5276 a	451 a	225 b
3	6058 a	461 a	258 a
8	6059 a	395 b	252 a

* Valores con la misma letra son iguales entre sí. En cada columna se comparan por pares las medias de variables de calendarios de riego de acuerdo con pruebas de t ($P \leq 0.05$) basadas en los errores estándar del diseño de parcelas divididas.

lechoso. Sin embargo, cuando el primer riego de auxilio se retrasó hasta 45 ó 55 dds, no hubo diferencia significativa en rendimiento de grano, al regar cada 17 ó 25 días. Esto probablemente se debió al efecto negativo de las deficiencias de humedad durante la diferenciación de órganos reproductivos sobre la formación del número de granos por mazorca. Es decir que, una vez que el número de granos potenciales fue reducido, el cultivo no respondió a la aplicación de riego más frecuente, como se puede observar al comparar la respuesta del maíz en los CR 3, 5 y 8 (Cuadro 2). De hecho, sólo se observó un incremento significativo del peso de 1000 granos en el tratamiento con fecha de inicio de riego a los 45 dds, y un intervalo de riegos de 25 días, sin embargo, esto no afectó el rendimiento de grano (Figura 3).

En el CR3, con inicio de riego a los 35 dds y riego cada 25 días (tres riegos de auxilio), la reducción de la evapotranspiración (19 %) durante el período de 51 a 69 dds (Figura 2-A), como consecuencia del retraso del segundo riego hasta 60 dds, provocó una reducción del número de granos por mazorca y rendimiento de grano de 13.7 y 23 %, respectivamente, (Cuadro 2). Esta respuesta evidenció la importancia de la fase de crecimiento rápido de la mazorca para la determinación del número de granos por mazorca de acuerdo con lo consignado por Claassen y Shaw (1970); Reta *et al.* (1990); d'Andria *et al.* (1997).

En el Cuadro 2 se comparan también el rendimiento de grano y sus componentes entre diferentes calendarios de riego evaluados en 1989. El mayor rendimiento se obtuvo con el CR 2 (35-52-69-86 dds).

Al comparar este tratamiento con los CR 5, 6 y 8, en los cuales se retrasó la aplicación del primer riego a los 45 y 55 dds, puede observarse que el rendimiento disminuyó entre 23 y 34 %, debido a la reducción del número de granos formados en los CR 6 y 8, mientras que en el CR 5 fue afectado tanto el número de granos como el peso medio de grano. En todos estos tratamientos se presentó una reducción importante en la evapotranspiración durante la diferenciación de órganos reproductivos (41 a 58 %) e inicio de crecimiento de la mazorca en el CR 6 (18 %), lo cual probablemente estuvo relacionado con la disminución del número de granos formados, de acuerdo con lo consignado por Claassen y Shaw (1970); Lorens *et al.* (1987); Reta *et al.* (1990); Jama y Ottman (1993). La reducción del peso de 1000 granos (17 %) en el CR 5 fue causada por una reducción de la evapotranspiración de 13 % durante el llenado del grano (85 a 120 dds). Aunque este comportamiento es similar a lo consignado por Claassen y Shaw (1970); McPherson y Boyer (1977); Jurgens *et al.* (1978); Grant *et al.* (1989) y Reta *et al.* (1990), la magnitud de la reducción fue menor que la encontrada por estos autores (19 a 49 %), debido probablemente a las diferencias en intensidad y duración de las deficiencias de humedad.

En 1990, se encontró diferencia significativa entre algunos de los calendarios de riego tanto para el rendimiento de grano como para sus componentes (Cuadro 3). El rendimiento de grano se redujo significativamente en los CR 1, 2, 7 y 8, en los cuales se presentó la mayor reducción de la evapotranspiración durante el ciclo vegetativo del cultivo. Al igual que en 1989, las deficiencias de humedad durante los periodos 35 a 52 dds (diferenciación de

órganos reproductivos-inicio crecimiento de mazorca) en el CR 7, y 52 a 65 dds (inicio crecimiento de mazorca-inicio emergencia de estigmas) en el CR 8, provocaron una disminución del rendimiento de 27 % y 50 %, respectivamente, debido a la disminución del número de granos por mazorca (Cuadro 3). A pesar de la lluvia acumulada ocurrida después de la aparición de estigmas en 1990 (156 mm) (Figura 1), la evapotranspiración se redujo considerablemente desde el inicio de crecimiento de mazorca hasta la madurez en el CR 1 y durante el llenado del grano en el CR 2 (Figura 2-D). Estas condiciones provocaron en el CR 1 la disminución tanto del número de granos formados, como del peso de 1000 granos. En el CR 2, la reducción del peso de 1000 granos causó una disminución del rendimiento de 51 % (Cuadro 3). En el tratamiento 3, no obstante, que el último riego se aplicó en la emergencia de estigmas, la cantidad de lluvia ocurrida después de esta fase fue suficiente para el adecuado llenado del grano (Cuadro 3).

En 1990, los CR 3 y 6 (tres riegos de auxilio), con condiciones adecuadas de humedad antes y durante la emergencia de estigmas, obtuvieron rendimientos de grano estadísticamente iguales a los CR 4 y 5, con cuatro y nueve riegos de auxilio, respectivamente (Cuadro 3). Este comportamiento fue debido principalmente a la precipitación ocurrida durante el ciclo del cultivo (Figura 1), la cual redujo la intensidad de las deficiencias de humedad observadas en 1989 en calendarios con tres riegos de auxilio. Por otra parte, en los tratamientos con tres riegos de auxilio en 1990, pero que presentaron deficiencias de humedad durante la diferenciación (35 a 52 dds) e inicio de crecimiento de órganos reproductivos (52 a 65 dds) (CR 7 y 8), el rendimiento se redujo de 27 a 50 % (Cuadro 3). Esto se presentó a pesar de la lluvia ocurrida después durante el ciclo (Figura 1), ya que el potencial de producción de granos ya había sido reducido. La aplicación de sólo dos riegos de auxilio en los CR 9 (1989) y CR 2 (1990), redujo el rendimiento de grano de 37 a 51 %, con la menor reducción en el primero, donde el primer riego de auxilio se retrasó hasta los 55 dds (preespigado) y el segundo riego se aplicó en grano lechoso (80 dds).

La sensibilidad a deficiencias de humedad del maíz durante las fases de diferenciación de órganos reproductivos e inicio de crecimiento de la mazorca se puede observar en la relación cuadrática entre la cantidad de agua evapotranspirada en estas fases con el número de granos por mazorca (Figura 4-A,B). Asimismo, la estrecha relación entre el peso medio de

Cuadro 3. Rendimiento de grano y sus componentes en maíz bajo diferentes calendarios de riego (CR), en 1990.

CR	Rendimiento de grano kg ha ⁻¹	No. granos mazorca ⁻¹	Peso de 1000 granos g
1	373 d*	112 d	271 bc
2	4226 c	400 ab	219 c
3	7389 ab	484 a	301 ab
4	8668 a	489 a	320 ab
5	9093 a	493 a	336 a
6	7747 ab	440 ab	339 a
7	6295 b	365 bc	324 ab
8	4328 c	282 c	325 ab
DMS [†]	1830.3	102.8	59.4

* Valores con la misma letra son iguales entre sí (Tukey $P < 0.05$). En cada columna se comparan las medias de variables en los calendarios de riego.

[†] DMS = diferencia mínima significativa en la comparación de medias.

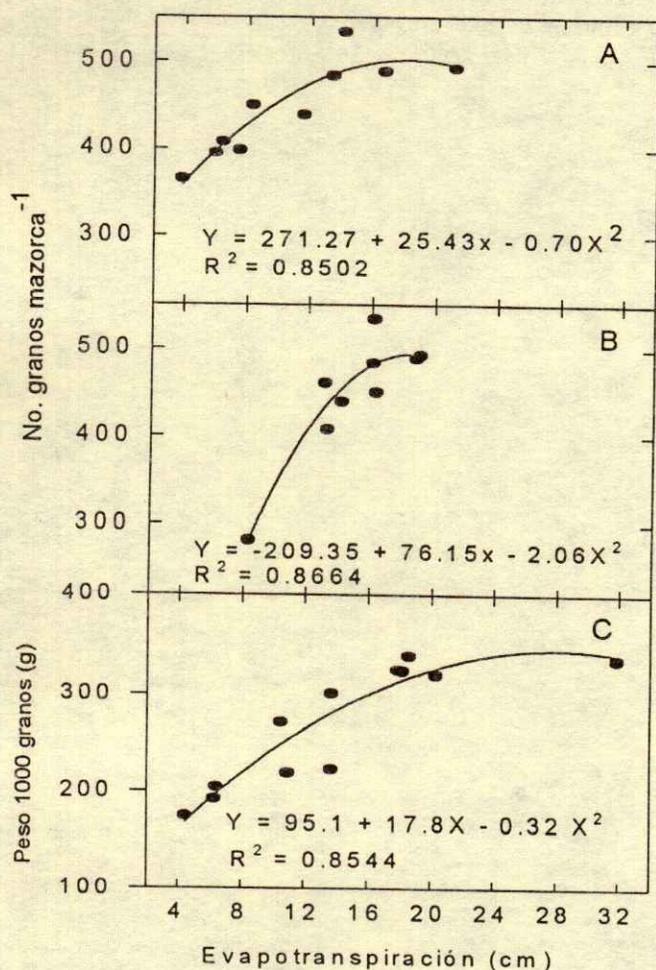


Figura 4. Relación entre evapotranspiración (Etr) en diferentes periodos del ciclo de crecimiento con los componentes del rendimiento del maíz. A = Etr 35 a 52 dds vs No. granos mazorca⁻¹; B = Etr 52 a 69 dds vs No. granos mazorca⁻¹; C = Etr 85 a 120 dds vs peso 1000 granos. Todas las variables incluidas en las ecuaciones fueron significativas (P < 0.05).

grano y la cantidad de agua evapotranspirada durante el período 85 a 120 dds (llenado del grano) indican la necesidad de aplicación de riego en la fase de grano lechoso para el adecuado llenado del grano (Figura 4-C). Estas relaciones cuadráticas entre la cantidad de agua evapotranspirada y los componentes del rendimiento, explican tanto la reducción del rendimiento de grano en los calendarios con tres riegos de auxilio, como la pérdida de eficiencia cuando se aplican más de cuatro riegos de auxilio. Este comportamiento se puede observar en el tratamiento con nueve riegos de auxilio (CR 5), en el cual no se incrementó significativamente el rendimiento (4.9 %) (Cuadro 3), mientras que la lámina de

agua evapotranspirada se incrementó en 33.4 % (Figura 2 E).

CONCLUSIONES

La mejor respuesta del maíz en términos de rendimiento de grano y uso del agua evapotranspirada se obtuvo cuando el cultivo tuvo condiciones adecuadas de humedad en el inicio de las fases de diferenciación de órganos reproductivos (35 a 51 dds), inicio crecimiento de la mazorca (52 a 65 dds), inicio emergencia de estigmas (65 a 69 dds), y grano lechoso (85 a 120 dds). Las deficiencias de humedad durante la diferenciación e inicio de crecimiento de la mazorca, provocaron una reducción del rendimiento de grano de 23 a 34 %, debido a la disminución del número de granos por mazorca de 15 a 26 %. Asimismo, una reducción de la evapotranspiración de 13 % durante el llenado del grano (85 a 120 dds) provocó una disminución del peso medio de grano de 17 %. Los requerimientos hídricos del cultivo pueden ser cubiertos con tres o cuatro riegos de auxilio, de acuerdo con la cantidad y distribución de las lluvias durante el ciclo. Sin embargo, debido a la importancia de la oportunidad de riegos en las etapas críticas del cultivo, en años de baja precipitación es necesario la aplicación de cuatro riegos de auxilio, aplicado cada uno de ellos al inicio de las fases fenológicas antes mencionadas.

LITERATURA CITADA

- Claassen, M.M. y R.H. Shaw. 1970. Water deficit effects on corn. II. Grain components. *Agron. J.* 62: 652-655.
- d'Andria, R., F. Quaglietta Chiarandà, A. Lavini y M. Mori. 1997. Grain yield and water consumption of ethephon-treated corn under different irrigation regimes. *Agron. J.* 89: 104-112.
- Grant, R.F., B.S. Jackson, J.R. Kiniry y G.F. Arkin. 1989. Water deficit timing effects on yield components in maize. *Agron. J.* 81: 61-65.
- Harder, J.J., R.E. Carlson y R.H. Shaw. 1982. Yield, yield components and nutrients content of corn grain as influenced by post-silking moisture stress. *Agron. J.* 74: 275-278.
- Jama, A.O. y M.J. Ottman. 1993. Timing of the first irrigation in corn and water stress conditioning. *Agron. J.* 85: 1159-1164.
- Jurgens, S.K., R.R. Johnson y J.S. Boyer. 1978. Dry matter production and translocation in maize subjected to drought during grain fill. *Agron. J.* 70: 678-692.
- Lorens, G.F., J.M. Bennett y B. Loggale. 1987. Differences in drought resistance between two corn hybrids. II. Component analysis and growth rates. *Agron. J.* 79: 808-813.
- McPherson, H.G. y J.S. Boyer. 1977. Regulation of grain yield by photosynthesis in maize subjected to a water deficiency. *Agron. J.* 68: 714-718.

Reta S., D.G., R. Reta S. y M.A. Martínez D. 1990. Influencia de diferentes niveles de humedad en el suelo sobre el rendimiento de grano y la producción de materia seca del maíz. ITEA 86V: 37-45.

Vincent, G.B. y D.G. Woolley. 1972. Effect of moisture stress at different stages of growth: II. Cytoplasmic male-sterile corn. Agron. J. 64: 599-602.

ASPERSIONES FOLIARES DE MANGANESO Y COBRE EN NOGAL PECANERO

Manganese and Copper Foliar Sprays in Pecan Trees

Ma. del Consuelo Medina M.¹, Enrique de J. Medina Moreno, J. Heriberto Aguilar Pérez,
Sergio J. García Garza

RESUMEN

En la región norte de Coahuila se presentan deficiencias de elementos menores en el cultivo del nogal pecanero (*Carya illinoensis*), principalmente de zinc (Zn), manganeso (Mn) y cobre (Cu). Esto se debe al pH alcalino y altas concentraciones de carbonatos de calcio en el suelo, condiciones que limitan la disponibilidad de estos nutrimentos; por lo tanto, es necesario aplicarlos a través del follaje. El Zn ya se aplica en forma regular cada año en la región (porque es la deficiencia más común), pero aún no se generaliza la aplicación de Mn y Cu. Se realizaron cinco experimentos, tres con Mn y dos con Cu, con el objetivo de evaluar el efecto de dosis y número de aspersiones foliares sobre la concentración foliar de esos nutrimentos, longitud de brotes, índice de desbalance nutrimental (en los experimentos de Mn), rendimiento y calidad de nuez del nogal pecanero. Los resultados indican, que para árboles en desarrollo se requiere una aspersión de Mn con 2000 mg L⁻¹ el 18 de abril y para árboles en producción hay dos opciones: una aspersión de Mn con 4000 mg L⁻¹ el 18 de abril o dos aspersiones de Mn con 2000 mg L⁻¹ cada una, el 18 de abril y 9 de mayo. Para la deficiencia de Cu, en árboles en producción se requieren dos aspersiones de Cu con 50 mg L⁻¹ cada una, el 17 de abril y el 30 de mayo.

Palabras clave: *Carya illinoensis*, *nutrición vegetal*.

SUMMARY

In the Northern region of Coahuila there are micronutrient deficiencies in pecan trees (*Carya*

¹ Campo Experimental La Laguna, Centro de Investigación Regional Centro-Norte. INIFAP. Apartado Postal 247, 27000 Torreón, Coahuila, México.

Recibido: Noviembre de 1997.
Aceptado: Marzo de 2000.

illinoensis), mainly of zinc (Zn), manganese (Mn), and copper (Cu). These deficiencies are caused by alkaline pH and high calcium carbonate concentrations in the soil, which limit the availability of these micronutrients. Therefore, it is necessary to apply these nutrients to foliage. Zinc is regularly applied each year in this region (the more common deficiency), but not Mn and Cu. Five experiments were conducted, three with Mn and two with Cu. The objective was to evaluate the effect of doses and number of sprays on the foliar concentration of these nutrients, shoot length, nutritional imbalance index (in Mn experiments only), yield and nut quality. The results indicated that young pecan trees require one Mn spray with 2000 mg L⁻¹ on April 18. For pecan trees in production there are two options: one Mn spray with 4000 mg L⁻¹ on April 18, or two Mn sprays with 2000 mg L⁻¹ each, on April 18 and May 9. To decrease Cu deficiency in pecan trees in production, two Cu sprays are required with 50 mg L⁻¹ each on April 17 and May 30.

Index words: *Carya illinoensis*, *plant nutrition*.

INTRODUCCION

El Mn tiene funciones de activación de numerosas enzimas relacionadas con el metabolismo de los carbohidratos y reacciones de fosforilación. El Mn es absorbido por las plantas en forma de Mn⁺², en combinación molecular con ciertos complejos orgánicos y directamente a través de las hojas; es comúnmente aplicado foliarmente para corregir deficiencias (Tisdale y Nelson, 1970).

El Cu desempeña funciones catalíticas, siendo parte de varias enzimas importantes como la polifenol oxidasa y la ácido ascórbico oxidasa. Está presente en la plastocianina de los cloroplastos, un componente importante del sistema transportador de electrones de la fotosíntesis y puede estar involucrado en la reducción de nitritos (Bidwell, 1979).

Los síntomas visuales de la deficiencia de Mn son clorosis intervenal y manchas negro-parduzcas en las hojas más jóvenes. Si el Mn va ser asperjado, debería ser usado en combinación con el Zn, puesto que tiene una acción depresiva sobre el Zn (Hibner, 1985). Una deficiencia de Cu puede presentarse como "muerte regresiva" de las ramas en los árboles frutales, donde las hojas se marchitan y caen, la corteza llega a ser áspera y fisurada con exudación de sustancias gomosas (Bidwell, 1979).

Uriu y Koch (1964) aplicaron Mn y Zn foliamente en manzanos con síntomas de clorosis intervenal y bajos niveles de Mn en la hoja. Realizaron tres aplicaciones foliares en abril y mayo con sulfato de Mn a una dosis de 1.1 kg en 379 L de agua y se corrigió la clorosis.

El Cu es necesario en el nogal en cantidades extremadamente pequeñas. En suelos alcalinos con pH arriba de 7.0, la disponibilidad de Cu es limitada en una manera similar al Zn y fierro (Fe) (O'Barr, 1977). Lam (1974-1979) señala que en el nogal las aplicaciones de Cu al follaje podrían obtener una mayor y rápida respuesta que las aplicaciones al suelo.

Los intervalos de suficiencia para Mn en nogal pecanero son de 100 a 1000 mg kg⁻¹ en Georgia, EUA (University of Georgia, 1974-1979), Louisiana (O'Barr y McBride, 1980) y Texas (Stockton, 1985), y de 80 a 300 mg kg⁻¹ en Arizona (Kilby y Mielke, 1982). En Cu, los intervalos de suficiencia son de 10 a 30 mg kg⁻¹ en Georgia EUA (University of Georgia, 1974-1979), Texas (Stockton, 1985) y Arizona (Kilby y Mielke, 1982) y de 8 a 20 mg kg⁻¹ en Louisiana (O'Barr y Mc Bride, 1980).

En la región de Zaragoza, Coahuila, se realizó un diagnóstico nutrimental en 1985, y se encontró que los nutrimentos más deficientes y su incidencia en porcentaje en huertas en desarrollo son Mn, 100 %; Cu, 100 %; fósforo (P), 80 %; potasio (K), 80 %; nitrógeno (N), 60 %; magnesio (Mg), 20 % y Zn, 20 %. En huertas en producción son: Mn, 100 %; P, 90 %; Cu, 70 %; K, 60 %; Zn, 50 % y Mg, 30 %. Además, se concluyó que las principales características y condiciones adversas de suelo asociadas con los desbalances nutrimentales del nogal en el norte de Coahuila son: pH alcalino, alto contenido de carbonato de calcio y niveles altos de compactación del suelo (Medina *et al.*, 1985).

En tres regiones nogaleras de México (Comarca Lagunera, sur de Chihuahua y norte de Coahuila),

también se realizó un diagnóstico nutrimental con dos métodos de interpretación foliar (Medina y Medina, 1994): 1) intervalos de suficiencia de Arizona (Kilby y Mielke, 1982) y 2) el Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (DRIS) (Beaufils, 1973). Se concluyó lo siguiente: 1) el Cu y el Zn están deficientes en las tres regiones y el Mn y el boro (B) en dos regiones (Comarca Lagunera y norte de Coahuila), según los dos métodos; 2) el N está deficiente en las tres regiones según el intervalo de suficiencia, y 3) el Fe está deficiente en dos regiones (Comarca Lagunera y sur de Chihuahua), según el DRIS.

La deficiencia de micronutrimentos (Zn, Cu, Mn, Fe y B) es común en suelos calcáreos (Mengel y Kirkby, 1982), en donde el pH alcalino y los altos contenidos de carbonatos de calcio reducen su disponibilidad para las plantas. Estas condiciones de suelo son comunes en las tres regiones nogaleras de México.

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de diferentes dosis y número de aspersiones foliares de Mn y Cu en la concentración foliar y producción de nuez del nogal pecanero, para evitar una deficiencia severa de estos micronutrimentos en el futuro.

MATERIALES Y METODOS

Se realizaron cinco experimentos: tres con aspersiones de Mn y dos con aspersiones de Cu en la región de Zaragoza, Coahuila (Cuadro 1).

El suelo de la huerta donde se realizaron los experimentos es alcalino (pH>8), sin problema de sales, de textura arcillosa, con altos contenidos de carbonatos de calcio (>50 %), pobre en materia orgánica y de fertilidad media. La concentración de Mn en el suelo es mayor que 1000 mg kg⁻¹, pero no es asimilable por el nogal, debido al alto contenido de carbonatos de calcio y el pH alcalino.

Experimento 1: El diseño experimental fue completamente al azar, con cuatro observaciones. Se calcularon el índice de desbalance nutrimental (IDN) y el orden de requerimiento de nutrimentos (ORN) con la metodología del Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (DRIS) (Beaufils, 1973) y con las normas desarrolladas en México para nogal por Medina y Medina (1994), para ver si coincidía el mejor tratamiento con el IDN menor.

Cuadro 1. Experimentos con aspersiones foliares de manganeso y cobre, en árboles de nogal pecanero 'Western', en Zaragoza Coahuila, durante 1986 a 1991.

No.	Nutrimento	Año	Edad árboles	Dosis mg L ⁻¹	Producto	Aspersiones		Dosis total mg L ⁻¹	Muestreo foliar día/mes
						No.	Día/mes		
1	Manganeso	1986	6 años	0	MnSO ₄	1	23/V	0	13/VI, 2/VII, 4/VIII, 3/IX
				500				500	
				1000				1000	
				1500				1500	
				2000				2000	
2	Manganeso	1989	14	0	MnSO ₄	4	26/IV, 9/V 2/VI, 4/VII	0	12/V, 20/VI, 28/VII
				1000				4000	
				2000				8000	
3	Manganeso	1990 1991	15 y 16	0	MnSO ₄	0 1,2,3 1,2,3	18/IV, 30/V 27/VI	0	15/VII
				2000				2000, 4000, 6000	
				4000				4000, 8000, 12000	
4	Cobre	1990	15	0	CuSO ₄ ·5H ₂ O	1	15/VI	0	15/VII
				25				25	
				50				50	
				75				75	
				100				100	
5	Cobre	1991	16	0	CuSO ₄ ·5H ₂ O	0 1,2,3 1,2,3	17/IV, 30/V 27/VI	0	25/VII
				50				50, 100, 150	
				100				100, 200, 300	

Experimento 2: Se midió la longitud del brote en los cuatro puntos cardinales del árbol en tres fechas: 12 de mayo, 20 de junio y 28 de julio. Se evaluó el rendimiento en kilogramos de nuez por árbol y la calidad de la nuez (porcentaje de almendra, nueces por kilogramo y nueces germinadas, verdes o vanas). Se calcularon el IDN y el ORN con la metodología del DRIS. El diseño experimental fue completamente al azar, con cuatro observaciones.

Experimento 3: En los dos años se evaluaron el rendimiento de nuez en kg por árbol y el porcentaje de almendra. En 1991, se midió la longitud final del brote. El diseño experimental fue completamente al azar, con seis observaciones. Para las dosis de 2000 y 4000 mg L⁻¹ se emplearon 9 y 18 kg de sulfato de Mn (27 % de Mn), respectivamente, en 1200 L de agua.

Experimento 4: Se evaluó la longitud final del brote. El diseño experimental fue completamente al azar, con cuatro observaciones. Se utilizó sulfato de Cu (25 % de Cu).

Experimento 5: Se evaluaron el rendimiento en kg de nuez por árbol, el porcentaje de almendra y longitud final del brote. El diseño experimental fue completamente al azar con seis observaciones. Se

utilizó sulfato de Cu (CuSO₄·5H₂O) con 25 % de Cu; para las dosis de 50 y 100 mg L⁻¹ de Cu se emplearon 240 y 480 g del producto, respectivamente, en 1200 L de agua.

En los cinco experimentos: el muestreo foliar se realizó colectando 100 folíolos por tratamiento, seleccionando los dos centrales de una hoja compuesta ubicada en la parte media del brote, la unidad experimental fue un árbol, se realizó el análisis de varianza, y la comparación de medias se hizo con la prueba Duncan al 5 %.

La huerta está plantada a 12 x 12 m con 70 árboles por hectárea y el cultivar es 'Western'. Se fertilizó al suelo con 800 kg ha⁻¹ de sulfato de amonio (164 kg de nitrógeno). Al follaje se hicieron las siguientes aplicaciones: a) cinco de zinc, con 3 L de NZN en 1000 L de agua (excepto en 1986 en el experimento de Mn); el NZN está compuesto por urán (mezcla de urea, nitrato de amonio y nitrato de zinc) y nitrato de zinc (1:1); el porcentaje de cada elemento dentro del NZN es de 15 % de N y 5 % de Zn; b) dos de nitrato de potasio con 4 kg en 1990 y 1991; c) dos del insecticida Lorsban con 1.5 L de ingrediente en 100 L⁻¹ de agua para el gusano barrenador de la nuez; y d) dos

Cuadro 2. Elementos minerales, índices DRIS, índices de desbalance nutrimental (IDN) y orden de requerimiento nutrimental (ORN), en árboles de nogal pecanero 'Western' asperjados con manganeso a diferentes concentraciones, en 1986.

Conc. Mn	Nutrimentos						IDN			Orden de requerimiento nutrimental							
	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu									
mg L ⁻¹	%			mg kg ⁻¹													
0	0.09 [†]	0.78	2.21	0.32	95	36 c	12	4	239.1	Zn	Mn>	Mg>	Cu>	Fe>	K>	P>	Ca
	-5 [*]	-6	-1	-25	-20	-73	-83	-25									
500	0.09	0.79	2.47	0.33	99	56 b	11	4	193.0	Zn	Mn>	Mg>	Fe>	Cu>	P>	Ca>	K
	-2	1	-2	-29	-22	-44	-77	-18									
1000	0.10	0.83	1.96	0.27	108	70 b	13	6	152.8	Zn	Mg>	Mn>	Fe>	Ca>	P>	K>	Cu
	-3	-3	-8	-32	-12	-24	-68	-2									
1500	0.09	0.84	2.19	0.29	107	91 a	12	5	152.7	Zn	Mg>	Mn>	Fe>	Ca>	Cu>	P>	K
	-4	2	-7	-33	-17	-17	-66	-6									
2000	0.09	0.92	1.93	0.27	100	107 a	13	5	156.8		Mg>	Fe>	Ca>	Mn>	Cu>	P>	K
	-8	4	-11	-35	-18	-10	-62	-8									
	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS									

NS, *, = No significativo y significativo a P<0.05, respectivamente.

[†] Concentración de nutrimentos (promedio de cuatro fechas).

* Índice DRIS.

del fungicida Benlate a 600 g 100 L⁻¹ de agua. Además, se aplicaron ocho riegos, con láminas entre 15 y 17 cm y para el control de maleza se hicieron seis rastreos

RESULTADOS Y DISCUSION

La aspersión foliar de Mn en árboles en desarrollo, reportó alta significancia estadística en la concentración foliar de Mn, la cual aumenta conforme se incrementa la dosis de Mn aplicada (Cuadro 2). Esto indica que el nogal sí responde a las aspersiones de Mn, aunque se haya aplicado un poco tarde (el 23 de mayo), ya que se debe aplicar a fines de marzo y abril como el Zn cuando ocurre el crecimiento más acelerado del brote (Chávez y Medina, 1992) y se puede lograr una mejor absorción del nutrimento por la planta.

El testigo sin aspersión tenía 36 mg kg⁻¹ de Mn lo cual es deficiente de acuerdo con los valores óptimos

de 80 a 300 mg kg⁻¹ (Kilby y Mielke, 1982) y de 100 a 1000 mg kg⁻¹ (O'Barr y McBride, 1980). Los mejores tratamientos fueron con 1500 y 2000 mg L⁻¹ de Mn, que son estadísticamente iguales y superiores a los otros tres tratamientos, además el Mn ya está en niveles de suficiencia según los autores anteriores.

La concentración foliar de los otros nutrimentos (P, K, Ca, Mg, Fe, Zn y Cu) no mostró diferencia significativa con los tratamientos de Mn aplicado, esto sugiere que al aplicar diferentes dosis de Mn, no existe efecto de antagonismo o sinergismo con los otros nutrimentos analizados. Sin embargo, el K tendía a incrementarse conforme se aumentó la dosis de Mn. Se elimina el resto, porque no hubo significancia.

