



Organo oficial de  
divulgación de la  
Sociedad Mexicana de  
la Ciencia del Suelo A.C.

ISSN 0187-5779.

# TERRA

Volumen 3

Julio - Diciembre de 1985

Número 2

DIVISION I

INDICE

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

## D

- Dureza de costras: Ecuaciones de predicción para el área de Chapingo  
**W. GANDROY B. Y M. FONSECA** 121
- Estabilidad de los agregados, ecuaciones de predicción para el área de Chapingo  
**M. FONSECA Y W. GANDROY B.** 126
- Variación espacial de las propiedades físicas de un Xerosol lúvico en una pradera de ballido perenne (*Lolium perenne*)  
**C. JASSO CH., B. FIGUEROA S., Y F. V. GONZALEZ C.** 132
- Bases retenidas por fuerzas no coulómbicas en suelos arenosos del estado de Veracruz, México  
**I.N. FORD F.** 139
- Factibilidad de la irrigación agrícola con aguas residuales de cervecería  
**G. BRIONES S. Y A. ELIZONDO S.** 144
- Efectos de la ceniza arrojada por el volcán "Chichonal" sobre la vegetación y suelos en Chiapas y Tabasco  
**I. LOPEZ C., L. PASTRANA A. Y F. MARQUEZ C.** 151

DIVISION II

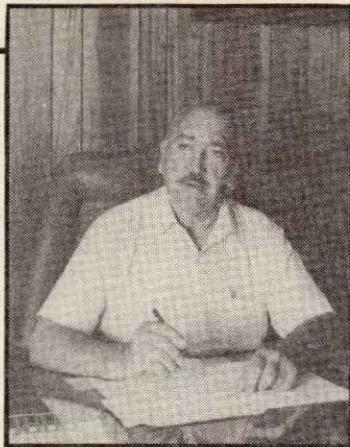
## A

- Análisis comparativo del método clásico y el método M.G.C. para recuentos bacterianos en suelos agrícolas  
**M. DE LA GARZA C. Y E. MARTINEZ M.** 154
- Importancia agrícola de los protozoarios edafícolas en la región de San Juan Tezompa, estado de México  
**G. RICO-FERRAT** 160

DIVISION III

## E

- Efecto de tres métodos de labranza sobre la humedad y la erosión del suelo en un cultivo de maíz bajo condiciones de temporal  
**J. RAMIREZ R., B. FIGUEROA S., S. ALCALDE B. Y A. TURRENT F.** 164
- Influencia de las prácticas de labranza, espaciamiento entre matas y cobertura vegetal sobre el rendimiento de maíz en la región del plan Chiautla, Pue.  
**N. GUTIERREZ R., A. CASTAÑEDA P., B. PEÑA O. Y J. RAMIREZ R.** 172



## EXHORTACION

A través de esta exhortación, consideramos que una de las metas de toda Institución de Educación Agrícola Superior es precisamente coadyuvar en la mejora de nuestro ambiente, y parte del mismo es acertadamente el suelo y sus componentes.

Día con día se adquieren nuevos y factibles conocimientos de la Ciencia del Suelo, y la forma viable para entregar dichos conocimientos, es con loable labor, los congresos del ámbito nacional.

Exhortamos a todos los investigadores del ramo, a los técnicos, estudiosos y hombres representantes de las diversas instituciones, a permanecer alertas y otorgar su noble apoyo a -- eventos similares y congresos futuros.

Hoy la Escuela Superior de Agricultura "Hermanos Escobar" es la sede del "XXI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo", Institución que con 82 años de vida continúa extensivamente la siembra de estudiantes en el medio agronómico, que en el devenir del país siguen en su desarrollo y productividad.

**GRACIAS POR SU SENSIBLE APOYO.**

ATENTAMENTE

**LOS CODIRECTORES**

**AGR. MARIO DAVILA GONZALEZ**

**ING. MARCOS LOPEZ TORRES**

SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA  
DEL SUELO A.C.

MESA DIRECTIVA 1986-1988

- DR. OCTAVIO PEREZ ZAMORA  
Presidente
- M.C. JAVIER Z. CASTELLANOS RAMOS  
Vicepresidente
- DR. ANDRES AGUILAR SANTELISES  
Secretario General
- M.C. JOSEFINA PAREDES GONZALEZ  
Tesorero
- DR. JORGE BAUS PICARD  
Secretario Técnico
- M.C. VALENTIN VAZQUEZ AGUILAR  
Secretario de Relaciones Públicas
- DR. JOSE I. CORTES FLORES  
Secretario de Eventos Nacionales e Internacionales
- M.C. CARLOS ORTIZ SOLORIO  
Vocal
- M.C. ENRIQUE SALAZAR SOSA  
Vocal

COMISION EDITORA

- DR. JORGE D. ETCHEVERS BARRA Editor
- DR. ANDRES AGUILAR SANTELISES
- M.C. JAVIER Z. CASTELLANOS RAMOS
- SRA. CARELINA C. AALMERS DE AGUILAR

"TERRA", Registro en trámite. Organó oficial de divulgación de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Volumen 3, número 2. Julio-diciembre 1985.

ISSN 0187-5779.

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

Las contribuciones a esta revista deben enviarse, en original y dos copias, al Editor de la Revista TERRA, redactadas conforme las Normas para Publicación en la Revista TERRA, que se encuentran en este Número.

Oficinas:  
Edificio del Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México.  
Domicilio postal:  
Apartado Postal 45, 56230 Chapingo, Edo. de Méx.

Teléfono: (595) 4-22-00, ext. 5237.

EDITORIAL

Artículos Científicos

DIVISION I

- DUREZA DE COSTRAS: ECUACIONES DE PREDICION PARA EL AREA DE CHAPINGO. *W.Gandoy B. y M.Fonseca* 121
- ESTABILIDAD DE LOS AGREGADOS, ECUACIONES DE PREDICION PARA EL AREA DE CHAPINGO. *M.Fonseca y W.Gandoy B.* 126
- VARIACION ESPACIAL DE LAS PROPIEDADES FISICAS DE UN XEROSOL LUVICO EN UNA PRADERA DE BALLICO PERENNE (*Lolium perenne*). *C.Jasso Ch., B.Figueroa S. y F.V.Gonzalez C.* 132
- BASES RETENIDAS POR FUERZAS NO COULOMBICAS EN SUELOS ARENOSOS DEL ESTADO DE VERACRUZ, MEXICO. *I.N.Ford F.* 139
- FACTIBILIDAD DE LA IRRIGACION AGRICOLA CON AGUAS RESIDUALES DE CERVECERIA. *G.Briones S. y A.Eli zondo S.* 144
- EFFECTOS DE LA CENIZA ARROJADA POR EL VOLCAN "CHICHONAL" SOBRE LA VEGETACION Y SUELOS EN CHIAPAS Y TABASCO. *I.López C., L.Pastrana A. y F.Márquez C.* 151

DIVISION II

- ANALISIS COMPARATIVO DEL METODO CLASICO Y EL METODO M.G.C. PARA RECuentOS BACTERIANOS EN SUELOS AGRICOLAS. *M.de la Garza C. y E.Martínez M.* 154
- IMPORTANCIA AGRICOLA DE LOS PROTOZOARIOS EDAFICOLAS EN LA REGION DE SAN JUAN TEZOMPA, ESTADO DE MEXICO. *G.Rico-Ferrat* 160

DIVISION III

- EFFECTO DE TRES METODOS DE LABRANZA SOBRE LA HUMEDAD Y LA EROSION DEL SUELO EN UN CULTIVO DE MAIZ BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL. *J.Ramírez R., B.Figueroa S., S.Alcalde B. y A.Turrent F.* 164
- INFLUENCIA DE LAS PRACTICAS DE LABRANZA, ESPACIAMIENTO ENTRE MATAS Y COBERTURA VEGETAL SOBRE EL RENDIMIENTO DE MAIZ EN LA REGION DEL PLAN CHIAUTLA, PUE. *N.Gutiérrez R., A.Castañeda P., B.Peña O. y J.Ramírez R.* 172
- COMPARACION DEL EFFECTO DE DOS TIPOS DE DRENAJE SUBTERRANEO EN SUELO SALINO. *J.Valero G.* 177
- ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO SALINO CON DRENAJE SUBTERRANEO POR BOMBEO DE NORIAS. *J.Valero G.* 183
- DETERMINACION DE LAS CONDICIONES ACTUALES DE SALINIDAD Y DRENAJE EN UNA AREA EXPERIMENTAL LOCALIZADA EN EL EJIDO DE PARRAS, COAH. *J.J.Cortés B.* 190
- EFFECTO DE LA FORMULA DE FERTILIZACION SOBRE LAS COMPONENTES DE RENDIMIENTO DE MAIZ. *F.Mera O., E.Vidal L. y J.L.Arellano V.* 197
- INFLUENCIA DE LA FERTILIZACION NITROGENADA Y FOSFORICA ASI COMO LA DENSIDAD DE SIEMBRA SOBRE EL CULTIVO DE CEBADA EN LA REGION BAJIO. *J.G.Díaz de Leon T.* 204
- RESPUESTA DEL MAIZ DE TEMPORAL A SIETE FACTORES MODIFICABLES EN SUELOS NEGROS DE NAYARIT. *M.Trejo S. y A.Turrent F.* 211
- GENERACION DE RECOMENDACIONES SOBRE PRACTICAS DE PRODUCCION PARA MAIZ DE TEMPORAL EN UNA REGION DEL ESTADO DE HIDALGO. *J.R.Rodríguez J. y A.Turrent F.* 215
- DETERMINACION DE LA DOSIS OPTIMA ECONOMICA DE FERTILIZACION Y POBLACION DE PLANTAS/HA PARA MAIZ CAJETE EN LA MIXTECA OAXAQUEÑA. *S.Campos de Jesús.* 224

INDICE DE AUTORES

233

NORMAS PARA PUBLICACION DE ARTICULOS EN LA REVISTA TERRA

## EDITORIAL

En estos días en que estamos terminando la preparación del original de este número de TERRA, nuestro editor, el Dr. Jorge D. Etchevers Barra, se encuentra fuera de México. Aprovecho entonces la oportunidad para dirigir algunas palabras a los lectores y especialmente a los colaboradores y autores de TERRA, para informarles acerca de la publicación de los últimos números de la revista.

Como parte de nuestro plan de trabajo para 1988, los miembros de la mesa directiva de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo nos hemos propuesto llevar a cabo todo el trabajo editorial que por diversos motivos estaba sin realizar. No se habían publicado nuevos números de TERRA desde abril de 1986, cuando apareció el número 2 de 1984, conteniendo trabajos de los congresos XV y XVI.

A la fecha, se encuentra en la imprenta de la Universidad Autónoma Chapíngo, el número 1 de 1985 con 18 artículos. En éste, (número 2 de 1985) se encuentran 18 artículos de los congresos XV, XVI y XVII. Además, el número 1 de 1986 está prácticamente listo y contiene también 18 artículos de los congresos XVI al XIX.

La impresión de los números arriba mencionados está siendo posible gracias al apoyo de la Universidad Autónoma Chapíngo y de la Escuela Superior de Agricultura "Hermanos Escobar", en Ciudad Juárez, sede de nuestro XXI congreso.

Con agrado, informo a Ustedes que todos los artículos confiados a TERRA por sus autores están siendo procesados; algunos están en revisión y otros están con los autores para correcciones. Esto es, a la fecha ningún artículo se encuentra archivado sin atención y confiamos en que para la celebración de nuestro XXI congreso, ya contemos con el número 2 de 1987. Para lograrlo, es indispensable que todos los autores nos devuelvan a la mayor brevedad posible sus artículos corregidos y envíen los artículos correspondientes a trabajos recientes que deseen publicar.

A nombre de la comisión editorial, agradezco su confianza al ofrecer sus trabajos a TERRA y les solicito que preparen sus artículos con el mayor esmero posible y siguiendo las Normas para Publicación de Artículos en la Revista Terra que aparecen también en este número.

Dr. Andrés Aguilar Santelises  
Secretario General.

## DUREZA DE COSTRAS: ECUACIONES DE PREDICCIÓN PARA EL ÁREA DE CHAPINGO +

Gandoy Bernasconi, W.\*  
Fonseca, M. \*\*

### RESUMEN

Al realizar este estudio se buscó analizar las causas que actúan sobre la dureza de las costras, para contribuir a su reducción.

Se obtuvieron dos ecuaciones de regresión en función del contenido de arcilla de los suelos. Ambas cumplen con un alto coeficiente de correlación (0.86 y 0.83), una probabilidad de error muy baja (0,0039 y 0,0008) para cada ecuación así como para cada variable y un cuadrado medio del error muy bajo comparado con el del modelo.

### ABSTRACT

The purpose of this study was to seek associations between soil crust hardness and some soil properties in the neighbouring area of Chapingo. Samples of the 0 to 5 cm top layer of 22 soils were collected and analyzed for texture, electric conductivity, cation exchange capacity, calcium carbonate, aluminum and iron free oxides, exchangeable sodium and pH. The soil rupture module was used as an index of the force required to break the soil crust. Regression analysis showed that in soils with a clay content lower than 25 percent, 86 percent of the rupture module variability was associated with the variabilities in clay content, cation exchange capacity, iron and aluminum oxides and calcium carbonate. In the case of soils with more than 25 percent clay, 83 percent of the rupture module variability was associated with the soil variabilities in pH, electric conductivity and exchangeable sodium.

### INTRODUCCION

Una propiedad de gran importancia del suelo, es la que ocupa el siguiente trabajo. Su importancia radica en la influencia determinante que tiene sobre la emergencia de las plántulas.

Debido a ello, surge como necesario poder cuantificar esta propiedad y tener capacidad de predecirla y modificarla, con sistemas de uso del suelo.

El presente estudio se realizó en el área de influencia de Chapingo, cubriendo ésta aproximadamente 40.000 hectáreas, localizadas en la región oriente del Valle de México.

### REVISIÓN DE LITERATURA

Aceves (1979), menciona que la sodificación del suelo produce una dispersión de los coloides orgánicos y minerales, después, se produce una migración de estos coloides dentro del suelo o perfil. Los coloides minerales debido a su migración producen un taponamiento de los poros, esto trae como resultado, una modificación en la estructura, en la estabilidad de los agregados y en la resistencia mecánica; la conjunción de estos factores permi-

ten el encostramiento del suelo que impide la germinación de las plántulas.

Baver (1973), menciona que por lo menos existen dos procesos que operan en la fragmentación de los terrones en unidades menores, cuando después de secarse se vuelven a mojar: El rápido ingreso del agua causa desigual hinchamiento en el terrón, lo que produce fracturas y fragmentación; en el otro proceso es que la porción del agua en los poros capilares comprime el aire ocluido en la cavidad de los poros hasta romperlos, esto pasa cuando la presión del aire sobrepasa la fuerza de cohesión de las partículas. En otro estudio este mismo autor dice, que los mecanismos por los cuales los coloides orgánicos estabilizan la estructura del suelo pueden deberse a la unión de los polímeros orgánicos a la superficie de las arcillas. Los coloides orgánicos compiten con las moléculas de agua para ganar espacio en la superficie, con esto se reduce el hinchamiento y el humedecimiento y aumenta la resistencia de los agregados a la desintegración, por medio de la cementación.

Cagan y Uehara (1965), encontraron que las características estructurales en los oxisoles de Hawaii, están asociados con el grado de orientación de las arcillas (anisotropía) en los agregados. Concluyeron que el contenido de arcilla, materia orgánica, óxidos libre de hierro

+ Ponencia presentada en el XVI Congreso Nacional de la S.M.C.S.

\* Profesor Investigador, Universidad Autónoma Chapingo.

\*\* Graduado de la Universidad Autónoma Chapingo.

y la orientación de las partículas de arcilla dentro de los agregados, son los principales factores asociados con la excedente estructura de los oxisoles.

Deleenheer (1964) encontró que la compactación por el arado y el deterioro de la estabilidad de los agregados era mayor en los suelos pobres en carbonato de calcio, comparado con aquellos que poseían cantidades adecuadas de  $\text{CaCO}_3$ . El efecto benéfico del  $\text{CaCO}_3$  disminuyó para aquellos suelos donde había aplicaciones de estiércol. Según los estudios se recomienda aplicar de 50 a 60 ton/ha de estiércol en aquellos suelos que muestren deterioro de la estructura.

Emerson (1960), encontró que los óxidos de hierro y aluminio son un factor de gran importancia en la estabilización de los agregados, ya sea ligado al complejo arcillo húmico o en forma coloidal libre. En su forma ligada al complejo mencionado, los iones pesados de hierro férrico y aluminio neutralizan las cargas negativas de los coloides electro-negativos, arcilla y humus favoreciendo su floculación; cuando el aluminio y el hierro son abundantes en el complejo arcillo húmico se forman agregados estables, incluso en medio ácido y pobre en bases.

Emerson (citado por Gavande, 1972), distingue cuatro enlaces diferentes en los que intervienen la materia orgánica:

- a)  $\text{SiO}_2$  - MO -  $\text{SiO}_2$
- b)  $\text{SiO}_2$  - MO - arcilla -  $\text{SiO}_2$
- c)  $\text{SiO}_2$  - MO - arcilla - MO -  $\text{SiO}_2$
- d) arcilla - MO - arcilla - MO - arcilla

De aquí se observa la importancia que tiene la MO sobre la estabilización de las partículas del suelo, además de otras interacciones complejas en que interviene causando el mismo efecto.

Evans (1968) dice que el encostramiento del suelo presenta dos grandes problemas: influencia adversa sobre la germinación de las semillas pequeñas y el efecto sobre la penetración del agua. Además el encostramiento del suelo causa una gran interferencia en el intercambio de  $\text{O}_2$  y  $\text{CO}_2$  entre el suelo y la atmósfera.

Fassbender (1975), menciona que una de las características de muchos suelos es la mezcla avanzada de los componentes orgánicos e inorgánicos; esta mezcla no sólo es mecánica, sino que a través de interacciones entre ambas fracciones resultan enlaces químicos que dan estabilidad a los complejos formados. Este mismo autor dice que la influencia del pH sobre la estabilidad de los agregados y textura del suelo es indirecta, a través de la cubierta iónica del complejo de intercambio. Al predominar  $\text{Ca}^{++}$  (pH alto) en la cubierta del complejo a cambio se observa que:

- a) la floculación es óptima;
- b) a través de la intensa actividad biológica se facilita la formación de agregados;
- c) la intensidad de agregación es constante.

Si a pesar del pH alto predomina  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$  en la cubierta del complejo, se produce una dispersión excesiva de los coloides y se pierde la estabilidad de los agregados.

Hillel (1971), dice que el deterioro de la superficie del suelo ocasiona la formación de una costra que impide la infiltración del agua y el libre intercambio de gases. Este investigador dice que para desarrollar y mantener

una estructura deseable del suelo, óptima para el crecimiento del cultivo, es necesario un manejo adecuado de éste.

McIntyre (1958) estudió los procesos de formación de las costras bajo condiciones de campo, y las resumió en cuatro procesos básicos: 1) mala agregación debido al impacto de las gotas de lluvia; 2) movimiento de las partículas finas en la zona superficial del suelo; 3) compactación de la superficie del suelo para formar una película delgada en la superficie provocando una disminución en la penetración del agua y 4) deposición de las partículas finas en la superficie del suelo por suspensión. Durante sus investigaciones también observó que la orientación de las partículas durante la formación de las costras contribuye a la rigidez de éstas. Este fenómeno es de gran importancia en la realización de determinadas prácticas agrícolas, como son la siembra y el riego de los cultivos.

Richards (1953), estudió el módulo de ruptura de muchos suelos bajo la técnica de encostramiento artificial, y encontró una alta correlación entre esta propiedad del suelo, la emergencia de los cultivos y el rendimiento de éstos. Este investigador dice que para utilizar el módulo de ruptura como índice de encostramiento del suelo se deben hacer ciertas suposiciones: 1) las propiedades físicas del ladrillo simulan las de las costras naturales; 2) el módulo de ruptura representa la fuerza que las plantitas recién nacidas necesitan ejercer para romper esta costra. Ningún carácter individual del suelo se correlaciona con los valores obtenidos del módulo de ruptura. La dureza de las costras del suelo es el resultado de múltiples interacciones de procesos físicos y físico-químicos complejos. El módulo de ruptura es mayor para suelos arcillosos montmorilloníticos que para los caoliníticos, en iguales condiciones de tamaño de partículas.