El ORN del tratamiento testigo indica que los nutrimentos más requeridos son Zn y Mn; conforme se incrementaron las dosis de Mn, la concentración de Mn aumentó. Con el tratamiento 4 (1500 mg L⁻¹), el Mn se incrementó de 36 a 91, los índices DRIS disminuyeron de -73 a -17 y el IDN de 239.1 a 152.7; el Mn pasó al

Cuadro 3. Concentración de manganeso en la hoja, longitud del brote en tres fechas, número de nueces por kilogramo de cosecha y porcentaje de almendra en árboles de nogal pecanero 'Western', asperjados con manganeso a diferentes concentraciones, en 1989.

Conc. Mn	Manganeso en la hoja			Longitud de brote			Nueces por kg	Almendra %
	12/05	20/06	28/07	12/05	20/06	28/07		
mg L ⁻¹	mg kg ⁻¹			cm				
0	26 c	26 b	33 b	8.4	9.0	9.6	177	51.8
4000	81 b	79 a	148 a	10.8	11.2	11.9	173	50.1
8000	155 a	105 a	165 a	8.7	10.7	11.4	175	50.1
	*	*	*	NS	NS	NS	NS	NS

NS, *, = No significativo y significativo a P<0.05, respectivamente.

Cuadro 4. Concentración foliar, índices DRIS, índice de desbalance nutrimental (IDN), rendimiento de nuez y orden de requerimiento nutrimental (ORN), en árboles de nogal pecanero 'Western' asperjados con manganeso en diferentes concentraciones, en 1989.

Conc. Mn mg L ⁻¹	Nutrimentos										Rendimiento kg árbol ⁻¹	IDN	Orden de requerimiento nutrimental
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B			
0	2.2 [†]	0.10	1.2	2.3a	0.43	97	33b	57	7	103	20.3 c	99	Mn>P>Cu>Fe>N>Zn>B>K>Mg>Ca
	-5 [†]	-15	1	12	5	-6	-43	-4	-8	-1			
4000	2.2	0.09	1.1	1.9ab	0.43	98	148a	52	6	101	28.5 a	47	P>Fe>Cu>Ca>Mg>Zn>N>K>B>Mn
	2	-12	3	-3	-1	-11	4	-1	-6	4			
8000	2.3	0.10	1.1	1.6b	0.43	90	165a	48	6	91	22.5 b	53	Fe>P>Ca>Cu>Zn>Mg>B>K>N>Mn
	3	-9	2	-8	-1	-13	8	-3	-7	1			
	NS	NS	NS	*	NS	NS	*	NS	NS	NS	*		

NS, *, = No significativo y significativo a P<0.05, respectivamente.

† Concentración de nutrimentos. * Índice DRIS.

tercer lugar del ORN y estuvo en el intervalo de suficiencia; por lo tanto, este es el mejor tratamiento, ya que con 2000 mg L⁻¹ el IDN se incrementó a 156.8. El Zn siempre fue el más requerido en los cinco tratamientos, porque no se aplicó ese año, como generalmente se hace porque es la deficiencia más común en nogal.

En 1989, se encontró diferencia significativa en la concentración foliar de Mn, con los tratamientos aplicados de Mn en las tres fechas de muestreo (Cuadro 3). El 12 de mayo y 20 de junio sobresalió el tratamiento con 8000 mg L⁻¹ de Mn, ya que aumentó la concentración a 155 y 105 mg L⁻¹ en cada fecha, respectivamente. Sin embargo, el 28 de julio las dosis de 4000 y 8000 mg L⁻¹ de Mn son iguales estadísticamente e incrementaron la concentración a 148 y 165, respectivamente. Esto indica que la mejor dosis sería 4000 mg L⁻¹, ya que el 20 de junio también fue igual estadísticamente a 8000 mg L⁻¹.

El Ca se redujo significativamente conforme se incrementó la dosis de Mn. Esto puede estar sugiriendo un antagonismo entre el Mn y el Ca o del azufre (S) y el Ca, ya que el producto utilizado fue sulfato de manganeso (Cuadro 4).

De acuerdo con los índices DRIS, en el testigo el nutrimento más requerido fue el Mn (es normal, ya que está deficiente con 33 ppm). Al aplicar 4000 mg L⁻¹, la concentración se incrementó de 33 a 148 y el índice DRIS se redujo de -43 a 4 lo que indica suficiencia, el rendimiento es el mayor en forma significativa (28.5 kg árbol⁻¹) y el IDN es el menor (47). El Mn pasa a suficiencia en el ORN, por lo tanto, éste fue el mejor tratamiento. Con 8000 mg L⁻¹, el IDN aumentó y el rendimiento se redujo.

Al aplicar las dosis de 2000 y 4000 mg L⁻¹ de Mn en árboles en producción con una, dos y tres aspersiones, se encontró diferencia significativa en la concentración foliar de Mn, en los dos años de evaluación (Cuadro 5). En 1990, la mejor dosis fue de

Cuadro 5. Concentración foliar de manganeso, rendimiento de nuez, porcentaje de almendra y longitud de brote, en árboles de nogal pecanero 'Western', asperjados con manganeso en diferentes concentraciones, en 1990 y 1991.

Conc. Mn mg L ⁻¹	No. de aspersiones	Concentración de Mn		Rendimiento de nuez		Almendra		Longitud de brote
		1990	1991	1990	1991	1990	1991	
0	0	20 c	24 e	21	10	51 b	48	8.9
2000	1	29 c	222 d	24	10	55 ab	47	8.3
2000	2	120 b	272 d	24	15	56 ab	50	8.5
2000	3	149 b	313 cd	26	16	59 a	49	8.7
4000	1	30 c	407 bc	25	15	54 ab	47	8.8
4000	2	216 a	483 ab	26	12	59 a	50	7.9
4000	3	263 a	552 a	27	12	55 ab	52	7.9
		*	*	NS	NS	*	NS	NS

NS, *, = No significativo y significativo a P< 0.05, respectivamente.

4000 mg L⁻¹ con dos y tres aspersiones, con las cuales se obtuvo una concentración foliar de 216 y 263 mg kg⁻¹ de Mn, respectivamente. Sin embargo, también con 2000 mg L⁻¹ con dos y tres aspersiones se logra una concentración foliar arriba del límite de deficiencia (80 a 100 mg kg⁻¹), ya que se obtuvieron 120 y 149 mg kg⁻¹ de Mn, respectivamente; lo que indica que con 2000 mg L⁻¹ de Mn aplicadas dos veces (total 4000 mg L⁻¹) es suficiente para abastecer de Mn al nogal.

En 1991 ocurre algo similar, con 4000 mg L⁻¹ con dos y tres aspersiones, se logra la mayor concentración foliar de Mn, 483 y 552 mg kg⁻¹, respectivamente, y con una aspersión se logran 407 mg kg⁻¹ de Mn. Sin embargo, con 2000 mg L⁻¹ con dos y tres aspersiones se logran 222 y 272 mg kg⁻¹ de Mn, respectivamente.

En los dos años, el testigo tuvo una concentración de Mn de 20 a 24 mg kg⁻¹, la cual está debajo del límite de deficiencia (80 a 100 mg kg⁻¹), lo que confirma que este nutrimento es uno de los más deficientes en el nogal en esta región de Zaragoza, Coahuila.

Las aspersiones de Mn aumentaron el porcentaje de almendra en 1990 con respecto al testigo, sin embargo, solamente 2000 mg L⁻¹ con tres aspersiones y 4000 mg L⁻¹ con dos aspersiones fueron superiores estadísticamente al testigo.

Resumiendo los resultados de los tres experimentos de Mn realizados durante cuatro años, se concluye que para abastecer de Mn al nogal y tener una concentración foliar arriba del límite de deficiencia, se sugiere realizar los siguientes programas de aspersiones foliares: 1) para árboles en desarrollo (dos a seis años): una aspersión de Mn con 2000 mg L⁻¹, el 18 de abril; 2) para árboles en producción, (>siete años) hay dos opciones: a) una aspersión de Mn con 4000 mg L⁻¹ el 18 de abril, o b) dos aspersiones de Mn con 2000 ppm cada una, el 18 de abril y el 9 de mayo. Estas fechas de aplicación coinciden con el crecimiento del brote, que es cuando las hojas se están desarrollando y pueden absorber más fácilmente los nutrimentos como el Zn y el Mn. Las aplicaciones de Zn en nogal se recomiendan en abril, que es cuando ocurre el crecimiento más acelerado del brote fructífero y vegetativo, y es la etapa de mayor requerimiento de este nutrimento (Chávez y Medina, 1992).

En 1990, se encontró diferencia significativa en la concentración foliar de Cu, la mayor concentración fue de 18 mg kg⁻¹ (está dentro del intervalo de suficiencia) y se obtuvo con la dosis de 100 mg L⁻¹ de Cu, la cual

Cuadro 6. Concentración foliar de cobre y longitud de brote, con aspersiones de cobre en nogal pecanero 'Western', en 1990.

Concentración de cobre mg L ⁻¹	Concentración foliar de cobre mg kg ⁻¹	Longitud de brote cm
0	4 c	7.6
25	10 bc	7.7
50	14 ab	8.2
75	17 ab	8.9
100	18 a	9.5
	*	NS

NS, *, = No significativo y significativo a P<0.05, respectivamente.

fue diferente estadísticamente al testigo y a la dosis de 25 mg L⁻¹ e igual a las dosis de 50 y 75 mg L⁻¹ de Cu (Cuadro 6). El testigo tuvo una concentración de 4 mg kg⁻¹, lo que confirma que está deficiente en esta región de acuerdo con los intervalos de suficiencia de 8 a 20 mg kg⁻¹ (O'Barr y McBride, 1980) y de 10 a 30 (Kilby y Mielke, 1982).

En 1991, también se encontró diferencia significativa en la concentración foliar de Cu. Las mayores concentraciones se lograron con las dosis de 100 mg L⁻¹ de Cu aplicado y conforme se aumenta el número de aspersiones en cualquier dosis, se incrementa la concentración de Cu en la hoja (Cuadro 7). El testigo estuvo en el límite inferior de deficiencia (10 mg kg⁻¹) y el tratamiento con 100 mg L⁻¹ de Cu con tres aspersiones sobrepasa el límite superior del intervalo de suficiencia, que es 30 mg kg⁻¹.

De acuerdo con estos resultados, se considera que la dosis de 50 mg L⁻¹ de Cu con dos aspersiones es suficiente para abastecer de Cu al nogal, ya que se logró una concentración foliar de 21 mg kg⁻¹, la cual

Cuadro 7. Concentración foliar de cobre, rendimiento de nuez, almendra y longitud de brote, con aspersiones de cobre en nogal pecanero 'Western', en 1991.

Conc. de cobre mg L ⁻¹	No. de aspersiones	Conc. foliar de cobre mg kg ⁻¹	Rendimiento kg árbol ⁻¹	Almendra %	Longitud de brote cm
0	0	10 e	12.2	52.4	11.3
50	1	15 d	12.0	50.7	11.3
50	2	21 c	13.2	50.2	11.7
50	3	25 bc	15.0	52.6	9.6
100	1	23 bc	16.1	51.6	10.0
100	2	27 b	17.6	48.1	10.0
100	3	39 a	17.1	49.7	10.6
		*	NS	NS	NS

NS, *, = No significativo y significativo a P<0.05, respectivamente.

está dentro del intervalo de suficiencia (10 a 30 mg kg⁻¹) (Kilby y Mielke, 1982).

De estos dos experimentos se concluye que hubo respuesta rápida en la concentración de Cu al aplicarlo foliarmente, como lo sugirió Lam (1974-1979), por lo que para corregir su deficiencia, se sugiere realizar dos aspersiones con 50 mg L⁻¹ de Cu cada una: el 17 de abril y el 30 de mayo.

CONCLUSIONES

Para corregir la deficiencia de Mn en nogal pecanero, en la región norte de Coahuila y tener una concentración foliar arriba del límite de deficiencia, es necesario realizar las siguientes aspersiones foliares: para árboles en desarrollo se requiere una aspersión de Mn con 2000 mg L⁻¹ el 18 de abril; para árboles en producción hay dos opciones: una aspersión de Mn con 4000 mg L⁻¹, el 18 de abril o dos aspersiones de Mn con 2000 mg L⁻¹ cada una, el 18 de abril y 9 de mayo.

Para corregir la deficiencia de Cu en nogal pecanero, en la región norte de Coahuila y tener una concentración foliar arriba del límite de deficiencia, es necesario realizar dos aspersiones foliares para árboles en producción con 50 mg L⁻¹ de Cu cada una, el 17 de abril y 30 de mayo.

LITERATURA CITADA

- Beaufils, E.R. 1973. Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). A general scheme for experimentation and calibration based on principles developed from research in Plant Nutrition. Soil Sci. Bulletin No. 1. University of Natal, South Africa.
- Bidwell, R.G.S. 1979. Fisiología vegetal. A.G.T. Editor.
- Chávez G., J.F.J. y M.D.C. Medina M. 1992. Aplicaciones foliares de Zinc en nogal pecanero. pp. 27-32. In: Resúmenes del 6° Día del Nogalero. Publicación Especial No. 45. Campo Experimental La Laguna. Centro Regional del Norte-Centro. INIFAP. SARH. Matamoros, Coah., México.
- Hibner, P. 1985. Nutrition. pp. 90-93. In: Proc. 19th Western Pecan Conference. Cooperative Extension Service. New Mexico State University, EU.
- Kilby, M.W. y E. Mielke. 1982. Mineral nutrition of the pecan in the irrigated Southwest. pp. 35-44. In: Proc. 16th Western Pecan Conference New Mexico State University. Coop. Ext. Serv. EU.
- Lam, H.V. 1974-1979. Copper requirement for pecans. The best of Pecan South. pp. 114-115.
- Medina M., M.D.C. y E.D.J. Medina M. 1994. Evaluation of DRIS in Pecan tree in Mexico. Symposium ID-1. Soil testing and plant analysis: Methodology and interpretation. pp. 277-292. Volume 5a. 15th. World Congress of Soil Science. Acapulco, México.
- Medina M., E.D.J., J.H. Aguilar P. y J.A. Cueto W. 1985. Diagnóstico Nutricional del Nogal Pecanero (*Carya illinoensis*) en suelos calcáreos del Norte de Coahuila. Informe de Investigación. Campo Experimental de Zaragoza. CIAN-INIFAP. SARH. Zaragoza, Coahuila.
- Mengel, K. y E.A. Kirkby. 1982. Principles of plant nutrition. 3rd Edition. International Potash Institute, Switzerland. pp. 267-273.
- O'Barr, R.D. 1977. Nutrients: Their impact. Pecan Quarterly 11(4): 4-10.
- O'Barr, R.D. y J.M. McBride. 1980. Pecan leaf sampling for commercial groves. Pecan South 7(3): 42-45.
- Stockton, A. 1985. Interpreting pecan tree nutritional levels through leaf analysis. pp. 99-100. In: Proc. 19th Western Pecan Conference. New Mexico State University. Coop. Ext. Serv. EU.
- Tisdale, S.L. y W.L. Nelson. 1970. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Ed. Montaner y Simon, S.A. Barcelona, España.
- University of Georgia, EUA. 1974-1979. Plant testing service. Leaf analysis chart. The Best of Pecan South.
- Uriu, K. y E.C. Koch. 1964. Response of yellow Newton apple leaves to foliar applications of Manganese and Zinc. J. Am. Soc. Hort. Sci. 84: 25-31.

LABRANZA DE CONSERVACION Y FERTILIZACION EN EL RENDIMIENTO DE MAIZ Y SU EFECTO EN EL SUELO

Conservation Tillage and Fertilization in Corn Yield and its Effect on the Soil

Mario Galeana de la Cruz¹, Antonio Trinidad Santos², Norma Eugenia García Calderón³ y David Flores Román⁴

RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo para evaluar durante tres ciclos de cultivo, dos sistemas de labranza, y ocho tratamientos de fertilización nitrogenada y fosfatada sobre el rendimiento de maíz (*Zea mays* L.), variación en pH, materia orgánica y población de lombrices en un suelo franco arenoso de Chapingo, México. En el experimento se utilizó un diseño en parcelas divididas, en donde las parcelas grandes correspondieron a los Sistemas de Labranza (labranza de conservación con cobertura de veza, labranza de conservación con cobertura de cebada, labranza tradicional con raíz de veza y labranza tradicional con raíz de cebada). Dentro de cada una de las parcelas grandes se distribuyeron al azar los ocho tratamientos de fertilización, que correspondieron a las parcelas chicas. Los cultivos de cobertura se sembraron en otoño y el maíz en primavera. Después de cada ciclo de cultivo de maíz se evaluó su rendimiento y se tomaron muestras de suelo a dos profundidades (de 0 a 5 cm y de 5 a 30 cm) en cada tratamiento, para los análisis de pH y materia orgánica; en el segundo ciclo de cultivo se cuantificó la población de lombrices. El rendimiento de maíz fue mayor en el sistema de labranza de conservación con cobertura de veza (3.19 t ha⁻¹) comparada con cobertura de cebada (2.51 t ha⁻¹). La fertilización nitrogenada aumentó el rendimiento de maíz de 2.39 t ha⁻¹ con 0 kg N a 3.09 t ha⁻¹ con 80 kg N ha⁻¹, cuyos valores fueron estadísticamente diferentes; con la fertilización fosfatada se observó un ligero incremento

de rendimiento no significativo. El pH del suelo se abatió en labranza de conservación con cobertura de veza (de 7.2 a 6.6 de 0 a 5 cm y de 7.2 a 6.9 de 5 a 30 cm de profundidad). En labranza tradicional con raíz de cebada el abatimiento fue ligero (7.4 a 7.1 de 0 a 5 cm y de 7.2 a 7.1 de 5 a 30 cm). El contenido de materia orgánica se incrementó de 1.19 % a 2.55 % de 0 a 5 cm y de 0.99 % a 1.31 % de 5 a 30 cm de profundidad en labranza de conservación con cobertura de veza. Los incrementos más bajos se observaron en labranza tradicional con raíz de cebada (de 1.19 % a 1.40 % de 0 a 5 cm y de 0.99 % a 1.43 % de 5 a 30 cm de profundidad). La población de lombrices aumentó significativamente en los tratamientos con cobertura de veza en labranza de conservación (268 lombrices m⁻²), comparada con labranza de conservación con cobertura de cebada (146 lombrices m⁻²). En la labranza tradicional con raíz de veza se cuantificaron 64 lombrices m⁻² y en la labranza tradicional con raíz de cebada 48 lombrices m⁻². La cobertura de veza favoreció un mayor rendimiento de maíz, abatió el pH del suelo y aumentó el contenido de materia orgánica y la población de lombrices.

Palabras clave: Labranza de conservación, fertilización, cultivo de cobertura, materia orgánica, Vicia sativa, Hordeum vulgare.

SUMMARY

This work was carried out to evaluate, for three consecutive crop cycles, the effect of two tillage systems and eight fertilization treatments of nitrogen and phosphate on corn yield (*Zea mays* L.), soil pH, organic matter content and earthworm population in a sandy loam soil at Chapingo, State of Mexico. A split-plot experimental design was used in the experiment, where the large plots corresponded to tillage system (conservation tillage with vetch cover, conservation tillage with barley cover, traditional tillage with vetch root) and traditional tillage with barley root. In each of the large plots eight fertilization treatments of

¹ Departamento de Parasitología Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo, 56230 Chapingo, Estado de México.

² Programa de Edafología, IRENAT, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México.

³ Laboratorio de Edafología "Nicolás Aguilera", Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.

⁴ Departamento de Edafología, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México.

Recibido: Septiembre de 1998.

Aceptado: Mayo de 2000.

nitrogen and phosphorus were randomly distributed. The cover crops were planted during the fall season and the corn in the spring season. Soil was sampled at two different depths (0 to 5 and 5 to 30 cm) on each treatment before and after the crop cycle to analyze pH and the organic matter; earthworm population was evaluated only at the second corn cycle. Corn yield was higher in the conservation tillage plot with vetch cover (3.19 t ha⁻¹) as compared with the barley cover (2.5 t ha⁻¹). Nitrogen fertilization increased corn yield from 2.39 t ha⁻¹ with 0 kg N to 3.09 t ha⁻¹ with 80 kg N ha⁻¹, which was statistically different. Phosphorus fertilization gave a slight increase of yield but the difference was not statistically significant. Soil pH decreased in the conservation tillage with vetch cover (from 7.4 to 6.6 at 0 to 5 cm and from 7.2 to 6.4 at 5 to 30 cm depth) as compared to the traditional tillage with barley root (from 7.4 to 7.1 at 0 to 5 cm and from 7.2 to 7.1 at 5 to 30 cm depth). The organic matter content increased from 1.19 % to 2.55 % at 0 to 5 cm and from 0.99 % to 1.31 % at 5 to 30 cm depth in the conservation tillage with vetch cover, that differs from the traditional tillage with barley root (from 1.19 % to 1.40 % at 0 to 5 cm and from 0.99 % to 1.43 % at 5 to 30 cm depth). The earthworm population increased significantly (Tuckey $\alpha=0.05$) in the treatment with vetch cover (268 earthworms m⁻²) as compared with that of the conservation tillage with barley cover (146 earthworms m⁻²). In the traditional tillage with vetch roots 64.0 earthworms m⁻² were found and in the traditional tillage with barley roots just 48 earthworms m⁻². The vetch cover stimulated higher yield of corn, decreased soil pH but increased both organic matter content and earthworm population.

Index words: Conservation tillage, fertilization, cover crop, organic matter, *Vicia sativa*, *Hordeum vulgare*.

INTRODUCCION

Desde hace siete mil años las tierras se han estado labrando con instrumentos que deterioran el suelo. El deterioro es la pérdida de la productividad actual o potencial de la tierra como resultado de la acción de factores naturales y antropogénicos (Lal, 1979). Este proceso se inicia con la erosión y el abatimiento de la materia orgánica (MO) por el uso continuo y sin prácticas de sostenibilidad del recurso suelo (Raggi, 1990).

Los factores que dan origen a la erosión del suelo son: el impacto de las gotas de lluvia al golpear el suelo, la falta de cubierta vegetal, la desintegración de los agregados del suelo, y la abrasión y transporte de las partículas por escurrimiento del agua (Ellison, 1944; Meyer, 1986; Figueroa y Amante, 1990).

Se han propuesto diferentes alternativas para conservar y proteger el suelo. Una de ellas es el empleo de la labranza de conservación, cuyo estudio se inició en la década de los treinta (Duley y Russell, 1942). La práctica consiste en dejar los residuos de las cosechas anteriores en la superficie del terreno, sin roturar o voltear el suelo, como se hace tradicionalmente.

La cobertura del suelo con rastrojo disminuye el efecto de la erosión e incrementa el contenido de la MO, mejorando con ello las propiedades físicas, químicas, biológicas, y la fertilidad del suelo (Rodríguez *et al.*, 1987; Unger, 1988; Sierra, 1990; Cardini, 1993).

El uso de leguminosas como cobertura con baja relación C/N es mejor que el de las gramíneas, por la rápida descomposición y liberación de nutrientes (Lal, 1979). Sin embargo, la cobertura de gramíneas incrementa el contenido de MO y, además, mejora la estructura del suelo por el tipo de desarrollo de su sistema radical (García, 1996).

Trinidad (1978) observó que la cobertura de veza (*Vicia villosa* Roth) y de trébol (*Trifolium incarnatum* L.), incorporados o dejados como cobertura, contribuyen en el aumento de rendimiento del maíz (*Zea mays* L.). El uso de estos residuos como abono en cobertura produjo un rendimiento promedio equivalente a la aplicación de 117 kg ha⁻¹ de nitrógeno en dos ciclos de cultivo.

Akobundu (1987) demostró que la cobertura de leguminosas verdes o secas beneficia al suelo con el aporte de nitrógeno y actúa como conservadoras de éste. Crovetto (1992) encontró que los rastrojos de diferentes cereales mejoran las condiciones físicas y evitan la pérdida de la fertilidad del suelo.

En este trabajo se reporta el efecto de la labranza de conservación y niveles de fertilización nitrogenada y fosfatada sobre el rendimiento de maíz, y cambios en el pH, contenido de materia orgánica y población de lombrices del suelo bajo el sistema de labranza de conservación.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se llevó a cabo en campo durante tres años consecutivos (1994, 1995 y 1996) para evaluar dos sistemas de labranza (tradicional y de conservación) y ocho tratamientos de fertilización que resultaron de la combinación de cuatro niveles de nitrógeno (0, 40, 80 y 120 kg ha⁻¹) y dos de P₂O₅ (0 y 80 kg ha⁻¹). En el sistema de labranza de conservación se consideraron dos tipos de coberturas: de veza (*Vicia sativa* L.) y de cebada (*Hordeum vulgare* L.). La labranza tradicional se llevó a cabo en las parcelas de veza y cebada después de haber eliminado la biomasa de estos cultivos. De esta manera, se tuvieron cuatro parcelas grandes: labranza de conservación con cobertura de veza (LCCV), labranza de conservación con cobertura de cebada (LCCC), labranza tradicional con raíz de veza (LTRV) y labranza tradicional con raíz de cebada (LTRC). En cada una de estas parcelas grandes se distribuyeron al azar los tratamientos de fertilización.

La matriz de tratamientos dio lugar a un factorial completo de 4 x 8, formando un total de 32 tratamientos. Los tratamientos se distribuyeron en bloques al azar con parcelas divididas repetidas tres veces, en donde las parcelas grandes corresponden a tipos de coberturas y sistemas de labranza, y las parcelas chicas a niveles de fertilización. La parcela chica fue de cinco surcos de 0.80 m de ancho por 10 m de largo. Se utilizó el maíz (*Zea mays* L.) cuatero 92 como cultivo indicador de los tratamientos.

El experimento se ubicó en el campo experimental Xaltepa de la Universidad Autónoma Chapingo, que se caracteriza por una temperatura media anual de 18.1 °C; precipitación anual, 612 mm; pH del suelo 7.3 (Coleman y Thomas, 1967); textura, franco arenoso (Bouyoucos, 1962); MO 1.32 % (Walkley-Black, 1934); capacidad de intercambio de cationes (CIC) 14.0 me/100 g (Coleman y Thomas, 1967); N_T 0.056 %, (Kjeldahl, citado por Bremner, 1965); P 22.2 mg kg⁻¹ (Bray-I, 1945); K 39.5 mg kg⁻¹ (Chapman, 1965). De acuerdo con estos datos, el suelo es pobre en MO, N_T y K y medio en fósforo.

Los cultivos de cobertura se sembraron en el mes de noviembre, de manera tradicional en el primer año, y en los siguientes con una sembradora dobladense. Se sembró 60 kg de semilla por hectárea, bajo condiciones de riego. Se colectaron muestras de suelo previamente para su caracterización física y química. En la labranza tradicional, después de sacar la biomasa de veza y cebada en el mes de abril, la

preparación del terreno y siembra de maíz se llevó a cabo en el mes de mayo de manera convencional, y en las parcelas de labranza de conservación se cortó y dejó la biomasa y después se aplicó un herbicida (Glifosato 3 L ha⁻¹) para matar la veza y maleza por completo; el maíz se sembró a punta de riego de manera convencional en la labranza tradicional, y en la labranza de conservación con una sembradora dobladense de tres cuerpos. Cuando el maíz tenía 15 cm de altura, se marcaron las parcelas de fertilización, y se procedió a aplicar los tratamientos, usando como fuente de N, urea, y como fuente de P₂O₅, superfosfato de calcio triple.

En la labranza tradicional, el maíz se cultivó en forma convencional y, en el caso de labranza de conservación, las malezas se controlaron con aplicaciones de herbicidas (2,4-D y Paraquat). En la cosecha los rendimientos de maíz en grano se calcularon en toneladas por hectárea a partir de las parcelas experimentales. Después de cosechar el maíz, en cada uno de los ciclos de cultivo se colectaron las muestras de suelo en las parcelas experimentales a dos profundidades (0 a 5 y 5 a 30 cm) para evaluar el cambio de pH y materia orgánica del suelo en los diferentes tratamientos.

En el segundo ciclo de experimentación (1995), se cuantificó la población de lombrices de marzo a noviembre, con evaluaciones mensuales mediante el uso de un bloque de suelo de 30 x 30 x 30 cm. Se contó el número de lombrices y se expresó por metro cuadrado a 30 cm de profundidad.

Los datos del rendimiento de maíz en grano, población de lombrices, pH y MO del suelo, se interpretaron mediante el análisis de varianza de los factores en estudio, utilizando la prueba de Tukey para la comparación de medias según el paquete SAS (1989).

RESULTADOS Y DISCUSION

Rendimiento de Maíz

Los rendimientos de maíz en grano para cada uno de los tratamientos y ciclos de cultivo se presentan en el Cuadro 1.

En el análisis de varianza los rendimientos entre los ciclos de cultivo, fueron diferentes estadísticamente al 5 % de probabilidad de error, esto indica que entre los años los rendimientos fueron diferentes probablemente debido a los cambios climáticos de un año a otro año (Cuadro 1 fila X₈). Se observó que la

precipitación y rendimiento de maíz fueron mayores en 1995 (663 mm y 3.21 t ha^{-1}), en comparación con los años 1994 (603 mm) y 1996 (569 mm) cuyos rendimientos medios fueron de 2.63 y 2.75 t ha^{-1} , respectivamente.

En sistemas de labranza y coberturas (parcela grande) y niveles de fertilización (parcela chica) se encontraron diferencias significativas (Cuadro 1 fila X_4 y columna X_6). En labranza de conservación, el rendimiento de maíz fue diferente estadísticamente entre las dos coberturas (veza y cebada). Con la cobertura de veza se obtuvo un rendimiento promedio de 3.19 t ha^{-1} , mientras que con la cobertura de cebada el rendimiento fue de 2.51 t ha^{-1} (Figura 1).