Wilding y Schmidt (1968, citado por Bayer, Gardner y Gardner, 1973) dice que los agregados de suelos vírgenes con estructura estable se deshacen pero no se dispersan bajo la acción de las gotas de lluvia; en consecuencia, la permeabilidad de la costra es función de la permeabilidad de la delgada capa superficial. Cuando existe dispersión, la zona subyacente inmediata está compuesta de partículas de arcilla orientadas con muy pocos poros de aire, los cuales están aislados. La dispersión más que el deshacerse de los agregados parece ser la causa del encostramiento del suelo. Además, en la desecación, las fuerzas de tensión superficial causan interacciones entre las partículas y estas se orientan al producirse la contracción, produciendo una zona compacta, que al secarse se transforma en una costra dura.

## MATERIALES Y METODOS

### a) Muestreo:

Se muestrearon los perfiles típicos de las series y variantes de suelos dentro del área de influencia de Chapingo.

Se muestrearon los primeros 5 centímetros.

### b) Carbonato de Calcio:

Se usó la técnica de neutralización ácida.

### c) Óxido libre de Aluminio:

Se practicó la técnica del ácido tricarbóxico de aurina (aluminón).

d) Oxido libre de Fierro:

Se utilizó la metodología de Coffin.

Agrupación de suelos según ecuaciones

		R1	R2
Los Reyes	(Typic Durandept)	X	
Nativitas	(Typic Durandept)	X	
Coatlinchan	(Typic Durandept)	X	
Coatepec	(Mollic Vitrandept)	X	
Chimalpa	(Mollic Vitrandept)	X	
Vte. Nativitas	(Mollic Vitrandept)	X	
Horno	(Typic Ustifluent)	X	
Tocuila	(Typic Ustifluent)	X	
Chicoloapan	(Fluentic Haplustoll)	X	
Tlaloc	(Typic Durustoll)	X	
Purificación	(Vertic Durustoll)	X	
Xaltepa	(Vertic Argiustoll)	X	
Aclipan	(Typic Ustipsamment)	X	
Chiautla	(Typic Ustifluent)		X
Chiconcuac	(Typic Ustifluent)		X
Papalotla	(Typic Durandept)		X
Tequisistlán	(Mollic Vitrandept)		X
Montecillos	(Fluentic Haplustoll)		X
Vte. Montecillos	(Typic Durustoll)		X
Boyeros	(Cumulic Haplustoll)		X
Jolalpa	(Vertic Haplustoll)		X
Chapíngo	(Typic Argiustoll)		X
Tlaminca	(Vertic Durustoll)		X
Resurrección	(Udic Chromustert)		X

e) pH

Peachímetro. Relación suelo-agua: 1:2

f) Conductividad Eléctrica:

Puente de Wheatstone

g) Sodio Intercambiable.

Fotómetro de flama con quemador de propano

h) Capacidad de Intercambio Catiónico:

Acetato de amonio 1N pH 7.0

i) Textura

Técnica del hidrómetro

j) Análisis Estadístico:

Sistema de análisis estadístico (SAS 795) 1a. generación de modelos: STEPWISE (F/B (RMAX). Selección final de modelos: GLM

RESULTADOS GENERALES

En las tablas 1 y 2 se presentan los módulos de ruptura para profundidad 0-5 cm y porcentaje de arcilla < 25 y mayor de 25 % de arcilla. Los modelos generales propuestos fueron los siguientes:

Tabla 1. Módulo de Ruptura (Profundidad 0-5 cm y < 25% de arcilla)

S	M.R.	O.L.A.	O.L.F.	R	M.O.	CaCO <sub>3</sub>	pH	C.E.	P.S.	CIC	Na <sub>1</sub>
S <sub>1</sub>	0.874	19.97	0.513	19.82	1.46	0.94	7.68	0.173	42.50	24.60	0.08
S <sub>2</sub>	2.248	18.80	0.342	17.64	3.95	0.00	6.80	0.062	33.00	15.00	0.02
S <sub>3</sub>	0.266	16.14	0.570	12.64	2.55	0.86	7.62	0.250	40.00	21.10	0.04
S <sub>4</sub>	0.769	17.03	0.855	23.64	2.63	1.16	7.40	0.900	43.50	29.00	0.07
S <sub>7</sub>	2.293	22.32	0.456	23.24	2.11	2.33	7.50	0.336	32.50	40.00	0.10
S <sub>8</sub>	1.094	24.36	0.399	18.82	1.87	1.13	7.50	0.139	32.50	13.00	0.70
S <sub>10</sub>	0.956	20.56	0.570	16.64	1.96	0.96	7.70	0.420	35.00	16.00	0.10
S <sub>12</sub>	0.503	19.97	0.484	17.64	3.18	0.88	7.90	0.230	35.00	17.00	0.86
S <sub>20</sub>	0.934	19.97	0.342	21.18	2.34	0.00	7.70	0.140	37.50	22.50	1.12
S <sub>22</sub>	0.207	17.62	0.256	17.00	1.35	0.00	7.50	0.700	31.50	35.00	0.12
S <sub>24</sub>	0.632	17.62	0.456	19.82	4.75	0.00	8.40	0.580	45.00	21.00	1.28
S <sub>25</sub>	0.735	5.56	0.228	11.82	7.84	0.63	7.90	0.230	37.00	19.00	0.10
S <sub>26</sub>	4.359	6.46	0.627	23.82	0.92	0.86	7.40	0.139	38.00	35.70	0.22

Tabla 2. Módulo de Ruptura  
Profundidad 0-5 cm y > 25% de arcilla

S	M.R.	O.L.A.	O.L.F.	R	M.O	CaCO <sub>3</sub>	pH	C.E	P.S	CIC	Na <sub>1</sub>
S <sub>5</sub>	1.915	15.27	0.627	32.82	3.64	4.59	8.08	0.760	41.00	25.00	0.87
S <sub>6</sub>	1.812	14.68	0.513	31.82	2.69	8.84	7.60	0.400	35.00	10.80	0.32
S <sub>9</sub>	1.908	20.56	0.399	37.64	8.50	2.75	7.90	0.330	43.00	33.90	0.45
S <sub>11</sub>	0.510	20.84	0.399	35.64	1.84	2.00	8.15	0.270	50.00	23.00	0.11
S <sub>13</sub>	0.319	18.80	0.171	33.82	6.97	1.03	9.00	0.470	47.00	48.00	1.10
S <sub>14</sub>	0.561	21.73	0.912	31.82	7.96	1.31	8.70	0.560	40.00	34.00	2.46
S <sub>15</sub>	3.758	21.73	0.285	44.18	1.81	0.00	7.50	0.180	46.00	39.00	2.20
S <sub>16</sub>	1.188	23.50	0.912	52.00	2.08	0.00	7.80	0.320	40.00	36.00	0.19
S <sub>17</sub>	0.635	17.90	0.570	45.00	1.69	0.00	7.60	0.150	41.00	36.00	0.31
S <sub>18</sub>	0.567	20.56	0.399	31.00	2.71	0.00	8.00	0.210	44.00	33.00	0.14
S <sub>19</sub>	0.486	21.73	0.427	48.00	2.24	0.00	8.00	0.210	48.00	46.40	0.33
S <sub>21</sub>	0.970	18.09	0.285	28.00	3.89	0.00	8.10	0.330	37.50	30.30	1.86
S <sub>22</sub>	1.774	17.62	0.342	28.00	1.05	0.00	7.70	0.186	44.50	46.00	0.10

## ANÁLISIS DE SUELOS

## REFERENCIA

SITIO	LOCALIDAD	SITIO	LOCALIDAD
S <sub>1</sub>	Los Reyes	S <sub>14</sub>	Compl. Boyeros-Horno.
S <sub>2</sub>	Nativitas	S <sub>15</sub>	Chiautla
S <sub>3</sub>	Coatepec	S <sub>16</sub>	Chiconcuac
S <sub>4</sub>	Chicoloapan	S <sub>17</sub>	Resurrección
S <sub>5</sub>	Montecillos	S <sub>18</sub>	Papalotla
S <sub>6</sub>	Vte. Montecillos	S <sub>19</sub>	Jolalpa
S <sub>7</sub>	Tlaloc	S <sub>20</sub>	Chimalpa
S <sub>8</sub>	Coatlinchán	S <sub>21</sub>	Tequisistlán
S <sub>9</sub>	Boyeros	S <sub>22</sub>	Purificación
S <sub>10</sub>	Horno	S <sub>23</sub>	Tlaminca
S <sub>11</sub>	Chapingo	S <sub>24</sub>	Tocuila
S <sub>12</sub>	Xaltepa	S <sub>25</sub>	Vte. Nativitas
S <sub>13</sub>	Compl. Boyeros Tocuila	S <sub>26</sub>	Aclipan

MR R1

$$MR = a + b(R) - c(CIC) + d(OLFca) - e(OLFOLAR)$$

MR R2

$$MR = a - b(pH) + c(CE) + d(Na)$$

Donde:

MR = Módulo de ruptura o dureza de costras (bars)

R1 = Menos de 25% de R

R2 = Más de 25% de R

R = Arcilla (%)

CIC = Capacidad de intercambio catiónico (meq/100 gr)

OLFca = OLF\*Ca

OLF = Oxido libre de fierro (%)

Ca = Carbonato de calcio (%)

OLFOLAR = OLF\*OLA\*R

OLA = Oxido libre de aluminio (%)

pH = pH

CE = Conductividad eléctrica (mmhos/cm)

Na = Sodio intercambiable (meq/100 gr)

a, b, c, d, = Constantes

\* = Interacción

## RESULTADOS PARTICULARES

MR R1

$$MR = -2,7566 + 0,4084(R) - 0,0629(CIC) + 2,8071 \\ (OLFCa) - 0,0211(OLFOLAR)$$

MR R2

$$MR = 14,5502 - 1,8005(pH) + 2,0462(CE) + 0,1012(Na)$$

Ecuación	R <sup>2</sup>	Probabilidad	C.M.M.	C.M.E.
R1	0,86	0,0039	3,3408	0,3057
R2	0,83	0,0008	3,0987	0,2064

## DISCUSION Y CONCLUSIONES

Los resultados a nivel estadístico son muy aceptables desde tres puntos de vista: r<sup>2</sup>, probabilidad y CMM/CME.

Es decir los r<sup>2</sup> son mayores que 0,80, la probabilidad de error es de 4 y 0,8 por mil y la relación CMM/CME es de alrededor de 10.

La utilidad de estas ecuaciones radica en la influencia que tienen las costras y su dureza en la nacencia de las plántulas, en su incidencia en la velocidad de infiltración así como en el proceso de escurrimiento.

Con estas ecuaciones se predice el comportamiento de los suelos y con ello se observa qué tipo de manejo de la superficie es el más apropiado en orden de bajar el módulo de ruptura o sea bajar la dureza de las costras.

La dureza de las costras presente en los suelos parece, en algunos casos, ser limitante para el nacimiento.

## LITERATURA CITADA

- Aceves, E. 1979. El ensalitramiento de los suelos bajo riego. C.P. p 143.
- Baver, L.D., W.H.Gardner y W.R.Gardner. 1973. Física de Suelos. UTEHA. pp 143, 149, 153, 156, 172, 223, 226.
- Caguan, B. y G.Uehara. 1965. Soil anisotropy in relation to aggregate stability. SSSAP 29:198-200.
- Deleenheer L. 1964. Preservation of soil structure on mechanized farm in Belgium. Trans 8th Cong. Soil Sci. Bucarest. pp 561-570.
- Emerson, W.W. y M.G.Deffan. 1960. Journal of Soil Sci. 11: 149-158.
- Evans, D.D. y S.W.Boul. 1968. Micromorphological study of soil crust. SSSAP 32: 19-22.
- Fassbender, H.W. 1975. Química de Suelos; con énfasis en suelos de América Latina. IICA pp 107, 109, 184, 185.
- Hillel, D. 1971. Soil and Water (physical principles and processes). Academic Press pp 25-27.
- McIntyre, D.S. 1958. Soil splash and the formation of surface crust by raindrop impact. Soil Sci. 85: 261-266.
- Richards, L.A. 1953. Modulus of rupture as an index of surface crusting of soil. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 17: 321-323.
- Richards, L.A. 1980. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Limusa. 172 p.
- Wilding, L.P. y B.L.Schmidt. 1968. Comunicación personal.

## ESTABILIDAD DE LOS AGREGADOS, ECUACIONES DE PREDICCIÓN PARA EL ÁREA DE CHAPINGO +

Fonseca, M. \*  
Gandoy Bernasconi, W. \*\*

### RESUMEN

En este estudio se buscó analizar las causas que actúan sobre la estabilidad de los agregados, a modo de abrir caminos que contribuyan a su mejoramiento, así como a suministrar elementos para el estudio de la erodabilidad del suelo.

Se obtuvieron seis ecuaciones en función de profundidad y del contenido de materia orgánica de los suelos. Todas ellas cumplen con un alto coeficiente de correlación, una probabilidad de error bajísima, ya sea para cada ecuación como para cada variable, y un cuadrado medio del error muy bajo, comparándolo con el cuadrado medio del modelo.

Resulta interesante investigar este tópico en función de (i) incidir en la estabilidad de agregados a través del manejo del suelo conociendo las causas que la determinan, y así afectar los rendimientos de cultivos favorablemente y (ii) como paso siguiente a estudiar los perfiles típicos del área, estudiar la superficie que ocupa cada serie de suelo, independientemente de las inclusiones de otras series, en función de la estabilidad de los agregados, para después establecer nuevamente el criterio mencionado en el ítem (i), pero estableciendo ahora parcelas en diferentes puntos dentro de la superficie definida in situ como la serie en cuestión de dicha serie de suelo.

### ABSTRACT

The degree of association between the stability of soil aggregates and eleven physical and chemical soil properties was studied in some 0 to 5 cm and 5 to 30 cm soil samples collected in the neighbourhood of Chapingo. It was found that 98 percent of the variability in the stability of soil aggregates, SSA, was associated with the contents of clay, organic matter and free iron oxide, in the 0 to 5 cm soil samples containing less than 2 percent organic matter. The SSA of soil samples from 5 to 30 cm layer and organic matter content greater than 3 percent was associated with the ratio of the soil plastic limit to its field capacity and the organic matter content.

### INTRODUCCION

Una propiedad de gran importancia del suelo, es la que ocupa el presente trabajo. Su importancia radica en la influencia determinante que tiene sobre el sistema poroso del suelo y éste a su vez sobre múltiples aspectos biológicos, físicos y químicos.

Debido a ello, surge como necesario poder cuantificar esta propiedad y tener capacidad de predecirla y modificarla en consecuencia, con sistemas de uso del suelo.

El presente estudio se realizó en el área de influencia de Chapingo, cubriendo ésta aproximadamente 40,000 ha, localizadas en la región oriente del Valle de México.

### REVISIÓN DE LITERATURA

Aceves (1979), menciona que la sodificación del suelo produce una dispersión de los coloides orgánicos y minerales, después, se produce una migración de estos coloides

dentro del suelo o perfil. Los coloides minerales debido a su migración producen un taponamiento de los poros; esto trae como resultado una modificación en la estructura, en la estabilidad de los agregados y en la impedancia mecánica; la conjunción de estos factores permite el encostramiento del suelo e impide la germinación de las semillas.

Acton et al (1963), observó que al disminuir la cantidad de materia orgánica, aumentaba la correlación entre el contenido de arcilla y la agregación; cuando aumentaba el contenido de materia orgánica, el efecto de la arcilla en la formación de partículas secundarias es baja y viceversa.

Alexsandrova y Nad (1958, citado por Bayer), dicen que el efecto benéfico del  $\text{CaCO}_3$  en la estructura del suelo es un proceso complejo ya que depende de la transformación de las sales solubles de hierro en óxidos férricos hidratos coloidales insolubles.

+ Ponencia presentada en el XVI Congreso Nacional e la S.M.C.S.

\* Graduado de la Universidad Autónoma Chapingo.

\*\* Profesor-Investigador, Universidad Autónoma Chapingo.

Baver (1973), menciona que por lo menos existen dos procesos que operan en la fragmentación de los terrones en unidades menores, cuando después de secarse se vuelven a mojar: el rápido ingreso del agua causa desigual hinchamiento en el terrón, lo que produce fracturas y fragmentación; el otro proceso es que la adsorción del agua en los poros capilares comprime el aire ocluido en la cavidad de los poros hasta romperlos, esto pasa cuando la presión del aire sobrepasa la fuerza de cohesión de las partículas. En otro estudio este mismo autor dice que los mecanismos por los cuales los coloides orgánicos estabilizan la estructura del suelo pueden deberse a la unión de los polímeros orgánicos. A la superficie de las arcillas. Los coloides orgánicos compiten con las moléculas de agua para ganar espacio en la superficie, con esto se reduce el humedecimiento y el hinchamiento y aumenta la resistencia de los agregados a la desintegración. Este mismo autor, observó que, al disminuir la cantidad de materia orgánica aumentaba la correlación entre el contenido de arcilla y la agregación; con altos porcentajes de materia orgánica, el efecto de la arcilla en la formación de partículas secundarias es insignificante.

Boedel (1959), dice que si la tasa de límite plástico (LP) sobre la capacidad de campo (CC) es mayor que uno, en suelos arcillosos, la estructura del suelo debe ser considerada como satisfactoria. Si este rango es menor que uno, la consistencia y la estructura son pobres y el suelo se encuentra muy disperso.

Caguan y Uehara (1965), encontraron que las características estructurales en los oxisoles de Hawaii, están asociados con el grado de orientación de las arcillas (anisotropía) en los agregados. Concluyeron que el contenido de arcilla, materia orgánica, óxidos libres de fierro y la orientación de las partículas de arcilla dentro de los agregados, son los principales factores asociados con la excelente estructura de los oxisoles, pero el grado de manifestación varía.

Davidson y Evans (1960), usando la técnica de sedimentación para medir las cantidades de agregados estables en un rango amplio, con el uso de una mezcla de glicerol - agua que poseía una viscosidad de casi 140 veces la del agua; encontraron que la estabilidad de los agregados en una mezcla de glicerol-agua está altamente correlacionada con la estabilidad de los agregados en agua.

Deleenheer (1964), encontró que la compactación por el arado y el deterioro de la estabilidad de los agregados era mayor en los suelos pobres en carbonato de calcio, comparado con aquellos que poseían cantidades adecuadas de  $\text{CaCO}_3$ . El efecto benéfico del  $\text{CaCO}_3$  disminuyó para aquellos suelos donde había aplicaciones de estiércol. Según los estudios, se recomienda aplicar 50-60 ton/ha de estiércol en aquellos suelos que muestren deterioro de la estructura.

Emerson (1960), encontró que los óxidos de fierro y aluminio son un factor de gran importancia en la estabilidad de los agregados, ya sea ligado al complejo húmico arcilloso o en forma coloidal libre. En su forma ligada húmico arcilloso, los iones pesados de fierro férrico y aluminio neutralizan las cargas negativas de los coloides electronegativos, arcilla y humus, favoreciendo su floculación; cuando el aluminio y el fierro son abundantes en el complejo húmico arcilloso se forman agregados estables, incluso en medio ácido y pobres en bases.

Emerson (1972, citado por Gavande), distingue cuatro enlaces diferentes en los que intervienen la materia orgánica:

- a)  $\text{SiO}_2 - \text{MO} - \text{SiO}_2$
- b)  $\text{SiO}_2 - \text{MO} - \text{arcilla} - \text{SiO}_2$
- c)  $\text{SiO}_2 - \text{MO} - \text{arcilla} - \text{MO} - \text{SiO}_2$
- d)  $\text{arcilla} - \text{MO} - \text{arcilla} - \text{MO} - \text{arcilla}$

de aquí se puede observar la importancia que tiene la materia orgánica sobre la estabilización de las partículas del suelo, además de otras interacciones complejas que intervienen causando el mismo efecto.