En los rendimientos medios totales por efecto de la fertilización nitrogenada y fosfatada se encontró respuesta significativa a la aplicación de nitrógeno sin fósforo, de 2.39 con 0 kg N ha^{-1} a 3.06 t ha^{-1} con 120 kg N ha^{-1} (Cuadro 1 columna X_6). En la Figura 2 se muestra la respuesta a los niveles de nitrógeno sin fósforo para cada una de las parcelas grandes, y en la Figura 3 la misma respuesta a nitrógeno pero con fósforo. En ambos casos se observan efectos positivos en el rendimiento por aplicación de nitrógeno. Con la aplicación de fósforo hubo un ligero incremento de rendimiento de 2.79 t ha^{-1} sin P_2O_5 a 2.91 t ha^{-1} con 80 kg ha^{-1} de P_2O_5 (Cuadro 1 columna X_7) cuya diferencia no fue significativa estadísticamente.

El rendimiento mayor se obtuvo en la labranza de conservación con cobertura de veza, lo cual indica que la veza proporciona mejores condiciones para el desarrollo y rendimiento de maíz que la cobertura de cebada. Lal (1979) y Sierra (1990) reportan, aunque

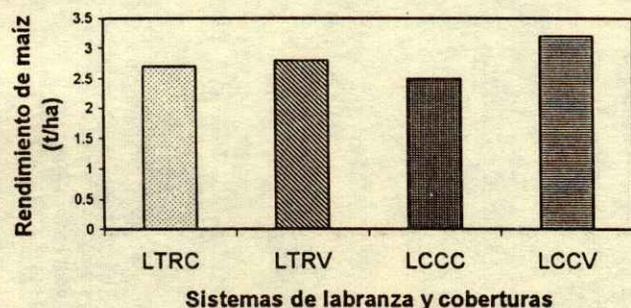


Figura 1. Comparación de rendimiento medio de maíz (t ha^{-1}) en dos sistemas de labranza (LT= labranza tradicional; LC= labranza de conservación) y dos tipos de cobertura (CC= cobertura de cebada; CV= cobertura de veza) en Chapingo, Méx.

no con las mismas coberturas, rendimientos mayores con labranza de conservación.

En el presente trabajo en los dos sistemas de labranza, los rendimientos fueron estadísticamente iguales (2.84 y 2.86 t ha^{-1} , respectivamente) (Cuadro 1 fila X_5). Estos resultados se han reportado por otros investigadores principalmente en los primeros años del uso de esta técnica en la producción agrícola (Phillips y Young, 1973; Phillips *et al.*, 1980; Shenk *et al.*, 1983). Sin embargo, los estudios muestran que a través del tiempo la práctica de labranza de conservación permite mayores rendimientos de los cultivos (Stinner *et al.*, 1983; Blevins *et al.*, 1985; Figueroa y Morales, 1992).

pH del Suelo

El pH del suelo estadísticamente no muestra cambios significativos por efecto de los diferentes tratamientos de sistemas de labranza y cobertura (parcelas grandes) a las profundidades de 0 a 5 y 5 a 30 cm (Cuadros 2 y 3 fila X_4); sin embargo, se observa un ligero abatimiento en labranza de conservación con cobertura de veza comparado con los otros tratamientos en la primera capa de 0 a 5 cm de profundidad.

En los tratamientos de fertilización (parcelas chicas) para las dos profundidades, se observó diferencia significativa al aplicar fertilizante nitrogenado sin fósforo; pero no hubo diferencia cuando se aplicó fósforo en los tratamientos con nitrógeno (Cuadros 2 y 3 columna X_6).

El fertilizante fosfatado no influyó en el cambio del pH en las dos profundidades (Cuadros 2 y 3 columna X_7). En labranza de conservación con cobertura de cebada y cobertura de veza el pH disminuyó a través del tiempo (de 1994 a 1996). En la cobertura de cebada el pH varió de 7.3 a 6.7 y con cobertura de veza de 7.2 a 6.6 de 0 a 5 cm de profundidad (Cuadro 2 fila X_3) y de 5 a 30 cm de profundidad de 7.3 a 6.8 con cobertura de cebada y de 7.2 a 6.9 con cobertura de veza (Cuadro 3 fila X_3).

En la labranza tradicional con raíz de cebada y raíz de veza, estos cambios no se observaron en forma tan marcada; esto indica que las coberturas en la labranza de conservación tienden a abatir el pH del suelo por efecto de la acumulación de materia orgánica y actividad microbiana del suelo, como lo muestran otros trabajos (Crovetto, 1992).

Cuadro 2. pH del suelo, profundidad de 0 a 5 cm en los tratamientos de sistemas de labranza y fertilización en tres ciclos de cultivo (1994-1995-1996) en Chapingo, México.

Trat.	Labranza tradicional (LT)																	
	Raíz de cebada (RC)			Raíz de veza (RV)			Cobertura de cebada (CC)			Labranza de conservación (LC)								
	Ciclo			Ciclo			Ciclo			Ciclo								
	1994	1995	1996	X ₁	X ₂	1994	1995	1996	X ₁	X ₂	1994	1995	1996	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅
N	P ₂ O ₅	0	7.6	7.1	7.2	7.3	7.5	7.0	7.2	7.2	7.5	7.1	7.1	7.2	7.2	7.5	7.2	7.0
		40	7.1	7.0	6.8	6.9	6.7	7.3	7.1	7.1	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	6.8
		80	7.2	7.3	7.1	7.2	6.7	7.2	6.8	6.9	7.2	7.2	6.8	7.0	7.3	7.3	6.8	6.9
		120	6.9	7.0	7.2	7.0	7.3	6.6	7.0	6.9	7.0	7.1	6.5	6.9	7.0	7.1	6.6	6.7
		0	80	7.1	7.3	7.0	7.2	7.4	7.0	7.2	7.5	7.2	6.5	7.0	7.4	7.0	6.8	7.0
		40	80	7.3	7.4	7.0	6.6	7.1	7.1	6.9	7.1	7.3	6.8	7.0	7.2	7.2	7.1	6.5
		80	80	7.3	7.3	7.1	7.5	7.6	7.2	7.4	7.3	6.6	7.0	7.0	7.1	7.1	7.1	6.5
		120	80	7.1	7.2	7.4	6.7	7.4	6.8	6.9	7.5	7.3	6.5	7.0	7.0	7.3	6.6	7.0
		X ₃		7.2	7.2	7.1	7.0	7.2	7.0	7.0 a	7.3	7.1	6.7	7.0 a	7.2	7.0	6.6	6.9 a
		X ₄																
		X ₅																

X₁ Promedio por tratamiento de fertilización (parcela chica) para cada sistema de labranza y cobertura (parcela grande).

X₂ Promedio de tratamientos sin fósforo y con fósforo para cada sistema de labranza y cobertura.

X₃ Promedio por año para cada sistema de labranza y cobertura.

X₄ Promedio para cada sistema de labranza y cobertura.

X₅ Valores promedio con la misma letra son estadísticamente iguales según Tukey al 5 % de confiabilidad.

Cuadro 3. pH del suelo, profundidad de 5 a 30 cm, en los tratamientos de sistemas de labranza y fertilización en tres ciclos de cultivo (1994-1995-1996) en Chapingo, México.

Trat.	Labranza tradicional (LT)																	
	Raíz de cebada (RC)			Raíz de veza (RV)			Cobertura de cebada (CC)			Labranza de conservación (LC)								
	Ciclo			Ciclo			Ciclo			Ciclo								
	1994	1995	1996	X ₁	X ₂	1994	1995	1996	X ₁	X ₂	1994	1995	1996	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅
N	P ₂ O ₅	0	7.5	7.3	7.0	7.3	7.4	6.8	7.1	7.1	7.4	7.5	7.3	7.4	7.2	7.3	7.1	7.2
		40	7.3	7.1	7.0	7.1	6.9	7.1	6.4	6.8	7.6	7.0	7.6	7.4	7.0	7.1	6.7	6.9
		80	7.3	7.4	7.0	7.2	7.3	7.3	7.0	7.2	7.3	7.1	6.6	7.0	7.1	7.1	6.8	7.0
		120	7.1	7.0	7.1	7.0	7.1	7.3	7.4	7.0	7.2	7.0	6.7	6.9	7.1	7.1	6.9	7.1
		0	80	7.2	7.1	7.0	7.2	7.3	6.7	7.0	7.1	7.3	6.5	6.9	7.2	7.0	7.0	7.0
		40	80	6.9	7.2	6.8	6.9	7.0	6.8	6.9	7.2	7.3	7.0	7.1	7.1	7.6	7.0	7.2
		80	80	7.3	7.0	7.3	7.3	6.8	7.1	7.1	7.1	7.2	6.5	6.9	7.3	7.3	7.0	7.2
		120	80	7.3	7.2	7.2	7.1	7.3	6.6	7.0	7.5	7.1	6.8	7.1	7.0	7.5	7.3	6.8
		X ₃		7.2	7.1	7.0	7.2	7.2	6.7	7.0 a	7.3	7.1	6.8	7.0 a	7.2	7.2	6.9	7.1 a
		X ₄																
		X ₅																

X₁ Promedio por tratamiento de fertilización (parcela chica) para cada sistema de labranza y cobertura (parcela grande).

X₂ Promedio de tratamientos sin fósforo y con fósforo para cada sistema de labranza y cobertura.

X₃ Promedio por año para cada sistema de labranza y cobertura.

X₄ Promedio para cada sistema de labranza y cobertura.

X₅ Valores promedio con la misma letra son estadísticamente iguales según Tukey al 5 % de confiabilidad.

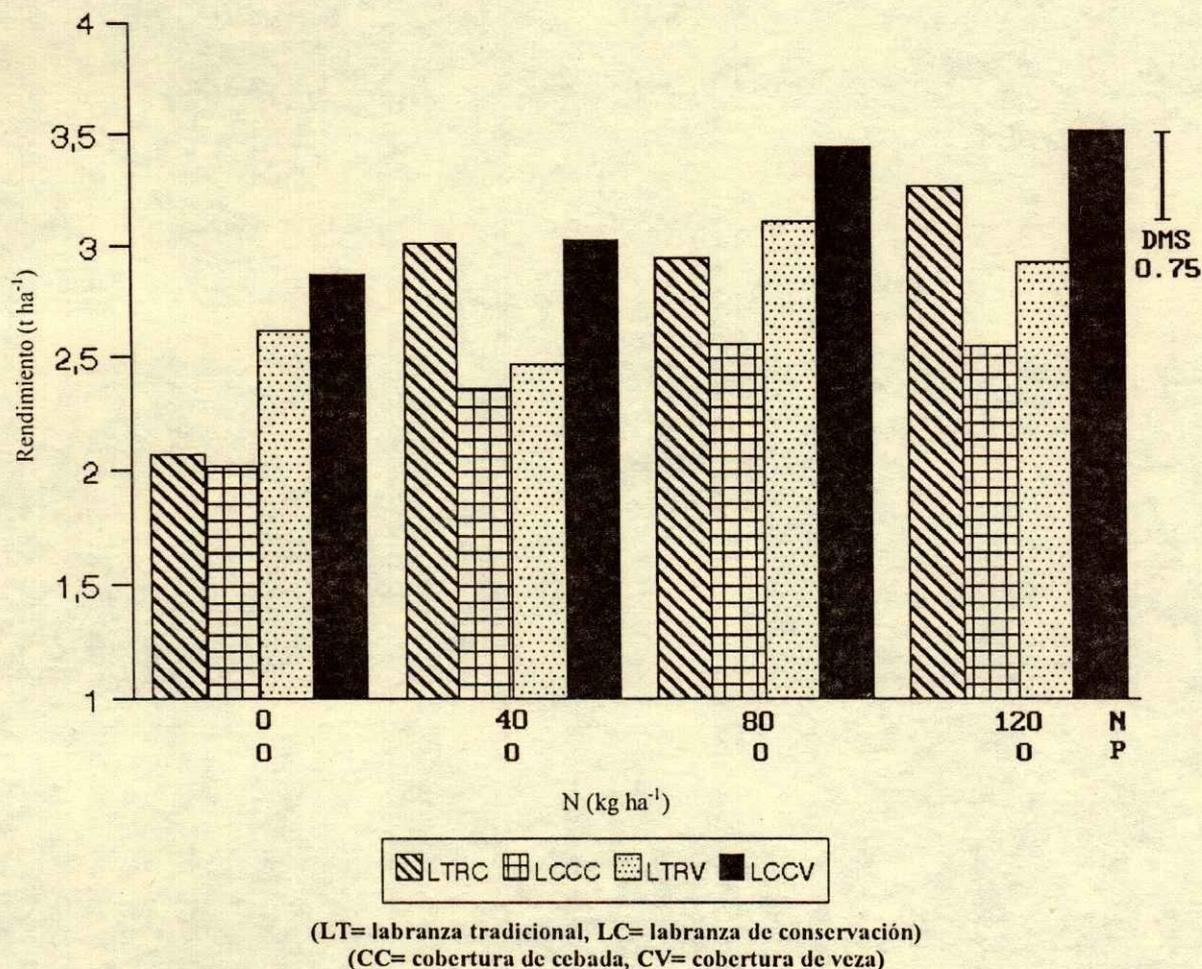


Figura 2. Comparación de rendimiento medio de grano de maíz ($t\ ha^{-1}$) en dos sistemas de labranza con dos tipos de cobertura en tres ciclos con diferentes niveles de nitrógeno y sin fósforo en Chapingo, Méx.

Materia Orgánica

En el contenido de materia orgánica no se observan diferencias significativas entre los sistemas de labranza y cobertura (parcelas grandes) a las profundidades de 0 a 5 y de 5 a 30 cm (Cuadros 4 y 5 fila X₃).

En los tratamientos de fertilización nitrogenada y fosfatada (parcelas chicas) de 0 a 5 cm no se observó ningún cambio estadístico (Cuadro 4 columna X₆); de 5 a 30 cm aumentó el contenido de materia orgánica con el nivel más alto de fertilización nitrogenada con fósforo (Cuadro 5 columna X₆).

En la capa de 0 a 5 cm no se detectaron cambios, posiblemente por la acumulación de mayor cantidad de residuos orgánicos que influyó en el porcentaje de materia orgánica del suelo, enmascarando las diferencias.

De 5 a 30 cm los efectos de los tratamientos de nitrógeno y fósforo se detectaron con mayor claridad, que dio lugar a que se observaran diferencias significativas (Cuadro 5 columna X₆).

Entre los ciclos de cultivo se observó un incremento de materia orgánica en la capa de 0 a 5 cm en labranza de conservación en ambas coberturas. Con cobertura de cebada se incrementó de 1.25 a 2.48 % y con cobertura de veza de 1.12 a 2.52 % (Cuadro 4 fila X₃). Sin embargo, esta misma tendencia de incremento de materia orgánica se observó en la capa de 5 a 30 cm de profundidad en los dos sistemas de labranza, valores cuyas diferencias no son significativas.

Estos resultados indican que la labranza de conservación mejora el contenido de materia orgánica y el nivel de fertilidad del suelo favoreciendo la sostenibilidad de este recurso (Espinoza *et al.*, 1998).

Cuadro 4. Porcentaje de materia orgánica de 0 a 5 cm de profundidad en los tratamientos de labranza y fertilización en tres ciclos de cultivo (1994-1995-1996) en Chapingo, México.

Trat.	N	P ₂ O ₅	Labranza tradicional (LT)						Labranza de conservación (LC)											
			Raíz de cebada (RC)			Raíz de veza (RV)			Cobertura de cebada (CC)			Cobertura de veza (CV)								
			Ciclo			Ciclo			Ciclo			Ciclo								
	0	0	1.35	1.39	1.18	1.30	1.02	0.95	1.85	1.27	1.41	1.10	3.00	1.83	1.28	1.39	2.80	1.82	1.55 a	
	40	0	0.95	1.31	1.36	1.20	1.08	1.15	2.91	1.71	1.41	1.02	2.27	1.56	1.08	1.32	1.65	1.35	1.45 a	
	80	0	1.21	1.72	1.42	1.45	1.54	1.15	2.47	1.72	1.15	1.18	2.00	1.44	0.95	1.72	2.70	1.79	1.60 a	
	120	0	1.61	1.62	1.44	1.55	1.37	0.95	1.15	1.75	1.49	1.25	2.78	1.83	1.66	0.95	1.62	2.80	1.79	1.68 1.61 a 1.55
	0	80	0.88	1.16	1.55	1.19	0.82	0.81	1.34	0.99	1.26	1.15	2.80	1.73	1.21	1.16	2.16	1.51	1.35 a	
	40	80	1.61	1.39	1.16	1.38	0.88	1.08	1.75	1.23	1.21	1.13	2.06	1.46	1.21	1.39	2.70	1.76	1.45 a	
	80	80	1.35	0.69	1.42	1.15	1.08	1.15	1.85	1.36	0.82	1.10	2.99	1.63	1.15	0.69	2.50	1.44	1.39 a	
	120	80	1.48	1.82	1.68	1.66	1.34	1.15	2.22	2.00	1.28	1.12	2.00	1.46	1.57	1.15	1.62	2.92	1.89	1.65 1.61 a 1.45
	X ₃		1.32	1.38	1.40		1.06	1.08	1.99		1.25	1.13	2.48		1.12	1.36	2.52		1.66 a	
	X ₄		1.36 a						1.37 a					1.62 a						
	X ₅		1.36											1.64						

X₁ Promedio por tratamiento de fertilización (parcela chica) para cada sistema de labranza y cobertura (parcela grande).

X₂ Promedio por sistema de labranza.

X₃ Promedio de tratamientos sin fósforo y con fósforo para cada sistema de labranza y cobertura.

X₄ Promedio por año para cada sistema de labranza y cobertura.

X₅ Promedio para cada sistema de labranza y cobertura.

Valores promedio con la misma letra son estadísticamente iguales según Tukey al 5 % de confiabilidad.

Cuadro 5. Porcentaje de materia orgánica de 5 a 30 cm de profundidad en los tratamientos de labranza y fertilización en tres ciclos de cultivo (1994-1995-1996) en Chapingo, México.

Trat.	N	P ₂ O ₅	Labranza tradicional (LT)						Labranza de conservación (LC)											
			Raíz de cebada (RC)			Raíz de veza (RV)			Cobertura de cebada (CC)			Cobertura de veza (CV)								
			Ciclo			Ciclo			Ciclo			Ciclo								
	0	0	1.20	1.52	1.43	1.39	0.83	0.88	1.45	1.05	0.95	0.88	2.00	1.27	1.08	0.88	1.13	1.03	1.18 ab	
	40	0	1.15	1.39	1.33	1.29	1.02	0.95	1.54	1.17	1.48	0.95	1.80	1.41	1.28	0.95	1.45	1.22	1.27 ab	
	80	0	1.02	1.76	1.40	1.39	0.82	1.15	2.00	1.32	0.82	1.15	1.54	1.17	0.88	1.15	1.34	1.12	1.25 ab	
	120	0	1.35	1.52	1.43	1.43	1.37	0.95	0.81	1.50	1.08	1.15	1.49	1.19	1.26	1.02	0.81	1.34	1.05	1.10 1.18 ab 1.22
	0	80	0.75	1.27	1.60	1.20	1.08	0.95	0.99	1.00	0.95	0.95	1.30	1.06	1.02	0.95	0.95	0.97	1.08 b	
	40	80	1.41	1.45	1.35	1.40	1.02	0.96	1.23	1.07	0.95	0.95	1.72	1.70	0.75	0.95	1.23	0.97	1.16 ab	
	80	80	1.35	1.72	1.38	1.48	1.15	0.88	1.34	1.12	1.35	0.88	1.33	1.18	0.95	0.88	1.40	1.07	1.21 ab	
	120	80	1.35	1.65	1.58	1.52	1.40	1.21	1.08	1.54	1.27	1.11	1.30	1.22	1.16	1.08	1.80	1.34	1.40	1.10 1.35 a 1.20
	X ₃		1.19	1.53	1.43		1.01	0.95	1.44		1.13	0.95	1.56		1.00	1.04	1.27		1.10 a	
	X ₄		1.38 a						1.13 a					1.21 a						
	X ₅		1.25											1.15						

X₁ Promedio por tratamiento de fertilización (parcela chica) para cada sistema de labranza y cobertura (parcela grande).

X₂ Promedio de tratamientos sin fósforo y con fósforo para cada sistema de labranza y cobertura.

X₃ Promedio por año para cada sistema de labranza y cobertura.

X₄ Promedio para cada sistema de labranza y cobertura.

Valores promedio con la misma letra son estadísticamente iguales según Tukey al 5 % de confiabilidad.

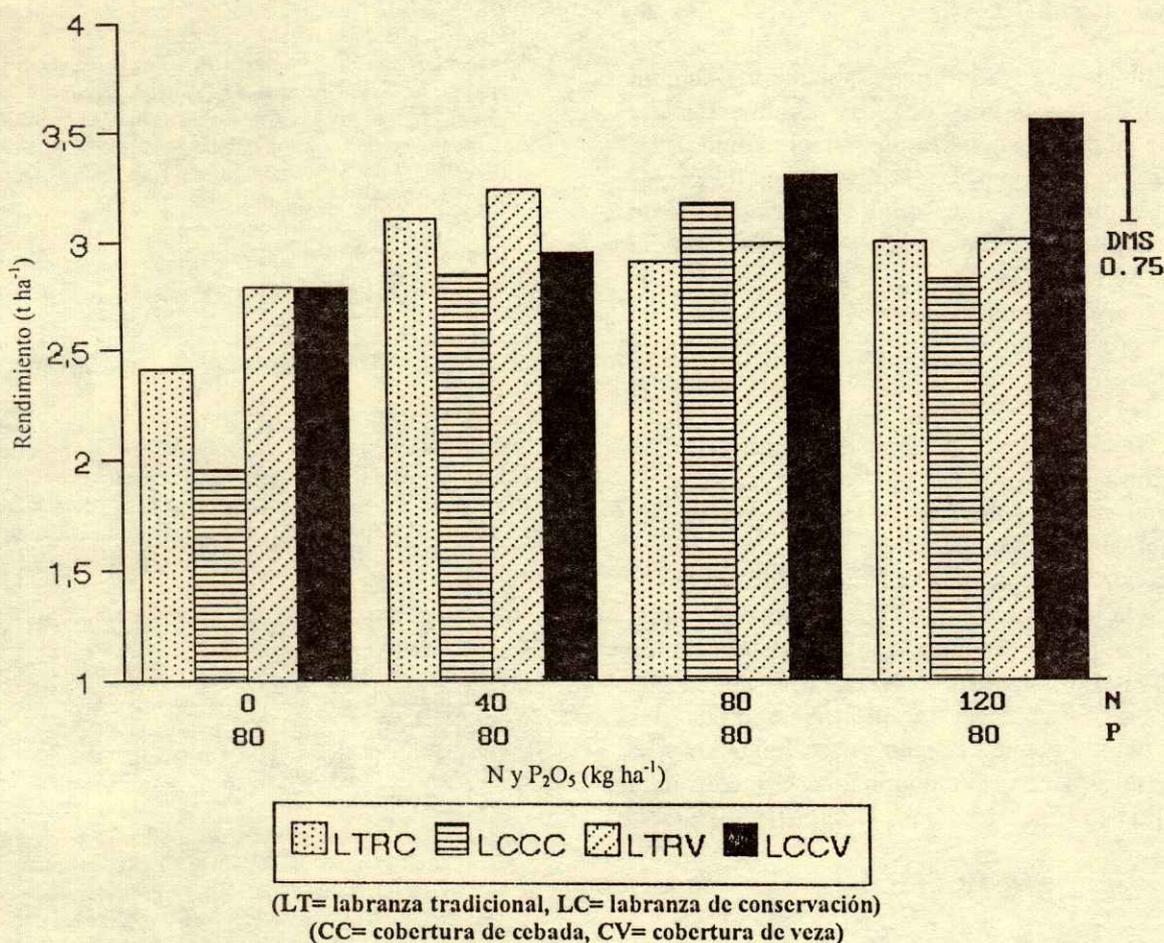


Figura 3. Comparación de rendimiento medio de grano de maíz (t ha⁻¹) en dos sistemas de labranza con dos tipos de cobertura en tres ciclos con diferentes niveles de nitrógeno y con fósforo en Chapingo, Méx.

Cuadro 6. Población de lombrices por metro cuadrado bajo diferentes sistemas de labranza en el cultivo de maíz en Chapingo, México. 1995.

Fecha	Sistemas de labranza				Promedio de lombrices mensuales	1995	
	LTRC	LTRV	LCCC	LCCV		Precipitación mensual	Temp.
	----- Lombrices m ⁻² -----					mm	°C
4-03-95	78	100	144	200	130.50	6.3	19.4
6-04-95	22	33	100	122	69.25	10.7	21.5
1-05-95	33	22	44	89	47.00	43.2	22.4
3-06-95	44	33	256	444	194.25	96.5	20.5
2-07-95	56	89	167	578	222.50	76.7	18.9
1-08-95	0	11	222	265	124.50	194.5	18.4
1-09-95	111	144	189	367	202.75	53.3	18.8
3-10-95	55	111	100	255	130.25	58.8	17.8
1-11-95	33	33	100	100	66.50	35.1	16.7
X ₁	48.0	64.0	146.8	268.8	131.9		
X ₂	56.00 b LT		208.0 a LC				

LTRC Labranza tradicional con raíz cebada. X₁ Promedio por sistemas de labranza y cobertura.
 LCCC Labranza de conservación con cobertura de cebada. X₂ Promedio por sistemas de labranza.
 LTRV Labranza tradicional con raíz de veza.
 LCCV Labranza de conservación con cobertura de veza.

Valores promedio con la misma letra son estadísticamente iguales según Tukey al 5 % de confiabilidad.

Población de Lombrices

La población de lombrices se reporta en el Cuadro 6 para cada uno de los tratamientos de sistemas de labranza y coberturas (parcela grande). La mayor población de lombrices se observa en los meses de junio a septiembre, que comprende los meses de mayor precipitación con una temperatura media mensual de 18 a 20 °C.

El sistema de labranza de conservación permitió mayor número de lombrices (208 lombrices m⁻²) en comparación al sistema de labranza tradicional (56 lombrices m⁻²). Se observó que la mayor población se encontró en la labranza de conservación con cobertura de veza (268.8 lombrices m⁻²) en comparación con la cobertura de cebada que fue de 146.8 lombrices m⁻² (Cuadro 6).

La menor población (48 lombrices m⁻²) se encontró en la labranza tradicional con raíz de cebada, que fue 5.6 veces menor que en labranza de conservación con cobertura de veza. Esto indica que las coberturas favorecen la proliferación de las lombrices debido a que el suelo no se remueve y se tiene material orgánico que condiciona el medio para el desarrollo de estos organismos (Raggi, 1990).

CONCLUSION

La labranza de conservación mejora el rendimiento de maíz, aumenta el contenido de materia orgánica del suelo y favorece las condiciones para la proliferación de lombrices en este sistema. La descomposición de los organismos a través del tiempo abate moderadamente el pH del suelo. El incremento de la materia orgánica y la actividad biológica garantizan la productividad y sustentabilidad de este recurso.

LITERATURA CITADA

- Akobundu, O.I. 1987. Weed science in the tropics, principles and practices. Ed. John Wiley and Sons. New York. USA.
- Blevins, R.L., W.W. Frye y M.S. Smith. 1985. The effects of conservation tillage on soil properties. pp. 99-110. *In: A systems approach to conservation tillage.* University of Kentucky, Department of Agronomy, Lexington.
- Bouyoucos, G.J. 1962. Hydrometer methods improved for making particle size analysis of soil. *Agron. J.* 54: 464-465.
- Bray, R.H. y L.T. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Sci.* 59: 39-45.
- Bremner, J.M. 1965. Total nitrogen. pp. 595-622. *In: C.A. Black (ed.). Methods of soil analysis. Part 2. Agronomy 9. Am. Soc. Agron., Madison Wisc. USA.*
- Cardini, J. 1993. Guía práctica de siembra directa en cultivos forrajeros. Buenos Aires, Argentina.
- Coleman, N.T. y G.W. Thomas. 1967. The basic chemistry of soil acidity. *In: R.W. Pearson y F. Adams (eds.). Soil acidity and liming. Agronomy 12. Am. Soc. Agron. Madison, Wisc.*
- Chapman, H.D. 1965. Cation exchange capacity. pp. 891-901. *In: C.A. Black (ed.). Methods of analysis. Part 2. Agronomy 9. Am. Soc. Agron. Madison, Wisc.*
- Crovetto, C.L. 1992. Rastrojo sobre el suelo. Una introducción a la cero labranza. Talleres gráficos de Editorial Universitaria. Santiago de Chile.
- Duley, E.L. y J.C. Russell. 1942. Effect of stubble mulching on soil erosion and runoff. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 7: 77-81.
- Ellison, W.D. 1944. Studies of raindrop erosion. *Agric. Eng.* 25: 131-136.
- Espinoza, Y., C.W. Rice y R.E. Lamond. 1998. Effects of nitrogen source and tillage on soil organic matter. pp. 105-106. *In: R.G. Lamond (ed.). Kansas fertilizer Research, 1997. Rept. of Progress No. 800. Kansas Ag. Exp. Stn., Manhattan, K.S.*
- Figueroa, S.B. y A. Amante O. 1990. Erosión eólica potencial en las zonas áridas y semiáridas de México. p. 244. *In: Memorias del XXIII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Torreón, Coah. México.*
- Figueroa, S.B. y F.J. Morales. 1992. Manual de producción de cultivos con labranza de conservación. Colegio de Postgraduados, Montecillos, México.
- García C., N.E. 1996. La materia orgánica del suelo. *In: Bioquímica edáfica y de la materia orgánica. Curso. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, DF.*
- Lal, R. 1979. Zero-tillage. pp. 616-620. *In: R.W. Fairbridge y C.V. Finkl Jr. (eds.). The Science Encyclopedia of Soil. Part. I. Physics, Chemistry, Biology, Fertility and Technology. Dowden, Hutchinson and Ross, Stroudsburg, Pennsylvania.*
- Meyer, L.D., 1986. Erosión. Processes and sediment properties for agricultural cropland. International series No. 16, Boston.
- Phillips, R.E., R.L. Blevins, G.W. Thomas, W.W. Frye y S.H. Phillips. 1980. No-tillage agriculture. *Sci.* 208: 1108-1113.
- Phillips, S.H. y H.M. Young. 1973. Agricultura sin laboreo. Labranza cero, Editorial Hemisferio Sur.
- Raggi, M.R. 1990. Importancia de la materia orgánica en las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos. pp. 47-76. *In: Primeras jornadas binacionales de cero labranza. Concepción, Chile.*
- Rodríguez, N.F., S.L.F. Ramírez y R.F. Sustaita. 1987. Materia orgánica. Efecto en el suelo e influencia directa en la planta. Publicaciones del Departamento de suelos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx.
- SAS Institute, Inc. 1989. SAS/QC User's guide for personal computers, versión 6.02. SAS Institute, Inc. Cary, NC, USA.
- Shenk, M.D., J. Saunders y G. Escobar. 1983. Labranza mínima y no labranza en sistemas de producción de maíz (*Zea mays* L.) para áreas tropicales húmedas de Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) Turrialba, Costa Rica. (Serie técnica. Boletín técnico 18).
- Sierra, B.C. 1990. Fertilidad de los suelos en cero labranza. pp. 196-211. *In: Primeras jornadas binacionales de cero labranza. Sociedad de Conservación de Suelos de Chile. Florida, Chile.*
- Stinner, B.R.; G.D. Hoyt y R.L. Todd. 1983. Changes in soil chemical properties following a 12 years: a 2 years comparison of conventional tillage and no tillage agroecosystems. *Soil and Tillage Res.* 3: 277-290.

Trinidad S., A. 1978. An evaluation of the nitrogen production potential of hairy vetch (*Vicia villosa* R.) and crimson clover (*Trifolium incarnatum* C.) in mulch-planted corn. Tesis Doctoral. Universidad de Carolina del Norte, Raleigh, N.C. USA.

Unger, P.W. 1988. Sistemas de labranza para la conservación del suelo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. pp. 151-184.

Walkley, A. y T.A. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determination soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37: 29-33.

PRODUCCION DE FRIJOL BAJO DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZACION NITROGENADA Y FOSFORICA USANDO AGUA RESIDUAL EN BUSTILLOS, CHIH.

Irrigated Bean Production with Different Nitrogen and Phosphorus Rates Using Residual Water in Bustillos, Chih.

Jesús P. Amado Alvarez¹ y Pedro Ortiz Franco

RESUMEN

Los escurrimientos hidrológicos superficiales son eventos que provocan problemas difíciles de resolver, como ocurrió durante 1990 y 1991, en los poblados aledaños a la Laguna de Bustillos, registrando inundaciones considerables. Con el propósito de darle salida al agua almacenada y utilizarla en alguna actividad Agropecuaria, PONDERCEL de Chihuahua y el CESICH hicieron un trabajo con el principal objetivo de registrar en campo la factibilidad de usar el agua residual de la Laguna de Bustillos para la producción de frijol. De julio a octubre de 1992, se hizo el estudio en el ejido Favela sembrando la variedad Pinto Villa, la cual fue sometida a 10 diferentes dosis de fertilización. Con los datos de producción obtenidos se hizo análisis de varianza bajo el diseño completamente al azar. Además se realizó el análisis económico a los tratamientos de fertilización. Se determinaron las principales características físicas y químicas del suelo utilizado, mientras que al agua usada se le determinó su calidad. De la cosecha obtenida se enviaron muestras al laboratorio para consignar la concentración de elementos pesados en el grano del frijol. La mejor respuesta de esta leguminosa (913.8 kg ha⁻¹ de grano y 926.9 kg ha⁻¹ de materia seca) se produjo con el tratamiento de fertilización 80-50-0 de N-P₂O₅-K₂O, el cual tuvo un costo de \$360.00 ha⁻¹, pero generó una ganancia neta de \$1603.00 ha⁻¹, con una tasa de retorno marginal de 503 %. La eficiencia de producción fue 0.17 kg de grano de frijol por m³ de agua sacado de la Laguna de Bustillos, incluyendo cinco riegos de auxilio con láminas brutas de 8.0 cm por riego más 12.24 cm de lluvia efectiva. La concentración de elementos pesados (Pb, Cd, Ni, Co y Cr) en el agua y suelo utilizados, así como en la planta y grano de

frijol, no llegó a los niveles considerados como de riesgo.

Palabras clave: Inundación, desechos industriales, cuenca hidrológica, aspersión, cosecha de frijol.

SUMMARY

The superficial rainfall run-off during 1990 and 1991 caused considerable flooding in the villages around the Bustillos Lagoon which has no outlet. With the purpose to evacuate this stored water and to utilize it for agricultural purposes, PONDERCEL Chihuahua and the Experimental Farm CESICH prepared a study to investigate the possibility of irrigating bean crops with residual water from the Bustillos Lagoon. In 1992, with the above mentioned purpose, a study was undertaken from July till October in a field planted with cv Pinto Villa. Ten different fertilizer rates were applied to the sandy soil. The data obtained from this complete randomized block design were analyzed with the variance and economic analysis. The physical and chemical characteristics of the soil, and water quality were determined. The bean grain crop was analyzed for the heavy elements Pb, Cd, Ni, Co, and Cr. The best bean kernel yield, 913.8 kg ha⁻¹, and dry matter yield, 926.9 kg ha⁻¹, were obtained with the fertilizer rate 80-50-0, which had a production cost of \$360.00 ha⁻¹ (pesos), generating a net profit of \$1603.00 ha⁻¹, and had a 503 % marginal return. The production efficiency was 0.17 kg of kernels for each cubic meter of water pumped from the Bustillos Lagoon. The bean crop received 40.0 cm of water from five irrigations 8.0 cm each, and 12.24 cm of rainfall. The concentration of heavy metals (Pb, Cd, Ni, Co, and Cr) both in the irrigation water and in the soil used, as well as in the plant and in the kernel, was insignificant.

Index words: Inundation, industrial remainder, hydrological hollow, sprinkling, bean harvest.

¹ Programa Uso y Manejo del Agua, CESICH, Apartado Postal 554, 31500 Cd. Cuauhtémoc, Chih.

Recibido: Agosto de 1996.
Aceptado: Abril de 2000.

INTRODUCCION

La región hidrológica No. 34 tiene una extensión de 3277 km² [Comisión Nacional del Agua, (CNA, 1989)], donde la depresión natural más baja es la Laguna de Bustillos con un área de 200 km², una longitud promedio de 16.5 km, un ancho de 7.5 km, una profundidad media de 1.2 m y una capacidad aproximada de 148 000 000 m³ de agua. Gallegos y Domínguez (1992) indican que en esta laguna desembocan los escurrimientos superficiales de 13 arroyos, cuando la precipitación pluvial excede a la capacidad de infiltración del terreno y a la retención de humedad por parte de la vegetación que se encuentra dentro de la cuenca hidrológica. Los escurrimientos comúnmente son acompañados de sedimentos, producto de la erosión debido a la deforestación, sobrepastoreo, cambio en el patrón de cultivos y abandono de parcelas situadas dentro de la cuenca, además de las descargas de aguas negras de las ciudades de Cuauhtémoc y Anáhuac, Chih., y los desechos industriales de PONDERCEL de Chihuahua, provocando con ello situaciones críticas, como ocurrió durante 1990 y 1991 cuando el vaso de la Laguna de Bustillos captó volúmenes de agua superiores a su capacidad invadiendo las poblaciones aledañas (situación que se presenta en dos de cada 10 años, aproximadamente), como la ciudad de Anáhuac, los ejidos Favela, Centro Calles, La Selva, Cuitláhuac y Vista Hermosa.

Bajo ese panorama surgieron presiones para el Gobierno y se generó el presente trabajo para buscar una salida para el agua almacenada y utilizarla en alguna actividad útil. Fernández y Sánchez (1989) registraron que la principal zona productora de frijol en Chihuahua se localiza en la parte noroeste del Estado. Durante el período de 1979 a 1988 se sembró un promedio de 199 944 ha, en condiciones de temporal, y se obtuvo un rendimiento promedio regional de 421 kg ha⁻¹. Estos investigadores comentan que, además de lo aleatorio del temporal, los bajos rendimientos se asocian a: la falta de variedades eficientes en el uso del agua disponible; la escasa adopción de tecnología para captar y conservar el agua de lluvias; el daño ocasionado por algunas plagas como la conchuela y el chapulín; la deficiencia en el manejo por parte de los productores; y el ataque de enfermedades en ciclos de alta precipitación y de alta humedad relativa.

Solano *et al.* (1984) determinaron que en el Distrito de Desarrollo Rural 06 de Cuauhtémoc,

Chihuahua, los requerimientos hídricos del frijol fueron de 38.0 cm. Con relación a la dosis de fertilizante se registró que en los suelos café rojizos, el frijol responde adecuadamente al tratamiento 40-60-0 y a una densidad de población de 70 mil plantas ha⁻¹.

Luis y Robles (1992) instalaron en invernadero un ensayo de macetas, utilizando como tratamiento dos clases de agua (agua residual proveniente de la planta de tratamientos y agua de pozo) y siete especies vegetales de importancia económica en la región de Ocotlán de Morelos en Oaxaca. Estos autores reportaron que el pH se incrementó de 7 a 8 en todas las macetas, sin embargo, el aumento del pH fue ligeramente mayor en las macetas regadas con agua residual. Adicionalmente, en las macetas regadas con aguas residuales se obtuvieron un pequeño incremento en el contenido de materia orgánica y un incremento substancial en N y P. La explicación de este incremento se debe a que el agua residual, al pasar por la planta del tratamiento, es sometida a un proceso de oxidación aerobia y, en segundo lugar, a que las aguas residuales aportan gran cantidad de N y P.

Tamariz *et al.* (1992) realizaron un trabajo donde compararon la disponibilidad relativa de los metales: Pb, Cd, Cu, Cr, Co, Ni, Fe, Mn y Zn, en tres tipos de suelo de uso agrícola, los cuales son afectados por emisiones industriales, uso de aguas negras y uso elevado de insumos agrícolas. Los resultados obtenidos indican, que los valores más altos de los metales citados corresponden a los suelos afectados por emisiones industriales y por aguas negras (Atlixco), con la mayoría de éstos a excepción del hierro, cuyo valor más alto lo presentó el suelo Atlixco-1, donde se utilizó la mayor cantidad de insumos químicos. El Cd fue el que presentó la mayor disponibilidad relativa. Los metales de más baja disponibilidad en los tres tipos de suelos fueron Co y Cr.

Carrillo *et al.* (1992) hicieron un estudio sobre un predio localizado en la colonia El Jardín, municipio El Progreso, estado de Hidalgo, en el valle del Mezquital, con el objetivo de observar la variación horizontal en las concentraciones de metales en el suelo irrigado con aguas residuales. Se identificó una acumulación de Cr, Pb, Cd, Cu, Mn y Zn, absorbidos y fijados en la entrada de la parcela (SE). Al comparar los metales determinados en el testigo vs. SE, observaron que en este último, los niveles de Cr, Pb, Cd y Zn fueron 10 veces más altos. De todos los metales analizados en la parcela, únicamente el Cu y el Cd alcanzaron niveles que pueden considerarse

dañinos (70 ± 10 y 3 ± 0.5 mg kg⁻¹, respectivamente). Los metales de mayor proporción (de 66 a 99 %) se encuentran en forma adsorbida y están fijados en el suelo. Según estos autores, las concentraciones de Cr y Pb en avena *Sativa* son mayores que las propuestas por Chaney (1983) como normales (Cr = 0.1 a 1.0; Pb = 2 a 5; Cd = 0.1 a 1; Ni = 0.1 a 5; Co = 0.1 a 0.3; Cu = 2 a 20; Mn = 15 a 150; Zn = 15 a 150 mg kg⁻¹).

Conscientes de la problemática descrita, PONDERCEL de Chihuahua, en coordinación con el CESICH, inició en 1991 un proyecto el cual incluyó al presente trabajo, con el objetivo principal de registrar en campo la factibilidad de usar el agua de la Laguna de Bustillos para la producción de frijol, sin afectar la salud humana, además de que esta actividad fuese redituable.

MATERIALES Y METODOS

Ubicación del Experimento

De julio a octubre de 1992 se desarrolló un estudio de campo en el ejido Favela, municipio de Cuauhtémoc, Chihuahua, ubicado a una altitud de 2101 m, paralelo 28°25' latitud norte y 106°50' longitud oeste del meridiano de Greenwich. El clima, según la clasificación de Köppen modificada por García (1964), es semi seco frío (Bs₁Kw).

Perfil del Suelo

En el terreno utilizado para el ensayo de campo se hicieron dos perfiles de suelo, siguiendo la metodología propuesta por Cuanalo (1975). Se tomaron muestras de suelo para determinar las principales características físicas y químicas en el laboratorio de nutrición mineral de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Chihuahua, ubicada en Cd. Delicias, Chih.

Establecimiento del Estudio

El presente trabajo se estableció sobre una superficie de 0.4 ha. Se preparó el terreno (rastra y barbecho) en la primera semana de julio, dado que el cultivo anterior fue trigo. Se sembró el frijol variedad "Pinto Villa" el 24 de julio, con una densidad de 25 kg ha⁻¹, empleándose una sembradora unitaria, con la cual se depositó la semilla entre 4 y 6 cm de profundidad, mientras que la distancia entre surcos fue de 0.82 m.

Diseño Experimental

Se sometió el cultivo de frijol a diferentes dosis de fertilizantes compuestas con N y P; del primer elemento se aplicaron cuatro niveles (0, 40, 80 y 120 kg ha⁻¹) y del segundo otros cuatro (0, 50, 100 y 150 kg ha⁻¹), a partir de los cuales se seleccionaron ocho tratamientos con la Matriz Plan Puebla I para dos factores (Rojas, 1981). También se incluyeron un testigo absoluto y uno con la aplicación de 100 kg ha⁻¹ de potasio. Los 10 tratamientos resultantes se establecieron en franjas de seis surcos de 80 m de largo. Se analizaron las variables evaluadas bajo el modelo del diseño completamente al azar.

Aplicación de Insumos

La fertilización se hizo en forma fraccionada; el 50 % de N y P al primer cultivo (6 de agosto) y el resto al segundo cultivo (31 de agosto). Se utilizó sulfato de amonio como fuente de N y superfosfato de calcio triple como fuente de P₂O₅ y la aplicación se hizo manualmente en banda, junto a las hileras de las plantas.

Aplicación del Agua de Riego

El agua con la que se regó el frijol se tomó directamente del vaso de la Laguna de Bustillos, usando una bomba portátil, la cual fue impulsada por la toma de fuerza del tractor 4320 John Deere, y conducida por una tubería de 3 pulgadas hasta llegar al predio en cuestión donde, a través de un sistema de riego por aspersión (portátil), se realizaron los riegos correspondientes, permitiendo abatimientos de la humedad aprovechable de 50 % (se usó el método gravimétrico).

Análisis de la Calidad del Agua de Riego

Los criterios e índices de clasificación del agua de riego se hicieron considerando la técnica establecida por Palacios y Aceves, citados por Aguilera y Martínez (1986).

Conductividad eléctrica. Se usa para indicar la concentración total de constituyentes ionizados en el agua natural; se determinó usando el puente de Wheatstone, método descrito por Wilcox (1950). Dentro de los aniones, el boro se determinó colorimétricamente, usando carmín de acuerdo con Hatcher y Wilcox (1950). Los carbonatos y

bicarbonatos, por titulaciones en presencia de fenoftaleina y anaranjado de metilo [American Public Health Association and American Water Works Association (1946)]. Se determinaron los sulfatos utilizando ácido clorhídrico concentrado, cloruro de bario al 10 % y anaranjado de metilo al 0.1 % en agua según procedimiento descrito por la Association of Official Agricultural Chemists (1950). Para registrar los cloruros en el agua se utilizó una solución estándar de nitrato de plata, usando como indicador cromato de potasio según metodología de la Association of Official Agricultural Chemists (1950). Para la valoración de los cationes, con respecto al calcio y magnesio, por titulación con etilen-diamino-tetraacetato (Versenato) según Cheng y Bray (1951). Para calcular la cantidad de sodio se usó el método gravimétrico con acetato de uranio y zinc (Barber y Kolthoff, 1928). Se determinó el potasio por flamometría, con un Perkin Elmer, tomando la referencia de Williams (1941) como base.

Evaluación de elementos pesados. Dado que la concentración de elementos pesados puede ser riesgosa para la salud humana al consumir el frijol producido, se enviaron muestras de la semilla del frijol al laboratorio de Química de Suelos en el Centro de Edafología del Colegio de Postgraduados en Montecillo, estado de México, para la determinación del contenido de plomo, cadmio, níquel, cobalto y cromo, de acuerdo con la metodología propuesta por Tserling (1969). Estos mismos elementos se determinaron en el agua de riego, tomando como base la técnica de US-EPA (1973), así como en el suelo, donde se produjo el frijol, la de Lindsay y Norvell (1978). En la interpretación de los resultados se tomó en cuenta la información reportada por Rodier *et al.*, (1981); también la de Wallace *et al.* (1977) y Wallace y Romney (1980), citados por Macnicol y Beckett, (1985).

Análisis estadístico y económico. El rendimiento de frijol se evaluó con base en materia seca total y en la producción de grano en cada uno de los tratamientos de fertilizantes establecidos. A los datos obtenidos se practicó un análisis de varianza bajo un diseño completamente al azar y en la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad. A la producción de frijol cosechado de estos tratamientos se le hizo un análisis económico, tomando en cuenta la metodología descrita por Perrin *et al.* (1976).

RESULTADOS Y DISCUSION

Efecto del Fertilizante en el Rendimiento del Grano

En el Cuadro 1 se puede observar que la mejor dosis fue la de 80-50-0 de N-P₂O₅-K₂O, con un rendimiento medio de 913.8 kg ha⁻¹, valor que lo hace estadísticamente igual a los tratamientos 120-100-00 y 80-100-100 (con rendimientos de 752.9 y 724.0 kg ha⁻¹, respectivamente) y diferente al resto de los tratamientos. La influencia del fertilizante es bastante notable puesto que el testigo 0-0-0 tan solo produjo 340.8 kg ha⁻¹.

Esta diferencia tan marcada pudiese tener la siguiente explicación: en primer lugar la textura del suelo es arenosa con una media de 88.9 % de arena en todo el perfil de 0 a 80 cm de profundidad, con baja capacidad de intercambio catiónico; en segundo lugar, la concentración de elementos mayores antes de iniciar el estudio fue de 1.0 ppm de NO₃⁻, lo cual indica que el suelo tiene muy bajos contenidos de nitrógeno, dentro del perfil de 0 a 37 cm donde se alojó 95 % de las raíces totales (0 a 23 cm). Con relación al fósforo se registró una media de 5.8 ppm de P (Olsen y Watanabe, 1959) en el mismo estrato, lo cual quiere decir que el suelo también es pobre en este nutriente.

En los últimos años se ha observado una fuerte polémica sobre el uso del potasio en el suelo para incrementar los rendimientos; sin embargo, el presente estudio muestra que no son redituables las aplicaciones de fertilizante potásico al suelo. En el Cuadro 1 se puede apreciar que el tratamiento 80-100-100 de N-P₂O₅-K₂O produjo una media de 724.0 kg ha⁻¹ de grano de frijol, dato que lo hace

Cuadro 1. Rendimiento de grano de frijol sometido a diferentes dosis de fertilización e irrigados con agua de la Laguna de Bustillos, Chih. Ejido Favela. CESICH. 1992.

Tratamientos	X
40-50-0	567.9 bcde
40-100-0	581.3 bcde
80-50-0	913.8 a
80-100-0	629.9 bcde
0-50-0	394.5 f
120-100-0	752.9 ab
40-0-0	403.4 f
80-150-0	685.2 bcd
0-0-0	340.8 g
80-100-100	724.0 ab
Tukey _{0.05} =	206.25

estadísticamente igual a la dosis 80-100-0 de $N-P_2O_5-K_2O$, donde se cosecharon 629.9 $kg\ ha^{-1}$.

La baja respuesta de la producción de frijol a las aplicaciones de potasio se puede explicar con base en los resultados del análisis de suelos, ya que se registró una media de 181.6 ppm de K (acetato de amonio) en la profundidad de 0 a 37 cm, lo cual indica que es un medio rico de este elemento.

De acuerdo con el análisis de suelo, en lo que respecta a elementos menores (fierro, zinc y manganeso), no hubo restricciones para la producción de frijol, sin embargo, el análisis de cobre acusa deficiencias de este nutrimento y posibles limitaciones sobre el rendimiento de frijol, acorde a lo citado por Cox y Kamprath (1983). Esta situación deberá ser probada en el campo de estudios posteriores.

Haciendo la comparación de rendimiento del presente estudio contra la producción media (de riego) en el estado de Chihuahua ($1071\ kg\ ha^{-1}$), se observa que en este estudio el rendimiento fue menor en 15 %, posiblemente debido al efecto nocivo de la mala calidad del agua de riego, la cual se clasificó como C_3S_4 desde junio hasta octubre. El panorama presentado es menos drástico que en otras regiones productoras de frijol. Harterlein (1983), por ejemplo, indica que en un estudio de tres años donde se regaron las plantas de frijol con agua salada, el rendimiento de esta leguminosa se redujo en 34 %, y que de los 12 cultivos estudiados el frijol fue el más severamente afectado por los altos contenidos de sal en el agua.

Evapotranspiración Real del Frijol

Con respecto a la cantidad de agua consumida, se pudo consignar que el cultivo produjo con la aplicación de cinco riegos de auxilio y láminas netas (aplicadas por aspersión) que fluctuaron de 1.62 a 0.9 cm más 12.24 cm aportadas por lluvia efectiva, haciendo un total de 18.64 cm de evapotranspiración máxima (E_{tmax}). El calendario de riegos registrado fue 0-7-12-8-7 días, con láminas netas de 1.62, 1.54, 1.14, 1.2 y 0.9 cm, respectivamente.

Análisis Económico del Efecto del Fertilizante

Con el propósito de obtener la dosis de fertilización más redituable económicamente en la producción de frijol, se hizo el análisis económico de la dosis aplicada. En el Cuadro 2 se pueden observar los 10 tratamientos estudiados con su rendimiento promedio correspondiente, también se registra el

Cuadro 2. Análisis económico del rendimiento de frijol regado con agua de la Laguna de Bustillos. Ejido Favela. CESICH, 1992.

Tratamiento $N-P_2O_5-K_2O$	Rendimiento $kg\ ha^{-1}$	Beneficio bruto (BB)	Costos variable (CV)	Beneficio neto (BN)
40-50-0	568	1,221	0.237	0.984
40-100-0	581	1,249	0.347	0.902
80-50-0	913	1,963	0.360	1.603
80-100-0	630	1,355	0.468	0.887
0-50-0	395	0,849	0.115	0.734
120-100-0	753	1,619	0.591	1.028
40-0-0	403	0,866	0.128	0.738
80-150-0	685	1,473	0.578	0.895
0-0-0	341	0,733	0.000	0.733
80-100-100	724	1,557	0.775	0.782

Nota: El BB se calculó al precio de \$2150 kg^{-1} . Los CV incluyen el costo, acarreo, aplicación y tasa de intereses del fertilizante.

beneficio bruto, costos variables y el beneficio neto; el valor unitario de cosecha se estimó en \$215.00 por kg de grano de frijol.

El beneficio bruto varió desde \$733.00, obtenidos con la dosis testigo (sin aplicación de fertilizantes), hasta \$1963.00 por ha, obtenidos con la dosis 80-50-0. El costo variable osciló de \$0.0, donde no se aplicó fertilizante, hasta \$775.00, para el tratamiento 80-100-100. Finalmente se calculó el beneficio neto, el cual varió de \$733.00 para la dosis 0-0-0 hasta \$1603.00 por ha con el tratamiento 80-50-0.

Es importante hacer notar que el análisis económico aclara la rentabilidad de la inversión; sin embargo, lo más sobresaliente es que el agua residual de la Laguna de Bustillos, Chihuahua, se puede utilizar para la producción de esta leguminosa, sobretodo en años críticos cuando la precipitación pluvial sobrepasa el valor promedio (450 mm/anales) y los escurrimientos que desembocan en la depresión natural mencionada, provocando problemas de inundación en los ejidos aledaños.

En el Cuadro 3 se muestran los tratamientos de mayor tasa de retorno marginal, destacando 80-50-0; con estos datos se puede reafirmar que la mejor dosis de fertilizante en el presente estudio fue la de 80-50-0, la cual produjo un rendimiento medio de $913.8\ kg\ ha^{-1}$ de grano de frijol y $926.9\ kg\ ha^{-1}$ de materia seca, lo cual de acuerdo con López, citado por Lépiz y Navarro (1983), equivale a 2150.4 g de triptófano, suficientes para que 4300 personas obtengan su dieta diaria.

El costo del tratamiento en cuestión fue de \$360.00 por ha y generó una ganancia neta de \$1603.00 por ha, el cual incluye una tasa de retorno

Cuadro 3. Análisis marginal de tratamientos no dominados económicamente en la producción de frijol. CESICH, 1992.

Tratamiento N-P ₂ O ₅ -K ₂ O	Beneficio neto (BN)	Costo variable (CV)	Incremento BN	Marginal CV	Tasa de Ret. Marg.
80-50-0	1.603	0.360	0.619	0.123	503
40-50-0	0.984	0.237	0.246	0.109	226
40-0-0	0.738	0.128	0.004	0.013	31
0-50-0	0.734	0.115	0.001	0.115	0.9
0-0-0	0.733	0.000	0.000	-	-

marginal de 503 %; es decir, que la inversión se quintuplica en relación con el incremento sobre los demás tratamientos estudiados.

Análisis de Elementos Pesados

Con referencia a los datos recabados del ejido Favela, municipio de Cuauhtémoc, Chih, sobre el agua de riego, se pudo comprobar que no hubo presencia de plomo, níquel y cromo, sólo de cadmio y cobalto, en cantidades muy insignificantes (0.0005 y 0.0075 mg L⁻¹, respectivamente) puesto que las Normas Americanas establecen que para cadmio el límite es 0.01 mg L⁻¹ y para cobalto 1.0 mg L⁻¹ (Rodier *et al.*, 1981).

El suelo de Favela no registró presencia de plomo, níquel, cobalto y cromo, sólo una cantidad insignificante de cadmio (0.003 mg kg⁻¹).

En el producto cosechado (grano de frijol), la concentración de plomo, cadmio, níquel y cromo sólo se encontró a nivel de "trazas", misma situación que mostraron las plantas de frijol incluyendo al cadmio, cobalto y cromo.

CONCLUSIONES

El agua de la Laguna de Bustillos puede ser usada para la producción de frijol.

La mejor respuesta de frijol (913.8 kg ha⁻¹ de grano) se produjo con el tratamiento de fertilización 80-50-0 de N-P₂O₅-K₂O, el cual tuvo un costo de N\$ 360.00 ha⁻¹, pero generó una ganancia neta de N\$1603.00 ha⁻¹, con una tasa de retorno marginal de 503 %.

La eficiencia de producción fue 0.17 kg de grano de frijol por m³ de agua utilizado; incluyendo cinco riegos de auxilio aplicados a los 0-7-12-8-7 días después de la siembra con láminas brutas de 8.0 cm por riego más 12.24 cm de lluvia efectiva.

La concentración de elementos pesados (Pb, Cd, Ni, Co y Cr) en el agua de la Laguna de Bustillos, el suelo del ejido Favela y el frijol producido es

insignificante, por lo tanto no resulta peligrosa para el consumo humano.

LITERATURA CITADA

- Aguilera C., M. y R. Martínez E. 1986. Relaciones agua-suelo-planta-atmósfera. 3a. edición. Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Irrigación. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.
- American Public Health Association and American Water Works Association. 1946. Standard methods for the examination of water and sewage. Ed. 9. Illus. New York.
- Association of Official Agricultural Chemists. 1950. Official and tentative methods of analysis of the Association of Official Agricultural Chemists. Ed. 7. 536,910 pp. Illus, Washington.
- Barber, H.H. e I.M. Kolthoff. 1928. A specific reagent for the rapid gravimetric determination of sodium. Amer. Chem. Soc. J. 50: 1625-1631.
- CNA. Comisión Nacional del Agua. 1989. Dictamen técnico del diagnóstico preliminar del posible aprovechamiento de la Laguna de Bustillos para uso agrícola. Cuauhtémoc, Chih. (sin publicar).
- Carrillo, G.R., L.J. Cajuste y L. Hernandez H. 1992. Acumulación de metales pesados en un suelo regado con aguas residuales. Terra 10: 166-173.
- Cox, F.R. y E.J. Kamprath. 1983. Pruebas de micronutrientes en suelos. pp. 317-348. In: J.J. Mortvedt, P.M. Giordano y W.L. Lindsay (comp.). Micronutrientes en Agricultura. Traducido al español por Dra. Cristina Vaqueiro Garibay. Editorial AGT. S.A. México, DF.
- Cuanalao D.L.C., H. 1975. Manual para la descripción de perfiles de suelo en el campo. Colegio de Postgraduados. Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México.
- Chaney, R.L. 1983. Potential effects of waste constituents on the food chain. pp. 152-240. In: J.F. Parr *et al.* (eds.). Land treatment of hazardous wastes. Noyes Data Corp., Dark Ridge, NY, USA.
- Cheng, K.L. y H.R. Bray. 1951. Determination of calcium and magnesium in soil and plant material. Soil Sci. 72: 449-458.
- Fernández H., P. y A. Sánchez S. 1989. SATEVO: Nueva variedad de frijol para temporal deficiente. CESICH-INIFAP-CHIH, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Folleto técnico No. 1. Cd. Cuauhtémoc, Chih. México.
- Gallegos D., A. y J. Domínguez. 1992. Degradación del medio físico en la cuenca Laguna de Bustillos, Chih. pp. 391. In: J.L. Tovar S. y R. Quintero L. (eds.). La investigación edafológica en México 1991-1992. Memorias del XXV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Acapulco, Gro., México.