Greenland (1965), dice que la arcilla y los coloides orgánicos son uno de los principales factores agregantes del suelo. Se encontró una alta correlación entre la materia orgánica y la agregación en suelos que contenían menos del 25% de arcilla; en cambio, los suelos con un contenido de arcilla mayor del 35%, la agregación por la materia orgánica disminuía notablemente.

Henin, Robichet y Jongerius (1955), realizaron estudios sobre el comportamiento de los agregados en lo que respecta a las fuerzas de desintegración de los grumos, analizaron aquellas relacionadas con el humedecimiento rápido; determinaron el porcentaje de agregados mayores de 0.02 mm por cribado húmedo en agua y sin tratamiento previo y con tratamiento previo de benceno. El alcohol sustituyó el aire de los poros y se evitaron los efectos explosivos; los valores que se obtuvieron con esta técnica fueron considerados representativos del estado de la estabilidad. El alcohol tuvo mayor efecto en los suelos con contenidos altos de materia orgánica que en los suelos arcillosos.

## MATERIALES Y METODOS

### a).- Muestreo:

Se muestrearon los perfiles típicos de las series y variantes de suelos dentro del área de influencia de Chapingo.

Se muestrearon dos profundidades: 0 a 5 cm y 5 a 30 cm.

### b).- Materia Orgánica:

Se practicó la técnica de Walkley - Black.

### c).- Carbonato de Calcio:

Se usó la técnica de neutralización ácida.

### d).- Oxido Libre de Aluminio:

Se practicó la técnica del ácido tricarbóxico de aurina (aluminón).

### e).- Oxido Libre de Fierro:

Se utilizó la metodología de Coffin.

### f).- Límite Plástico:

Técnica de varillas rodantes.

### g).- Estabilidad de los agregados:

Técnica de Yoder.

### h).- Capacidad de Campo:

Olla de presión.

i).- pH:

Peachímetro

j).- Conductividad eléctrica:

Puente de Wheatstone.

k).- Sodio y Potasio:

Fotómetro de flama con quemador de propano.

l).- Capacidad de Intercambio Catiónico:

Acetato de amonio 1N pH 7.0

m).- Textura:

Hidrómetro

n).- Análisis Estadístico:

Sistema de análisis estadístico (SAS 795)

1a. generación de modelos: STEPWISE (F/B/RMAX)

Selección final de modelos: GLM.

#### RESULTADOS GENERALES

En los cuadros 3 hasta 8 se presentan las estabilidades de los agregados para profundidades de 0-5 y 5-30 cm y porcentajes de materia orgánica de < 2.0. entre 2 y 3, > 3.0. Los modelos generales propuestos fueron los siguientes:

EA P1R1

$$EA = -a + b (RMO) + c (RMOOLF)$$

EA P1R2

$$EA = -a + b (R) + c (ROLF) + d (MOOLFA)$$

EA P1R3

$$EA = -a + b (CE) + c (RMOA) - d (MOCaR)$$

EA P2R1

$$EA = a - b (MO) + c (RMOOLF)$$

EA P2R2

$$EA = a + b (RMOOLF) - c (MOOLAA)$$

EA P2R3

$$EA = a - b (A) + c (MO)$$

Donde:

EA = Estabilidad de los agregados (%)

P1 = 0-5 cm de profundidad

P2 = 5-30 cm de profundidad

R1 = Menos de 2% MO

R2 = Entre 2 y 3% MO

R3 = Más de 3% MO

R = Arcilla (%)

MO = Materia orgánica (%)

RMO = R \* MO

OLF = Oxido libre de hierro (%)

RMOOLF = R \* MO \* OLF

ROLF = R \* OLF

MOOLFA = MO \* OLF \* A

LP = Límite plástico (%)

CC = Capacidad de campo (%)

A = LP/CC

CE = Conductividad eléctrica (mmhos/cm)

RMOA = R \* MO \* A

MOCaR = MO \* Ca \* R

Ca = CaCO<sub>3</sub> (%)

MOOLAA = MO \* OLA \* A

OLA = Oxido libre de aluminio (%)

\* = Interacción entre variables

#### RESULTADOS PARTICULARES

$$P1R1 EA = -14,3888 + 0,4235(RMO) + 0,5006(RMOOLF)$$

$$P1R2 EA = -38,0444 + 2,3490(R) - 1,6793(ROLF) + 9,5209(MOOLFA)$$

$$P1R3 EA = -20,3466 + 73,4871(CE) + 0,1441(RMOA) - 0,0866(MOCaR)$$

$$P2R1 EA = 53,6135 - 35,3213(MO) + 0,8055(RMOOLF)$$

$$P2R2 EA = 58,2033 + 0,3761(RMOOLF) - 3,1606(MOOLAA)$$

$$P2R3 EA = 75,6994 - 73,7871(A) + 2,4267(MO)$$

Ecuación	R <sup>2</sup>	Probabilidad	C.M.M.	C.M.E.
P1R1	0.98	0.0001	1028.1	7.0
P1R2	0.95	0.0042	490.4	18.4
P1R3	0.88	0.0091	481.9	38.2
P2R1	0.75	0.0041	953.0	80.7
P2R2	0.90	0.0033	504.8	22.7
P2R3	0.86	0.0181	268.0	20.8

#### DISCUSION Y CONCLUSIONES

Los resultados a nivel estadístico son muy aceptables desde tres puntos de vista: r<sup>2</sup>, P, CMM/CME.

Se obtuvieron mejores resultados en la capa 0-5 cm. Es probable que el espesor de la 2a. capa elegida de 5 a 30 cm, como tradicionalmente se hace en estos suelos como rutina, haya introducido error y en consecuencia los parámetros estadísticos elegidos reflejan valores un poco menores que en la profundidad 0-5 cm.

La utilidad de estas ecuaciones radica que en cuestiones de erodabilidad del suelo importan mucho las condiciones de estabilidad en la superficie del suelo. Desde el punto de vista de infiltración, importa notablemente la condición superficial del suelo en la velocidad inicial de infiltración, así como la situación que plantea la porosidad del perfil en lo que es la velocidad de infiltración final.

Por otro lado, este trabajo permite suponer inicialmente que los suelos podrían agruparse para recibir un tratamiento y un manejo similar dentro de cada agrupamiento de suelos. Debido a ello se presentan tres grupos de series de suelos, ya que podría inferirse en una primera instancia que la estabilidad de los agregados dependería de causas similares dentro de cada uno de los grupos.

Cuadro 1. Agrupamiento de suelos según las ecuaciones

		P1R			P2R		
		1	2	3	1	2	3
Los Reyes	(Typic Durandep)	X	.	.	X	.	.
Coatlinchán	(Typic Durandep)	X	.	.	X	.	.
Horno	(Typic Ustifluent)	X	.	.	X	.	.
Chapingo	(Typic Argiustoll)	X	.	.	X	.	.
Chiautla	(Typic Ustifluent)	X	.	.	X	.	.
Resurrección	(Udic Chromustert)	X	.	.	X	.	.
Purificación	(Vertic Durustoll)	X	.	.	X	.	.
Tlaminca	(Vertic Durustoll)	X	.	.	X	.	.
Aclipan	(Typic Ustipsamment)	X	.	.	X	.	.
Coatepec	(Mollic Vitrandept)	.	X	.	.	X	.
Chicoloapan	(Fluventic Haplustoll)	X	.	.	X	.	.
Vte. Montecillos	(Typic Durustoll)	X	.	.	X	.	.
Chiconcuac	(Typic Ustifluent)	X	.	.	X	.	.
Papalotla	(Typic Durandep)	X	.	.	X	.	.
Jolalpa	(Vertic Haplustoll)	X	.	.	X	.	.
Tlaloc	(Typic Durustoll)	X	.	X	.	.	.
Chimalpa	(Mollic Vitrandept)	X	.	X	.	.	.
Nativitas	(Typic Durandep)	.	.	X	.	.	X
Montecillos	(Fluventic Haplustoll)	.	.	X	.	.	X
Boyeros	(Cumulic Haplustoll)	.	.	X	.	.	X
Xaltepa	(Vertic Argiustoll)	.	.	X	.	.	X
Tocuila	(Typic Ustifluent)	.	.	X	.	.	X
Vte. Nativitas	(Mollic Vitrandept)	.	.	X	.	.	X
Tequisistlán	(Mollic Vitrandept)	.	.	X	.	X	.

Cuadro 2. Claves de identificación de suelos por localidad.

SITIO	LOCALIDAD	SITIO	LOCALIDAD
S <sub>1</sub>	Los Reyes	S <sub>14</sub>	Compl. Boyeros-Horno
S <sub>2</sub>	Nativitas	S <sub>15</sub>	Chiautla
S <sub>3</sub>	Coatepec	S <sub>16</sub>	Chiconcuac
S <sub>4</sub>	Chicoloapan	S <sub>17</sub>	Resurrección
S <sub>5</sub>	Montecillos	S <sub>18</sub>	Papalotla
S <sub>6</sub>	Vte. Montecillos	S <sub>19</sub>	Jolalpa
S <sub>7</sub>	Tlaloc	S <sub>20</sub>	Chimalpa
S <sub>8</sub>	Coatlinchán	S <sub>21</sub>	Tequisistlán
S <sub>9</sub>	Boyeros	S <sub>22</sub>	Purificación
S <sub>10</sub>	Horno	S <sub>23</sub>	Tlaminca
S <sub>11</sub>	Chapingo	S <sub>24</sub>	Tocuila
S <sub>12</sub>	Xaltepa	S <sub>25</sub>	Vte. Nativitas
S <sub>13</sub>	Compl. Boyeros-Tocuila	S <sub>26</sub>	Aclipan

Cuadro 3. Estabilidad de los agregados (Profundidad 0-5 cm y materia orgánica &lt; 2.0 %).

S	EA	OLA	OLF	R	MO	CaCO <sub>3</sub>	CC	LP	CE	PS
S <sub>1</sub>	3.96	19.97	0.513	19.82	1.46	0.94	16.90	28.97	0.173	42.50
S <sub>8</sub>	8.00	24.36	0.399	18.82	1.87	1.13	21.60	21.86	0.139	32.50
S <sub>10</sub>	11.48	20.56	0.570	16.64	1.96	0.96	24.80	27.53	0.420	35.00
S <sub>11</sub>	27.21	20.84	0.399	35.64	1.84	2.00	31.00	31.57	0.270	50.00
S <sub>15</sub>	33.51	21.73	0.285	44.18	1.81	0.00	30.10	29.81	0.180	56.00
S <sub>17</sub>	46.85	17.90	0.570	45.00	1.69	0.00	30.50	28.68	0.150	41.00
S <sub>22</sub>	1.18	17.62	0.256	17.00	1.35	0.00	30.60	35.77	0.700	31.50
S <sub>23</sub>	7.93	17.62	0.342	28.00	1.05	0.00	25.30	21.09	0.186	44.50
S <sub>26</sub>	1.82	6.46	0.627	23.82	0.92	0.86	25.70	23.23	0.139	38.00

Cuadro 4. Estabilidad de los agregados (Profundidad 0-5 cm y un porcentaje de materia orgánica entre 2 y 3).

S	EA	OLA	OLF	R	MO	CaCO <sub>3</sub>	CC	LP	CE	PS
S <sub>3</sub>	11.98	16.14	0.570	12.64	2.55	0.86	13.90	30.90	0.250	40.00
S <sub>4</sub>	13.06	17.03	0.855	23.64	2.63	1.16	25.50	34.07	0.900	43.50
S <sub>6</sub>	18.62	14.68	0.513	31.82	2.69	8.84	25.50	28.27	0.400	35.00
S <sub>7</sub>	6.63	22.32	0.456	23.64	2.11	2.33	18.30	20.52	0.336	35.00
S <sub>16</sub>	23.77	23.50	0.912	52.00	2.08	0.00	29.10	30.47	0.320	40.00
S <sub>18</sub>	24.45	20.56	0.399	31.00	2.71	0.00	23.90	29.33	0.210	44.00
S <sub>19</sub>	52.95	21.73	0.427	48.00	2.24	0.00	33.30	34.80	0.210	48.00
S <sub>20</sub>	8.50	19.97	0.342	21.18	2.34	0.06	36.70	22.33	0.140	37.50

Cuadro 5. Estabilidad de los agregados (Profundidad 0-5 cm y materia orgánica &gt; 3.0 %).

S	EA	OLA	OLF	R	MO	CaCO <sub>3</sub>	CC	LP	CE	PS
S <sub>2</sub>	7.04	18.80	0.342	17.64	3.95	0.00	14.00	21.57	0.032	33.00
S <sub>5</sub>	8.38	15.27	0.627	32.82	3.64	4.59	27.60	32.66	0.760	41.00
S <sub>9</sub>	25.29	20.56	0.399	37.64	8.50	2.75	35.30	35.91	0.20	32.00
S <sub>12</sub>	5.61	19.97	0.484	17.64	3.18	0.88	15.20	23.61	0.230	35.00
S <sub>13</sub>	25.99	18.80	0.171	33.82	6.97	1.03	36.00	38.81	0.470	47.00
S <sub>14</sub>	26.85	21.73	0.912	31.82	7.96	1.31	28.90	28.25	0.560	40.00
S <sub>21</sub>	5.53	18.09	0.285	28.00	3.89	0.00	38.50	24.68	0.330	37.50
S <sub>24</sub>	45.93	17.62	0.456	19.82	4.75	0.00	19.50	25.18	0.580	45.00
S <sub>25</sub>	6.04	5.56	0.228	11.82	7.82	0.63	21.90	28.49	0.230	37.00

Cuadro 6. Estabilidad de los agregados (Profundidad 5-30 cm y materia orgánica &lt; 2.0 %).

S	EA	OLA	OLF	R	MO	CaCO <sub>3</sub>	CC	LP	CE	PS
S <sub>1</sub>	5.28	8.81	0.741	9.64	1.38	1.141	20.65	33.94	0.173	42.50
S <sub>7</sub>	12.56	7.91	0.627	21.82	1.98	2.81	28.28	25.06	0.336	35.00
S <sub>8</sub>	4.71	6.46	0.285	18.82	1.80	1.27	12.71	19.92	0.139	32.50
S <sub>10</sub>	15.10	7.05	0.798	19.82	1.61	1.08	29.93	32.00	0.420	35.00
S <sub>11</sub>	15.59	6.74	0.513	39.82	1.61	1.70	37.87	39.35	0.270	50.00
S <sub>15</sub>	41.38	8.22	0.570	43.82	1.42	0.00	35.98	30.87	0.180	56.00
S <sub>17</sub>	33.40	7.63	0.627	44.28	1.05	0.00	34.55	26.48	0.150	41.00
S <sub>20</sub>	0.59	6.46	0.598	19.28	1.88	0.00	30.95	24.72	0.140	37.50
S <sub>22</sub>	1.85	7.63	0.171	18.28	1.52	0.00	22.87	31.02	0.700	31.50
S <sub>23</sub>	15.63	7.05	0.199	29.46	0.98	0.00	21.47	19.98	0.186	44.50
S <sub>26</sub>	46.62	6.15	0.798	13.46	0.81	0.74	18.85	24.87	0.139	38.00

Cuadro 7. Estabilidad de los agregados (Profundidad 5-30 cm y un porcentaje de materia orgánica entre 2 y 3).

S	EA	OLA	OLF	R	MO	CaCO <sub>3</sub>	CC	LP	CE	PS
S <sub>3</sub>	2.32	7.63	0.427	19.64	2.30	0.82	18.18	20.29	0.250	40.00
S <sub>4</sub>	28.56	7.63	0.855	24.82	2.10	1.00	29.29	31.61	0.900	43.50
S <sub>6</sub>	17.24	6.46	0.570	27.64	2.21	7.89	31.76	36.32	0.400	35.00
S <sub>12</sub>	19.14	6.74	0.627	22.82	2.84	1.14	22.63	21.44	0.230	35.00
S <sub>16</sub>	27.42	8.22	0.570	53.28	2.31	0.00	38.00	32.92	0.320	40.00
S <sub>18</sub>	19.73	7.33	0.285	33.28	2.40	0.00	34.55	28.78	0.210	44.00
S <sub>19</sub>	45.26	6.74	0.684	49.28	2.64	0.00	37.56	32.23	0.210	48.00
S <sub>21</sub>	16.12	7.05	0.456	21.28	2.85	0.00	27.63	23.57	0.330	37.50

Cuadro 8. Estabilidad de los agregados (Profundidad 5-30 cm y materia orgánica &gt; 3.0 %).

S	EA	OLA	OLF	R	MO	CaCO <sub>3</sub>	CC	LP	CE	PS
S <sub>2</sub>	0.30	12.33	0.456	17.64	3.38	0.00	17.68	19.50	0.062	33.00
S <sub>5</sub>	12.17	6.15	0.684	25.82	3.21	4.09	31.52	30.21	0.760	41.00
S <sub>9</sub>	14.35	7.16	0.513	39.82	8.00	2.03	39.89	43.94	0.411	43.00
S <sub>13</sub>	24.93	7.63	0.228	38.82	5.36	1.00	42.86	40.01	0.470	47.00
S <sub>14</sub>	28.33	8.81	0.684	38.82	4.92	1.26	38.10	28.46	0.560	40.00
S <sub>24</sub>	19.37	6.46	0.342	19.46	3.12	0.00	21.47	19.98	0.580	45.00
S <sub>25</sub>	5.03	6.62	0.285	37.46	4.83	0.51	28.23	30.23	0.230	37.00

## LITERATURA CITADA

1. Aceves, E. 1979. El ensalitramiento de los suelos bajo riego. C.P. pp 143.
2. Acton, C.J., D.A.Rennie y E.A.Paul. 1963. The relationship of Polysaccharides to Soil Aggregation. *Can.J.Sci.* 43: 201-209.
3. Aleksandrova, L.N. y M.Nad'. 1958. The nature of organo-mineral colloids and methods of their study. *Pochvovedenie*, 10: 21-27.
4. Baver, L.D., W.H.Gardner y W.R.Gardner. 1973. Física de Suelos. UTEHA. pp 143, 149, 153, 156, 172, 193, 223-226.
5. Black, C.A. 1965. Methods of Soil Analysis. *Agronomy # 9*. Am.Soc. of Agronomy.
6. Boedel, P. 1965. Evaluation of the structure of clay soils by means of soil consistency. *Proc. Int.Simp.Soil Structure*.
7. Caguan, B. y G.Uehara. 1965. Soil anisotropy in relation to Aggregate Stability. *SSSAP* 29: 198-200.
8. Davison, J.M. y D.D.Evans. 1960. Turbidimeter technique for measuring the stability of soil aggregates in water glycerol mixture. *SSSAP* 24: 74-79.
9. Deleenheer L. 1964. Presentation of soil structure on mechanized farm in Belgium. *Trans. 8th Cong. Soil Sci.* p 561-570.
10. Emerson, W.W. y M.G.Deffan. 1960. *Journal of Soil Science* 11: 149-158.
11. Greenland, D.J., C.R.Lindstrom y J.P.Quirk. 1962. Organic material which stabilizes natural soil aggregates. *SSSAP* 26: 366-37.
12. Greenland, D.J. 1965. Interaction between clays and organic compounds in soil. *Soil and fert.* 28: 415-425
13. Hénin, S. 1955. Principes pour l'évaluation de la stabilité de structure du sol. *Am. Agron.* 6: 537-557.

VARIACION ESPACIAL DE LAS PROPIEDADES FISICAS DE UN XEROSOL LUVICO  
EN UNA PRADERA DE BALLICO PERENNE (*Lolium perenne*)<sup>+</sup>

Jasso Chaverría, C. <sup>1</sup>  
Figueroa Sandoval, B. <sup>2</sup>  
González Cossío, F.V. <sup>3</sup>

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el Campo Agrícola Experimental de Zacatecas durante la primavera de 1984. El objeto fue caracterizar la variación espacial de las propiedades físicas de una pradera de ballico perenne para utilizar esta información como punto de referencia en experimentos subsecuentes sobre el efecto del laboreo en las propiedades físicas de los suelos. Se llevaron a cabo pruebas de infiltración (I) y sortividad (s), determinaciones de densidad aparente ( $\rho_b$ ), densidad real ( $\rho_s$ ), distribución de partículas (DPS), materia orgánica (MO) y humedad inicial ( $\theta_i$ ). Las medidas de tendencia central utilizadas fueron la media ( $\bar{X}$ ), varianza (V), desviación estándar (SD) y coeficiente de variación (CV). La variabilidad en las propiedades físicas osciló entre baja y media, los parámetros relacionados con el movimiento de agua (conductividad hidráulica y sortividad) fueron los más variables. Debido a que las medidas de tendencia central no dan información sobre las distribuciones de las observaciones, se hicieron pruebas de normalidad para las variables utilizando el estadístico de Shapiro-Wilk encontrándose que la mayoría se ajusta mejor a una distribución normal. También se trazaron isóneas para los parámetros: ( $\theta_i$ ), arenas (a), limos (l), arcillas (r), densidad aparente ( $\rho_b$ ) y densidad real ( $\rho_s$ ) con el fin de limitar áreas estadísticamente homogéneas mediante un intervalo al 95% de probabilidad, se calculó el número de muestras necesario para caracterizar cada parámetro.

Con los datos de todos los puntos en donde se realizaron pruebas de (I) se construyó un modelo de regresión lineal para la ecuación de Kostiaikov, de igual manera se obtuvo una ecuación para la tasa de infiltración (k). Mediante procedimientos de regresión múltiple se buscaron relaciones funcionales entre conductividad hidráulica saturada ( $k_s$ ) y (s) y entre estas dos variables y la humedad inicial ( $\theta_i$ ), ( $\rho_b$ ), ( $\rho_s$ ), (MO), (a) y (r) para finalmente determinar los mejores modelos predictores de  $k_s$  y s.

ABSTRACT

A characterization of spatial variations in physical properties in a meadow with perennial rye grass, was made in order to utilize this information as a reference point in future experiments related with the effect of soil management on soil physical properties. The evaluated physical properties were: infiltration, sorptivity, bulk and real density, soil particle distribution, organic matter, and initial soil moisture.

The studied measures of central tendency included: mean, variance, standard deviation and variation coefficient. The variability of the physical properties ranged between low and medium, being the parameters related with water movement, the most variable. Since, the measures of central tendency did not reveal information about the distribution of the observations, we decided to carry out tests of normality for the above mentioned variables, using Shapiro-Wilk's values. These calculations showed that most of the physical properties followed a curve of normal distribution. In addition, isolines were traced for the following parameters: sand, silt, clay, bulk and real density, in order to define statistically homogeneous areas using 95% of probability interval.

The number of samples necessary to characterize each parameter was calculated. A lineal regression model for Kostiaikov's equation was developed using the values of infiltration tests obtained in all the points; in the same way, an equation was obtained for the infiltration rate.

Using the procedures of multiple regression, we searched for functional relations between saturated hydraulic conductivity and sorptivity as dependant variables, and initial moisture, bulk and real density, organic matter, sand, silt and clay as independant variables. The functional relations were used to determine models to predict  $k_s$  and s.

<sup>+</sup> Ponencia presentada en el XVII Congreso Nacional de la SMCS.

<sup>1</sup> Investigador del Programa de Suelos del Campo Agrícola Experimental "San Luis Potosí", CIFAP-SLP-INIFAP.

<sup>2</sup> Profesor Investigador, Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.

<sup>3</sup> Profesor Investigador, Centro de Estadística y Cálculo. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.

**INTRODUCCION**

El conocimiento de las propiedades físicas de los suelos permite realizar mejor las actividades agrícolas vitales, como el barbecho, la fertilización, el drenaje, la irrigación, la conservación de suelos y agua y el manejo de los residuos de las cosechas.

Debido a los diferentes factores de formación y manejo de los suelos, las propiedades de éstos varían continuamente en el espacio. El conocimiento de esta variabilidad es importante cuando se pretende tomar decisiones sobre el manejo de una serie determinada.

Existen diferentes maneras de expresar la variabilidad de un terreno. La más común consiste en utilizar las medidas de tendencia central, tales como la media, la varianza, la desviación estándar y el coeficiente de variación. Para la aplicación correcta de estas medidas es necesario conocer la distribución de la variación de cada una de las propiedades. La mayoría de los autores coinciden en que se distribuyen en forma normal o log.normal (Camargo, 1983; Warrick y Nielsen, 1980; Webster, 1977). Normalmente éstas se han hecho utilizando los histogramas o los diagramas fractiles.

De los parámetros del suelo con más influencia en la mayoría de los procesos de movimiento de energía hacia y dentro del suelo se encuentra la estructura, la cual se ha medido tradicionalmente a través de parámetros indicadores como son densidad aparente e infiltración (Figuroa, 1979). Recientemente se ha pensado que el parámetro de sortividad de la ecuación de Philip puede utilizarse para obtener información sobre la distribución de los microporos del suelo (White, 1984).

El objetivo del presente trabajo es caracterizar la variación espacial de algunas propiedades físicas de una pradera de ballico perenne con el propósito de utilizar esta variación como punto de referencia en experimentos subsiguientes del efecto de laboreo en las propiedades físicas de los suelos. Los parámetros del suelo medidos fueron: las constantes de la ecuación de Kostiakov para infiltración (I), sortividad (s), densidad aparente ( $\rho_b$ ), densidad real ( $\rho_s$ ), distribución de partículas (DPS), materia orgánica (MO) y humedad inicial ( $\theta_i$ ).

**MATERIALES Y METODOS**

**Descripción del area de estudio**

La presente investigación se llevó a cabo sobre una pradera irrigada de ballico perenne (*Lolium perenne*) ubicada en el Campo Agrícola Experimental de Zacatecas (CAEZAC), el cual está situado en el kilómetro 24 de la carretera Zacatecas-Fresnillo, a 22°54'34" de latitud norte y 102°39'33" de longitud oeste, con altitud de 2196 msnm.

**Características del experimento**

El terreno utilizado fue un Xerosol lúvico con las dimensiones siguientes: 100 m de longitud y 50 m de ancho, teniendo un área total de 5 000 m<sup>2</sup>. Las mediciones se hicieron sistemáticamente usando una cuadrícula de 10 x 5 m y muestreando en las intersecciones de la misma, para el caso humedad inicial ( $\theta_i$ ) y densidad aparente ( $\rho_b$ ). Dentro de la cuadrícula se seleccionaron 15 puntos para el muestreo de distribución de partículas (DPS), materia orgánica (MO) y densidad real ( $\rho_s$ ). Para sortividad (s) e infiltración (I) se hicieron solamente 13 determinaciones.

**Métodos empleados**

La infiltración se midió de acuerdo al método de doble cilindro; los resultados de las pruebas de infiltración se ajustaron al modelo propuesto por Kostiakov ( $I = c' t^{b'}$ ). Para la sortividad se usó el método propuesto por Talsma (1969). El análisis de partículas se hizo siguiendo el método del hidrómetro de Bouyoucos. Las determinaciones de densidad aparente se hicieron utilizando el cilindro de volumen conocido. La densidad real se calculó usando el método del picnómetro. Para la materia orgánica se utilizó el método de Walkley y Black.

**RESULTADOS**

Los resultados obtenidos se discutirán inicialmente en términos de las medidas de tendencia central y de su distribución. Con los resultados obtenidos se trazaron isolíneas por cada parámetro. Se calculó además el número de muestras necesario para caracterizar cada parámetro y se encontraron relaciones funcionales entre las mismas.

**Medidas de tendencia central**

Las medidas de tendencia central estudiadas fueron la media ( $\bar{X}$ ), varianza (V), desviación estándar (SD), y coeficiente de variación (CV). Los resultados se muestran en el Cuadro 1. Utilizando el criterio de Warrick y Nielsen (1980) la variabilidad de las propiedades varía de baja (CV menor de 10%) a media (CV = 10-100%). Las variables con variabilidad baja fueron la densidad aparente ( $\rho_b$ ) y densidad real ( $\rho_s$ ) coincidiendo con la reportada por otros autores (Warrick y Nielsen, 1980). Para las características de distribución de partículas (DPS), materia orgánica (MO) y humedad inicial ( $\theta_i$ ) la variabilidad inicial coincide también con lo reportado por Camargo (1983). Como era de esperar los parámetros relacionados con el movimiento del agua (ks y s) fueron de los más variables, aunque con una variación menor a la reportada por la mayoría de los autores (Warrick y Nielsen, 1980).

Debido a que las medidas de tendencia central no dan información sobre la distribución de las observaciones, se hicieron pruebas de normalidad para las variables, utilizando el valor original del parámetro y su transformación logarítmica utilizando el estadístico de Shapiro-Wilk. Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 2. El análisis de este cuadro nos indica que el parámetro b', densidad real, arcilla, limo, humedad inicial y

Cuadro 1. Estadísticas de la variación inicial del suelo de una pradera de ballico perenne (*Lolium perenne*).

Parámetro		$\bar{X}$	VAR	SD	CV
ks	cm.min. <sup>-1</sup>	0.34	0.014	0.117	34.93
Sortividad	cm.sec. <sup>-1/2</sup>	0.03	0.0001	0.012	34.49
c'		0.33	0.012	0.109	33.07
b'		0.55	0.004	0.064	11.67
Densidad					
aparente	gr/cm <sup>3</sup>	1.34	0.003	0.055	4.14
real	gr/cm <sup>3</sup>	2.49	0.003	0.058	2.31
Arena	%	40.59	90.153	9.495	23.39
Arcilla	%	27.47	13.68	3.700	13.47
Limo	%	30.78	48.833	6.988	22.71
Humedad	%	7.39	2.057	1.434	19.14
Materia orgánica	%	2.00	0.517	0.719	36.02

Cuadro 2. Prueba de normalidad de acuerdo al método de Shapiro-Wilk para los parámetros de suelo estudiados en una pradera de ballico perenne (*Lolium perenne*).

Parámetro	W normal	P W	WL normal	P WL
ks	0.944	0.493	0.962	0.731
Sortividad	0.864	0.047	0.926	0.367
c'	0.963	0.753	0.975	0.914
b'	0.962	0.742	0.945	0.498
Densidad aparente	0.976	0.582	0.979	0.697
Densidad real	0.938	0.402	0.938	0.403
Arena	0.911	0.180	0.915	0.210
Arcilla	0.931	0.374	0.926	0.336
Límo	0.964	0.726	0.960	0.660
Humedad	0.982	0.778	0.973	0.469
Materia orgánica	0.910	0.171	0.910	0.173

materia orgánica se acercan más a la distribución normal que a log. normal, mientras que la conductividad hidráulica saturada, la sortividad, el parámetro c', la densidad aparente y las arenas tienden a distribuirse como log. normal. La mayoría de estas distribuciones coincide con las reportadas anteriormente por varios autores (Burden *et al.*, 1984; Danf *et al.*, 1984; Smedt *et al.*, 1984).

#### Distribución espacial de las variables estudiadas

En las Figuras 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 se muestran las isolíneas para los valores de los parámetros de humedad inicial, arenas, limos, arcillas, densidad real, densidad aparente y materia orgánica, respectivamente. Con base en estas isolíneas y a los intervalos de confianza con un 95% de probabilidad se delinearon las áreas estadísticamente homogéneas para cada una de las propiedades representadas. La parte sombreada corresponde a las áreas homogéneas.

Cuadro 3. Tamaño de muestra para algunos parámetros del suelo en una pradera de ballico perenne (*Lolium perenne*).

Parámetro	Tamaño de muestra
ks	9
Infiltración acumulada	15
Sortividad	9
Densidad aparente	4
Densidad real	4
Humedad inicial	49
Materia orgánica	13
Arena	14
Arcilla	10
Límo	13

Por lo que respecta a humedad inicial se nota que hay diferencias estadísticas significativas para la mayoría de la parcela debidas según se constató físicamente a variaciones en el microrrelieve coincidiendo las áreas más húmedas (11.17%) con depresiones y las más secas (4.4%) con los montículos, observándose en la parcela dos áreas más bajas y una área alta. Por lo que respecta a arenas se nota también que las áreas estadísticamente homogéneas constituyen menos del 50% del área total del terreno estudiado, observándose un incremento notorio de la arena hacia la parte sur de la parcela. Por lo que respecta a los limos la Figura 3 indica que las áreas estadísticamente homogéneas coinciden en su totalidad con las áreas con arenas homogéneas, notándose que las áreas con más arena coinciden con aquellas con menor cantidad de limos y viceversa. En el caso de las arcillas las áreas estadísticamente iguales también presentan un patrón semejante al de las arenas y los limos aunque el mayor contenido de las arcillas se encuentra en la parte central de la parcela. La variación en la distribución del tamaño de partículas se debe principalmente al aumento o la disminución de las arenas y limos ya que el contenido de arcillas es poco variable.

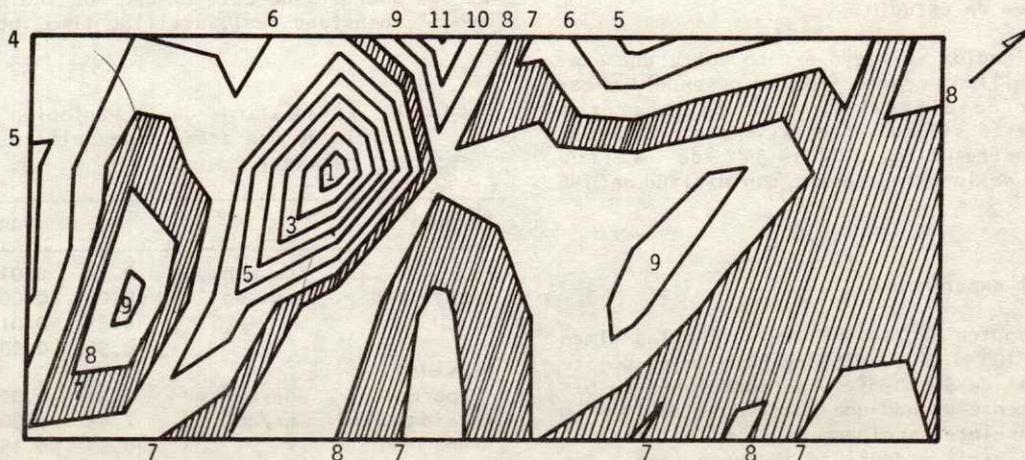


Figura 1. Plano de isolíneas y áreas homogéneas ( $\alpha=0.05$ ) para contenido de humedad inicial del suelo.

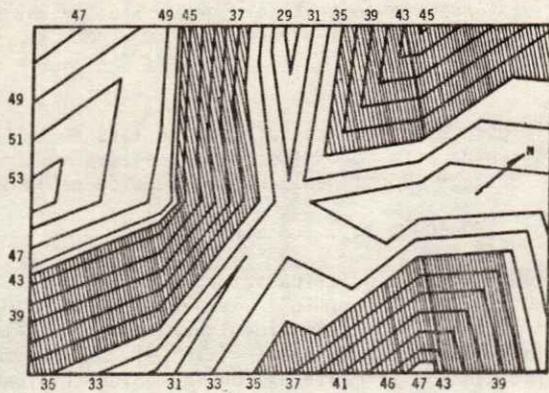


Figura 2. Plano de isolíneas y áreas homogéneas ( $\alpha=0.05$ ) para % de arenas.

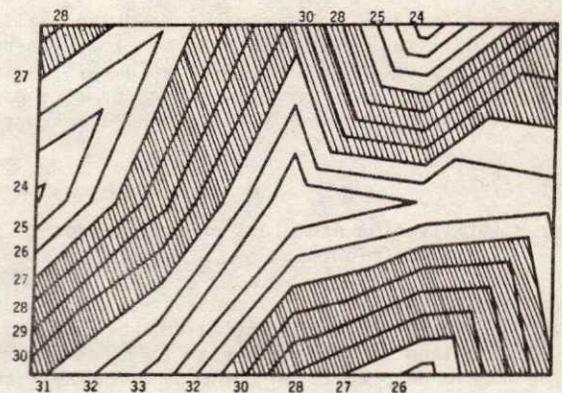


Figura 4. Plano de isolíneas y áreas homogéneas ( $\alpha=0.05$ ) para % de arcillas.

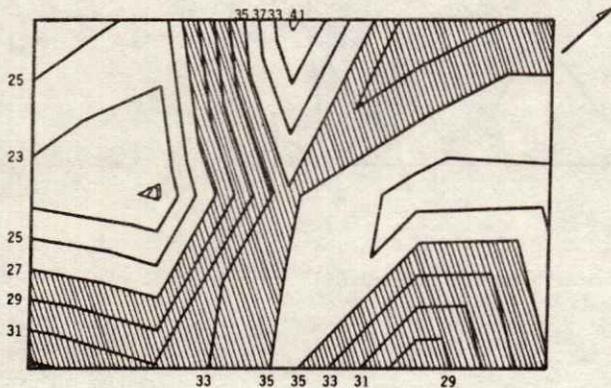


Figura 3. Plano de isolíneas y áreas homogéneas ( $\alpha=0.05$ ) para % de limos.

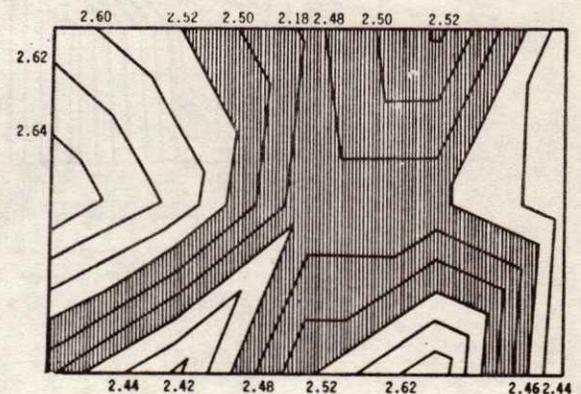


Figura 5. Plano de isolíneas y áreas homogéneas ( $\alpha=0.05$ ) para densidad real.

La densidad real del suelo fue homogénea en la porción central de la parcela, las áreas con densidad mayor corresponden a las zonas con mayor contenido de arenas y/o menor contenido de M0. Lo contrario sucede en el caso de áreas con densidad baja.

Con respecto a la densidad aparente se nota que las áreas homogéneas se presentan en los extremos norte y sur de la parcela separada por una área compactada que coincide con un canal de riego antiguo. Para el caso de la materia orgánica se observa que el área estadísticamente homogénea se localiza en la parte central de la parcela, con ligeras desviaciones como era de esperarse.

Tamaño de muestra

De acuerdo con Cochran (1984), se determinó el número de muestras necesario para caracterizar cada parámetro. Los

resultados se muestran en el Cuadro 3, en el cual se observa que para la humedad inicial e infiltración acumulada se requiere un número mayor de observaciones para su caracterización. En el caso de conductividad hidráulica saturada y sortividad el número de muestras es de nueve para ambos parámetros. Cabe aclarar que el movimiento de agua a través del perfil del suelo tiene una gran relación con dichos parámetros, el cual está determinado por tamaño, continuidad y distribución de los poros del mismo. Para la distribución de partículas del suelo y la materia orgánica el número de muestras es relativamente menor, debido a que éstas muestran menor variabilidad en el suelo. Finalmente, para la densidad real y aparente el número de muestras necesario para caracterizar su variabilidad en el suelo fue solamente cuatro, debido a que estas variables son las que mostraron una distribución espacial más estable.

**Infiltración**

Con los datos de todos los puntos en donde se realizaron pruebas de infiltración se ajustó un modelo de regresión lineal para la ecuación de Kostiakov (Fig. 8). Para lograr esto se linealizó la ecuación tomando el logaritmo de la infiltración acumulada y del tiempo transcurrido. El modelo obtenido es:

$$I = .31 T^{.55}$$

donde I = Infiltración acumulada en centímetros  
T = Tiempo en minutos.

Al comparar los valores de las constantes a' y b' de esta ecuación con la media aritmética de la variable b' (.55) y la mediana de la variable a' (.31) se nota que el mejor modelo de predicción coincide con la sustitución

en la ecuación de Kostiakov de las medias de los respectivos parámetros. La media geométrica es el mejor estimador de tendencia central para una población distribuida en forma log. normal por lo que fue el que se utilizó para a'.