- García A., E. 1964. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen L., para adaptarlo a las condiciones de México. Offset Larios, S.A., México, DF.
- Harterlein, J.A. 1983. Bean. pp. 157-185. *In*: I.D. Teare and M.M. Peat (ed.). Crop-water relation. John Wiley & Sons, New York.
- Hatcher, J.T. y L.V. Wilcox. 1950. Colorimetric determination of boron using carmine. *Anal. Chem.* 22: 567-569.
- Lepiz I., R. y F.J. Navarro S. 1983. Frijol en el Noroeste de México. (Tecnología de producción) Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos-INIA. México, DF.
- Lindsay, W.L. y W.A. Norvell. 1978. Development of a DTPA soil zinc, iron, manganese and copper. *J. Am. Sci. Soil* 42: 421-428.
- Luis M., J.T. y C. Robles P. 1992. Variación de algunos parámetros químicos del suelo por irrigación con aguas negras urbanas. pp. 103. *In*: J.L. Tovar S. y R. Quintero L. (eds.). La investigación edafológica en México 1991-1992. Memorias del XXV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Acapulco, Gro., México.
- Macnicol, R.D. y P.H.T. Beckett. 1985. Critical tissue concentrations of potentially toxic elements. *Plant Soil* 85: 107-129.
- Olsen, S.R. y F.S. Watanabe. 1959. A method to determine a phosphorus adsorption maximum of soils as measured by the langmuir isotherm. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 21: 144-149.
- Perrin R., D., D.L. Winkelmann, E.R. Moscardi y J.R. Anderson. 1976. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: un manual metodológico de evaluación económica. CIMMYT, México, DF.
- Rodier, J., Ch. Groffray, G. Kovascsik, J. Laporte, M. Plissier, J. Scheidhaver, J. Verneaux, J. Vial y L. Rodi. 1981. Análisis de las aguas, aguas naturales, aguas residuales, agua de mar, química, fisicoquímica, bacteriológica. Trad. al Español de Santiago Balagué Delz. Ed. Omega. Barcelona, España.
- Rojas M., B.A. 1981. Planeación y análisis de los experimentos de fertilizantes. Folleto misceláneo No. 41. INIA-Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México, DF.
- Solano R., V.D., P. Ortiz F. y L.C. Rodríguez C. 1984. Estudio de las relaciones agua-suelo-planta en cultivos temporales (maíz, frijol y avena) de la sierra de Chihuahua. CAESICH-CIAN-INIA-Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Cd. Cuauhtémoc, Chih. (Informe de investigación sin publicar).
- Tamariz F., J.J., V. Guajarro V. y A. Cruz M. 1992. Disponibilidad de metales en 3 suelos del estado de Puebla. pp. 104. *In*: J.L. Tovar S. y R. Quintero L. (eds.). La investigación edafológica en México 1991-1992. Memorias del XXV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Acapulco, Gro., México.
- Tserling, V.V. 1969. Diagnosis of nutrition of plants. pp. 706-709. *In*: Agrochemical methods in study of soils. Dokuchaev Inst. of Soil Sci. Academy of Sci. of the URSS. Translated from Russian.
- US-EPA. 1973. Water quality criteria. EPA.RE/73-033 197.V.S. Environmental Protection Agency. Washington, DC.
- Wilcox, L.V. 1950. Electrical conductivity. *Am. Water Works Assoc. J.* 42: 775-776.
- Williams, W.D. 1941. Rapid determination of potassium with dipicrylamine. *Am. Soc. Hort. Sci. Proc.* 39: 47-50.

DIAGNOSTICO DE LA UNIDAD DE RIEGO PUENTE NACIONAL, VERACRUZ, MEXICO

Diagnosis at the Irrigation Unit 'Puente Nacional' in Veracruz, Mexico

Teodoro Domínguez Torres¹ y Ana Aguilar Arrieta¹

RESUMEN

Este documento es la primera parte de un trabajo que versa sobre los elementos metodológicos para el diseño de estrategias de desarrollo agrícola regional, específicamente del área que comprende la Unidad de Riego Puente Nacional en el estado de Veracruz. En éste, se enfatiza la importancia del diagnóstico, considerando que no es posible realizar planeación de ningún tipo si no se posee una descripción y análisis de la situación sobre la que se desea actuar. De ahí que el objetivo central de este trabajo sea presentar a los planificadores y, por esa vía, a los tomadores de decisiones, un cuadro relativamente claro de los aspectos físicos, biológicos, sociales, económicos, políticos y culturales que caracterizan dicha Unidad de Riego.

Palabras clave: Diagnóstico, unidad de riego, Puente Nacional, Veracruz, estrategias de desarrollo agrícola regional.

SUMMARY

This paper constitutes the first part of a global study which treats on strategies for the regional agricultural development of the irrigation area named 'Puente Nacional', in Veracruz State. In this paper is pointed out the importance of diagnosis in designing such development strategies, considering that it is not possible to carry out any planning process without having a description and analysis of the situation desired to correct. The main objective is to present to planners and decision makers a relatively clear frame about the physical, biological, social, economical, political, and cultural aspects that characterize such irrigation unit.

¹ Campus Veracruz-Colegio de Postgraduados, Apartado Postal 421, 91700 Veracruz, Ver.

Recibido: Septiembre de 1996.
Aceptado: Abril de 2000.

Index words: Diagnosis, irrigation unit, Puente Nacional, Veracruz, regional agricultural development strategies.

INTRODUCCION

La Unidad de Riego Puente Nacional inicia su operación a principios de 1993, aunque se tenía prevista su ejecución y puesta en marcha en el año de 1981, ya que su construcción empieza en 1980. Pero se cree que por razones de tipo político se tuvo este retraso de 12 años.

En las condiciones actuales se riegan cerca de 4000 ha de las 5000 ha que comprende el proyecto. El cultivo principal es la caña de azúcar el cual es prácticamente controlado por el ingenio La Gloria. Esto puede verse como una ventaja relativa para los productores en el sentido de que tienen asegurado, entre otras cosas, el financiamiento, el mercado y la seguridad social. Si bien, abordar el tema de la caña de azúcar es de por sí complejo, y además de que actualmente ocupa un lugar importante en la literatura, aquí únicamente se hace referencia a éste como una actividad productiva cualquiera que demanda el agua de riego.

ANTECEDENTES DEL PROYECTO DE RIEGO PUENTE NACIONAL

Aquí se presenta la información que reporta la Dirección General de Grande Irrigación de la entonces Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (1979), así como la de Domínguez (1993): la zona ubicada en las inmediaciones de la cabecera municipal de Puente Nacional, Ver., padeció por muchos años los efectos de la sequía, dejando en ocasiones resultados catastróficos y, en el mejor de los casos, bajos y precarios niveles de producción agropecuaria.

La frecuencia con que se había venido cosechando era de uno por cada cinco años de siembra, razón principal por la cual se abandonaron muchos predios, los cuales se utilizaron en ocasiones para agostadero con resultados poco favorables. Este problema se vio reflejado en la economía regional y familiar, y se

agudizó cada vez más para los habitantes de este importante núcleo de población.

Por esta razón los productores comenzaron a realizar gestiones desde 1959 para que se les dotara de riego. Dicho proceso llegó hasta los más altos niveles de la administración pública (Presidentes de la República) y se logró que la construcción se iniciara a principios de los 80's. De ahí que el proyecto sea bien visto por los productores, pues en 1992 lo demuestran participando económicamente en la inversión con 28.57 % que les corresponde; el restante 71.43 % lo absorbe el gobierno federal y estatal.

La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) [ahora Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (SAGAR)], en respuesta a las demandas de los productores, trazó como primera meta efectuar los estudios básicos para dotar de riego como posible y única solución al problema de la sequía y, así, seguir manteniendo la actividad agropecuaria de la región evitando el desempleo y la emigración rural.

Como resultado de los estudios básicos se plantearon dos alternativas de solución para dotar de riego a una superficie de aproximadamente 5000 ha: 1) riego por bombeo directo del río La Antigua y, 2) riego por derivación del mismo río; siendo esta última la más viable técnica y económicamente.

ALGUNOS ASPECTOS FISICO-BIOLÓGICOS

Con objeto de dar un panorama de conjunto de las características físicas y biológicas de la región de interés, se mencionan los datos más importantes como son la localización, hidrografía, clima, suelos y vegetación. Lo anterior, fue parte de un sondeo de campo y revisión de documentos en el área del proyecto de riego Puente Nacional.

Localización

Geográficamente el área de estudio se encuentra en la parte central del estado de Veracruz, entre los paralelos 19°19' y 19°25' de latitud norte y los meridianos 96°26' y 96°32' de longitud oeste. Al norte de la zona de interés se localiza el arroyo Los Naranjos y el río Actopan, al sur el río La Antigua, al este los ejidos Paso de Varas y el Palmar y al oeste la carretera que comunica a los poblados de Rinconada y Naranjos. La Unidad de riego Puente Nacional se enmarca en los municipios de Puente Nacional y Úrsulo Galván.

Hidrografía

Los ríos y arroyos, con influencia en la zona del proyecto, pertenecen a la región hidrológica No. 28 y están ubicados casi en su totalidad en el estado de Veracruz, salvo los orígenes del río La Antigua que se localiza en el estado de Puebla. Al norte del área del proyecto se localiza el río Actopan, y por el sur el río La Antigua, siendo éste el aportador de los volúmenes de agua para el riego de la superficie que se ha empezado a beneficiar.

Con base en la evaluación de los escurrimientos del río La Antigua, se ha podido conocer la presencia anual de los volúmenes de agua excedentes en la presa derivadora "La Antigua", que pueden ser aprovechados sin afectar las concesiones actuales entre las que se encuentran las del Distrito de Riego La Antigua. Los análisis realizados para determinar la capacidad de la obra de toma y el canal principal, recomiendan capacidades del orden de $5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$; con esta capacidad se tiene un margen de seguridad y pueden satisfacerse demandas un poco mayores.

Clima

La temperatura media anual es de 25.3 °C, la máxima absoluta de 43 °C, y la mínima extrema de 9 °C, este último valor indica que en la zona no se presenta el problema de heladas. Las temperaturas medias mensuales más altas se presentan en los meses de mayo y junio y la media más baja en el mes de enero. La evaporación media anual es de 1534.3 mm, misma que es excedida por la precipitación de junio a septiembre; los valores más altos se registran en el mes de mayo. La evaporación anual máxima es del orden de 1700 mm. La precipitación registra un valor medio anual de 1231.1 mm, ocurriendo más de 94 % de mayo a octubre. La precipitación en los años más secos y más húmedos son de 688.6 y 1526.5 mm, respectivamente. De acuerdo con el sistema de clasificación del clima de Thornthwaite, el propio de la zona se clasifica como $C_2S_2A'a'$, es decir, semihúmedo, gran deficiencia de agua estival, cálido, con régimen normal de calor.

Suelos

Los suelos se han formado a partir de los materiales existentes en la zona, así como depositaciones recientes efectuadas por el agua. De acuerdo con los materiales existentes se observa que

sobre la roca calcárea se han formado suelos delgados, de color oscuro y texturas medias (Rendzinas); y a partir del conglomerado rocoso se han formado suelos delgados, texturas medias, colores café claros y con una alta concentración de piedras a través de su perfil (Feozem haplico). Por otra parte, en las áreas de influencia de los ríos y arroyos, se han formado suelos profundos, de colores café claros y texturas medias (Fluvisol eutricto), así como suelos profundos de colores oscuros y texturas finas (Fluvisol gleyico). Los suelos del área, antes de introducir el agua de riego, en su mayoría presentaban, con excepción de las planicies de los ríos, un relieve suavemente ondulado y estaban libres de salinidad y sodicidad. En la actualidad, de no utilizarse las técnicas adecuadas para el uso y manejo del agua y del suelo, seguramente se presentarán estos problemas con sus consecuentes repercusiones en lo ecológico y en lo económico para infortunio del productor en lo individual y de toda la sociedad en su conjunto. Por lo tanto, es recomendable realizar estudios por parte de las instancias competentes que vayan permitiendo determinar el grado de afectación de los recursos naturales locales; esto, se hace particularmente necesario si se considera que actualmente la totalidad de la superficie bajo riego está cubierta por caña de azúcar, cultivo que tradicionalmente ha sido objeto de un uso indiscriminado de agua así como de agroquímicos (fertilizantes químicos, herbicidas, insecticidas, etc.).

Vegetación

En la zona del proyecto, antes de la introducción del agua de riego, se observaba sólo un tipo de vegetación que correspondía a selva baja caducifolia (Sbc), y subperennifolia, cuyas características principales residen en la altura de los árboles (menor que 15 m) y en que la mayoría de las especies arbóreas pierden sus hojas por períodos de cinco a siete meses de la época de secas. Entre las principales especies se encontraban: Guásima (*Guasuma ulmifolia*), Cocuite (*Ichthomethia communis*), Ciruelo (*Spondias purpurea*), Guayabillo (*Psidium sartorianum*), Pochote (*Ceiba parvifolia*), Pica pica (*Mucuna pruriens* L.), Huizache (*Acacia farnesiana*), Cornizuelo (*Acacia cornigera*), Sauce (*Salix* spp.), Anona blanca (*Annona squamosa*), Palo mulato (*Elaphrium simaruba* L.) y Pata de cabra (*Bauhinia* spp.).

La condición caducifolia de esta asociación vegetal, se manifestaba como resultado de prolongados períodos de sequía que duraban hasta siete meses; y aunque llegaban a presentarse precipitaciones durante la época de sequía, éstas eran insuficientes para abastecer los requerimientos de agua de las plantas.

De 1994 a la fecha (abril de 2000), la vegetación principal en el área del proyecto de riego es la caña de azúcar.

ALGUNOS ASPECTOS SOCIALES

En 1992, la edad promedio de los beneficiarios es de 47.4 años, con un nivel de escolaridad de 5.11 años de estudio en promedio. El tamaño promedio de la familia es de 4.31 miembros.

Con respecto a la organización, los hallazgos reflejan que existe una Asociación Civil de Usuarios del Agua de Riego que permite la operación descentralizada del sistema de riego.

En virtud de que actualmente el total de la superficie bajo riego (alrededor de 4000 ha) está cubierta por caña de azúcar, las principales relaciones sociales de producción son las que se establecen entre los propios productores y de éstos con los industriales del azúcar que en este caso están representados por el ingenio La Gloria.

ALGUNOS ASPECTOS ECONOMICOS

La actividad económica más importante corresponde a la desarrollada en el sector agropecuario, específicamente el cultivo de la caña de azúcar (plantilla, soca y resoca). Este cultivo permite una gran movilización de recursos materiales, financieros y humanos, por lo que hasta el momento constituye una opción dinamizadora de la economía regional (principalmente en la época de zafra), pues genera una gran cantidad de empleos permanentes y temporales, así como un aumento en la demanda de bienes y servicios de la región como son los alimentos básicos, refrescos, cervezas, vinos y material para construcción, entre otros.

El área del proyecto se encuentra bien comunicada por una suficiente infraestructura que la une con el resto del país, ya que atraviesa la carretera federal México-Xalapa-Veracruz, así como la carretera del golfo.

Respecto a las vías férreas, el área del proyecto es atravesada por el ferrocarril interoceánico, que lo comunica con las ciudades de México, Puebla, Xalapa y Veracruz; que a su vez lo comunica con la red ferroviaria nacional.

Varias líneas de autobuses proporcionan servicios en la región, y entre las que se pueden mencionar, están: AU (Autobuses Unidos), ADO (Autobuses de Oriente) y TRV (Transportes Regionales de Veracruz), que comunican con Cardel, Veracruz y Xalapa.

Para el traslado de carga se utilizan los medios: empresas de transporte de carga, el ferrocarril interoceánico y vehículos particulares de la región (camiones y camionetas).

Por otra parte, en la zona se cuenta también con los servicios de correo, telégrafo, teléfono e internet.

Cabe señalar que la relación tierra-hombre, dentro del área del proyecto, es de 8.14 ha para el caso de los ejidatarios y de 15.71 ha para los pequeños propietarios; el promedio global es de 11.17 ha. Los beneficiarios tienen en promedio 31.14 años de ser dueños de su tierra.

ALGUNOS ASPECTOS POLITICOS

Con relación a la coordinación institucional, se encontró que el convenio de participación técnica y económica firmado por los beneficiarios del proyecto e instituciones, señala que la Delegación Estatal de la SAGAR se encuentra facultada para intervenir en el proyecto de riego Puente Nacional, por lo que el Distrito de Riego No. 35 es el responsable de la normatividad en el uso del agua de riego.

A la Comisión Nacional del Agua (CNA) le corresponde participar en forma activa en la construcción de obras de infraestructura hidráulica, la coordinación de las unidades administrativas e instituciones públicas que desempeñan funciones relacionadas con el agua, así como administrar y regular en términos de la ley, las aguas nacionales, la infraestructura hidráulica y los recursos que se le destinen.

La Secretaría de la Reforma Agraria (SRA) tiene a su cargo el despacho de asuntos que en forma expresa le encomienda el artículo 27 constitucional y la ley federal de la Reforma Agraria; puede aplicar la ley en materia de tenencia de la tierra, organización y desarrollo de las disposiciones de la ley federal de Reforma Agraria y demás ordenamientos legales. También podrá efectuar acciones de organización

agraria básica en cada uno de los núcleos involucrados; constituir las figuras asociativas de primero y segundo nivel de acuerdo con las características y necesidades de los productores comprometidos dentro del área de irrigación; implementar un programa de capacitación con los productores sobre la legislación y organización agraria, relacionado con los proyectos productivos; dirimir las controversias que surjan en los núcleos ejidales respecto a la implementación, desarrollo y vigilancia del proyecto en referencia.

La Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Pesquero (SEDAP) representa al estado de Veracruz en todo lo relativo a zonas de riego, programas agrícolas, ganaderos y pesqueros; por lo tanto, será el responsable de regular y normar todas las obras, proyectos y acciones que realicen la SAGAR, la CNA, la SRA, el Instituto Nacional para la Capacitación del Sector Agropecuario (INCA-RURAL) y la Secretaría de Finanzas y Planeación.

La Secretaría de Finanzas y Planeación (SEFIPLAN), de acuerdo con las atribuciones que le confiere la administración pública del Estado, se encuentra facultada para intervenir en este convenio ejerciendo la recaudación y la administración de las aportaciones económicas a la que estuvieron obligados los beneficiarios.

El INCA-RURAL tiene el compromiso de impartir capacitación a las organizaciones campesinas y a los empleados de las instituciones del sector agropecuario sobre las materias que contribuyen al desarrollo rural. El INCA-RURAL en coordinación con la SEDAP se responsabilizan de apoyar la capacitación básica y especializada tendientes a consolidar la formación de los técnicos participantes. También se encargarán de la impresión y divulgación de los materiales didácticos; y se procurará la integración de un fondo común y/o se conseguirán de parte de las instituciones los recursos económicos necesarios para el desarrollo del programa de organización y capacitación (SEDAP, 1992).

Asimismo, los beneficiarios se comprometen a realizar las mejoras territoriales, aceptar las disposiciones en materia de asistencia técnica en riego, organización y capacitación que les impartirá la SAGAR, la SEDAP, la SRA y el INCA-RURAL, procurando siempre un uso eficiente del agua de riego. También quedan comprometidos a pagar los costos de operación y conservación de las obras a través de cuotas que con este fin se establezcan y se aprueben por el comité directivo del Distrito, todo

esto, en cumplimiento a lo establecido en la ley federal de aguas y la ley federal de derechos.

Si bien, éstas son las funciones que le corresponden a las instituciones que inciden en el proyecto, en la práctica no se llevan a cabo realmente, son compromisos de papel. Existe poca disponibilidad del personal para llevar a cabo acciones coordinadas, así como problemas particulares como la falta de recursos financieros y humanos para ejecutar sus planes (si es que los tienen). Así opina la mayoría de los empleados institucionales y los productores entrevistados.

Turrent (1987), en un análisis de la agricultura mexicana, considera que hay un vasto esmero de parte del sector público por aumentar el uso de insumos, a través de sus dependencias. Sin embargo, la tarea se dificulta por problemas de tipo administrativo, técnico y otros. Entre los problemas administrativos está la descoordinación de las dependencias encargadas de los servicios de investigación, asistencia técnica, crédito y mercadeo. Las reformas administrativas de los últimos sexenios han tenido y tienen como meta eliminar esa descoordinación.

Las evidencias parecen indicar que al respecto, y en general, el gobierno ha logrado muy poco; existe, a pesar de los programas de desarrollo agropecuario, llámese "Alianza para el campo", casi un total abandono del sector agropecuario, lo que se ha traducido en un aumento cada vez más de la pobreza en el medio rural, por lo que muchos campesinos se ven en la necesidad, por citar un caso, de emigrar hacia las grandes ciudades del país y del extranjero, o bien resignarse a vivir en condiciones desfavorables para lograr el tan ansiado "bienestar para su familia". En resumen, existe muy poca correspondencia entre lo planteado políticamente y lo logrado. Ésta es una situación que no debería seguir prevaleciendo si en verdad se desea el bienestar de toda la nación. El sector agropecuario debe ser en realidad el pilar fundamental de la economía del país.

ALGUNOS ASPECTOS CULTURALES

En este punto se considera interesante mencionar que el total de los beneficiarios del municipio de Puente Nacional y Ursulo Galván, Veracruz, tienen cierta cultura de riego (experiencia en el uso y manejo del agua de riego), y está dispuesto a considerar propuestas en ese sentido. Incluso, en la actualidad existe ya la idea casi generalizada de que los usuarios del agua de riego se tecnifiquen mediante la obtención

de sistemas de riego modernos si desean continuar cultivando caña de azúcar, lo cual es bien visto por los productores (en términos ecológicos y económicos) de existir los mecanismos de financiamiento apropiados para allegarse de tales sistemas de riego.

El análisis de la experiencia en el uso del agua es un factor importante puesto que garantiza, al menos, que los beneficiarios esperan dar un uso a la infraestructura hidráulica y obtener un beneficio. Es decir, no se espera el abandono de la región por parte de los campesinos como ocasionalmente ha sucedido en otros momentos y espacios cuando se les ha construido sistemas de riego sin considerar sus propias expectativas. En ese sentido, Quiroga (1980) refiere que el proyecto Río Dulce, situado en el Chaco semiárido argentino, tenía como objetivos expandir la frontera agrícola y mejorar la producción del campesinado de la región. Estos objetivos podían ser realizados mediante el riego por bombeo. Además, de la perforación e instalación de las bombas, la inversión incluía una red de caminos primarios y secundarios, así como viviendas para los colonos. Pero a medida que la infraestructura se construía, los campesinos de la región se alejaban. Eventualmente se pudo establecer que los campesinos no tenían el menor interés de producir cosechas con riego por bombeo, simplemente porque no sabían cómo usar las bombas ni cultivar con riego.

Pero si no se quiere ir muy lejos, ahí está el caso del Plan Chontalpa en el estado de Tabasco, que en los 70's fue motivo de fuertes inversiones en sistemas de riego por bombeo para convertirlo en el principal productor de granos de México. La realidad demuestra a cualquiera semejante fracaso.

Por otra parte, se buscó captar las aspiraciones de los usuarios del riego, encontrándose que todos los beneficiarios entrevistados (35) esperan que con la introducción del agua de riego se mejoren sus niveles de ingreso, así como también el nivel de empleo tanto familiar como regional y la oferta de alimentos para el estado y el país. *En sus propias palabras es lo que denominan como "bienestar social".*

MARCO TEORICO CONCEPTUAL

En este apartado se emplea lo elaborado por Domínguez (1993) en cuanto a los conocimientos que explican la construcción y operación de proyectos de riego, así como algunas repercusiones que se suscitan como consecuencia de la introducción del agua de riego en las regiones en donde esta acción estratégica

se implementa. El de Puente Nacional es un caso al respecto.

En términos generales, la transformación en las condiciones productivas que se generan como resultado de la construcción de obras de irrigación, es un fenómeno complejo con múltiples repercusiones en los componentes técnicos, económicos, sociales y políticos de la estructura socioeconómica de la región o del país en que se introduce el riego. Es en función del ámbito estratégico en que inciden las obras de riego, como se expone en este capítulo.

La introducción de un sistema de irrigación, independientemente de su magnitud, juega un papel determinante en cuatro aspectos:

1. Se modifica el medio ambiente natural, tanto en lo que se refiere a sus aspectos hidráulicos, como también, a la aparición de nuevos ambientes que propician la aparición de nuevas hierbas, nuevas plagas y enfermedades, etc., así como también las condiciones de suelo, el drenaje interno y la salinización.
2. Se modifica el ambiente productivo local, a nivel de área y de productor, ante la perspectiva de intensificar el uso de los recursos y de introducir nuevas actividades productivas.
3. En tal sentido, y por tratarse de una modificación de carácter colectivo, se cambia el contexto organizativo en que los productores, a través de sus organizaciones, deben tomar conjuntamente decisiones técnicas, administrativas y políticas (debe señalarse que la existencia misma de la obra, exige la acción colectiva para mantenerse en operación).
4. Se establecen nuevas relaciones entre los productores y sus organizaciones con nuevos agentes sociales y con el mismo Gobierno, lo que influye, junto con los demás factores antes señalados, para la generación de cambios económicos y sociales que afectan al núcleo local que recibe el recurso.

El análisis de la experiencia tradicional puede contribuir al diseño de nuevas prácticas productivas que permitan el mejor aprovechamiento de las obras de riego; un enfoque de tal tipo exige esfuerzos interdisciplinarios que aborden tanto la producción en sus implicaciones técnicas, económicas, políticas y sociales, como la conservación de los recursos.

Política Hidroagrícola en México

La política agrícola en México, refiere la Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP, 1985), se orientó a la canalización de importantes

volúmenes de recursos públicos para la realización de obras de infraestructura, especialmente hidroagrícolas; propició la adopción de técnicas y procesos de producción avanzados, y fomentó las actividades de comercialización y transformación de productos agropecuarios.

Esta misma institución Federal señala que en las regiones en donde se establezcan obras hidroagrícolas se apoyarán con recursos suficientes los programas de difusión, que permitan establecer la interrelación entre los institutos de investigación, los técnicos y los productores. Es decir, se acelerará la entrada en operación de las obras a través de infraestructura y servicios complementarios, destacando los de organización, asistencia técnica, capacitación de productores, y financiamiento.

Dicha Secretaría de Estado (actual SEDESOL), refiere que la utilización de los recursos hidráulicos contribuirá al logro de los objetivos nacionales de desarrollo, los cuales son:

- Mejorar la distribución del ingreso
- Generar empleo permanente y productivo
- Incrementar los ingresos de los campesinos
- Reducir la dependencia externa
- Alcanzar la tasa más alta de desarrollo compatible con la estabilidad económica y social
- Preservar la calidad del medio ambiente.

Para lograr lo anterior, dentro de una estructura institucional en donde gran cantidad de organismos tienen injerencia directa o indirecta en los factores de financiamiento, transporte, educación, comercio, insumos, etc., se requiere un gran esfuerzo de coordinación tanto a nivel local como nacional (Ibid, 1985).

De acuerdo con lo planteado en el Plan Nacional Hidráulico de 1975, se señalan, entre otras, las siguientes políticas:

- Minimizar los periodos de maduración de los proyectos mediante la aplicación de acciones complementarias a las inversiones de construcción, entre las que se cuentan el fortalecimiento de la organización social, la regulación de la tenencia de la tierra, la investigación agrícola y el establecimiento de servicios de comercialización y actividades agroindustriales.

- Planear los proyectos de grande irrigación y de desarrollo rural con criterio integral que considere los aspectos físicos, económicos y de beneficio social.

- Buscar la coordinación central y regional con organismos del sector agropecuario para asegurar la

conurrencia oportuna de todos los factores de la producción en áreas con infraestructura hidroagrícola.

- Impulsar la evolución del sistema de infraestructura existente para que apoye eficazmente: a) la toma de decisiones a corto y mediano plazos; b) la generación de proyectos; c) la planeación de la producción agrícola; d) la administración del agua y del suelo, y e) la capacitación y desarrollo del personal técnico necesario.

Problemas y Ventajas en la Agricultura de Riego

Al respecto, Arnon (1987) considera que además, de las operaciones agrícolas típicas, tales como preparación del suelo, siembra, deshierbe y cosecha, al agricultor le agobian otras faenas, entre las cuales la más pesada es regar los cultivos. El mantenimiento del sistema de riego, como canales, zanjas y compuertas también implica trabajo monótono interminable.