En la Figura 8 se muestra la curva de tasa de infiltración obtenida para todos los puntos medidos mediante un modelo de regresión lineal. Esta ecuación es la siguiente:

$$K = 3.908T^{-0.509} \times 10^{-3} \text{ (cm min}^{-1}\text{)}$$

La conductividad hidráulica saturada obtenida de esta curva es  $0.2352 \times 10^{-3} \text{ cm min}^{-1}$  y el valor de sortividad obtenido mediante regresión lineal para todos los puntos estudiados fue  $0.277 \text{ cm/seg}^{1/2}$  (Fig. 9), ambos valores no coinciden con la media ni con la mediana, indicando la

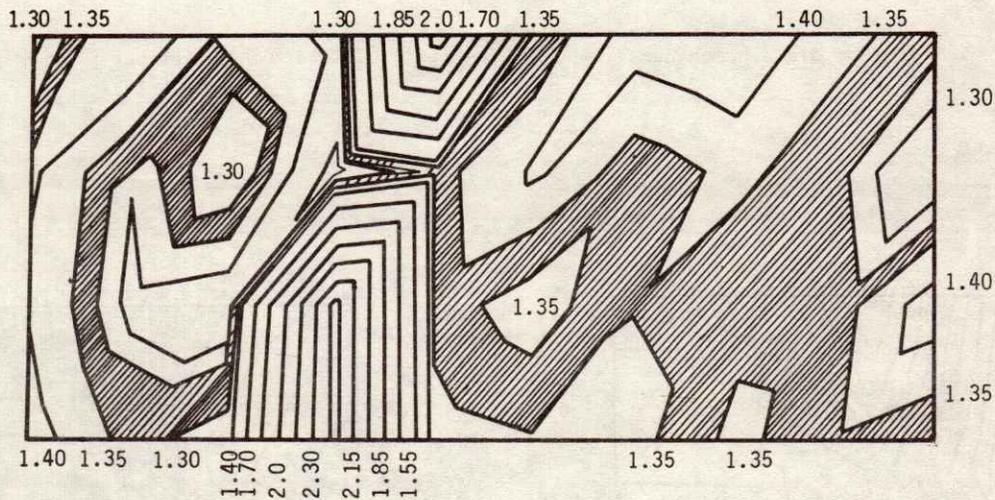


Figura 6. Plano de isolíneas y áreas homogéneas ( $\alpha=0.05$ ) para densidad aparente.

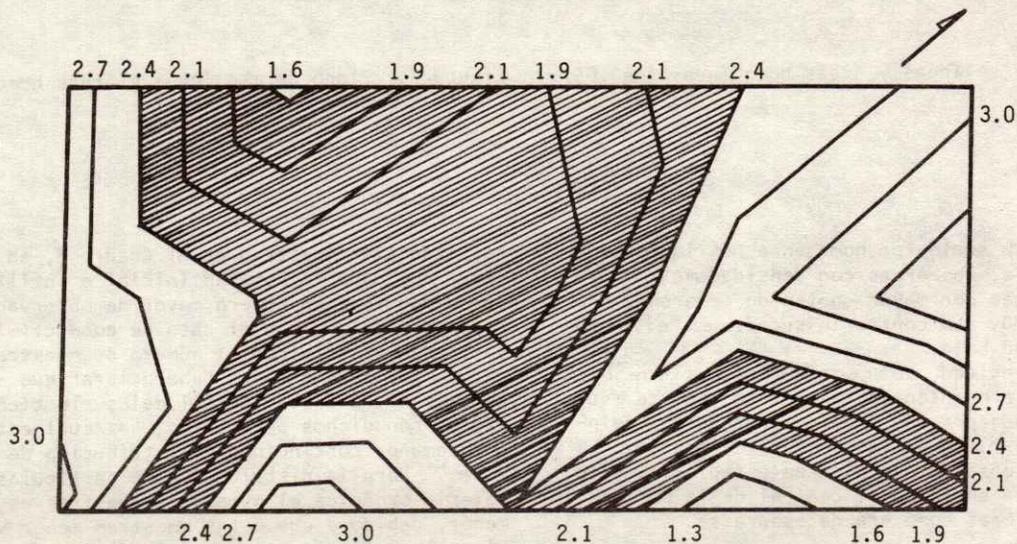


Figura 7. Plano de isolíneas y áreas homogéneas ( $\alpha=0.05$ ) para % de materia orgánica.

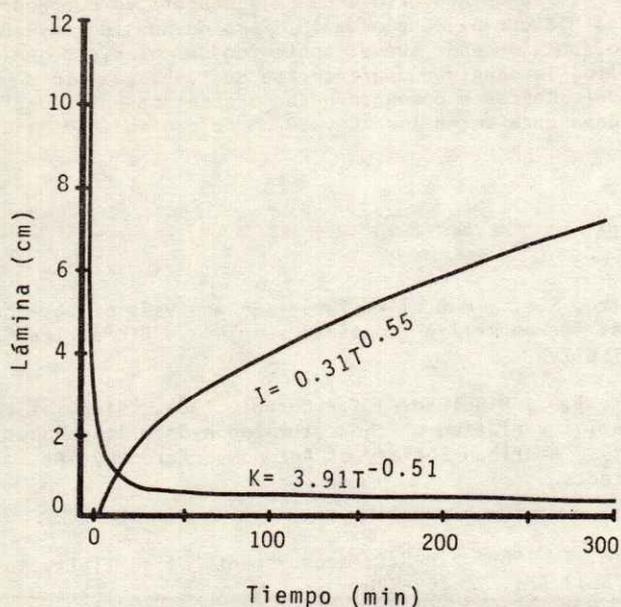


Figura 8. Curva de infiltración acumulada y tasa de infiltración.

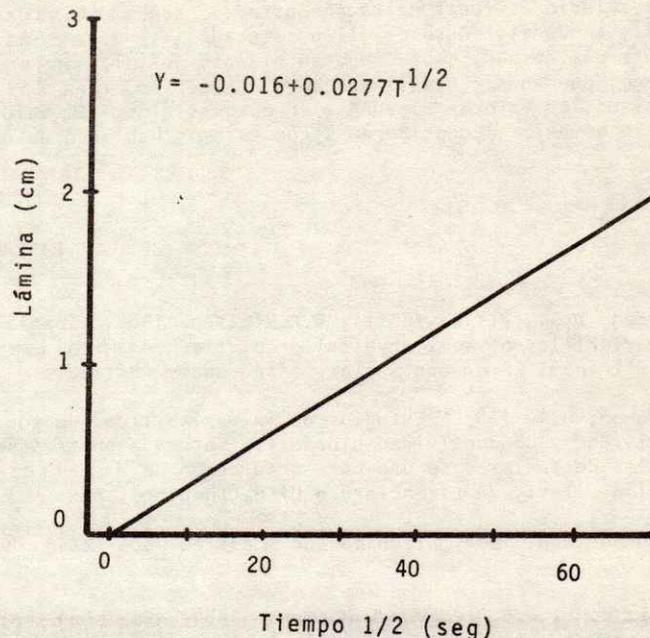


Figura 9. Sortividad.

falta de ajuste de estas variables a la distribución normal o log. normal lo que evita que los parámetros de tendencia central no puedan usarse tan exitosamente como en los otros casos.

Relaciones funcionales

Mediante regresión múltiple se buscaron relaciones entre  $k_s$  y  $s$ , entre estas dos variables y  $\theta_i$ ,  $\rho_b$ ,  $M_0$ , % arenas, % limos, % arcillas y densidad real. Los mejores modelos en términos de menor número de variables con un coeficiente de determinación alto fueron:

$$s = 0.044 + 0.0067 (\theta_i) + 0.0954 (k_s)$$

con un coeficiente de determinación de 0.67.

Para el caso de  $k_s$  la ecuación fue:

$$k_s = 0.5776 - 0.0578 (\theta_i) + 4.4995 (s)$$

con un coeficiente de determinación de 0.79.

Como se nota es una ecuación ya más confiable. No se obtuvieron relaciones significativas entre sortividad y humedad inicial como han reportado otros autores, aunque la tendencia a disminuir ( $s$ ) al aumentar ( $\theta$ ) existió. Probablemente, esto se debió al pequeño rango de humedad estudiado.

DISCUSION

La variación inicial de las propiedades físicas de una parcela puede utilizarse para la selección de áreas estadísticamente homogéneas y/o el arreglo experimental de tratamientos para el establecimiento de experimentos en el campo, por ejemplo en el ajuste de la dirección de los bloques en sentido de la variación de la propiedad. En

el área estudiada se nota mediante el uso de los planos de isolíneas de las propiedades, que existen dos áreas homogéneas que pudieran usarse para experimentos sencillos sobre física de suelos, tales como efecto de la textura en la erosión usando lotes de escorrentía localizados en áreas de textura homogénea. Estas se encuentran localizadas en la parte oriente y poniente de la parcela.

Las distribuciones de las variables se comportaron de acuerdo a lo reportado en la literatura (Burden et al., 1984; Danf et al., 1984; Smedt et al., 1984; Jasso, 1981). Se había sugerido anteriormente que la sortividad estaba relacionada con la estructura y que los materiales no estructurados tenían una distribución normal, mientras que los estructurados lo hacían log. normal (Camargo, 1983). En el caso de este sitio, la estructura que se encontró era de tipo laminar en la superficie lo que impide grandemente el flujo del agua; por esta razón las sortividades fueron muy bajas y su distribución no se ajustó a ninguna de las distribuciones probadas.

El número de muestras necesario para caracterizar cada parámetro mostró un patrón definido, siendo mayor el número de muestras para aquellos parámetros que presentan mayor variabilidad en el suelo y viceversa.

La ecuación obtenida usando el modelo de Kostikov tiene un coeficiente de correlación alto y confirma lo mencionado para el caso de sortividad en lo referente a estructura, pues si tomamos el coeficiente  $a'$  como índice de la estructura del suelo y la condición al momento de aplicar el agua, este suelo estaría clasificado como uno que posee poros de dimensión media sin presencia de grietas (Taylor y Ashcroft, 1972). La constante  $b'$  se puede interpretar como una medida de los cambios en la estructura debidos al humedecimiento, indicándo el valor obtenido que el suelo en cuestión posee una estabilidad buena con predominancia de flujo horizontal.

Las relaciones funcionales encontradas para sortividad (s) y conductividad hidráulica saturada (ks) dejan bastante que desear, sobre todo en el caso de (s), sin embargo, pueden ser utilizadas para obtener una idea inicial de los valores esperados en estos sitios. El valor de ks es bajo si consideramos que estamos hablando de un

suelo que ha estado ocho años bajo pradera, lo que podría indicarnos que el manejo de la misma no ha sido muy adecuado, pues a pesar que el contenido de materia orgánica es alto, la densidad aparente fue de 1.34, siendo éste un suelo bastante compactado que presentaba en el perfil una capa dura entre los 20 y 30 cm de profundidad.

#### LITERATURA CITADA

- Burden, D.S., B.Y. Davidoff y D.R. Nielsen. 1984. Spatial variability of soil physical properties on an olive silt loam. American Society of Agronomy Abstracts.
- Camargo, H.A. 1983. Estudios de la variabilidad de sortividad y conductividad hidráulica saturada en tres series de suelos y su uso para predicción de infiltración. Tesis de Licenciatura UACH, Chapingo, Méx.
- Cochran, W.G. 1984. Técnicas de muestreo. Ed. CECOSA. México.
- Danf, J.H., R.B. Reed y J.W. Hopmans. 1984. Spatial and temporal variability of soil physical properties in a 0.5 ha field. American Society of Agronomy. Agronomy Abstracts.
- Figuroa, S.B. 1979. A study of the physical stability of soil aggregates and its relevance to water erosion. University of Sydney, Australia. Ph.D.-thesis.
- Jasso, Ch.C. 1981. Evaluación de los efectos residuales del estiércol y aplicaciones de fertilizante sobre el rendimiento de trigo (*Triticum aestivum* L.) bajo condiciones de riego. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, SLP. México. Tesis de Licenciatura.
- Kostiakov, A.N. 1932. On the dynamics of the coefficient of water-percolation in soils and on the necessity of studying it from a dynamic point of view for purposes of amelioration. Trans. Cam. Int. Soc. Soil. Sci. 6th Moscow. Part. A: pp. 17-21.
- Shapiro, S.S. y M.B. Wilk. 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biométrica* 52: 591-611.
- Smedt, F.D., M. Belhadi e I.K. Nurnul. 1984. Study of the spatial variation of the saturated hydraulic conductivity. American Society of Agronomy. Agronomy Abstracts.
- Talsma, T. 1969. *In Situ* measurements of sortivity. *Aust. J. Soil Res.* 7: 269-726.
- Taylor, S.A. y G.L. Ashcroft. 1972. Physical Edaphology. The physics of irrigated and nonirrigated soils. 1 st. ed. W.H. Freeman and Co. San Francisco, Cal. USA. pp. 352-410.
- Warrick A.W. y D.R. Nielsen. 1980. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: D. Hillel (ed). Applications of soil physics. Academic Press, New York.
- Webster, R. 1977. Quantitative and numerical methods in soil classification and survey. Clarendon Press Oxford
- White, I. 1984. Sorptivity, it tells us anything about field soils. Australian Society of Soil Science Inc. Soil News.

## BASES RETENIDAS POR FUERZAS NO COULOMBICAS EN SUELOS ARENOSOS DEL ESTADO DE VERACRUZ, MEXICO. +

Ford Fuentes, I. N. \*

### RESUMEN

Delmas (1979), Berner y Holdren (1979) entre otros, han cuestionado la hipótesis de que la película de alteración que cubre los granos individuales de feldespato, bloquea el progreso de la meteorización hacia el interior del grano. En este trabajo se encontró nueva evidencia confirmatoria de lo afirmado por los mencionados investigadores.

El perfil analizado tiene textura areno-migajosa, pH entre 5.3 a 5.8, sin sales solubles, pero con una extracción de bases en acetato de amonio muy superior a su C.I.C. Analizadas por separado las fracciones arcilla, limo y arena, se demuestra que el exceso de bases proviene de la fracción arena. Separados manualmente los granos de feldespato alterados de la fracción arena y estudiados por difracción de rayos X, se demuestra que no hay feldespato en tales granos, apareciendo sólo cuarzo alfa. Esto evidencia que los granos están compuestos de residuos pseudomorfos de alteración del feldespato y pequeñas inclusiones de cuarzo alfa. En estos residuos han quedado bases atrapadas retenidas por fuerzas no coulombicas, las que son extraídas sólo frente a un gradiente de concentración electrolítica. En agua destilada no se extraen en cantidades significativas.

Por otra parte, estos resultados cuestionan el significado físico-químico del concepto de % de saturación de bases, para suelos arenosos ricos en minerales intemperizables.

### ABSTRACT

In this study new confirming evidences were found concerning the hypothesis that the alteration film covering individual feldspar-grains, blocks the progress of the weathering process toward the interior of the grain.

The soil of the analyzed profile shows a sandy loamy texture, a pH between 5.3 and 5.8, no soluble salts, but a base-extraction in ammonium-acetate higher than its C.I.C. The excess of bases comes from the sand fraction when the clay, lime and sand fractions are analyzed separately. When the altered feldspar-grains are separated by hand from the sand fraction and studied by X-rays diffraction, it is shown that there are no feldspars in such grains, but only alpha quartz; which proves that grains are composed by pseudomorph residues of the feldspar alteration and little insertion of alpha quartz. In these residues some basic cations are retained by no-coulombic forces. These cations can only be extracted when there is a gradient of electrolytic concentration. With distilled water they cannot be extracted in significant quantities.

On the other hand, these results question the physic-chemical significance of the concept "percentage of base saturation", concerning sandy soils rich in weathered minerals.

### INTRODUCCION

La extracción de bases desde formas no intercambiables de los suelos por el  $\text{NH}_4\text{OAc}$  utilizado en la determinación de C.I.C. y bases intercambiables, ha sido reportado reiteradamente por muchos investigadores. En suelos con caliza activa, el fenómeno es particularmente evidente. Se han propuesto diversos métodos alternativos para determinar la C.I.C. y las bases intercambiables de suelos calcáreos (Carpena y Lax, 1972; Papanicolaou, 1976; etc).

Sin embargo, no se han encontrado referencias específicas sobre la extracción de bases desde formas no inter-

cambiables por el acetato de amonio, en suelos libres de sales no derivados de cenizas volcánicas. Para suelos alofánicos, Birrel y Fieldes (1952) y Birrel y Gradwell (1956) postularon que una parte de la C.I.C. del alófono era debida a la adsorción física de cationes, y otra a la adsorción electrostática. Wada y Ataka (1958) determinaron la C.I.C. del alófono con varias concentraciones de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  y a diferentes pH. De estos trabajos concluyen que el alófono retiene cationes por dos mecanismos: retención por fuerzas coulombicas y retención por fuerzas no coulombicas. Wada y Harada (1969) confirman la capacidad del alófono de retener bases por fuerzas no coulombicas.

+ Ponencia presentada en el XVII Congreso Nacional de la S.M.C.S.

\* Jefe de la Sección de Análisis Físicos y Especiales del Laboratorio de Suelos en la D.G.G.-S.P.P.

Por otra parte, existe una polémica sobre la modalidad de intemperización de los minerales primarios, particularmente feldespatos. Desde mucho tiempo atrás se creía que la película de alteración que rodea los granos individuales de feldespato (cuya composición va desde materiales amorfos a arcillas cristalinas) protegía el interior del grano del avance de la alteración. Delmas (1979) y Berner y Holdren (1979) han objetado esta idea, planteando que el progreso de la alteración no es afectado por la formación de una película externa de alteración.

Nemecz (1981) hace una descripción teórica de los fenómenos que ocurren en la alteración del feldespato sódico (albita) por el agua, que coincide con la idea de que la alteración progresa en profundidad, sin que sea afectada por la presencia de una película protectora. Este autor plantea que la superficie de la albita atrae a las moléculas cuadrupolares de agua a consecuencia de cargas residuales de los oxígenos de la interfase sólido-líquido. Las moléculas de agua orientan sus  $H^+$  hacia dichos oxígenos, pero como la carga residual de los oxígenos es muy pequeña, es sobrecompensada por la proximidad de los dos protones. Ello facilita que uno de éstos pueda disociarse y penetrar a la red del mineral (dada su extrema pequeñez), atraído por la carga de los grupos tetraédricos con Al ( $AlO_4$ ), los cuales tienen una carga negativa excedente. Como dicha carga negativa está distribuida entre los cuatro oxígenos, la aparición de un protón hace que no pueda ligarse a ningún oxígeno particular para convertirlo en un  $OH^-$ , debido a que sobrecompensa la pequeña carga radicada en cada oxígeno, lo que determina que el protón continúe su difusión en la red, penetrando en profundidad. Este protón puede alcanzar así, un sitio ocupado por un  $Na^+$ , el cual se encuentra coordinado a ocho oxígenos, compensando una carga negativa. La presencia de un protón en tales sitios libera al  $Na^+$  de las fuerzas electrostáticas que lo retienen, quedando en condiciones de abandonar la red del mineral, por difusión hacia la solución externa. Como el  $Na^+$  posee un tamaño iónico varias decenas de veces superior al protón, su salida puede verse impedida por razones estéricas, por lo que se concibe la posibilidad de que pueda permanecer retenido por fuerzas no coulombicas.

Los resultados que se obtuvieron en el presente trabajo, parecen confirmar la existencia de bases retenidas por fuerzas coulombicas, en la fracción arena de los suelos estudiados. Si estos resultados se confirmaran en otros suelos arenosos, el concepto físico-químico de saturación de bases, deberá ser reconsiderado en tales suelos.

## MATERIALES Y METODOS

Varios perfiles de suelos arenosos ácidos del estado de Veracruz, próximos a la frontera con el estado de Oaxaca en las proximidades de la presa Miguel Alemán, presentaron la peculiaridad de tener una elevada extracción de bases en  $NH_4OAc$  1N, pH7, muy superior a su C.I.C. De estos perfiles se seleccionaron dos, de los cuales a uno de ellos se le sometió a estudio particularizado de las fracciones arena, limo y arcilla, con la finalidad de averiguar la procedencia del exceso de bases indicado.

Según Esteves, 1982 (com. personal), estos dos perfiles fueron clasificados como cambisoles éutricos. En el atlas nacional del medio físico, D.G.G.-S.P.P. (1981) aparecen cartografiados a escala 1:1,000,000 en asociación a regosoles y feozem. Otra característica de estos suelos, además de su carácter arenoso y su pH ácido, es la de no presentar sales solubles, carbonatos ni sulfatos, por lo que el exceso de bases extraídas en  $NH_4OAc$  debe proceder de otras fuentes.

Cada resultado analítico reportado en este trabajo representa el valor promedio de 5 determinaciones.

Los métodos de análisis fueron los siguientes:

- Textura, por el método de la pipeta; -color, en tabla Munsell.
- Conductividad eléctrica en pasta, en puente de Wheatstone; -pH por potenciometría en relación suelo:agua de 1:1; -materia orgánica por el método de Walkley-Black; C.I.C.T. en  $NH_4OAc$  a pH7.
- Las bases fueron extraídas en  $NH_4OAc$  a pH7 y la determinación del  $Na^+$  y  $K^+$  se efectuó por flammometría, el  $Ca^{2+}$  por EDTA-Murexida; el  $Mg^{2+}$  por colorimetría (magnésio azul); -La mineralogía de la fracción arena y arcilla se determinó por difracción de rayos X; -La separación de la fracción arena se efectuó por tamiz de 0.035 mm (malla 325) en agua; -La separación de limo de la arcilla se efectuó por sedimentación. El agua bidestilada utilizada en la separación de las fracciones se le determinó el contenido de bases, por los mismos métodos utilizados para el extracto en  $NH_4OAc$ .

## RESULTADOS

El Cuadro 1 muestra los resultados de los análisis efectuados a los dos perfiles seleccionados. La textura de ambos perfiles varía de arenoso migajoso a migajón arenoso, con ligero incremento de arcilla en los horizontes B. El color varía de pardo grisáceo en los  $A_1$  a pardo rojizo y rojos en los horizontes inferiores. Se observa que la C.E. es inferior a 2 mmhos/cm, lo que indica la ausencia de sales solubles. El pH oscila entre 5.3 a 5.8 en el perfil 1, y entre 5.6 a 6.2 en el perfil 2, con ligero incremento con la profundidad. La C.I.C.T. determinada en  $NH_4OAc$  1N a pH7, muestra tendencia similares en ambos perfiles: es más alta en  $A_1$ , desciende en  $AB$  y  $B_1$ , para aumentar en  $B_2$ , las bases fueron evaluadas en el extracto de  $NH_4OAc$  1N, pH 7, siendo la suma total de bases más alta que la C.I.C.T. en la mayoría de los horizontes. La última columna del Cuadro 1 muestra la relación:

$$\frac{\text{Bases totales}}{\text{C.I.C.T.}} \cdot 100,$$

evidenciándose que en la mayoría de los horizontes es superior a 100%.

Los Cuadros 2 y 3 muestran los resultados de C.I.C.T., bases extraídas, bases totales y % de saturación de bases de los horizontes del perfil 1, utilizando soluciones de  $NH_4OAc$  0.1N y 0.05 N a pH7 respectivamente. Es evidente que la tendencia entre la C.I.C.T. y las bases totales extraídas se mantiene, es decir que a pesar de que ambas descienden su valor absoluto con el descenso de concentraciones, las proporciones relativas tienden a mantenerse. Esta tendencia se evidencia más claramente en el Cuadro 4.

El Cuadro 5 muestra los valores de C.I.C.T., bases totales y % de saturación de bases para las fracciones arena, limo y arcilla del perfil 1, determinadas en  $NH_4OAc$  1N, pH7. Se observa que la cantidad de bases totales extraídas de la fracción arena es muy superior a su C.I.C.T. En la fracción limo, salvo el horizonte  $B_1$ , los % de saturación de bases son inferiores a 100. En la fracción arcilla todos los horizontes muestran % de saturación en bases menores de 100, en concordancia con lo esperado, de acuerdo a los valores de pH del suelo.

Cuadro 1. Resultados analíticos de dos perfiles de suelos arenosos ácidos del Estado de Veracruz (extracción de bases y capacidad de intercambio catiónico en NH<sub>4</sub>OAc 1N, pH 7).

Perfil	Horizontes	Profundidad	% Arcilla	% Limo	% Arena	Color Seco	Color Húmedo	C.E. mmhos/cm	pH 1:1	% M.O.	C.I.C.T. meq/100 g	Na <sup>+</sup> meq/100 g	K <sup>+</sup> meq/100 g	Ca <sup>2+</sup> meq/100 g	Mg <sup>2+</sup> meq/100 g	Bases Totales meq/100 g	B.T. x 100 C.I.C.T.
1	A <sub>1</sub>	0-14	6.0	11.0	83.0	10YR4/2	10YR2/1	4 2	5.3	3.4	5.03	0.28	0.21	3.87	1.09	5.45	>100
	AB	14-24	6.0	9.0	85.0	7.5YR4/2	7.5YR3/2	4 2	5.3	1.1	2.37	0.29	0.14	2.40	0.58	3.41	>100
	B <sub>1</sub>	24-41	8.0	9.0	83.0	7.5YR5/6	7.5YR4/6	4 2	5.5	0.3	1.80	0.29	0.16	2.10	0.45	3.00	>100
	B <sub>21</sub>	41-76	14.0	10.0	76.0	5YR5/6	5YR4/6	4 2	5.8	0.3	2.43	0.20	0.10	2.00	0.30	2.60	>100
	B <sub>22</sub>	76-118	14.0	12.0	74.0	5YR5/6	5YR4/6	4 2	5.8	0.3	2.60	0.20	0.10	1.80	0.47	2.57	98.8
2	A <sub>1</sub>	0-15	8.0	14.0	78.0	10YR4/2	10YR2/1	4 2	5.6	1.4	3.30	0.40	0.10	2.20	0.80	3.50	>100
	AB	15-63	10.0	14.0	76.0	7.5YR5/6	7.5YR4/6	4 2	5.9	0.4	1.30	0.40	0.10	1.90	0.50	2.90	>100
	B <sub>1</sub>	63-72	10.0	14.0	76.0	5YR6/6	5YR4/6	4 2	5.9	0.4	0.80	0.30	0.10	1.60	0.50	2.50	>100
	B <sub>21</sub>	72-93	16.0	10.0	74.0	5YR5/6	5YR4/6	4 2	6.1	0.4	2.50	0.50	0.10	1.90	0.70	3.20	>100
	B <sub>22</sub>	93-150	16.0	14.0	70.0	2.5YR5/8	2.5YR4/6	4 2	6.2	0.5	3.00	0.60	0.10	1.90	0.70	3.30	>100

Cuadro 2. Resultados analíticos del perfil No. 1 con solución extractante para determinación de bases y CIC NH<sub>4</sub>OAc 0.1N pH 7

Hori-zonte	CICT meq/100g	Na meq/100g	K meq/100g	Ca meq/100g	Mg meq/100g	Bases Totales meq/100 g	B.T.x100 CICT
A <sub>1</sub>	2.80	0.22	0.15	2.20	0.71	3.28	> 100
AB	1.43	0.22	0.10	1.80	0.48	2.60	> 100
B <sub>1</sub>	0.93	0.21	0.10	1.80	0.41	2.52	> 100
B <sub>21</sub>	1.80	0.20	0.10	1.40	0.27	1.97	> 100
B <sub>22</sub>	2.50	0.10	0.10	1.50	0.50	2.20	> 100

Cuadro 3. Resultados analíticos del perfil No. 1 con solución extractante: NH<sub>4</sub>OAc 0.05N pH 7

Hori-zonte	CICT meq/100g	Na meq/100g	K meq/100g	Ca meq/100g	Mg meq/100g	Bases Totales meq/100 g	B.T.x100 CICT
A <sub>1</sub>	2.00	0.21	0.15	1.80	0.57	2.73	> 100
AB	1.20	0.24	0.10	1.70	0.48	2.52	> 100
B <sub>1</sub>	0.87	0.20	0.10	1.30	0.40	2.00	> 100
B <sub>21</sub>	1.93	0.10	0.10	0.90	0.20	1.30	67.4
B <sub>22</sub>	2.37	0.10	0.10	1.30	0.40	1.90	80.2

El Cuadro 6 muestra el aporte que hace cada fracción, a la C.I.C.T. del suelo, calculado de acuerdo a los datos del Cuadro 5 y de la textura del suelo (Cuadro 1). Es evidente que la arcilla y el limo aportan la mayor parte de la C.I.C.T. del suelo. Es de hacer notar, que tan to en el limo como en la arcilla se concentra la materia orgánica de los horizontes. El Cuadro 7 muestra el apor

te que hace cada fracción a las bases totales del suelo, calculado de acuerdo a los datos del Cuadro 5 y de la textura del suelo (Cuadro 1). Es evidente que la fracción arena aporta la mayor cantidad de bases al suelo total, en los horizontes superiores del perfil (A<sub>1</sub>, AB y B<sub>1</sub>), descendiendo su papel relativo en los horizontes B<sub>21</sub> y B<sub>22</sub>.

Cuadro 4. Perfil No. 1.

Hori-zonte	Profundidad	CIC 1N	CIC 0.1N	CIC 0.05N	CIC 0.05N.100 CIC 1N	Bases Totales 1N	Bases Totales 0.1N	Bases Totales 0.05N	B.T.0.05.100 B.T. 1N
A <sub>1</sub>	0-14	5.03	2.80	2.00	39.8	5.45	3.28	2.73	50.1
AB	14-22/24	2.37	1.43	1.20	50.6	3.41	2.60	2.52	73.9
B <sub>1</sub>	22/24-38/41	1.80	0.93	0.87	48.3	3.00	2.52	2.00	66.7
B <sub>21</sub>	38/41-74/76	2.43	1.80	1.93	79.4	2.60	1.97	1.30	50.0
B <sub>22</sub>	74/76-118	2.60	2.50	2.37	91.2	2.57	2.20	1.90	73.9

Cuadro 5. CICT y bases totales extraídas en  $\text{NH}_4\text{OAc}$  1N de las fracciones separadas de arena, limo y arcilla del perfil No. 1; en meq/100 g.

Horizonte	Arena			Limo			Arcilla		
	CICT	Bases Totales	B.T. .100 CICT	CICT	Bases Totales	B.T. .100 CICT	CICT	Bases Totales	B.T. .100 CICT
A <sub>1</sub>	0.70	1.70	242.9	15.10	10.64	70.5	45.0	18.50	41.1
AB	0.80	2.60	325	9.30	8.30	89.2	23.20	13.60	58.6
B <sub>1</sub>	0.70	2.03	290	1.40	2.90	207.1	20.80	12.10	60.2
B <sub>21</sub>	0.80	1.05	131.3	8.33	6.93	83.2	23.00	17.87	77.7
B <sub>22</sub>	0.87	1.07	123.0	13.83	7.70	55.7	30.67	14.47	47.2

Cuadro 6. Aporte de cada fracción a la CICT del suelo, para el perfil No. 1, calculado de acuerdo a la textura del suelo.

Horizonte	CIC aportada al suelo total por cada fracción, en meq.			Σ CIC de las 3 fracciones meq/100 g	CIC Aport. para cada fracción Σ CIC de las 3 fracciones .100		
	Arena	Limo	Arcilla		Arena	Limo	Arcilla
A <sub>1</sub>	0.58	1.66	2.70	4.94	11.7	33.6	54.7
AB	0.68	0.84	1.39	2.91	23.4	28.9	47.8
B <sub>1</sub>	0.58	0.13	1.66	2.37	24.5	5.9	70.0
B <sub>21</sub>	0.61	0.83	3.22	4.66	13.1	17.8	69.1
B <sub>22</sub>	0.64	1.66	4.29	6.59	9.7	25.2	65.1

Cuadro 7. Aporte de cada fracción a las bases totales del suelo, para el perfil No. 1, calculado de acuerdo a la textura del suelo.

Horizonte	Bases aportadas por cada fracción al suelo total en meq.			Σ Bases aportadas por cada fracción en meq/100 g	Bases aport. por cada fracción Σ Bases de las tres fracciones del suelo .100		
	Arena	Limo	Arcilla		Arena	Limo	Arcilla
A <sub>1</sub>	1.41	1.17	1.11	3.69	38.2	31.7	30.1
AB	2.21	0.75	0.82	3.78	58.5	19.8	21.7
B <sub>1</sub>	1.68	0.26	0.97	2.91	57.7	8.9	33.3
B <sub>21</sub>	0.80	0.69	2.50	3.99	20.1	17.3	62.7
B <sub>22</sub>	0.79	0.92	2.03	3.74	21.1	24.6	54.3

Por otra parte, la cantidad de bases totales determinada en el agua bidestilada que se utilizó para la separación de las fracciones, fue la mostrada en el Cuadro 8. Es notoria la constancia de valores obtenidos, aunque con una ligera tendencia a descender con la profundidad.

Los difractogramas de rayos X de la fracción arena, en montajes en polvo, muestra la presencia sólo de cuarzo alfa. Separados los granos deleznable, amarillentos, que

corresponderían a restos de feldspatos alterados, se les corrió los difractogramas de rayos X, en montajes en polvo, los cuales muestran sólo la presencia de cuarzo alfa, no apareciendo ninguna reflexión que correspondiera a un feldspato.

La mineralogía de la fracción arcilla, realizada por difracción de rayos X en montajes de agregados orientados, indica la presencia de una mezcla de clorita-vermiculita, illita y caolinita.

Cuadro 8. Bases totales extraídas en el agua bidestilada, utilizada en la separación de las fracciones, en meq/100 g de suelo.

Horizonte	Bases Totales extraídas
A <sub>1</sub>	1.40
AB	1.10
B <sub>1</sub>	1.05
B <sub>21</sub>	1.00
B <sub>22</sub>	1.10

mineralogía de la fracción arena no indica la presencia de feldspatos, por más que aparecen abundantes granos deleznable, amarillentos, que corresponderían a restos pseudomorfos de feldspatos alterados. En consecuencia, la elevada extracción de bases, muy superior a la C.I.C., en la fracción arena, permite suponer la existencia de bases retenidas por fuerzas no coulombicas en dicha fracción. Estas bases retenidas por fuerzas no coulombicas, son extraídas por NH<sub>4</sub>OAc, pero no se extraen significativamente en agua bidestilada, por lo que es probable que el radical aniónico de la sal empleada, juegue un papel importante en la liberación de dichas bases. Debido a que las cantidades absolutas de bases totales extraídas a diferentes concentraciones de NH<sub>4</sub>OAc, decrece con dicha concentración, permite suponer un papel activo a los electrolitos de la sal.

Es evidente que estos resultados cuestionan el significado físico-químico del concepto de % de saturación de bases en estos suelos.

Este trabajo deja planteado nuevas tareas de investigación en la materia.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Del análisis de los resultados precedentes, se deduce que la fracción arena aporta la mayor parte de las bases totales de los tres horizontes superiores del perfil 1. La

LITERATURA CITADA

Berner, R.A. y G.T. Holdren Jr. 1979. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 43.8: 1173.

Birrel, K.S. y M. Fieldes. 1952. *Jour. Soil Sci.* 3: 156-166.

Birrel, K.S. y M. Gradwell. 1956. *Jour. Soil Sci.* 7: 130-147.

Carpina, O. y A.Lax. 1972. *Soil Sci.* Vol. 113. No. 3, 194-199.

Delmas, A.B. 1979. *Science du Sol.* 2/3: 125.

DGG-SPP. 1981. *Atlas Nacional del Medio Físico.*

Esteves Takaki, H.J. 1982. *Comunicación personal.*

Nemecz, E. 1981. *Clay Minerals.* Akadémiai Kiadó. Budapest, Hungary.

Papanicolaou, E.P. 1976. *Soil Sci.* Vol. 121. No. 2, 65-71.

Wada, K. y H. Ataka. 1958. *Soil and Plant Food* 4:12-18.

Wada, K. y Y. Harada. 1969. *Proc. Intern. Clay Conf.* Tokyo. 1: 561-571.

## FACTIBILIDAD DE LA IRRIGACION AGRICOLA CON AGUAS RESIDUALES DE CERVECERIA +

Briones Sánchez, G.\*  
Elizondo Solana, A.\*\*

### RESUMEN

Durante el verano de 1981 en la ciudad de Tecate, BCN se realizó un estudio con el propósito de evaluar la factibilidad de un proyecto de tratamiento y reciclaje de aguas residuales de cervecería.

Las aguas residuales producidas durante los procesos de elaboración de cerveza en la Fábrica Tecate de Cervecería Cuauhtémoc, S.A., fueron muestreadas y los parámetros de calidad orgánica, inorgánica y bacteriológica evaluados en función de los criterios establecidos por la Dirección General de Protección y Ordenación Ecológica.

Las muestras fueron analizadas en el Environmental Engineering Laboratory de San Diego, California, y los resultados indicaron que las concentraciones de sólidos suspendidos (SS), demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), coliformes (NMP/100 ml), conductividad eléctrica (CE) y relación de absorción de sodio necesitan ser prevenidos o controlados.

El mínimo nivel de tratamiento sugerido por la U.S. Environmental Protection Agency para aguas residuales utilizadas en la irrigación de áreas aisladas sin acceso al público es sedimentación primaria, por esta razón tres columnas de suelo arenoso tomadas como modelos del perfil en el sitio a irrigar, fueron inundadas con efluente primario durante más de 100 horas.

La simulación del proceso infiltración-percolación permitió estudiar el efecto de los SS y DBO5 sobre la permeabilidad del suelo y conocer el comportamiento de los constituyentes del agua residual conforme ésta viaja a través del perfil edáfico.

Los suelos arenosos típicos de la región de Tecate, BCN., fueron capaces de remover: 87.9% de SS, 71.5% de DBO5, 99.9% de coliformes, 57.1% de sodio y 76.2% de fosfato; eficiencias que fueron obtenidas al viajar el afluente primario desde 0 hasta 112.5 cm de profundidad del suelo; lo cual indica que los mecanismos de remoción edafológicos protegen la calidad organoléptica y bacteriológica de las aguas subterráneas; sin embargo, no es recomendable someter el suelo a altas cargas contaminantes debido a que esto acortaría la vida económica del proyecto.

Fue recomendado tratar las aguas residuales mediante un proceso biológico más desinfección y, posteriormente reciclarlas para la irrigación de jardines, campos deportivos y áreas potencialmente agrícolas. Después del tratamiento secundario el pH, RAS y CE del afluente deben ser monitoreados para determinar las necesidades de yeso o cal y el rendimiento de lavado de sales. Las evacuaciones sanitarias deberían ser excluidas de este sistema.

### ABSTRACT

A study was carried out in 1981 to evaluate the possibility of using residual water from a brewery in Tecate, BCN, México, for irrigation. Water samples were taken and analyzed for solids in suspension (SS), biochemical oxygen requirement (DBO5), bacteria coli (NMP), and electric conductivity (EC), and sodium adsorption ratio (SAR). The analysis suggested all these factors had to be controlled as a prerequisite for use as a safe irrigation water.

Three soil columns of a sandy soil were flooded for more than 100 hours with the untreated effluent. It was found that as much as 87.9 percent of the suspended solids, 71.5 percent of the biochemical oxygen requirement 99.9 percent of the coliform bacteria, 57.1 percent of sodium and 76.2 percent of phosphates were retained by the soil as the effluent drained through the 112.5 cm column. However, it was recommended to treat biologically and chemically the effluent, before its use as irrigation water.

+ Ponencia presentada en el XV Congreso Nacional de la S.M.C.S.

\* Alumno postgraduado del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey.

\*\* Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey.

**INTRODUCCION**

La Fábrica en Tecate dependiente de la Cervecería Cuauhtémoc, S.A., mediante la instalación de tamices recupera los materiales gastados, tales como: granos de malta, bago de cebada, vidrios rotos y latas defectuosas, evitando que estos lleguen al colector municipal y sobrecarguen la planta de tratamiento pública de la ciudad de Tecate, Baja California Norte.

Sin embargo, el simple tamizado del agua residual no elimina las fracciones carbonosas, materia sólida en suspensión, virus e iones en disolución verdadera con el agua, por lo cual el Departamento de Ordenación y Protección Ecológica de Mexicali, BCN, le ha solicitado a la cervecera que trate su descarga de agua residual en forma independiente.