A primera vista parecería como si el control del suministro de agua hiciera a la agricultura independiente de los caprichos del clima, pero en la práctica esto conduce a una multitud de problemas. El riego aumenta los peligros causados por plagas y favorece la proliferación de enfermedades; los suelos frágiles que son típicos de las regiones áridas se degradan fácilmente bajo el riego, los niveles freáticos que suben hacia la superficie y la acumulación de sales, ponen en peligro la base misma de la agricultura. Las civilizaciones primitivas no fueron capaces, a la larga, de resolver estos problemas. Incluso en los tiempos modernos, los programas de riego generalmente han fracasado desastrosamente cuando no han adoptado las necesarias medidas de precaución. Una solución adecuada a estos problemas es esencial para asegurar la permanencia de la agricultura de riego.

La principal importancia del riego en las regiones semiáridas es permitir una sucesión más intensa de cultivos, una mayor variedad de cultivos y niveles de producción más elevados que los que podría obtenerse de otro modo. Sustituir un cultivo de temporal como el trigo con uno de riego como el algodón u hortalizas, permite triplicar e incluso cuadruplicar los ingresos netos de una área unitaria.

El desarrollo del riego también tiene un efecto benéfico en el desarrollo de sectores no agrícolas de la economía, tales como el comercio, servicios y transporte, contribuye también al equilibrio en la balanza de pagos y constituye un mercado para la

producción industrial de equipo y artículos para la agricultura (Arnon, 1987).

Experiencias en Proyectos de Riego

Las inversiones agrícolas más grandes del Medio Oriente han sido para la exploración y desarrollo de los recursos hidráulicos. No obstante, la contribución general del riego a la producción agrícola ha sido pequeña. Esto ocurre sobre todo por causa de las malas técnicas de riego y por el desagüe inadecuado que ha provocado problemas de salinidad. La falta de asistencia técnica y financiera para la nivelación y desagüe del campo fue la causa de decepcionantes resultados de los programas de riego en Iraq (Stippler y Darmish, citados por Arnon, 1987).

En el Medio Oriente, seis factores negativos institucionales evitaron el rendimiento correcto de los programas de riego en la producción agrícola (FAO, citado por Arnon, 1987). Estos eran: 1) falta de incentivos a las inversiones, causado por la estructura agraria y los sistemas de tenencia de la tierra; 2) escaso crédito institucional. Más de 85 % de todo el crédito agrícola lo proporcionan los prestamistas que cobran intereses exorbitantes. Los agricultores tienen que vender sus productos inmediatamente después de la cosecha a precios que le dicten sus acreedores; 3) surtido inadecuado de fertilizantes, insecticidas, etc. Las mercancías o bien no están disponibles en la localidad o no surten oportunamente o no lo son en cantidad suficiente o a precios fuera de razón; 4) medios de distribución deficientes y falta de almacenamiento e inexistencia de precios de garantía efectivos para los artículos básicos; 5) servicio de extensión inadecuado: la proporción actual es de un trabajador de extensión por cada 8000 agricultores, en contraste con un nivel mínimo deseable de 1 por cada 1000. Los niveles de adiestramiento de los extensionistas también son poco satisfactorios; y 6) organizaciones agrícolas inexistentes o inadecuadas.

Los expertos hindúes y los de otros países están de acuerdo con que los resultados decepcionantes de los proyectos de riego en la India se debieron a la falta de equilibrio entre los insumos de agua y los de otros insumos y servicios de apoyo, así como la falta de coordinación entre los departamentos de riego, agricultura y reforma agraria. Otro de los factores adicionales fue el tamaño inadecuado de las propiedades. Pero el principal motivo fue que las áreas que estaban bajo riego se aumentaron sin

preocuparse de la intensificación de los métodos de producción (Arnon, 1987).

En Sudán, en su debida oportunidad, gran parte de la administración se transfirió gradualmente desde una burocracia contratada hacia las organizaciones de agricultores. Las limitaciones de la tenencia a 12 hectáreas por familia protegieron a los agricultores contra el dominio de los terratenientes. La prohibición de la fragmentación aseguró un nivel adecuado de ingresos y la participación en las utilidades dio a cada colono un interés en el éxito del programa. El sistema de cultivo se construyó de tal manera que fuera posible el uso de maquinaria moderna, con el fin de que el agricultor pudiera beneficiarse de las economías por volumen en los servicios de apoyo (Millikan y Hapood, citados por Arnon, 1987).

En Kenya, el proyecto está asentado cerca de una carretera principal y de conexiones del ferrocarril. Durante el proceso de consolidación y organización del asentamiento, la estación de investigación se puso directamente bajo el control del programa y los trabajos de investigación se concentraron en una escala de problemas más estrecha con un valor económico inmediato y claro para el programa, tales como las mejoras del proceso de producción existente (Chambees, citado por Arnon, 1987). El éxito del programa se debe, en parte, al resultado de su sistema de producción bien organizado, además de haber sido favorecido por los rasgos especiales del ambiente natural, social y económico existente.

Las ventajas más importantes del proyecto en Kenya son: a) uniformidad del terreno y alta fertilidad del suelo; b) abastecimiento de agua asegurado para el momento en que se requiere; c) ausencia de enfermedades serias de los cultivos; d) mercado seguro para la cosecha; y e) población local dispuesta a aceptar la disciplina impuesta por la administración (Morís y Chambees, citados por Arnon, 1987).

En resumen, los proyectos de riego son empresas de fomento agrícola complejas que requieren la distribución de cantidades controladas de agua en zonas adecuadas de terreno, junto con un gran número de factores complementarios esenciales que permitan la producción de cosechas o la aumenten (FAO, 1978).

En el siguiente modelo teórico se expresan las condiciones que se necesitan para conseguir el éxito en el regadío (FAO, 1978; SPP, 1985) (Figura 1).

Por último, como referencia general y a manera de glosario, se presentan los siguientes conceptos que con frecuencia son referidos en este estudio:

PROYECTO. conjunto de actividades que persiguen un objetivo (Alvizu, 1991); o bien, una actividad a la que se destinan recursos de inversión para crear un activo productivo, del que se pueden esperar beneficios durante un período prolongado (López *et al.*, 1988).

DESARROLLO. El Programa de Desarrollo Rural Integral del Trópico Húmedo (PRODERITH, citado por Miranda (1989); define el desarrollo como resultado de un proceso de aprendizaje, negociación, aplicación, crítica y rectificación de los acontecimientos que afectan la vida de una sociedad determinada; es también un proceso planificado que formula objetivos, los traduce en metas y en programas de acción, y genera mecanismos permanentes de evaluación y control. El desarrollo es integrado cuando se liga al proceso general del país y ataca, coherentemente, a los obstáculos físicos, técnico-productivos y socioeconómicos.

AGRICULTURA. González (1983); es un sistema de índole económico social, y como tal debe abordarse en su estudio. En ella intervienen elementos (sistemas) de otra índole, como son los físicos, químicos y biológicos, pero son los elementos de carácter social los que impregnan de su carácter al sistema en su conjunto (la agricultura). La agricultura no puede ser concebida simplemente como un sistema ecológico, en él que la actividad productiva de la sociedad queda reducida a un eslabón de la misma categoría de las demás, en el flujo de energía, pues aunque también sea el hombre un ente ecológico, es mucho más que eso; es su forma más compleja y superior, que ha llegado a ser lo que es, no por lo inexorable de las leyes ecológicas, sino por la actividad transformadora de su trabajo, regido por leyes de carácter económico social.

REGION. Bassols, citado por González (1983); las regiones de índole económico son ante todo hechos económicos sociales porque la sociedad las ha creado al actuar sobre un medio natural determinado; son un resultado de la historia de las colectividades humanas, aunque el desarrollo del medio natural puede ayudar o entorpecer el desarrollo de una región. La naturaleza por sí sola, sin la intervención del hombre, jamás podría haber hecho surgir a la más simple región económica. Los factores naturales condicionan el tipo de expresión del medio, pero no definen regiones.

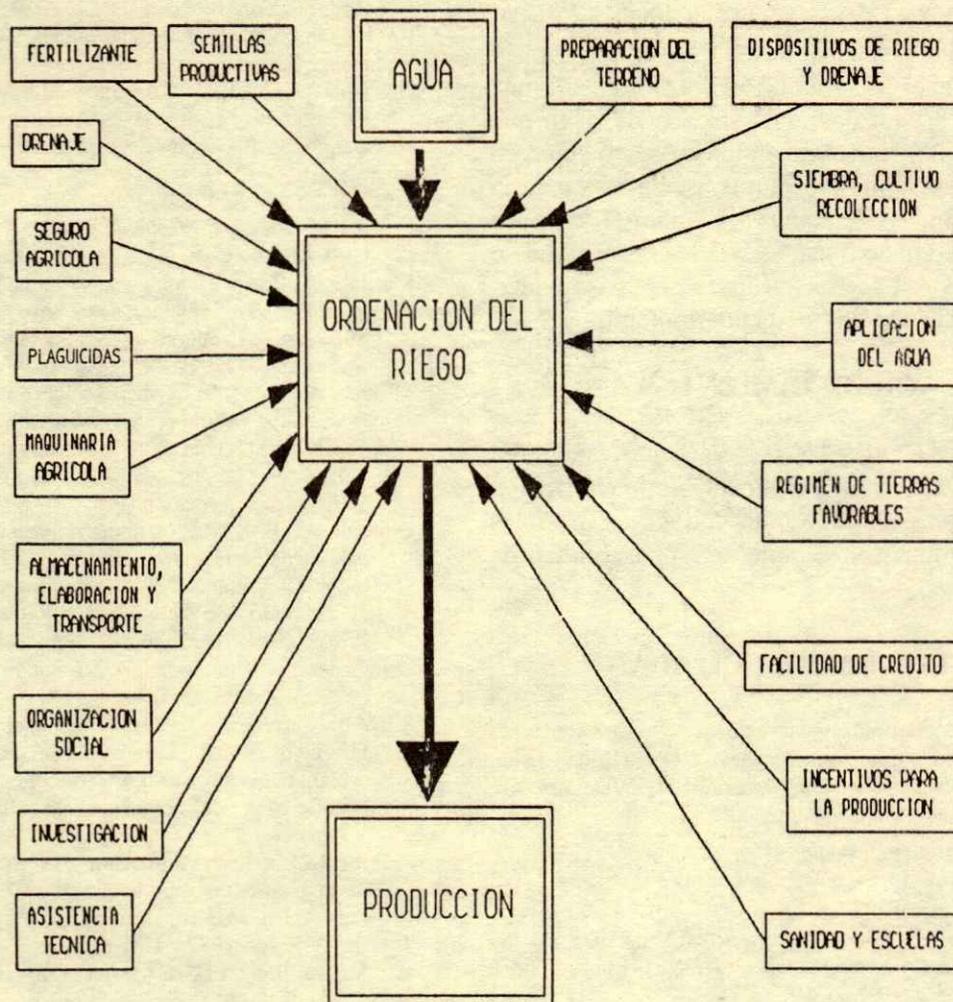


Figura 1. Elementos necesarios para conseguir el éxito en el riego.

CONCLUSIONES

Haciendo una consideración general, con respecto al diagnóstico, es necesario destacar que éste es retroalimentado por las otras etapas de la planeación, a saber: diseño de objetivos y metas, estrategia, diseño y aplicación de políticas, evaluación y control. Por ejemplo, la estrategia asumida puede implicar una nueva teoría regional que modifique los futuros diagnósticos, o bien, la información recogida para la evaluación y control puede indicar nuevas problemáticas regionales, de allí la importancia de visualizar al proceso de planeación, y no simplemente a sus etapas como compartimentos separados (Martínez y Domínguez, 1992).

Considerando la información presentada hasta el momento, se observa, si bien es cierto que existen y

habrán de existir diversos problemas en el ámbito de la agricultura regional, también lo es que las perspectivas del proyecto de riego son buenas, y podrán ser mejores si existe la participación activa y coordinada de los diferentes grupos sociales involucrados en el proceso de desarrollo agrícola regional: agricultores, técnicos e instituciones.

En síntesis: Es buena la disponibilidad de tierra de los beneficiarios (11.17 ha en promedio), la experiencia en el uso del agua de riego en diferentes actividades productivas como el maíz, frijol, caña de azúcar, jitomate, papayo, pasto, etc.; la disposición al pago de la asistencia técnica; así como la favorable ubicación del área del proyecto con respecto a las vías de comunicación y para el mercado de los productos.

Existe la infraestructura institucional que tiene un papel que cumplir en el desarrollo agrícola de la

región: SAGAR, SEDAP, INCA-RURAL, SRA, BANCA RURAL, INSTITUCIONES DE INVESTIGACION, entre otras.

Los beneficiarios están organizados en una Asociación Civil para operar el sistema de riego que repercute positivamente tanto en lo ecológico como en lo económico, así como en figuras asociativas para la producción y comercialización. Sin embargo, conocen muy poco sobre las actividades que les corresponde a las instituciones del sector agropecuario, para poder, en un momento dado, exigir su cumplimiento.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a todas las personas que estuvieron involucradas directa o indirectamente en la realización de este trabajo, aclarando que todos los posibles errores u omisiones son la entera responsabilidad de los autores.

LITERATURA CITADA

- Alvizu R., E. 1991. Formulación y evaluación de proyectos de inversión para el sector agropecuario. CONAGRO. Organó informativo de la Federación Agronómica de Veracruz. No. 1. Febrero-Marzo. Xalapa, Veracruz.
- Arnon, I. 1987. La modernización de la agricultura en países en vías de desarrollo. Recursos-potenciales-problemas. Ed. Limusa. México, DF.
- Dominguez Torres, T. 1993. Situación actual y perspectivas del proyecto de riego Puente Nacional, Veracruz, México. Tesis de Maestría en Ciencias. CEICADAR, Colegio de Postgraduados. México.
- FAO. 1978. Éxito en el regadío: planeación, fomento, ordenación. Roma, Italia.
- González E., A. 1983. Los tipos de agricultura y las regiones agrícolas de México 1970. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Economía-Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- López E., A., M.R. Villa y E. Badillo. 1988. Análisis económico de la asistencia técnica agrícola. Centro de Economía, CEICADAR- Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Martínez R., R. y S. Domínguez. 1992. La planificación regional y el desarrollo. Instituto de Investigaciones y Estudios Superiores Económicos y Sociales de la Universidad Veracruzana. Ed. Paspártú, Xalapa, Ver., México.
- Miranda A., B. 1989. Impacto socioeconómico del Programa de Desarrollo Rural Integrado del Trópico Húmedo (PRODERITH), en el valle de Atoyac, Veracruz, 1979-1988. Tesis de Maestría en Ciencias. CEDERU, Colegio de Postgraduados. México.
- Quiroga R., E. 1980. La transformación de la agricultura de subsistencia mediante riego en El Salvador. América Indígena. Volumen XL, No. 3. Julio-septiembre.
- SARH. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1979. Proyecto de riego Puente Nacional, Veracruz. Dirección General de Grande Irrigación. Subdirección de Promoción y Programas. México, DF.
- SEDAP. Secretaría de Desarrollo, Agropecuario, Forestal y Pesquero. 1992. Convenio de participación técnica y económica entre el Gobierno Federal y Estatal y los beneficiarios del proyecto de riego Puente Nacional, Xalapa, Ver.
- SPP. Secretaría de Programación y Presupuesto. 1985. Antología de la planeación en México 1917-1985. Fondo de Cultura Económica. México, DF.
- Turrent F., A. 1987. Un panorama de la agricultura en México. Ed. CECSA. México, DF.

ELEMENTOS DE ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO AGRICOLA EN UNA UNIDAD DE RIEGO EN EL ESTADO DE VERACRUZ, MEXICO

Strategic Elements to the Agricultural Development in an Irrigation Unit in Veracruz State, Mexico

Teodoro Domínguez Torres¹ y Ana Aguilar Arrieta¹

RESUMEN

En este trabajo se hace un intento por abordar el tema de las estrategias para el desarrollo agrícola regional mediante el uso del método científico; por considerarse éste la mejor forma de realizar los planteamientos que nos llevan a determinar un problema y sus posibles soluciones, además de que así lo exige el propio proceso de planeación del desarrollo agropecuario regional. El análisis se aborda a partir de este proceso de planeación que consiste en: la elaboración del diagnóstico (primer documento), la definición de objetivos y metas, la estrategia, el diseño y ejecución de políticas y la evaluación y el control. Esta investigación se refiere fundamentalmente a una Unidad de Riego que abarca 5000 ha ubicadas en la parte centro-este del estado de Veracruz; y tiene como propósito presentar algunos elementos metodológicos en el diseño de estrategias para el desarrollo agrícola regional, que haga viable, en el corto y mediano plazo (5 a 10 años), el mejor uso de los recursos naturales, humanos y de capital, considerando que el uso eficiente de los mismos es un elemento central en el logro del desarrollo agrícola y rural de la región.

Palabras clave: Diagnóstico, objetivos y metas, estrategia, diseño y ejecución de políticas, evaluación y control.

SUMMARY

This paper considers some strategies for the agricultural regional development with the scientific method, because this is the best way to carry out statements that let determine a problem and its possible solutions. Besides, the planning process of the agricultural regional development demands to do it in this way. The analysis begins with the planning

process which consists of elaborating a diagnosis (first paper), setting objectives and goals, the strategy, the design and attachment of politics and evaluation and control. This research refers to an irrigation unit that has 5000 hectares on the Central-Eastern part of Veracruz State. Being the main idea, the presentation of some possible methodological proposals that in short-medium term (5 to 10 years) can contribute to the best use of human, capital and natural resources. The efficient use of these elements must be considered a central factor to obtain the agricultural rural development of the region.

Index words: Diagnosis, objectives and goals, strategy, design and attachment of politics, evaluation and control.

INTRODUCCION

Este documento es continuación de un trabajo titulado Diagnóstico de la Unidad de Riego Puente Nacional, Veracruz, México (Domínguez y Aguilar, 1999). Aquí, se hace referencia, como un proceso integrado para el desarrollo agrícola, a la definición de objetivos y metas, la estrategia, el diseño y ejecución de políticas y la evaluación y el control. Por tal motivo, se plantea e intenta dar respuesta a algunas reflexiones que pueden tenerse en cuenta en el diseño de estrategias para el desarrollo agrícola regional, a saber en cuanto al diagnóstico: ¿En dónde se va a operar? ¿Qué región? ¿Se puede hacer agricultura en cualquier parte? ¿Tener éxito? ¿De dónde se parte? ¿Cuál es la situación? ¿Cuál es la población? ¿Cómo se puede concebir a la agricultura ampliamente? ¿Cómo se interrelacionan los diferentes factores que inciden en la agricultura? ¿Qué se considera que está mal? ¿Qué estrategia tiene esta gente para sobrevivir? ¿Cuáles son los recursos y los tiempos disponibles en las diferentes regiones? ¿Cómo proceder para reunir la información básica que permita un primer conocimiento de los elementos para poder diseñar una estrategia? ¿Cuánto es mínima o máxima información? ¿Qué pasos dar para recabarla? ¿Cómo?

¹ Campus Veracruz-Colegio de Postgraduados, Apartado Postal 421, 91700 Veracruz, Ver.

Recibido: Septiembre de 1996.
Aceptado: Abril de 2000.

¿Qué resultados se esperan? ¿Información para qué? ¿Cuál es relevante? ¿Qué se puede hacer con el conocimiento disponible?

En lo que toca a la **fijación de objetivos y metas**: ¿Para qué se va a hacer algo? ¿Qué se espera? ¿Qué es lo que se busca? ¿Qué se quiere? ¿Cómo se relacionan los objetivos de las instituciones con sus funciones, con sus propios aliados para la causa: productores, profesionistas, etc.? ¿A dónde se quiere ir? ¿Cuál es la percepción del productor? ¿Cuál es la percepción de quienes están intentando diseñar una estrategia? ¿Qué resultados se van a lograr con la estrategia, y si son éstos los resultados que se esperan? ¿Qué es ese algo, ese objetivo concreto que se desea lograr?

En relación con la **estrategia**: ¿Cuál es la posición de quienes van a trabajar en esto? ¿Quiénes van a ganar con la estrategia? ¿Qué se va a hacer? ¿Cómo se va a abordar? ¿En qué tiempo? ¿Cuáles estrategias son relevantes de acuerdo con los cambios que se prevén? ¿En dónde se ubican quienes están diseñando la estrategia? ¿Qué se entiende por una estrategia de desarrollo? ¿En dónde está el núcleo de esa estrategia? ¿En dónde centrar la estrategia? ¿Cuál es el papel que tienen el factor económico y político en la definición de una estrategia para el desarrollo agrícola regional? ¿Cómo diseñar una estrategia desde adentro, donde confluyan otros ámbitos? ¿Con quiénes se va a trabajar? ¿Con el núcleo y con sus líderes? ¿En dónde se va a empezar? ¿En dónde se favorece la instrumentación? ¿En cuánto tiempo es posible ver resultados tangibles de acuerdo con los objetivos planteados con la operación de una estrategia? ¿Cómo se van a lograr las máximas ventajas de los servicios existentes? ¿Cómo hacer para que estas entidades funcionen a favor de los productores? ¿Cómo hacer para que los investigadores investiguen cosas relevantes a los productores? ¿Cómo hacer para que los insumos estén disponibles? ¿Cómo hacer que el técnico se interese en aprovechar lo que sabe el productor y trabaje en conjunto? ¿Cómo hacer que el productor acepte ciertas recomendaciones? ¿En qué realidad se va a operar?

En cuanto al **diseño y ejecución de políticas**: ¿En qué lado se ubican quienes diseñan la estrategia? ¿Quiénes son los beneficiarios? ¿Cómo la política puede ser tan incidente en la estrategia, y cómo ésta puede o no ser lo que lleve a lo que se está buscando? ¿Cómo se relacionan operativamente el gobierno federal, estatal y municipal?

Y finalmente, en la **evaluación y el control**: ¿Se logró el objetivo? ¿Se ganó el juego? ¿Cómo se

verifica? ¿Cómo se logró? ¿Por qué se requiere una estrategia diferente? ¿Cómo se puede notar en dónde hay una estrategia? ¿Qué han aprendido los productores? ¿Para qué les está sirviendo? ¿Qué pueden proponer? ¿Cuál es el significado de los resultados? ¿Qué es lo repetible en otros ámbitos? ¿En qué forma se estaría midiendo el impacto?

FIJACION DE OBJETIVOS Y METAS

Cabe aclarar que la definición de objetivos y metas del desarrollo regional se relaciona estrechamente con la estrategia, por lo que ambas etapas deben considerarse como de carácter simultáneo dentro del proceso de planeación (Martínez y Domínguez, 1992).

La información recabada, específicamente del área que comprende el proyecto de riego, conduce a señalar como objetivos principales, los siguientes:

1. Elevar los ingresos de los productores, a través del incremento y diversificación de la producción, que satisfagan las necesidades básicas de alimentación, vestido, calzado, salud, educación y vivienda. Lo anterior, considerando evitar el deterioro de los recursos naturales de la región mediante el uso de las técnicas adecuadas.
2. Aumentar la disponibilidad de empleo para la población rural de la región.

En pocas palabras, es lo que los productores conciben como "bienestar social".

Al analizar los objetivos de las instituciones del sector agropecuario, puede verse, en general, que todas buscan el bienestar social en el medio rural; y para ello, ponen en juego un gran número de medios: investigación agrícola, financiamiento, comercialización, insumos, organización de productores, etc., que en alguna medida hacen posible lo deseado; sin embargo, la realidad parece mostrar que muy poco de lo que se ha buscado se ha logrado; por lo tanto, los objetivos de los productores y de las instituciones de apoyo al campo se han visto seriamente incumplidos y, en algunos casos, existe dispendio y deterioro de los recursos (Domínguez, 1993).

No obstante que los objetivos generales del Programa Nacional de Modernización del Campo (SAGAR, 1995) se plantean en términos de:

1. Elevar el nivel de bienestar de los productores del campo y de sus familias.
2. Imprimir competitividad al sector agropecuario y forestal.

3. Asegurar el abasto y la soberanía alimentaria dentro de un esquema de apertura comercial, logrando un superávit comercial en este renglón de la actividad.
4. Alentar el potencial exportador.
5. Eliminar las restricciones que pesan sobre el sector para lograr una mejor asignación de recursos.
6. Impulsar el desarrollo de esquemas propicios para la inversión tanto nacional como extranjera.
7. Conservar los recursos naturales.
8. Estimular el desarrollo y la diversificación de actividades en el medio rural.

Las metas prioritarias de corto plazo para la Unidad de Riego Puente Nacional, son:

1. Elevar la producción de maíz en 100 %, pasando de 3 a 6 toneladas por hectárea, considerando un costo de producción promedio por hectárea de \$1500 y un precio por tonelada de maíz de \$2000.
2. Elevar la producción de caña de azúcar en 75 %, pasando de 90 a 157 toneladas por hectárea.
3. Incorporar a los 120 productores que inician la operación del riego en un grupo de gestión que logre la organización que el proceso de desarrollo agrícola regional requiere.

Las metas de mediano plazo son:

1. Aplicar la tecnología, producto del trabajo interdisciplinario, en las demás actividades productivas a que piensan dedicarse los beneficiarios del proyecto de riego: papaya, pepino, melón, sandía, cítricos, tomate, frijol y ganado bovino, o en aquellas otras que tengan mejores perspectivas económicas.
2. Formular y probar una metodología que coadyuve al desarrollo agrícola regional.

ESTRATEGIA

El concepto de estrategia se refiere a determinar y evaluar las opciones de que se puede disponer, con el fin de encontrar las mejores para realizar el proceso de desarrollo. En otras palabras, se trata de comprender las reacciones probables del sistema frente a diferentes acciones alternativas con el fin de alcanzar eficientemente los objetivos establecidos. El resultado de las decisiones estratégicas es, en definitiva, la elección de las mejores opciones para llevar a cabo las políticas que procuran el logro de los fines establecidos (Martínez y Domínguez, 1992).

Reconociendo los objetivos nacionales y particulares del desarrollo rural señalados anteriormente, se considera que una forma de resolver el problema que se enfrenta no tan sólo en la región de estudio, sino a nivel de la entidad federativa y del país, sería el

verdadero quehacer interdisciplinario en la actividad de las Ciencias Agrícolas; es decir, no basta con sólo demandar organización por parte de los productores, como una forma eficiente, sin lugar a dudas, de aspirar al desarrollo agrícola, sino lograr también una real organización en este importante ámbito de acción; de tal manera, que se supere lo que Martínez (1993) expresa en relación con este factor: el reducido trabajo interdisciplinario que la investigación científica en la región centro de Veracruz opera para enfrentar la problemática agrícola en su dimensión más integrada, además del criterio reduccionista en la generación de tecnología y su posibilidad de operación, por parte de las instituciones del sector agropecuario, son causales fundamentales que se reflejan en una agricultura relativamente atrasada, desinformada y no rentable.

Si se da un vistazo a los recursos humanos calificados en la región, específicamente del Campus Veracruz-Colegio de Postgraduados, por ser ésta la institución en que los autores han laborado, se puede constatar la presencia de profesionistas con los más altos niveles académicos (maestros y doctores en ciencias) y en las más diversas ramas de las Ciencias Agrícolas (riego y drenaje, suelos tropicales, forestería, acuicultura, economía agrícola, fruticultura tropical, apicultura, estrategias para el desarrollo agrícola regional, agroecosistemas tropicales, fitopatología, entomología, ganadería, estadística y botánica, etc.); sin embargo, la pregunta es por qué no se logra superar la problemática agrícola de la región; pudiéndosele atribuir, en su justa dimensión, básicamente a la poca participación interdisciplinaria que realizan los investigadores, y, por consecuencia, no se interprete ni se actúe sobre la problemática de manera integral.

Es por esto que, en la medida en que se logren conjuntar los esfuerzos en este ámbito de acción, la tecnología que se genere será aceptada porque resultará rentable económica, social y ecológicamente; es decir, el problema será abordado de manera holista, no se generará ninguna tecnología que no resuelva un problema real o que no sea rentable desde ningún punto de vista; si se genera una técnica es porque también se tiene resuelto el problema de mercado, él de sanidad, él de acopio, él de insumos, él de organización de productores, él de coordinación institucional, él de conservación de los recursos, y él de suelos, entre otros aspectos.

Enfrentando así el problema, es más factible que la participación institucional mejore, y el banco otorgue créditos en cantidad y oportunidad adecuadas;

el seguro agrícola tenga mayor participación; el gobierno del estado intervenga con mayores y mejores recursos; los propios productores se estimulen más al logro de eficientes figuras asociativas y refuercen las ya existentes, y así consecuentemente.

En resumen, no se trata de una tarea exclusiva de los investigadores, sino de todos quienes tienen que ver de alguna manera con el desarrollo de la agricultura: productores, instituciones, políticos, técnicos y comerciantes.

La puesta en marcha de esta estrategia puede ser en el corto y mediano plazo (5 a 10 años), considerando que la formación de recursos humanos de maestros y doctores en ciencias se ubica, aproximadamente, en ese rango de tiempo. Así, los participantes incrementarían sus conocimientos y habilidades en sus correspondientes materias.

Para poder llevar a la práctica lo expuesto aquí, se requiere de una amplia disponibilidad entre los investigadores agrícolas para el trabajo conjunto. Se considera que en una primera fase de concertación de doce meses es posible integrar un equipo completo de personal, con filosofía definida y objetivos claros tendientes al desarrollo agrícola regional, que aborde, y sobretodo que actúe, de manera simultánea, sobre los obstáculos físicos, biológicos, sociales, económicos, políticos y culturales que inciden en dicho proceso de desarrollo. Lo anterior se debe llevar a cabo manteniendo estrechas relaciones con las instituciones como la Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Forestal y Pesquero del estado de Veracruz (SEDAP), la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (SAGAR), el municipio y con los productores, para propiciar la inversión en proyectos productivos específicos. De esta manera, en el correr de dos a cinco años se podrían observar los resultados del trabajo participativo; y en un plazo mayor (5 a 10 años) se tendría una metodología que coadyuvara al logro del desarrollo agrícola regional.