Como la alternativa de tratamiento y evacuación del afluente en cuerpos receptores (en este caso Río Tecate) se ha vuelto costosa debido a que los criterios establecidos para este propósito tienden a volverse cada día más estrictos, entonces la empresa optó por evaluar la factibilidad del reciclamiento del agua residual como un medio para reducir los costos de tratamiento.

El reciclaje de las aguas residuales para uso agrícola implica el menor costo y puede fácilmente ser implementado, por esta razón un análisis completo de las aguas residuales de cervecera fue realizado y pruebas de infiltración-percolación en columnas de suelo fueron conducidas para estudiar el comportamiento de los constituyentes conforme el agua viaja a través del perfil edáfico, lo cual permitió evaluar la reducción en permeabilidad, el efecto depurador del suelo y el riesgo de contaminación de las aguas subterráneas.

**REVISION DE LITERATURA**

Cada alternativa para el reuso de agua residual implica un cierto nivel de tratamiento que puede ser llevado a cabo mediante varias combinaciones de procesos unitarios

El sistema de tratamiento ideal debe suministrarse además de un afluente no polucionante, productos de valor económico que puedan ser reciclados dentro del ambiente. Esta ha sido la meta de la ingeniería sanitaria en los últimos diez años, la cual ha diseñado nuevos métodos de tratamiento y evacuación para aguas residuales y lodos.

Principalmente Conway y Ross, Fair et al., Linsley y Franzini, y Metcalf y Eddy (3, 8, 9, 13) han descrito las operaciones y procesos que existen para depurar las aguas residuales, los cuales son mostrados secuencialmente en la Figura 1, donde se indican los usos potenciales del afluente tratado después de cada nivel de depuración, es to último basado en las referencias de Biaer, Eastman, McKee y Pincince, y Thomas y Sherwood (2, 7, 11, 17).

En proyectos de tratamiento y reciclaje de aguas residuales para uso agrícola, los procesos de tratamiento primario y biológico secundario más desinfección, son comúnmente utilizados para remover los sólidos suspendidos (SS), demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y bacterias coliformes (NMP/100 ml).

Sin embargo, las sustancias tóxicas e iónicas en disolución verdadera con el agua son poco afectadas por los procesos de tratamiento convencional, por lo cual Barton (1) recomienda monitorear la relación de adsorción de sodio (RAS), conductividad eléctrica (CE), potencial hidrógeno (pH) y metales pesados del afluente tratado antes de la aplicación en tierra.

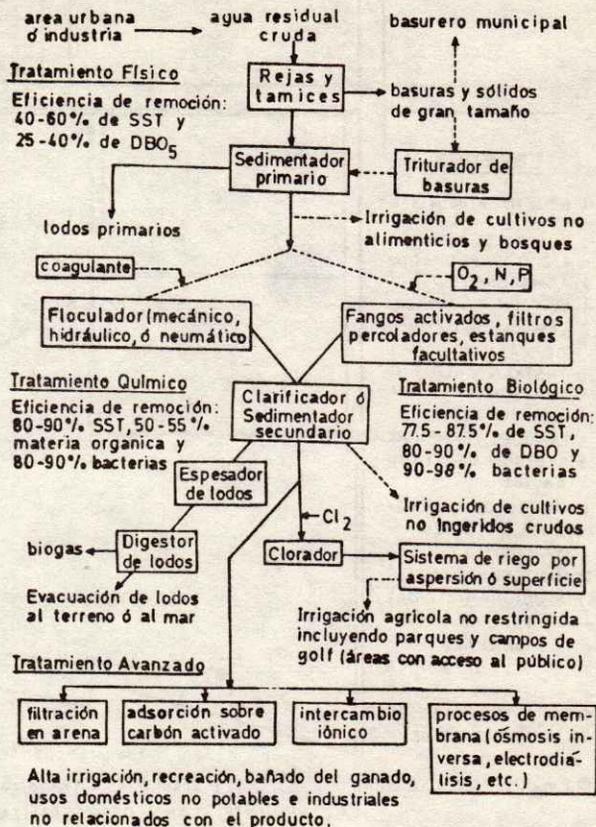


Figura 1. Secuencia de tratamiento de las aguas residuales y usos del efluente de acuerdo al nivel de depuración.

Crites y Culp (4,5) sugieren ajustar el pH y RAS del afluente mediante la adición de yeso y cal, y controlar la salinidad en el suelo mediante la aplicación de agua en exceso para mantener las sales por debajo de la zona radicular del cultivo.

**MATERIALES Y METODOS**

En la Figura 2, se presenta la red interna del alcantarillado de la Fábrica en Tecate, BCN, señalando los pozos de registro utilizados para muestrear las aguas residuales de la sección de envasado, planta desmineralizadora, elaboración, procesos de malta y descarga general.

El muestreo fue realizado frecuentemente a intervalos de una hora durante 8 horas, colectándose 5 muestras representativas del período de muestreo y 10 muestras simples (a la hora de mayor y menor descarga de residuos).

En los pozos de registro, las muestras fueron colectadas aproximadamente a un tercio de la profundidad del agua a partir del fondo mediante un muestreador de varilla procurando no originar una turbulencia excesiva.

Todos los frascos y recipientes utilizados durante el muestreo fueron previamente esterilizados y antes de llevarlos eran enjuagados con la misma agua residual. Las

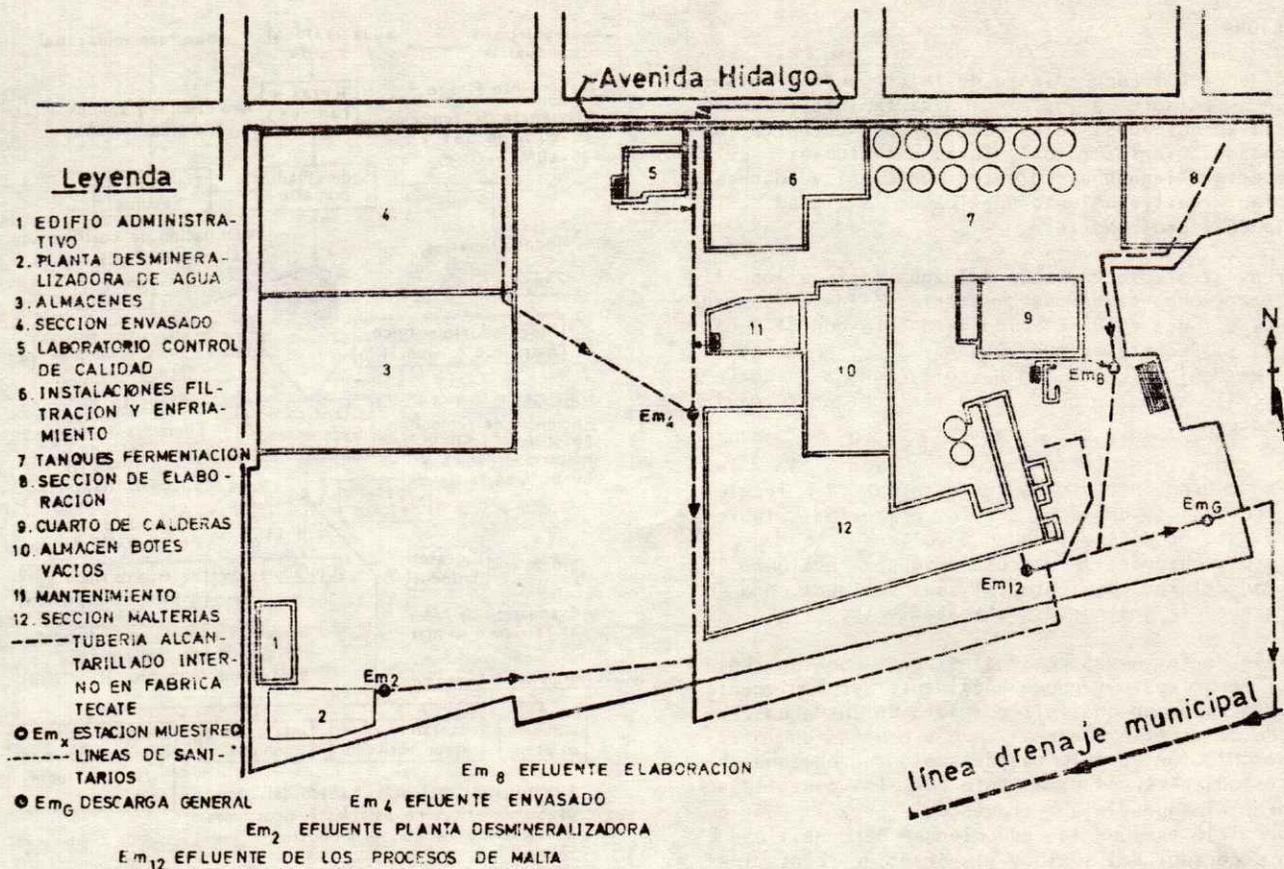


Figura 2. Líneas y pozos de registro de la red interna de alcantarillado de la Fábrica en Tecate, BCN, y localización de las estaciones de muestreo (Em<sub>x</sub>).

muestras que se iban a analizar se conservaban siempre bajo refrigeración a 4°C.

La calidad de las aguas residuales fue examinada en el Environmental Engineering Laboratory de San Diego, California, donde se determinaron las concentraciones de los constituyentes inorgánicos tales como: CE, Ca, Mg, Na, CO<sub>3</sub>, HCO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, Cl, alcalinidad, pH y dureza; los cuales afectan mucho a los usos del agua y no son fácilmente modificados por los procesos de tratamiento convencional.

El mínimo nivel de tratamiento establecido por la U.S. Environmental Protection Agency para aguas residuales utilizadas en la irrigación de áreas aisladas sin acceso al público es sedimentación primaria, por esta razón tres columnas de suelo arenoso tomadas como modelos del perfil tipo del rancho "Loma Linda" fueron inundadas con afluente primario durante más de 100 horas.

Para construir las columnas se utilizaron tres tubos de acrílico transparente a 4.5 cm de diámetro interior y de 1.00, 1.75 y 3.25 m de longitud cada uno. Los tubos se graduaron axialmente y se dividieron en segmentos de 37.5 cm a partir de la base. Instalándose en el fondo de cada uno de ellos una malla 16 y un adaptador cónico, de acero inoxidable.

Las cantidades de muestra compuesta requeridas para preparar tres columnas de suelo de: 0.75, 1.50 y 3.00 m de altura representativas de 2, 4 y 8 estratos del per-

fil del suelo "Loma Linda", fueron calculadas en función del volumen de los tubos por segmento y de la densidad aparente del suelo por estrato.

Los tubos fueron llenados lentamente aplicando una vibración vigorosa durante el llenado para que la cantidad de suelo previamente pesada se acomodara en el espacio delimitado por cada segmento y se alcanzaran las densidades de campo. Un esquema de las columnas construidas es mostrado en Figura 3.

Para obtener el afluente primario, cada hora un litro de agua residual cruda era colectado en la descarga general y puesto a reposar durante 60 minutos en un cono Imhoff.

Durante el reposo, las partículas suspendidas más pesadas que el agua eran sedimentadas en el fondo del recipiente, llevándose a cabo una separación fango-afluente por acción de la gravedad.

Mediante un pequeño sifón 1/4 de litro del afluente era extraído de la parte superior de cono Imhoff y los sólidos sedimentables fueron colectados para formar una muestra aproximada de lodos primarios.

Las columnas de suelo fueron instaladas al aire libre e inundadas durante más de cuatro días con afluente primario, manteniendo una carga hidráulica de 10 cm sobre la superficie del suelo mediante el uso de botellas Mariotte, las cuales se agitaban eventualmente para descomponer los flóculos que llegaban a depositarse en el fon-

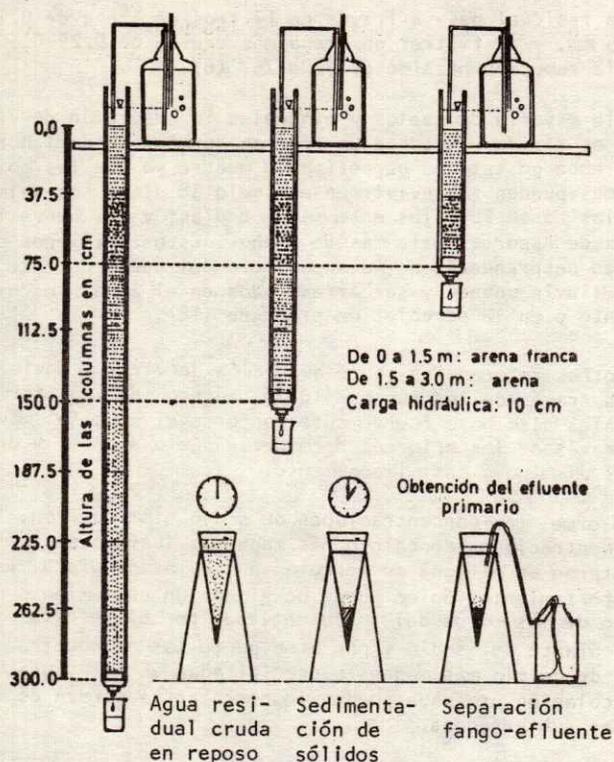


Figura 3. Esquema de las columnas de suelo "Loma Linda" utilizadas para simular el proceso de infiltración-percolación aplicando efluente primario.

do y de esta forma resuspender las partículas coloidales uniformizando la aplicación de  $3.4 \text{ mg SS/cm}^2$  y  $26.0 \text{ mg DBO/cm}^2$ .

Las tasas de filtración fueron medidas y el flujo de las columnas colectado para su examinación orgánica, química, bacteriológica y organoléptica. Conforme avanzaba la prueba, la conductividad hidráulica ( $K$  saturada) de las columnas fue disminuyendo debido a la formación de una capa superficial de lodos de baja permeabilidad.

La reducción en conductividad hidráulica fue atribuida a la deposición de sólidos suspendidos (SS) sobre la superficie y poros del suelo, sin embargo esta hipótesis carece de significado puesto que el efecto defloculante del sodio también podía estar presente.

La fuente de sodio en las aguas residuales de cervecería está constituida por el NaOH utilizado durante los procesos de malta y lavado de envases, por lo tanto para conocer el origen de la reducción en permeabilidad e identificar el tipo de sellamiento de los poros del suelo, fue conducido un ensayo adicional en permeámetros.

En el fondo de dos permeámetros se colocó una malla, un papel filtro y 3.4 cm de grava neutra; posteriormente muestras de suelo de 250 gr fueron vaciadas de un solo movimiento en cada permeámetro, proporcionando golpes uniformes hasta que la muestra alcanzara una altura de 6.6 cm.

Enseguida dos botellas Mariotte fueron llenadas, una con afluente primario y la otra con afluente filtrado al va-

cío, cada una de las cuales alimentaba a un permeámetro, manteniendo una carga hidráulica constante de 2.0 cm sobre la superficie del suelo.

El afluente primario fue utilizado para estudiar el efecto combinado de sólidos suspendidos más sodio sobre la permeabilidad del suelo, y el afluente filtrado al vacío se utilizó para estudiar por separado el efecto defloculante del sodio.

Los permeámetros se mantenían continuamente funcionando y lecturas del volumen percolado, hora-reloj y temperatura, eran tomadas a intervalos de 1 a 2 horas durante el día dejando un recipiente grande para colectar el agua percolada durante la noche la cual era medida al día siguiente.

Cada vez que se observaba una fuerte disminución en los volúmenes percolados, la aplicación de efluente era interrumpida y la muestra de suelo se sometía a secado en estufa durante 24 horas a  $10^\circ\text{C}$ , sin removerla del permeámetro.

Después de un período de secado, la muestra de suelo se volvía a saturar y la carga hidráulica se ajustaba. Este ensayo tuvo una duración de 21 días y el flujo percolado fue muestreado para monitorear la relación de adsorción de sodio (RAS), la conductividad eléctrica (CE) y el potencial hidrógeno (pH).

## DISCUSION

Evaluación de la Calidad de las Aguas Residuales de Cervecería

Las características orgánicas, bacteriológicas e inorgánicas de las aguas residuales de cervecería son mostradas en la Tabla 1, notándose claramente que las fuertes concentraciones de sólidos suspendidos (SS) demanda bioquímica de oxígeno (DBO), organismos coliformes (NMP/100 ml), conductividad eléctrica (CE) y relación de adsorción de sodio (RAS), necesitan ser removidos en planta o controlados en el terreno a irrigar.

Los sólidos suspendidos (SS) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO) pueden ser removidos en un 48.6% y un 17.2% respectivamente mediante sedimentación primaria, pero aún así las concentraciones siguen siendo altas y pueden ocasionar una seria reducción en la permeabilidad del suelo, especialmente bajo períodos prolongados de aplicación en tierra.

La calidad bacteriológica de las aguas residuales es pésima y el afluente necesita ser desinfectado. Las necesidades de cloración pueden reducirse si se evita que las evacuaciones sanitarias se mezclen con las aguas residuales producidas durante los procesos de cervecería.

Dentro de las características inorgánicas existe una alta concentración de sodio (Na) y bicarbonatos ( $\text{HCO}_3$ ) en comparación con el resto de los iones; observándose que los cationes divalentes (Ca y Mg) y el  $\text{HCO}_3$  tienden a precipitarse en los lodos (sólidos sedimentables) en una mayor proporción.

La conductividad eléctrica y la relación de adsorción de sodio (RAS) pueden ser removidos en un 15.5% y un 5.07% respectivamente durante la sedimentación por gravedad; sin embargo, los niveles remanentes todavía se consideran peligrosos, principalmente el sodio.

La RAS del afluente general de cervecería puede ser ajustada mediante la adición de yeso; sin embargo, esta alter

Tabla 1. Características químicas y biológicas de las aguas residuales de cervecería en mg/litro y depuración alcanzada mediante sedimentación primaria.<sup>1)</sup>

Características	Agua residual		% de Remoción
	Cruda	Sedimentada	
<b>Orgánicas</b>			
Sólidos suspendidos (SS)	1 326	682	48.6
Demanda bioquímica de oxígeno, DBO <sub>5</sub> a 20°C	3 491	2 891	17.2
Grasas y aceites	27	7	74.4
Fenoles	0.2	0.2	0.0
<b>Bacteriológicas</b>			
Coliformes, NMP/100 ml	24x10 <sup>6</sup>	16x10 <sup>6</sup>	33.3
<b>Inorgánicas</b>			
Calcio	92	74	19.6
Magnesio	39	33	15.4
Sodio	790	680	13.9
Potasio	60	56	6.7
Bicarbonato	1 598	935	41.5
Sulfato	465	517	-
Cloruros	441	392	11.1
Nitrato	0.7	0.6	12.7
Fosfato	0.5	8.3	-
Conductividad eléctrica	4 200	3 550	15.5
Potencial hidrógeno (pH)	7.06	8.4	-
Relación de adsorción de sodio (RAS)	17.4	16.5	5.0

<sup>1)</sup> Muestras analizadas en el Environmental Engineering Laboratory de San Diego, California, USA. Agosto 1981.

nativa no es muy recomendable dada la alta salinidad del afluente primario y el riesgo de producir un afluente más salino que el original.

La sustitución de NaOH por KOH en las operaciones de malta y envasado reduciría los niveles de sodio en el agua residual, las necesidades de fertilizante potásico en los cultivos y podría eliminar la adición de yeso en el afluente.

Después de ajustar la RAS (a un valor de 9 o menor) un suelo permeable con buen drenaje y un cultivo altamente tolerante a salinidad serán requeridos, debiéndose aplicar agua en exceso para lograr un buen lavado de las sales en la zona radicular.

Entre las sustancias que pueden resultar tóxicas para los cultivos, la única que al parecer muestra concentraciones excesivas, es el cloro cuya toxicidad es más probable en cultivos que desarrollan sobre suelos afectados por sales.

Con respecto a la concentración de boro (0.24 mg B/litro), ésta puede ser tolerada hasta por los cultivos más sensibles.