Por lo anterior, parece innegable que se requiere de una organización institucional con disponibilidad de recursos y de personal calificado, para hacer frente a las labores relativas al diagnóstico regional y, consecuentemente, para realizar todo el proceso de planeación regional. De hecho, se requeriría seguramente de un organismo regional creado específicamente para realizar la planeación de la región.

DISEÑO Y EJECUCION DE POLITICAS

En general:

Los planificadores profesionales del desarrollo agropecuario siempre deberán enfrentarse a las variables políticas y al conflicto social; no se actuará en un ambiente neutro, más bien se recibirán presiones constantes, y tendrán que sacrificarse (algunas veces) criterios técnicos por criterios sociales y políticos, por ello, no son de ninguna manera los únicos responsables de los resultados de los planes que diseñen. Las presiones mencionadas no sólo provienen de los agentes que se sienten afectados positiva o negativamente en sus intereses, sino también de las directrices del propio Estado que condicionan sus propios márgenes de acción.

La ejecución de un plan requiere del cumplimiento de dos etapas básicas: el diseño de políticas y la aplicación o ejecución de éstas. Ambas etapas cumplen un papel clave en el éxito del plan. Un requisito básico del diseño de políticas es su consistencia con los objetivos y metas definidas, y con la estrategia del plan.

Se debe tomar en cuenta, pues, que las acciones de investigación interdisciplinaria tendientes al logro del desarrollo agrícola regional deberán estar íntimamente correlacionadas con la fuerza de la estructura de poder existente en la sociedad, y exista así la viabilidad política necesaria para llegar a lo que se desea. Con respecto a esto, Martínez y Domínguez (1992) señalan que esta sencilla regla se olvida o se ignora con bastante frecuencia en el discurso de los planificadores regionales, e incluso en los planes que se pretenden llevar a la ejecución. Los mismos autores indican que el poco éxito de las estrategias regionales en la práctica, obedece, en síntesis, a que las políticas regionales que se aplican requieren de la aprobación de los grupos o fuerzas sociales que hacen uso del poder, sin esta aprobación no existirá estrategia viable. Ahora bien, esta conclusión no implica que la simple eliminación de dicha resistencia garantice el logro de la estrategia regional.

Asimismo, reconocen, en cuanto a la planeación del desarrollo agropecuario, que la planeación local, dadas las restricciones de escasez de recursos por la asignación de niveles superiores de la jerarquía del gobierno nacional y estatal, implica la necesidad de elaborar un diagnóstico que permita negociar frente a las autoridades gubernamentales superiores al resaltar los problemas que enfrenta la localidad; se pueden elaborar las estrategias y políticas que enfrenten estas

problemáticas específicas y sugerirse los recursos que sean necesarios para la consideración del gobierno estatal o federal; se podría mejorar sustancialmente la capacidad administrativa para utilizar eficazmente los recursos disponibles; se podrían organizar los agentes que intervienen en el nivel municipal o local para compatibilizar sus acciones y evitar la duplicación de esfuerzos, promover la participación ciudadana para presionar en la búsqueda de soluciones a sus problemas, etc. Los planificadores regionales, no obstante, deben mantenerse alertas para evitar que las acciones específicas municipales y locales contradigan los esfuerzos que se realizan al nivel regional y nacional.

De ahí que si la institución responsable del diagnóstico está alejada de los centros de decisión política, o éstos no la escuchan, su labor ha sido prácticamente en vano, por ello es necesario establecer un enlace obligatorio entre el diagnóstico, la estrategia y la acción.

En particular:

Considerando lo expuesto por Martínez (1993), con relación a que las instituciones de investigación en cuestiones agrícolas más importantes en la región son el Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias dependiente del INIFAP, el Campus Veracruz del Colegio de Postgraduados, así como también la Universidad Veracruzana y la Universidad Autónoma Chapingo. Específicamente se hará referencia a las acciones de política desde el ángulo del Campus Veracruz por lo ya anteriormente citado.

Se tendrá que iniciar el trabajo interdisciplinario con mayor relevancia en las actividades productivas a las que piensan dedicarse los beneficiarios del proyecto de riego: caña de azúcar, maíz, frijol, papaya, mango, tomate, sandía, melón, cítricos, pepino y ganado bovino. Esto implica, conocimiento del mercado, la aplicación de tecnología conservadora de los recursos naturales que redunde en alta producción tanto en cantidad como en calidad, de tal forma, que se asegure el consumo de los productos a precios favorables.

Se requiere apoyo político por parte del gobierno del estado, la delegación de la SAGAR y el municipio, así como de las demás instituciones que tienen injerencia en el proyecto de riego, de tal modo que se lleven a cabo las acciones coordinadas que se traduzcan en el cumplimiento de los objetivos de desarrollo.

Es indispensable la participación de los investigadores agrícolas en forma interdisciplinaria para la

creación de un grupo de gestión que involucre los principales protagonistas del desarrollo agrícola regional: productores-técnicos investigadores-instituciones; lo que permitiría tomar las decisiones pertinentes en beneficio de los mencionados niveles de actuación, teniendo como base y, ante todo, el respeto mutuo de sus derechos y valores culturales.

EVALUACION Y CONTROL

La evaluación se refiere fundamentalmente a determinar el grado de éxito en el logro de los objetivos propuestos, siendo recomendable que se realice en forma paralela a la ejecución de los planes para tener oportunidad de realizar acciones correctivas en su momento; se requiere, por tanto, tener información oportuna acerca de lo que está sucediendo en la realidad regional para estar en condiciones de determinar si se están alcanzando o no y, en qué grado, los objetivos y metas formulados por el plan. Las desviaciones más importantes que se detecten deberán ser corregidas en el menor plazo posible replanteando incluso la estrategia y las políticas que originalmente se hayan establecido.

El control se refiere más a la vigilancia respecto a la eficiencia con que se están ejecutando los planes, incluyendo también las acciones correctivas que sean necesarias. El control se relaciona estrechamente con la ejecución, generalmente son las mismas instituciones ejecutoras las que fiscalizan que realmente se estén realizando las políticas, programas y proyectos respectivos, y que los recursos estén siendo destinados efectivamente de acuerdo con los planes. El control es prácticamente una actividad obligatoria puesto que a la hora de realizar los planes, programas y proyectos en concreto siempre surgen una serie de dificultades producto del enfrentamiento con la realidad, por lo cual generalmente deben tomarse decisiones de última hora, a veces instantáneas, que forman parte del propio proceso de planeación, programación y presupuestación. El control incluye la vigilancia de los gastos corrientes e inversiones que se realizan, por lo que debe ser una labor detallada y sumamente minuciosa (Martínez y Domínguez, 1992).

Al mismo tiempo, es de suma importancia para la planeación regional el contar con un sistema completo de información acorde con sus intereses, el cual debe contener el panorama más actualizado posible. Este sistema permitirá tener los indicadores oportunos para vigilar los cambios en la realidad económica y social de la región, y así poder saber cuál es el impacto de

los planes, programas y proyectos en el momento presente. Para esta labor se requiere del diseño de índice de coyuntura regional, y la realización de encuestas o muestreos periódicos con metodologías de bajo costo. Cuando ello sea factible se recomienda el uso de un sistema de contabilidad social de carácter regional (Boisier, citado por Martínez y Domínguez, 1992).

En resumen, el trabajo de evaluación consiste en analizar los resultados de la ejecución del proyecto, para determinar en qué medida se han alcanzado los objetivos propuestos. Se trata de obtener evidencias objetivas con relación a los efectos productivos por la implementación de las diversas acciones de desarrollo en la población usuaria del proyecto (Miranda, 1989).

Lo importante es comprender que los principales usuarios de la información que se genere con el proceso de seguimiento y evaluación son, además de las instituciones participantes y los organismos financieros, los propios productores. Es necesario considerar que evaluar, en última instancia, significa valorar los resultados desde la perspectiva de los beneficiarios (Miranda, 1989).

Es necesario resaltar la importancia de la participación de los productores en el proceso de evaluación y en todos los demás procesos, en el sentido que debe existir un mayor control en la toma y ejecución de las decisiones que los afectan; las que son asumidas y adoptadas por las autoridades del proyecto muchas veces no corresponden a los intereses y objetivos de los productores.

Para el caso de la Unidad de Riego en referencia, los indicadores más útiles y concretos en la evaluación de los resultados serían los logros obtenidos por los propios productores en cuanto a la satisfacción de las necesidades fundamentales que son prioritarias para ellos mismos: mejor alimentación, mejor vestido y calzado, mejoramiento de su vivienda y de su salud, y mayores posibilidades de educación para sus hijos. Lo anterior podría ser corroborado por un grupo que incluya los diferentes niveles de participación aquí mencionados, y contrastarse con los resultados de un organismo independiente de la estrategia en marcha.

CONCLUSIONES

Si bien se ha hecho énfasis en la necesidad de participar en un marco de colaboración y respeto, en la búsqueda del desarrollo agrícola regional,

básicamente desde el ámbito de acción de la investigación agropecuaria, y más específicamente del Campus Veracruz-Colegio de Postgraduados; es preciso aclarar que de ningún modo se menosprecia la capacidad tanto individual como organizativa de quienes tienen alguna función que jugar en este proceso de desarrollo agrícola regional. Si a cualquier nivel de participación se plantean alternativas de solución, digno es de analizarse y discutirse en conjunto con el firme propósito de mejorar las propuestas presentadas y hacer más factible el cumplimiento de los objetivos de desarrollo determinados. Esto es, coadyuvar cada vez más en el fortalecimiento y la determinación de elementos metodológicos en el diseño de estrategias para el desarrollo agrícola regional.

Es recomendable, en lo inmediato, realizar diagnósticos específicos por actividad productiva a fin de contar con una base de datos que permita tomar decisiones para el corto, mediano y largo plazo, en cuanto a las posibilidades de transferir tecnología e inferir sobre los posibles logros de los objetivos del desarrollo agrícola regional.

Finalmente, los autores expresan su amplia disposición para el trabajo conjunto y, asimismo, recibir las críticas u opiniones con relación a las ideas aquí expuestas.

LITERATURA CITADA

- Domínguez T., T. 1993. Situación actual y perspectivas del proyecto de riego Puente Nacional, Veracruz, México. Tesis de Maestría en Ciencias. CEICADAR-Colegio de Postgraduados. Puebla, Pue., México.
- Domínguez T., T. y A. Aguilar A. 1999. Diagnóstico de la Unidad de Riego Puente Nacional, Veracruz, México. *Terra* 17: 345-354.
- Martínez D., J.P. 1993. Elementos de una estrategia para el desarrollo agrícola del municipio de Veracruz. Tesis de Maestría en Ciencias. CEICADAR-Colegio de Postgraduados. Puebla, Pue., México.
- Martínez R., R y S. Domínguez. 1992. La planificación regional y el desarrollo. Instituto de Investigaciones y Estudios Superiores Económicos y Sociales de la Universidad Veracruzana. Ed. Paspártú, Xalapa, Ver., México.
- Miranda A., B. 1989. Impacto socioeconómico del Programa de Desarrollo Rural Integrado del Trópico Húmedo (PRODERITH) en el Valle de Atoyac, Veracruz, 1979-1988. Tesis de Maestría en Ciencias. CEDERU-Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- SAGAR. 1995. Programa Nacional de Modernización del Campo 1995-2000. México, DF.

ZONIFICACION AGROECOLOGICA DEL MAIZ DE TEMPORAL EN LOS VALLES CENTRALES DE OAXACA II. DETERMINACION DE LAS PRACTICAS DE PRODUCCION ADECUADAS

Agroecological Zoning of Rainfed Maize in the Central Valleys of Oaxaca II. Determination of Suitable Production Practices

Jaime Ruiz Vega y M. E. Silva Rivera¹

RESUMEN

A fin de generar funciones de respuesta que permitan determinar las dosis de fertilización y densidades de población adecuadas al riesgo de sequía para maíz de temporal en dos subtipos climáticos, se utilizó información de dosis óptimas económicas de nitrógeno, fósforo y densidades de población, obtenidas en 27 experimentos de campo. También se determinaron los períodos de siembra recomendables para un mayor rendimiento del cultivo de acuerdo con la variedad de maíz.

Palabras clave: Riesgo de sequía, prácticas de producción para maíz.

SUMMARY

To generate models to obtain fertilization and plant population recommendations suitable to the expected drought risk for rainfed maize production in two climatic subtypes, information on optimum nitrogen, phosphorus and plant population obtained from 27 field experiments was used. Also, recommendations about the most suitable planting dates for different corn varieties were determined.

Index words: Drought risk, maize production practices.

INTRODUCCION

En los Valles Centrales de Oaxaca, se cultivan 88 000 ha de maíz de temporal, y se estima que

¹ CIIDIR-Oaxaca-IPN, Calle Horno 1003, Fracc. Indeco Xoxo, 71230 Santa Cruz Xoxocotlán, Oax.
Correo electrónico: jruizv@yahoo.com

Recibido: Septiembre de 1999.

Aceptado: Abril de 2000.

40 000 ha se encuentran ubicadas en el subtipo climático BS1 (Pérez y Mejía, 1984), las que tienen un riesgo alto de no producir grano debido a la alta incidencia de sequía (Ruiz, 1987). Según Laird (1976), las probabilidades de sequía extremadamente severa en dos estaciones representativas del subtipo climático BS1 oscilan entre 30 y 65 %, a la vez que Kirkby (1973) consideró a la precipitación como el factor más importante para la producción agrícola en esta zona. Esto hace necesario delimitar tales áreas y también determinar las prácticas de producción que permitan asegurar la producción al máximo.

Ruiz (1998) delimitó zonas por rendimientos probables de maíz en los Valles Centrales de Oaxaca, utilizando modelos de regresión entre los rendimientos de maíz y un índice de sequía.

La delimitación de áreas por potencial productivo puede ser un medio para la utilización más eficiente de los recursos, especialmente si también se definen prácticas de producción, como fechas de siembra, fertilización y cultivos o variedades de cultivo (García, 1985).

El uso de insumos modernos es limitado en la región, ya que la mayor parte de los productores de maíz utilizan dosis bajas de fertilización nitrogenada, nula fertilización fosfórica y semillas criollas. La variedad criolla más común es el "criollo Bolita", con 115 días a madurez, pero existen criollos más precoces, como el "criollo Amarillo" y el "criollo Delgado Moradito", con 105 días a madurez (Ruiz, 1990).

En el presente trabajo se propone una metodología para generar tecnologías de producción que tomen en cuenta el riesgo climatológico para la producción de maíz de temporal en los Valles Centrales de Oaxaca.

MATERIALES Y METODOS

Los métodos empleados pueden agruparse en estimación de las funciones de respuesta,

determinación del período de siembra óptimo por variedad y determinación de las dosis de fertilización y densidades de población adecuadas al riesgo climático.

Funciones de Respuesta

Para la obtención de las funciones de respuesta se contó con las dosis óptimas económicas (DOE) de nitrógeno, fósforo y densidades de población para maíz de temporal en 27 sitios experimentales, en los cuales también se obtuvo un índice de sequía modificado (I_m) a partir de Frere y Popov (1979). La modificación permite considerar la oportunidad de la sequía con el factor fenológico K_f y el índice se obtiene por:

$$I_m = \sum (D \times K_f / r_a) \times 100 / 40$$

Donde:

D = déficit de agua en mm, \sum representa la sumatoria de los valores semanales, r_a es el requerimiento de agua en mm y el 40 permite que el índice sea un indicador directo del porcentaje de reducción esperado en el rendimiento (Ruiz, 1987).

El factor fenológico ajusta el rendimiento según la oportunidad de ocurrencia de la sequía (Shaw, 1974).

Periodos de Siembra Optimos

El período de siembra óptimo se determinó realizando balances semanales de humedad en forma sucesiva para dos variedades criollas de maíz (intermedia y precoz) y nueve estaciones climatológicas del área, utilizando lluvia semanal al 70 % de probabilidad de acuerdo con la distribución gamma (Thom, 1966). Las estaciones climatológicas fueron agrupadas en dos subtipos climáticos, el BSI y el (A)Cwo. En el primer subtipo climático se incluyeron las estaciones ubicadas en Miahuatlán, Tlacolula, San Bartolo Coyotepec, Santa Ana Tlapacoyan, Guadalupe Etna, y Santo Domingo Barrio Bajo. En el segundo subtipo climático se incluyeron las estaciones de Ocotlán, San Miguel Ejutla, y Zimatlán. La semana de siembra con el menor I_m , se consideró como la óptima para seis condiciones de suelo (Cuadros 1 y 2) y dos variedades de maíz.

Cuadro 1. Capacidad de retención de humedad media (CRH) a profundidad radicular máxima en seis condiciones de suelo en los Valles Centrales de Oaxaca.

Tipo	Fisiografía	Textura	Pendiente %	CRH mm
1	Loma	Gruesa	> 5.0	11.0
2	Loma	Media	> 5.0	50.0
3	Loma	Media	< 5.0	57.0
4	Planicie	Gruesa	< 0.5	45.0
5	Planicie	Media	< 1.5	79.0
6	Planicie	Fina	< 0.5	97.0

Determinación de las Dosis Adecuadas

Una vez obtenido el I_m y las DOE para cada sitio experimental se generaron modelos de regresión para estimar las dosis en función del índice de sequía y otras variables como textura (0 a 30 cm de profundidad) y pendiente del suelo.

La textura se codificó del 1 al 3; el primer valor corresponde a suelos de textura gruesa, el siguiente a suelos de textura intermedia y el último a suelos de textura fina. La pendiente se expresó en porcentaje.

En un trabajo anterior (Ruiz, 1998) se obtuvo el I_m para cada condición de suelo en nueve localidades con información climatológica; dichos valores de I_m se utilizaron para estimar las dosis adecuadas (DA) al riesgo por sequía esperado en cada localidad y condición de suelo.

RESULTADOS Y DISCUSION

Funciones de Respuesta

La DA de nitrógeno (N) fue función de la DOE de fósforo (P), la pendiente del suelo (S) y el índice de sequía (Cuadro 3). En general, los suelos de loma presentan menor contenido de N y mayor S. Se

Cuadro 2. Características químicas medias de seis tipos de suelo en los Valles Centrales de Oaxaca.

Tipo	Nitrógeno %	Fósforo mg kg ⁻¹	Potasio mg kg ⁻¹	pH
1	0.042-0.049	3-5	250-364	7.2-8.1
2	0.067-0.093	2-4	493-550	6.7-8.0
3	0.099-0.113	6-8	970-1164	7.5-8.0
4	0.115-0.129	6-17	320-456	7.5-8.2
5	0.134-0.136	16-28	326-564	7.7-8.4
6	0.138-0.149	19-34	550-834	7.5-8.3

Cuadro 3. Funciones de respuesta entre el índice de sequía modificado (Im) y las dosis óptimas de nitrógeno (N), fósforo (P) y densidades de población (DP).

Función de respuesta	Error estándar	R ²	Significancia del modelo
$N = 46.166 + 0.209 P - 1.115 S - 0.170 Im$	7.5	0.73	0.001
$P = 41.383 - 5.330 T - 4.242 Im$	7.1	0.56	0.010
$DP = 44.359 - 0.216 Im$	3.5	0.57	0.001

encontró que los suelos de loma con pendiente mayor que 5 % tuvieron menos de 0.10 % de N, mientras que los de menos de 5 % de pendiente presentaron valores de 0.10 a 1.13 % de N. Los suelos de planicie con pendiente moderada tuvieron contenidos de N de 0.115 a 0.130 % y los de pendiente leve mostraron concentraciones de N de 0.134 a 0.149 % (Cuadro 2). Todos los signos de los coeficientes de regresión estuvieron de acuerdo con la respuesta esperada; por ejemplo, el Im debe tener signo negativo, ya que a mayor sequía habrá menos rendimiento y a mayor dosis de fósforo, mayor dosis de nitrógeno.

Ruiz y Laird (1979) encontraron que la variación en rendimientos de maíz de 56 sitios se explicaba en 85.5 % por los factores sequía y pendiente. En general, el N es el factor más limitativo para la producción de los cultivos, especialmente en los cereales. La interacción NxP se ha reconocido en muchos estudios, ya que la respuesta al N se incrementa cuando se aplica P (Prasad y Power, 1997). Los elementos mayores deben guardar cierta proporción en los tejidos vegetales, por lo que si se absorbe más P, también el N absorbido aumentará. Para maíz, las proporciones de N presentes en los tejidos vegetales varían de 2.6 a 7.2 unidades por unidad de P (NPF1, 1974; Salisbury y Ross, 1978).

La DOE de P fue función de la textura del suelo (T) y del índice de sequía. Los signos de los coeficientes indican que a medida que la textura se hace más fina, y a mayores valores del índice, la dosis de P disminuye.

Ruiz (1988) encontró que si se combinan tres grupos texturales (fina, intermedia y gruesa) para una función general, la R² disminuye hasta 0.76, lo cual indica que el factor edáfico, particularmente la textura del suelo, debe ser uno de los principales factores para la caracterización de los sistemas de producción con fines de manejo. También se observó que el contenido de P en los suelos se incrementó al hacerse más fina la textura.

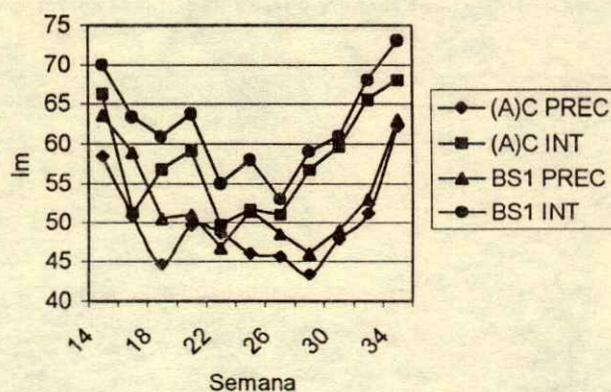


Figura 1. Variación del índice de sequía modificado (Im) según la semana de siembra para dos variedades de maíz en dos subtipos climáticos.

La DOE de densidad de población (DP) fue función única del Im, esperándose una menor densidad óptima a mayor valor del Im. Se sabe que el Índice de Área Foliar (IAF) se relaciona directamente con la DP (Stoskopf, 1981). La reducción en IAF se asocia con la reducción en el uso de agua, lo cual puede demorar el desarrollo de la sequía severa (Begg, 1980).

Períodos de Siembra Óptimos

Los índices de sequía al 70 % de probabilidad para los dos subtipos climáticos predominantes en la región (INEGI, 1988) y las dos variedades criollas de maíz se presentan en la Figura 1. Los mayores índices de sequía se observaron en las fechas de siembra tempranas como la semana 14 (2 a 8 de abril) o tardías como en la semana 34 (20 a 26 de agosto). En el Cuadro 4 se presentan las fechas correspondientes a los números de semana.

En la Figura 1 se aprecia que en el subtipo climático (A)Cwo es aconsejable sembrar la variedad intermedia de maíz durante la tercera semana y durante todo junio, ya que en esos periodos se observan los menores valores del Im. La variedad precoz puede sembrarse durante la primera semana de mayo o desde la segunda semana de junio a la primera quincena de julio. En el subtipo climático BS1 las siembras de la última semana de mayo y la primera semana de junio muestran los menores valores de índice de sequía para ambas variedades. Otro período de siembra adecuado ocurre para la variedad intermedia durante la última

Cuadro 4. Número de semana y fecha de siembra correspondientes.

No. semana	Período de siembra
14	2-8 de abril
16	16-22 de abril
18	30 de abril-6 de mayo
20	14-20 de mayo
22	27 de mayo-3 de junio
24	11-17 de junio
26	24 de junio-1 de julio
28	9 de julio-15 de julio
30	23 de julio-29 de julio
32	6-12 de agosto
34	20-26 de agosto

semana de junio y durante la segunda semana de julio para la variedad precoz. La variedad precoz puede emplearse para cierre de siembras en ambos subtipos climáticos.

En la región de los Valles Centrales se presenta aleatoriamente un período de sequía intraestival, el cual puede dividirse en canícula grande y canícula chica. La canícula grande comienza en promedio en la semana 28 y dura de tres a siete semanas. La canícula chica comienza en la semana 32 y dura de dos a cuatro semanas. Ambos tipos de canícula son interrumpidas por las lluvias ciclónicas de fines de agosto y las que ocurren durante septiembre (Ruiz, 1987).

Si se siembra el maíz a principios de junio, estará en floración en plena canícula grande, lo cual disminuiría drásticamente sus rendimientos (Laird,

1976). No todos los años hay canícula, de tal manera que en promedio el período canicular es solamente de menor precipitación y no de ausencia total de lluvia, por lo que es posible sembrar el maíz a principios de junio y esperar que no haya canícula para que las etapas críticas no coincidan con los períodos secos.

En un estudio de fechas de siembra realizado con tres criollos locales (Ruiz, 1990), se encontró que la mejor fecha de siembra fue 7 de junio, y que las mejores variedades fueron la precoz y la intermedia. El porcentaje de plantas "jorras" (sin mazorca) fue de 19.2, 30.4 y 50.2 para las variedades precoz, intermedia y tardía, respectivamente.

En el Cuadro 5 se presentan los períodos de siembra óptimos para maíz "criollo Bolita", el cultivar más frecuentemente sembrado (115 días de la siembra a la madurez), y para maíz "criollo Amarillo" (105 días a madurez).

Dosis Adecuadas de Fertilización y Densidades de Siembra

Los índices de sequía esperados para cada estación climatológica y condición de suelo, cuando el maíz se siembra en el período óptimo, se presentan en el Cuadro 6. El valor máximo del índice sería de 100. Los mayores índices de sequía se obtuvieron en los suelos de loma, especialmente en aquéllos de textura intermedia y con pendiente mayor que 5 %. Los suelos

Cuadro 5. Períodos de siembra óptimos para dos variedades de maíz criollo de temporal en los Valles Centrales de Oaxaca.

Subtipo climático	Variedad precoz ("criollo Amarillo")	Variedad intermedia ("criollo Bolita")
BS1	1) mayo 27 a junio 3 y 2) julio 9 a julio 15	mayo 27 a junio 3 y junio 24 a julio 1
(A)Cwo	abril 29 a mayo 6 y julio 9 a julio 15	abril 16 a 22 y mayo 27 a julio 1

Cuadro 6. Índices de sequía esperados en nueve localidades de los Valles Centrales de Oaxaca para seis condiciones de suelo al sembrar en el período óptimo.

Localidad	1	2	3	4	5	6	Media
Miahuatlán	58	73	65	53	51	51	58
Zimatlán	55	66	52	41	41	40	49
San Bartolo Coyotepec	61	74	68	54	53	53	60
Guadalupe Etla	55	67	55	43	43	43	51
Ocotlán	27	27	9	7	7	7	14
San Miguel Ejutla	33	38	17	13	13	13	21
Santa Ana Tlapacoyan	53	65	65	53	53	55	57
Santo Domingo B. B.	57	70	69	55	55	58	60
Tlacolula	59	72	70	58	58	59	63
Media	51	61	52	42	42	42	48

Cuadro 7. Dosis adecuadas de nitrógeno (kg ha^{-1}), fósforo (kg ha^{-1}) y densidades de población (miles ha^{-1}) para maíz de temporal para seis condiciones de suelo y nueve localidades de los Valles Centrales de Oaxaca.

Localidad	1	2	3	4	5	6
Miahuatlán	25-01-32	23-00-29	28-00-29	39-14-33	38-09-33	37-04-33
Zimatlán	26-02-33	24-03-30	30-03-30	42-19-35	41-13-35	40-08-36
San Bartolo Coyotepec	25-00-31	22-00-28	28-00-28	39-13-33	37-08-33	37-03-33
Guadalupe Etla	26-02-33	24-02-30	30-02-30	41-18-35	40-12-35	39-07-35
Ocotlán	33-13-38	34-19-38	40-19-38	51-33-42	50-28-43	49-22-43
San Miguel Ejutla	32-11-37	32-14-36	37-14-36	49-30-42	48-25-42	47-20-42
Santa Ana Tlapacoyan	27-03-33	25-03-30	30-03-30	39-13-33	38-08-33	36-02-33
Santo Domingo B. B.	26-01-32	23-01-29	29-01-29	38-13-32	37-07-32	35-01-32
Tlacolula	25-00-32	23-00-29	28-00-29	38-11-32	36-06-32	35-00-32

de planicie mostraron valores de índices de sequía similares, lo cual indica que la textura no determinó su capacidad de retención de humedad.

Al aplicar los modelos para la determinación de las dosis adecuadas (DA), en función de los índices de sequía obtenidos y otras variables independientes, se encontró que las DA no mostraban diferencias importantes entre suelos de loma de textura intermedia con menos de 5 % de pendiente y aquéllos con pendiente mayor. Tampoco en suelos de planicie hubo diferencias apreciables entre tres tipos de textura para las DA de N y DP. La DA de P para suelos de textura gruesa fue de 5 a 6 kg ha^{-1} arriba de la DA para suelos de textura intermedia; mientras que la DA para esta última estuvo también entre 5 y 6 kg ha^{-1} por debajo de la adecuada para suelos de textura fina (Cuadro 7). Las localidades de Miahuatlán y Tlacolula se consideran de alto riesgo para la producción de maíz, lo cual se refleja en una baja dosis de fertilización y densidad de siembra, especialmente en suelos de loma. Ruiz (1986) reporta que Miahuatlán y San Bartolo Coyotepec destacan por el número de periodos secos ($P/ETP < 0.33$) dentro de la estación de crecimiento con nueve semanas, y Tlacolula y Santa Ana Tlapacoyan con siete y ocho semanas, respectivamente. Las estaciones con menor número de periodos secos fueron Ocotlán, Zimatlán y San Miguel Ejutla, con cero, dos y tres semanas, respectivamente.

Dado que la textura superficial predominante en la zona es la intermedia (Ruiz, 1979), a continuación sólo se discuten las DA para dicha textura. Para zonas de loma en temporal marginal (BS1), la recomendación promedio de N-P-DP, es 26-00-31000, las dos primeras en kg ha^{-1} y la tercera en miles ha^{-1} . Para suelos de planicie en temporal marginal se recomienda la dosis 37-10-33000.

Para zonas de temporal mediano, como Santo Domingo y Guadalupe Etla, se recomienda la dosis 28-02-32000 en loma y la de 40-10-34000 para suelos de planicie. En localidades con temporal relativamente favorable como Ocotlán y San Miguel Ejutla, se recomienda la dosis 36-15-38000 en loma y la de 49-27-43000 en planicie.

A continuación se da una recomendación más general, considerando primero tres condiciones de temporal y después las DA se agrupan en términos de los subtipos climáticos.

Las DA para suelos de textura intermedia bajo temporal deficiente e intermedio, pueden redondearse a 28-00-32000, mientras que para suelos de planicie de la misma textura, para ambas condiciones de temporal, podría aplicarse la de 40-10-34000. Estas zonas caen generalmente dentro del subtipo climático BS1, el más limitativo por humedad. Las estaciones con temporal favorable son del subtipo climático (A)Cwo, por lo que para éste se recomiendan las dosis de 36-15-38000 en loma y la de 49-27-43000 en planicie.

Las cantidades de 10 y 15 kg ha^{-1} de P son pequeñas, pero se pueden aplicar junto con el N en el momento de la primera labor, según la práctica tradicional. La aplicación de cantidades reducidas de fertilizante nitrogenado (20-40 kg ha^{-1}) hasta la primera labor es una estrategia de los productores ante la incertidumbre del temporal y la escasez de capital.

La práctica es adecuada desde el punto de vista fisiológico, ya que la tasa exponencial de absorción para ambos nutrimentos ocurre aproximadamente a los 25 días después de la siembra del maíz (Hanway *et al.*, 1986).

Las DA obtenidas se aplican a la variedad intermedia, pero, en función de los valores medios del Im para la variedad precoz, el cual fue cinco a seis

unidades menor que el valor obtenido para la variedad intermedia, se pueden incrementar las dosis correspondientes de P hasta en 15 %. De acuerdo con los modelos, las dosis de N y DP no experimentarían cambios importantes.

CONCLUSIONES

1. El índice de sequía modificado fue mayor en las estaciones ubicadas en el subtipo climático BS1 y en los suelos de loma.
2. Las fechas de siembra adecuadas mostraron diferencias para los subtipos climáticos y las dos variedades criollas empleadas.
3. Las dosis de fertilización y densidades de siembra fueron menores en el subtipo climático BS1, el más limitado por humedad.
4. Es posible generar modelos para incorporar el riesgo climático a nivel nacional, dada la enorme cantidad de información sobre experimentos de dosis de N-P-DP existente.

LITERATURA CITADA

- Begg, J.E. 1980. Morphological adaptations of leaves to water stress. pp. 33-42. *In*: Turner, N.C. and P.J. Kramer (eds.). *Adaptation of plants to water and high temperature stresses*. John Wiley and Sons, New York.
- Frere, M. y G.F. Popov. 1979. Agrometeorological crop monitoring and forecasting. FAO Plant Production and Protection Paper no. 17, Rome.
- García B., J. 1985. Zonificación del cultivo de la yuca en el Valle de Aroa. *Rev. Fac. Agron. Maracay* 4: 185-186.
- Hanway, J.J., W. Ritchie y G.O. Benson. 1986. How a corn plant develops. Special Report No. 48. Iowa State University of Science and Technology. Cooperative Extension Service, Ames, Iowa.
- INEGI. 1988. México. (Mapas a escala 1:1000 000). Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática, Aguascalientes, Ags.
- Kirkby A., V.T. 1973. I. The use of land and water resources in the past and present Valley of Oaxaca, Mexico. University of Michigan, Ann Arbor.
- Laird, R.J. 1976. Probabilidades de sequía en el maíz para los Valles Centrales de Oaxaca. Rama de Suelos, Colegio de Postgraduados, Chapingo, Mex.
- NPFI. 1974. Manual de Fertilizantes. National Plant Food Institute, Ed. Limusa, Mexico, DF.
- Pérez Z., O. y C. Mejía. 1984. Potencial agrícola de Valles Centrales de Oaxaca con base en probabilidad de lluvia. Folleto de Inv. No. 71. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca, INIFAP-SARH, México.
- Prasad R. y J.F. Power. 1997. Soil fertility management for sustainable agriculture. CRC Lewis Publishers, Boca Raton, Fl. and New York.
- Ruiz V., J. 1979. Dosis de fertilizantes y densidades de población en maíz de temporal. Tesis de Licenciatura, Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, Mex.
- Ruiz V., J. 1986. Zonificación agroecológica de los Valles Centrales de Oaxaca. pp. 139-150. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca, INIFAP-SARH.
- Ruiz V., J. 1987. Rainfall probabilities and corn yields in the Central Valleys of Oaxaca, Mexico. pp. 25-28. *In*: PSMP Report Series No. 26, WMO, Geneva.
- Ruiz V., J. 1988. Zonificación agroecológica por funciones de producción. pp. 20-23. III Congreso Interamericano de Meteorol., México, DF.
- Ruiz V., J. 1990. Evaluación de tres criollos de maíz bajo dos densidades y tres fechas de siembra. pp. 53. *In*: Resúmenes del XIII Congreso Nacional de Fitogenética. Cd. Juárez, Chih.
- Ruiz V., J. 1998. Zonificación agroecológica del maíz de temporal en los Valles Centrales de Oaxaca I. Determinación del potencial productivo. *Terra* 16: 269-275.
- Ruiz V., J y R.J. Laird. 1979. Definición de sistemas de producción con base en probabilidades de sequía. p. 78. *In*: Resúmenes del XII Congreso Nal. de la Ciencia del Suelo, Morelia, Mich.
- Salisbury, F.B y C.W. Ross. 1978. *Plant physiology*. Wadsworth Publishing Co., Belmont, Ca.
- Shaw, R.H. 1974. A weighed moisture stress index for corn in Iowa. *Iowa State J. of Res.* 49: 100-104.
- Stoskopf, N. 1981. *Understanding crop production*. Reston Publishing Co. Inc., Reston, Va.
- Thom, H.C.S. 1966. *Some methods of climatological analysis*. Tech. Note No. 81, WMO No. 199, Geneva.

INDICE DE AUTORES
AUTHORS INDEX

367

- Acosta Hernández, R. 115
Adams Schroeder, R.H. 159
Aguilar Acuña, J.L. 109
Aguilar Arrieta, A. 345, 355
Aguilar Manjarrez, D. 247
Aguilar Pérez, J.H. 317
Alarcón, A. 179
Amado Alvarez, J.P. 337
Aveldaño S., R. 265
Becerril Román, A.E. 1
Betancourt Yanez, P. 139
Cajuste, Lenom J. 287
Camacho Castro, R. 59
Canales López, B. 271
Cortés Flores, J.I. 59
Chávez G., J.F.J. 293
Del Río Olague, F. 27
Domínguez Rodríguez, V.I. 159
Domínguez Torres, T. 345, 355
Escalante Estrada, J.A. 149
Espinosa C., A. 265
Estañol Botello, E. 17
Etchevers Barra, J.D. 209, 299
Faz Contreras, R. 309
Ferrera-Cerrato, R. 9, 17, 109, 179, 299
Figueroa Sandoval, B. 87, 139
Flores Román, D. 325
Francisco Nicolás, N. 59
Galeana de la Cruz, M. 325
García Calderón, N.E. 325
García Garza, S.J. 317
García Hernández, L. 159
Gardezi, Abdul K. 109
Gavi Reyes, F. 287
González Cossio, F. 139
González-Chávez, M.C. 9
González Hernández, V.A. 125
González Rios, J. 139
Guerrero Alvarado, J. 51
Gutiérrez Castorena, Ma. del C. 87, 97, 277
Hernández Saucedo, F.R. 77
Hidalgo M., C. 97
Huber, A. 35
Lara Herrera, A. 221
Larqué Saavedra, M. 109
López-Martínez, J.D. 51
Lovatt, Carol J. 257
Maggi, A.E. 45
Manjarrez-Martínez, M.J. 9
María Ramírez, A. 131
Medina Morcno, E.J. 317
Medina M., Ma. del C. 293, 317
Melchor-Marroquín, J.I. 299
Mendoza Robles, R. 59
Movia, C.P. 45
Navone, S.M. 45
Nicolás Ortiz, J. 115
Nikolskii Gavrilov, I. 115
Olguín Palacios, C. 175
Ortiz Franco, P. 337
Ortiz Solorio, C.A. 97, 277
Oyarzún, C.E. 35
Palacios Vélez, O. 115
Parra Quezada, R.A. 1, 125
Pastor Sáez, J.N. 231
Pérez Nieto, S. 77
Quintero Lizaola, R. 17
Reta Sánchez, D.G. 309
Reyes Ch., J. 87
Rienzi, E.A. 45
†Rodríguez Ontiveros, J.L. 125
Rodríguez Tapia, S. 97
Ruiz Vega, J. 361
Santizo Rincon, J.A. 17
Serrato Sánchez, R. 27
Silva Rivera, M.E. 361
Sosa Moss, C. 17
Tapia N., A. 265
Tijerina Chávez, L. 237
Trinidad Santos, A. 247, 287, 325
Turrent Fernández, A. 59
Uribe Gómez, S. 59
Valencia Castro, C.M. 27
Vargas-Hernández, J.J. 299
Velasco Velasco, V.A. 193
Velázquez-Martínez, A. 299
Venegas González, J. 287
Volke Haller, V. 131
Zavaleta-Mejía, E. 201

**REVISORES QUE COLABORARON DURANTE 1999
REVIEWERS**

Aguilar Santelises, Andrés
Alcántar González, Gabriel
Almaguer Vargas, Gustavo
Alvarez Sánchez, Ma. Edna
Améndola Massiotti, Ricardo D.
Anaya Garduño, Manuel
Arévalo Galarza, Gustavo
Arteaga Ramírez, Ramón
Baca Castillo, Gustavo A.
Barois Boular, Isabelle
Batlle Sales, Jorge
Becerril Román, Alberto E.
Blum, Winfried E. H.
Bravo Lozano, Angel G.
Cajuste, Lenom J.
Campos Cascaredo, Adolfo
Castellanos Ramos, Javier Z.
Cortés Flores, José I.
Chávez Mota, Ramiro
Escalante Estrada, José A.
Espinosa Victoria, David
Espinoza Hernández, Vicente
Estrada Berg, Juan W.
Etchevers Barra, Jorge D.
Fernández Ordoñez, Yolanda M.
Flores Lui, Luis F.
García Calderón, Norma E.
Godoy Avila, Claudio
Gómez Díaz, David J.
González Eguiarte, Diego
Gutiérrez Ruiz, Margarita E.
Hernández Saucedo, Francisco R.
Islas Gutiérrez, Fabián
Licona Vargas, Atenógenes
López Alcocer, Eduardo

Mancilla y Díaz Infante, Raúl
Martínez Elizondo, René
Nuñez Escobar, Roberto
Ordaz Chaparro, Víctor M.
Ortiz Olguin, Miguel
Palacios Mayorga, Sergio
Palacios Vélez, Enrique
Palma López, David J.
Peña-Cabriales, Juan J.
Pérez Zamora, Octavio
Pulido Madrigal, Leonardo
Queitsch Kroker, Jürgen
Quintero Lizaola, Roberto
Ramírez Gama, Rosa Ma.
Serrano Covarrubias, Luis M.
Siebe Grabach, Christina
Sommer Cervantes, Irene
Soria Ruiz, Jesús
Tah Iuit, J. Francisco
Terrazas Domínguez, Silvia
Tijerina Chávez, Leonardo
Tirado Torres, Juan L.
Trejo López, Carlos
Trinidad Santos, Antonio
Turrent Fernández, Antonio
Uvalle Bueno, Jaime X.
Valdéz Ramírez, María
Vargas Hernández, Mateo
Vargas Pérez, Eduardo
Vázquez Aguilar, Valentín
Vázquez Alarcón, Antonio
Villegas Monter, Angel
Volke Haller, Víctor
Zárate Zárate, Rafael

NORMAS PARA PUBLICACION EN TERRA

TIPOS DE MANUSCRITOS PARA PUBLICACION

La Revista TERRA acepta trabajos en español, inglés, francés y portugués (los idiomas que se hablan en América), 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 reseñas de libros.

Se entiende por artículo científico aquél 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 su investigación.

Los ensayos o revisiones de literatura son artículos basados en una recopilación de artículos científicos o informes de investigación, en los que el autor aporta su opinión personal sobre el tema y establece conclusiones respecto al estado actual del conocimiento sobre el mismo.

TERRA publicará en la sección cartas al editor, aquéllas que juzgue convenientes, las cuales deben contener opiniones o comentarios debidamente argumentados. 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 sea de interés para los científicos del suelo.

La Revista TERRA únicamente acepta colaboraciones de los miembros de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. 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. No se aceptan trabajos ya publicados o que estén sometidos a la consideración de otras revistas.

CONTENIDO Y FORMATO DEL MANUSCRITO

Los artículos científicos y las notas científicas que se presenten deberán constar de las siguientes partes: 1) título, título en inglés; 2) autor(es); 3) institución(es) del trabajo y dirección de los autores; 4) resumen; 5) palabras clave; 6) summary; 7) index words; 8) introducción; 9) materiales y métodos; 10) resultados y discusión; 11) conclusiones y 12) literatura citada. El Comité Editorial podrá aceptar algunas modificaciones a esta estructura, cuando el tenor del texto así lo aconseje.

Los ensayos o revisiones de literatura deberán constar de las siguientes partes: 1) título, título en inglés; 2) autor(es); 3) institución donde se desarrolló el trabajo; 4) resumen; 5) palabras clave; 6) summary; 7) index words; 8) introducción; 9) desarrollo del tema, con los subtítulos que se estimen convenientes; 10) discusión, cuando proceda; 11) conclusiones y 12) literatura citada.

Las cartas al editor y las reseñas de libros no tienen un formato definido, pero no deberán exceder de dos cuartillas a máquina y a doble espacio.

Los trabajos deben enviarse con original y dos copias, mecanografiados en papel tamaño carta a doble espacio, dejando márgenes de 2.5 cm en los cuatro costados y con las líneas numeradas. Las páginas, incluyendo los cuadros y las figuras, se numerarán progresivamente. El texto no deberá exceder 20 páginas, aunque la extensión ideal es de 15 para un artículo científico y de ocho para una nota científica. Cada cuadro o figura se incluirá en una hoja aparte con su correspondiente número de identificación con lápiz de grafito suave en el reverso. Las leyendas correspondientes se mecanografiarán en una hoja aparte. Los cuadros y las figuras contendrán sólo la información esencial y en ningún caso repetirán los datos que se presenten en otra forma. Las unidades que se empleen serán las del Sistema Internacional de Unidades. Los manuscritos deberán entregarse también en un disquete de 3.5" en procesador Word para Windows de la versión más reciente.

FORMATO PARA PUBLICACION

En Terra, los trabajos se publican con el formato que se describe a continuación; sin embargo, los manuscritos deben ser preparados por los autores como se indicó en la sección anterior y tomando en cuenta, hasta donde sea posible, las instrucciones en esta sección. El personal editorial de Terra preparará la versión definitiva para su impresión en las páginas de la revista.

Título. El título se escribirá con mayúsculas, al inicio, centrado, con negritas y tipo de letra TIMES NEW ROMAN 14, se colocará su traducción al inglés debajo del título en español. El título en inglés se escribirá con minúsculas, excepto la primera letra de cada palabra, centrado, con negritas y tipo de letra TIMES NEW ROMAN 12.

Autores. Se incluirá el nombre del autor o autores en la manera en que éstos acostumbran escribirlo en sus publicaciones. 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, se centrarán, con negritas, tipo de letra TIMES NEW ROMAN 12, a un espacio después del título en inglés.

Institución(es) patrocinadora(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. Esta identificación se escribirá con minúsculas, excepto las siglas, debajo de los autores, centrado y con tipo de letra TIMES NEW ROMAN 11.

Notas al pie de página Se podrán utilizar, cuando sea necesario para identificar información adicional; se numerarán progresivamente a través de todo el texto. Deberán emplearse sólo cuando sea imprescindible.

De la forma de titular. Los títulos tienen diversos órdenes y señalan automáticamente la posición de una parte del artículo dentro de éste.

Título de primer orden. Es el título principal del artículo.

Título de segundo orden. A este tipo corresponden las diferentes partes del artículo; Resumen, Summary, Introducción, etc. Se escriben con mayúsculas, centrados, con negritas, (TIMES NEW ROMAN 11).

Títulos de tercer orden. Se escriben al margen izquierdo, con minúsculas, excepto la primera letra de las palabras, en negritas, con espacios sencillos después del último texto escrito y del que continúa.

Títulos de cuarto orden. Se escriben al margen izquierdo, con negritas, con minúsculas excepto la primera letra, con punto, seguido de texto. Sin numeración.

Resumen. Esta sección debe sintetizar, en aproximadamente 300 palabras, los aspectos más importantes del trabajo, esto es, su justificación, importancia, método experimental (cuando corresponda) y las conclusiones más importantes.

Palabras clave. Estas palabras no deben incluir los mismos términos contenidos en el título. Se colocan a un espacio debajo del resumen al margen izquierdo. El término "palabras clave:" se escribe con letra TIMES NEW ROMAN 11, con cursivas, negritas y las palabras clave con el mismo tipo de letra, cursivas, sin negritas. Ejemplo:

Palabras clave: Rizósfera, agroquímicos.

Summary. Se siguen las mismas normas que para el resumen en español.

Index words. Se seguirán las instrucciones dadas para palabras clave.

Introducción. En esta sección se indica la motivación, la importancia y los objetivos del trabajo que llevan implícitas las hipótesis del mismo. Contiene, además, los aspectos más relevantes del tema tratados por otros autores e identificados en la revisión de literatura. La introducción no debe exceder tres cuartillas a doble espacio.

Materiales y Métodos. Esta sección debe describir las características relevantes de los materiales usados en el estudio y los métodos experimentales empleados. Se le debe dar particular importancia a la descripción del método experimental utilizado para lograr los objetivos planteados. Debe mostrar concordancia plena con las hipótesis.

Resultados y Discusión. Aquí se incluyen los resultados obtenidos en la investigación. Estos se presentarán en forma de texto, cuadros, o figuras, estos últimos no deberán duplicar la información presentada en el texto. La información presentada en cuadros y figuras tampoco deberá duplicarse, e incluirá resultados que puedan ser fácilmente calculables.

En la discusión se resaltarán los principios más importantes y las relaciones causa-efecto derivadas

del análisis de los resultados. Además, se deberá explicar, en función de las observaciones hechas, el porqué de lo observado. Los resultados obtenidos se compararán con los de otros investigadores y se señalarán las divergencias y las semejanzas.

Conclusiones. Las primeras conclusiones que se presenten deben ser aquellas correspondientes a los objetivos planteados. Se pueden incluir, además, otras conclusiones relevantes y recomendaciones que emanen del trabajo.

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: 1) se citará el apellido principal del(los) 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; 2) las citas, cuando más de una, se colocarán en orden cronológico; 3) cuando el nombre del(los) 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...; 4) 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); 5) cuando el autor tiene más de una publicación en un año se adiciona a éste a, b, c, ejemplo: (Moreno, 1984a) o (Moreno, 1984b); 6) las comunicaciones personales se citarán sólo en el texto, ejemplo: (R. Nuñez E., 1984. Comunicación personal).

Literatura Citada. Para confeccionar la lista de citas de literatura se seguirán las normas que se detallan con ejemplos a continuación.

1. Caso de artículos en revistas seriadas, ejemplo:

Núñez E., R., A. Trinidad S. y J.J. Martínez H, 1984. Efecto del 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.

2. Caso de artículos en una publicación colectiva no periódica con o sin editor, ejemplo:

a) 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, México.

b) sin editor

Cortés F., J. I. 1984. El manejo de los frutales en zonas frías. pp. 181-192. *In:* La fruta y su perspectiva en México. CONAFRUT. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 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. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

La lista de citas se confeccionará en orden alfabético, con sangría francesa de 0.6 cm exceptuando el nombre del autor, con tipo de letra TIMES NEW ROMAN 9, 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 tomar en cuenta 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 contribuye 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 presenten sólo aquéllos que se emplearán para hacer énfasis en algún aspecto o que expliquen otros. Los datos deben ordenarse en una forma tal que sean fáciles de interpretar.

En el pie de cuadro se incluirán las llamadas que sean pertinentes. Los asteriscos se reservarán para indicar significación a 5% (*) y 1 % (**), respectivamente. Otras notas serán señaladas con los siguientes símbolos en orden: †, ‡, §, ¶, #, ††, †††, ..., †††.

Los cuadros deben tener tres líneas horizontales continuas: al inicio del cuadro, al inicio del campo del cuadro (no en el encabezamiento) y al final. El campo

y el encabezamiento de las columnas se pueden dividir a conveniencia del autor. No se deben añadir líneas verticales. Los encabezamientos, de columnas y líneas, se describirán con minúsculas, excepto la primera letra de la oración. Las unidades se colocan debajo de la segunda línea horizontal. Se empleará sólo el número de cifras significativas necesarias para destacar el punto que se desee. Los cuadros no podrán ser mayores que una página tamaño carta, considerando los márgenes antes señalados.

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 lo suficientemente grande (con minúscula excepto la primera letra), como para que puedan leerse al ser reducidos, al igual que el grosor de los ejes y líneas interiores. 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 dividir los ejes se deben escoger intervalos 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 al final del texto, esto es, después de las conclusiones y antes de la literatura citada.

Información Adicional.

Para mayor información sobre la preparación de manuscritos se recomienda consultar las notas que nuestro editor de estilo publica periódicamente en la revista y el libro Alvarado López, J. 1995. Redacción y preparación del artículo científico. Publicación especial 2. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C., México.

Versión diciembre de 1999.

TERRA

Journal of the Mexican Society of Soil Science

Instructions to Authors

SUBMISSION OF MANUSCRIPTS

Submission of manuscripts for publication should be sent in triplicate to:

Editorial Office of Terra
Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C.
Apartado Postal 45
56230 Chapingo, Edo. de Mexico, Mexico.
Fax: +52 (5) 95 4 80 76
e-mail: smcs@taurus1.chapingo.mx

Upon receipt of a manuscript the authors will receive the file number of their paper. This number should be quoted in all correspondence. Papers already published, or under consideration elsewhere cannot be accepted.

TYPE OF MANUSCRIPT

The Journal welcomes concise papers presenting original research findings from authors throughout the world, making a significant contribution to the advancement of knowledge of existing soil science concepts. The Journal publishes papers of topics related to Soil Science, Water Management and Environmental Sciences. The contributions may be Scientific Papers, Research Notes and Critical Reviews. The Journal publishes also Letters to the Editor and Book Reviews.

Scientific Papers must be generated from original research in which the scientific method was implemented to accept or reject a given hypothesis. Work based on limited experimentation will not generally be acceptable.

Work of local interest only is not considered appropriate for this International Journal.

Research Notes are articles based on experimental work that presents new methodological aspects or important results that the author wants to publish before the research project is completed.

Critical Reviews are articles in which the author reports the State of the Art about a given topic of interest to the scientific community, based on the published literature, establishing some conclusions regarding the analysis of the published data.

MANUSCRIPT

The manuscripts should be provided with a **title page**, containing the title typed in uppercase letters, centered, in English and Spanish; author(s) name(s) and affiliation(s) and including a complete address for correspondence. A short title not exceeding 40 characters must be provided for the running headlines. Manuscripts should be typed in double space, with at least 4-cm margin on the left.

Scientific Papers and Research Notes should be divided into the following sections: 1) **Summary** in English and Spanish, not exceeding 250 words for scientific papers and 150 words for research notes; 2) **Index words**, include up to nine; 3) **Introduction**, which should set the work in context, presenting the essential background and including a concise statement of the objectives; 4) **Material and Methods**, indicating relevant details of the experimental methods and design, the techniques and statistical methods used in the study, so that the results can be judged for validity and so that previous experiments may serve as a basis for the design of future experiments. It is highly recommended to describe the soil type and characteristics in which the experiment was conducted; 5) **Results and Discussion**, indicating numerical results in tables or figures and should not be repeated in the text. All statements should be based on proof and not supposition, and should be supported with statistical analysis, i.e. Standard Error and Degrees of Freedom, Least Significant Difference, and Multiple Range Test. The level of significance should be indicated in the text and tables. Discussion should briefly relate the author's results of other works on the subject and give the author's conclusion; 6) **Acknowledgments** and 7) **References**.

STYLE

The acceptable languages are Spanish, English and French. For plants, insects and pathogens give the Latin binomial name (in Italics) at first mention and do not include them in the title, but in the summary. The International System of Units is required. Follow Chemical Abstracts and its indexes for chemical names. Give cation exchange capacity in mmol kg⁻¹. For ppm use mg kg⁻¹ or mg L⁻¹. Use kg ha⁻¹ or t ha⁻¹. For time units use min, h, d, month (abbreviate to three letters, i.e. Jan, Feb). A zero must always precede a decimal point e.g. 0.24. All

abbreviations must be explained at first mention in the text. The use of asterisks is reserved to indicate statistical significance *($P < 0.05$), **($P < 0.01$), ***($P < 0.001$)

MANUSCRIPTS ON DISK

The original manuscript should always be sent on paper. After acceptance, the submission of the final version must be on disk, formatted for use on DOS based computers. Text and figures should be in separate files in the same disk. An accompanying printout including text, tables and figures should also be provided. Word software is preferred.

Headings should be used in dividing and subdividing the paper e.g.

First-order headings: Centered, boldface type and uppercase letters Times New Roman 14. Reserved for the main title of the paper.

Second-order headings: Centered, boldface type and uppercase letters. Times New Roman 11. Used for the different parts of the manuscript i.e. Introduction.

Third-order headings: Against left margin, bold face type and first letter of each word in uppercase letter.

Fourth-order headings: In the paragraph. Lowercase letters except the first one, boldface type.

TABLES

These must be typed on separate sheets, numbered consecutively with Arabic numerals, in the same order as they are mentioned in the text. Tables are always printed in a small letter type and should be provided with descriptive headings. All column headings should begin with a capital letter. Table notes should be referred to by superscript: †, ‡, §, ¶, #, ††, †††. When preparing the tables it should be considered that they could be printed in one column (85 mm) or two columns (180 mm). Tables must have three horizontal solid lines: one at the beginning of the table, the second at the beginning of the field and the last one at the end of the table. No vertical lines are allowed. All tables must present statistic parameters to do the appropriate comparisons.

FIGURES

These can be photographs, graphs, charts or diagrams, and as tables; they must be presented on separate sheets. Figures may not reproduce the same matter as tables. Originals of figures must be provided of good quality, drawn or printed clearly in black on white. There should be no numbering or lettering on the originals but in the copies. Label each figure on the back with its number and the title of the article. Vertical axes should be labeled vertically. Keep in mind that the final reduced size is 9-point type for numbers on the axis scale, 10 to 11 points for the axis labels and 7 to 8 points for inside legends. A typewritten, double-spaced list of legends of all figures must be supplied. Each legend should contain sufficient explanation to be meaningful without cross-referencing, giving a key to all the symbols on it. The preferred symbols are ○● □■ ▲▲, Standard Errors of the means are strongly recommended to be included in the figures.

LITERATURE CITED

In the text the references should be quoted by the author's last name followed by the year and in date order, e.g. (Laird, 1990; Pratt and Adriano, 1993; Jensen *et al.*, 1995) or Follett (1991). The list of references should be provided at the end of the text, listing in alphabetical order, surname of first author and initials, initials and surname of following authors, year of publication, title of the paper, name of the journal in abbreviation, volume, and first and last page, e.g.:

Cavazos, A. 1971. Effect of slope on hydric soil erosion. M. Sc. Thesis. Colegio de Posgraduados, Montecillo, Mexico.

Flach, K.W., W.D. Nettleton, and O.A. Chadwick. 1992. The criteria of duripans in the US soil taxonomy and the contribution of micromorphology to characterize silica indurated soils. *Terra* 10: 34-45.

Goijsberg, G. and A. Aguilar-Santelises. 1985. pH del suelo y necesidades de cal. pp. 17-24. *In*: A. Aguilar-Santelises, J.D. Etchevers, J.Z. Castellanos (eds.). *Análisis químico para evaluar la fertilidad del suelo*. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Publicación Especial 1. Chapingo, Mex.

Ryan, T.P. 1989. *Statistical methods for quality control*. John Wiley & Sons, New York.

Thompson, T.L. and T.A. Doerge. 1996. Nitrogen and water interactions in subsurface trickle irrigated leaf lettuce. II. Agronomic, economic, and environmental outcomes. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 60: 168-173.

The list of references should be typed in double space throughout.

PROOFS

The proofs will be sent to the authors to enable them to check correctness of the typesetting. They should be handled promptly and returned to the editorial office. No changes other than corrections should be made.

PAGE CHARGES AND OFFPRINTS

There will be no page charges. Twenty-five offprints of each paper are supplied free of charge to the corresponding author. Additional copies can be ordered at current printing prices.