Renovación del Afluente Primario al Percolar a través de Columnas de Suelo "Loma Linda"

Para evaluar el uso del afluente primario tres columnas de suelo fueron inundadas con agua residual obtenida después de 60 minutos de sedimentación encontrando que la mayor parte de las concentraciones de SS, DBO<sub>5</sub>, coliformes, Na y PO<sub>4</sub>, fueron removidas conforme el afluente se movía desde 0 hasta 112.5 cm de profundidad del suelo, lo cual es mostrado en la Tabla 2,

En otras investigaciones se ha encontrado que la renovación con respecto a DBO es casi de un 100% cuando el agua residual pasa a través de filtros de arena de 0.1-0.25 mm, y al filtrar en arena más gruesa de 0.25-0.50 mm la remoción ha sido de 70 a 75% (6).

En la mayoría de suelos y minerales la adsorción de virus es rápida y alcanza un régimen permanente de 1 hora, sin embargo esto no garantiza su muerte ya que los coliformes pueden sobrevivir en el suelo 38 días, las salmonellas hasta 280, los enterovirus 8 días, y los huevecillos de Ascaris hasta más de 7 años. Estos patógenos podrían desprenderse de la superficie del suelo durante una lluvia pesada y ser arrastrados en el agua de escurrimiento o en la percolación profunda (18).

En otras referencias sobre adsorción de virus y movimiento a través de los suelos (10) el número de coliformes fecales disminuyó fuertemente conforme el agua se movía a través de los primeros 8 cm de un suelo arenoso y después disminuyó casi linealmente.

Conforme las concentraciones de sodio disminuyeron, las concentraciones de calcio más magnesio (Ca+Mg) se incrementaron en el agua de percolación; a largo plazo este comportamiento iónico puede ocasionar un sellamiento químico de los poros del suelo motivado por el efecto de floculante del sodio y por otra parte las concentraciones de calcio más magnesio precipitadas en el agua de percolación profunda pueden incrementar la dureza de las aguas subterráneas.

En Tecate, BCN, los suelos arenosos mostraron una alta capacidad de remoción de fosfato probablemente debido a la presencia de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en los granos de arena (6).

Tabla 2. Variación en las concentraciones del agua residual de cervecería al moverse a través de un perfil de 112.5 cm del suelo arenoso típico de la región de Tecate, BCN.

Constituyentes	Concentraciones (mg/litro)		% de Renovación
	Influente	Afluente	
<b>Removidos</b>			
Sólidos suspendidos, SS	338	41	87.9
DBO <sub>5</sub> a 20°C	2 600	740	71.5
Coliformes NMP/100 ml	16x10 <sup>6</sup>	2 000	99.9
Sodio	639	279	56.3
Fosfato	2.9	0.69	76.2
<b>No Removidos</b>			
Calcio	77	360	
Magnesio	41	114	
Nitrato	1.2	3.2	

Influente: agua residual aplicada después de 60 minutos de sedimentación en cono Imhoff.

Efluente: flujo percolado en las columnas de suelo.

Antes de la aplicación de afluente, el suelo contenía de 0.8 a 8.5 mg  $\text{NO}_3$ /litro distribuidos a lo largo de los estratos de arena granítica y es muy probable que parte del  $\text{NO}_3$  original del suelo haya sido lixiviado al moverse el agua a través del perfil, lo cual motivó que las concentraciones en el flujo percolado se incrementaran desde 1.2 hasta 3.2 mg  $\text{NO}_3$ /litro.

Los suelos sin vegetación son relativamente inadecuados para la renovación del agua residual con respecto a  $\text{NO}_3$ . Para minimizar la polución del agua subterránea bajo condiciones de campo, es necesario desarrollar un cultivo y programar las cargas de  $\text{NO}_3$  en función de las necesidades nutricionales del cultivo (5).

#### Restauración de la Permeabilidad del Suelo.

Las curvas de sellamiento y restauración de la permeabilidad obtenidas durante la operación cíclica de humedecimiento y secado del suelo son ilustradas en Figura 4; don de la línea de puntos corresponde a la conductividad hidráulica ( $K_h$ ) observada durante la aplicación de afluente primario (agua residual sólo sedimentada) y la línea continua corresponde a la  $K_h$  observada durante la aplicación de afluente clarificado (agua residual sedimentada y filtrada al vacío).

En otras referencias (10) sobre optimización de la tasa de infiltración, se han probado períodos alternados de carga y descanso encontrando curvas para cada suelo parecidas a la mostrada en este artículo.

Las recuperaciones de permeabilidad obtenidas después de cada período de secamiento indican que el taponamiento

es biológico más que químico o físico. La tendencia de recuperación muestra que un ciclo alternante de humedecimiento y secado es requerido para conservar la capacidad filtrante del suelo.

El sellamiento químico de los poros del suelo ocurre cuando el contenido de sodio es alto, pero en suelos arenosos rara vez se presenta quizás debido al bajo contenido de arcilla, partícula coloidal altamente dispersable a saturaciones parciales de sodio en ausencia de sales flocculentas (14,16).

#### CONCLUSIONES

De acuerdo a los parámetros de calidad, establecidos por la Dirección General de Ordenación y Protección Ecológica y por la U.S. Environmental Protection Agency (12, 15) las concentraciones de sólidos suspendidos (SS), de manda bioquímica de oxígeno ( $\text{DBO}_5$ ), coliformes (NMP/100 ml), conductividad eléctrica (CE) y relación de adsorción de sodio (RAS) necesitan ser prevenidos o controlados.

El uso del agua residual cruda no está permitido y el mínimo nivel de pretratamiento requerido para la irrigación de pastos en áreas aisladas sin acceso al público es sedimentación primaria.

Para la irrigación de césped en campos deportivos y jardines debe usarse un tratamiento biológico más desinfección, procesos que evitan molestias por desprendimiento de olores o daños a la salud pública.

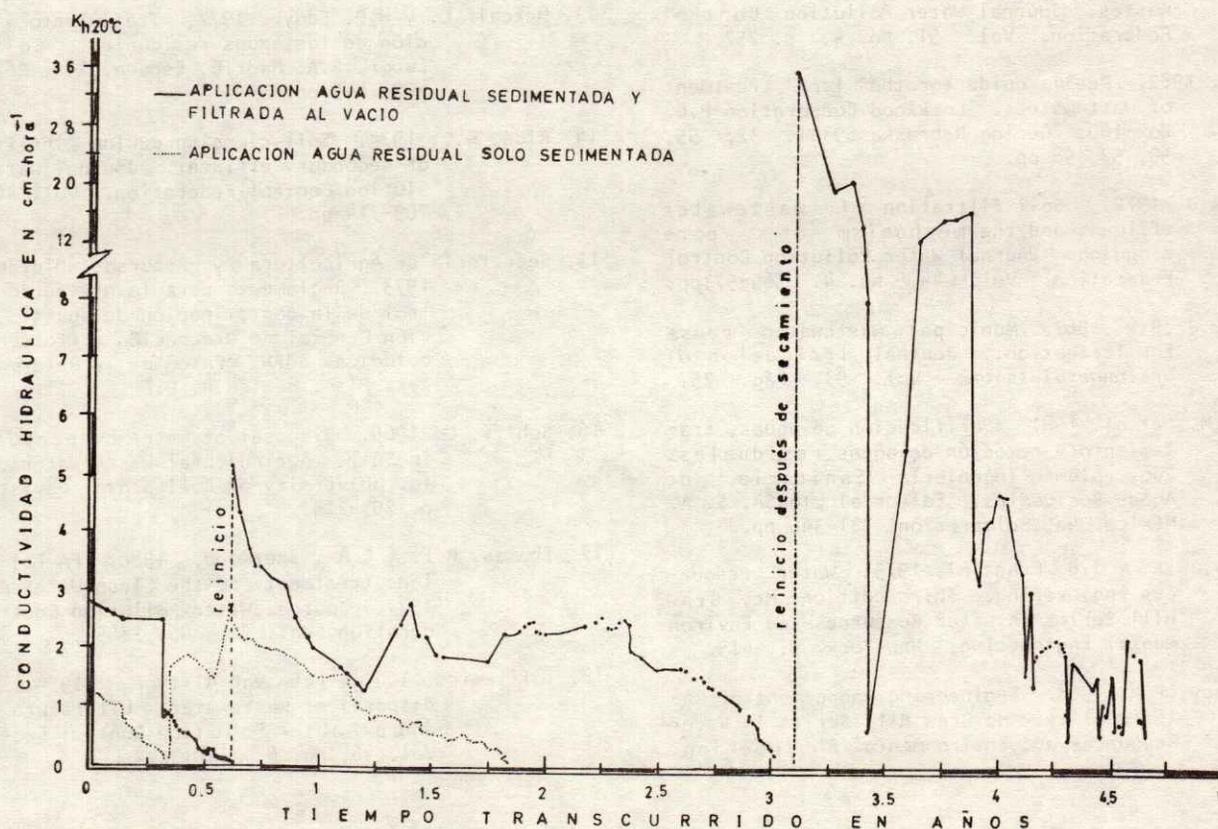


Figura 4. Efecto de la aplicación de agua residual de cervecería (alta en  $\text{DBO}_5$ , SS y sodio) sobre la permeabilidad del suelo "Loma Linda" localizada en Tecate, BCN.

Aunque los suelos de la región de Tecate, BCN, tienen una alta capacidad para remover los constituyentes del agua residual, no es recomendable someterlos a altas cargas de contaminantes, debido a que esto acortaría la vida económica del proyecto.

En la práctica las cargas orgánicas aplicables al terreno deben mantenerse dentro de un rango de 70 a 322 kg/DBO/ha/riego para evitar que las reducciones en permeabilidad afecten a la tasa de infiltración de diseño.

Un sistema de irrigación debe ser diseñado para que los residuos aplicados al terreno, a una tasa de 6.7 mm/hora durante 10-12 horas/día, sean expuestos a la acción microbiana mínimo 6 días en verano y 11 días en invierno,

tiempos en los cuales el agua aplicada será consumida por el cultivo y los microorganismos aerobios estabilizarán los sólidos suspendidos (SS) restaurando la permeabilidad del suelo.

Después de la remoción de sólidos suspendidos (SS), demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y coliformes (NMP/100 ml) en una planta de tratamiento convencional, el pH, RAS y CE del agua residual tratada deben ser monitoreados para determinar las necesidades de yeso o cal, y el requerimiento de lavado de sales.

Las evacuaciones sanitarias deberían excluirse de este proyecto de tratamiento y reciclaje, y la empresa debería SUSTITUIR el NaOH utilizado durante los procesos de malta y lavado de envases por KOH.

#### LITERATURA CITADA

1. Barton, L.W. 1962. Sprinkling for industrial waste disposal. Sprinkler Irrigation Association Open Technical Conference, Kansas, City.
2. Biaer, O.C. 1973. Undesirable Plant responses with sewage irrigation. Journal Irrigation of Drainage Division.
3. Conway, R.A. y R.D. Ross. 1980. Handbook of industrial waste disposal. Van Nostrand Reinhold Company. New York. p. 257.
4. Crites, R.W., et al. 1979. Land treatment of cannery wastes. Journal Water Pollution Control Federation. Vol. 51. No. 4, p. 257.
5. Culp, G. 1982. Design guide for the land treatment of wastewaters. Lockwood Corporation P.O. Box 160. Gering Nebraska 69341. 32, 55, 56, 57, 58 pp.
6. De Vries J. 1972. Soil filtration of wastewater effluent and the mechanism of pore clogging. Journal Water Pollution Control Federation. Vol. 44, No. 4. 565-573pp.
7. Eastman, Jr. P.W. 1967. Municipal wastewater reuse for irrigation. Journal Irrigation of Drainage Division. Vol. 93, Pág. 25.
8. Fair, G.M., et al. 1981. Purificación de aguas, tratamiento y remoción de aguas residuales. 2do. volumen Ingeniería Sanitaria de Aguas Residuales. Editorial LIMUSA, S. A. México. 4a. Reimpresión. 331-346 pp.
9. Linsley, R.K. y J.B. Franzini, 1979. Water resources Engineering. Third edition. Mc. Graw Hill Series in Water Resources and Environmental Engineering. New York. p. 615.
10. Mc Gauhey, P.H. 1968. Engineering management of water quality. Mc Graw Hill Series in Water Resources and Environmental Engineering. Mc Graw Hill Book Company. 133- 141 pp.
11. McKee, J.E. y A.B. Pincince. 1973. The economic feasibility of extensive water reuse at a brewery. National Convention of the Master Brewers Association of America in Anaheim Calif. 12-15 pp.
12. McKee y H.W. Wolf. 1963. Water quality criteria, 2nd. edition. Publication No. 3-A. California State Water Quality Control Board.
13. Metcalf L. y H.P. Eddy. 1977. Tratamiento y depuración de las aguas residuales. Editorial Labor, S.A. Madrid, España. 246, 268, 295, 402, 445 pp.
14. Rice, R.C. 1974. Soil clogging during infiltration of secondary effluent. Journal water Pollution Control Federation. Vol. 46, No. 4. 709-714 pp.
15. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1973. Reglamento para la prevención y control de la contaminación de aguas. Dirección General de Ordenación y Protección Ecológica. SARH. Paseo de la Reforma 107. 1er. Piso, México 4, D.F.
16. Schiff, L. 1966. Disposal of water by percolation in Soil. Agricultural Waste Waters, Report 1o. University of California. Davis, Calif. p. 203-213.
17. Thomas, R.E. y C.R. Sherwood. 1980. EPA Policy on land treatment and the Clean Water Act of 1977. Journal Water Pollution Control Federation, Vol. 52, No. 3:453.
18. Tofflemire, T.J. y F.E. Van Alstyne. 1974. Land disposal of wastewater. Literatura review Journal Water Pollution Control Federation Vol. 46, No. 6: 1201 p.

## EFFECTOS DE LA CENIZA ARROJADA POR EL VOLCAN "CHICHONAL" SOBRE LA VEGETACION Y SUELOS EN CHIAPAS Y TABASCO +

López Coral, I. \*  
Pastrana Aponte, L. \*\*  
Márquez C., F. \*\*\*

### RESUMEN

El trabajo presente se realizó inmediatamente después de hacer erupción el volcán "Chichonal", el día 29 de marzo de 1982. El objetivo planteado fue el de detectar los daños ocasionados sobre la vegetación natural y cultivos, así como conocer las propiedades físico-químicas del material volcánico arrojado y sus posibles efectos sobre el factor suelo. La metodología empleada fue hacer recorridos terrestres en el área de influencia realizando observaciones visuales y recolectando muestras de este material para su posterior análisis. Los resultados obtenidos en función de cinco sitios de observación y de muestreo fueron los siguientes:

Sobre la vegetación natural y cultivos se detectaron los daños de sepultamiento, quemaduras, doblamiento y desgajamiento de ramas y hojas que fueron disminuyendo conforme la distancia al volcán. Referente a sus propiedades físico-químicas se detectó que este material se presentó en 3 formas: grava, arena y polvo varían de 20 a 0.075 mm de tamaño y densidades aparentes de 1.23 a 0.80 gr/cm<sup>3</sup> respectivamente, pH de 8.2 a 6.6, N de 230 a 477; Ca de 950 a 3660; Mg de 18 a 142; K de 29-97; Na de 115 a 280; S de 2540 a 4480; P de 940 a 1320 y Fe de 40 mg/kg de ceniza respectivamente. Se concluye que el radio de influencia del volcán influyó en el tamaño de partícula de los materiales y, por consiguiente, en la composición química de algunos elementos; este material posee elementos primarios y secundarios porque se le puede considerar como un mejorador de la fertilidad del suelo a mediano plazo y que los suelos que recibieron este material han iniciado un período de rejuvenecimiento. Por el lado de los cultivos, mediante podas y un manejo adecuado, entraron en su fase de recuperación.

### ABSTRACT

This study was conducted immediately after the eruption of the Chichonal volcano of March 29, 1982. The main objectives were (a) to evaluate the damage inflicted on the natural vegetation and on crops, (b) to describe the physical and chemical properties of the ejected materials. Five observation and sampling sites were involved in the study. Typical damages on vegetation were burial, burns, doubling and branch dislocations. The intensity of these damages decreased with distance from the source. The material ejected had a range of diameters from 0.075 to 20 mm and apparent densities from 0.8 to 1.23 g/cc, and a pH that varied from 6.6 to 8.2. The total content of several nutrients was as follows: N, 230 to 477 mg per kg of material; Ca, 950 to 3660 mg/kg; Mg, 18 to 142 mg/kg; K, 29 to 97; Na, 115 to 280; S, 2540 to 4480; P, 940 to 1320 and Fe, 40 mg/kg. The distance from the volcano segregated the material by particle size and concomitantly by composition. It was concluded that the chemical properties of the materials will improve the fertility levels of the soils in the intermediate term.

### INTRODUCCION

El centro de actividad del volcán "Chichonal" se localiza en la parte norte del estado de Chiapas a unos 80 km en línea recta de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez y a unos 70 km al sur de la ciudad de Villahermosa, Tabasco.

La influencia del viento y tamaño de partícula del material hicieron posible que éste fuera transportado a parte de los estados de Campeche, Veracruz y Oaxaca aunque con menor intensidad.

Con el propósito de determinar el efecto de este fenómeno en la vegetación y suelos en áreas próximas al volcán,

el Colegio Superior de Agricultura Tropical a través del Departamento de Suelos y otros afines se dieron a la tarea de realizar el presente estudio.

Para tal fin se hizo un recorrido de campo en donde se hicieron observaciones sobre daños ocasionados en la vegetación natural y cultivos en general. Además se tomaron muestras de ceniza volcánica en cinco sitios con diferente radio de acción en línea recta al centro de actividad del volcán, radio de 6 a 8 km (sitio 1); 10 a 13 km (sitio 2); 35 a 40 km (sitio 3); 50 km (sitio 4); 70 km (sitio 5); a los cuales se les practicaron algunas de terminaciones físicas y químicas para su caracterización.

+ Ponencia presentada en el XVI Congreso Nacional de la S.M.C.S.

\* Jefe del Dpto. de Suelos del Colegio Superior de Agricultura Tropical

\*\* Prof. Investigador del Depto. de Suelos. CSAT

\*\*\* Prof. Investigador del Depto. de Fitotecnia, CSAT.

## OBSERVACIONES DE CAMPO

En el sitio 1 la vegetación natural y cultivos en general fueron totalmente destruidos. En el sitio 2 hubo quemaduras en la vegetación natural y cultivos, sepultamiento de pastos con poca altura, doblamiento y desgajamiento de hojas y ramas en cultivos de importancia económica (cacao, café y plátano). En los sitios 3, 4, 5 no hubo quemaduras en la vegetación natural y cultivos, observándose también sepultamiento de pastos de poca altura, doblamiento de hojas, ramas y plantas en cultivos de cacao, plátano, cítricos y maíz.

## PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Propiedades físicas: Ver Cuadro 1.

Cuadro 1. Cantidad y algunas propiedades físicas de la ceniza volcánica en los diferentes sitios de muestreo.

Sitio	Cantidad (ton/ha)	Tamaño de partículas del material predominante (mm)	Color (seco)	Densidad* aparente (g/cm <sup>3</sup> )
1	5530	arena y grava (0.5 a 20)	10YR7/1	1.23
2	3020	arena y grava (0.1 a 10)	10YR7/1	1.21
3	20	polvo fino (0.075)	10YR8/1	0.80
4	20	polvo fino (0.075)	10YR8/1	0.80
5	20	polvo fino (0.075)	10YR8/1	0.80

\* Se determinó pesando un volumen conocido, sin modificar el tamaño de partícula.

## Propiedades químicas:

## Fracción de elementos solubles en agua

Los elementos de esta fracción son de rápido aprovechamiento de la nutrición de las plantas (Cuadro 2).

## Fracción de elementos insolubles en agua

Los elementos de esta fracción son insolubles en agua y su aprovechamiento por las plantas será a más largo plazo ya que está sujeto a un previo proceso de intemperización de los minerales primarios (Cuadro 3).

## EFECTOS DE LA CENIZA SOBRE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS

Se analizaron dos muestras de suelo procedentes del sitio 3 Km 25 carretera Huimanguillo-Francisco Rueda, Tabasco. El muestreo se hizo antes y después de la erupción del volcán (Cuadro 4).

El análisis químico de las muestras indicaron un incremento en el contenido de algunos elementos aprovechables en el suelo.

Cuadro 2. pH y contenido de algunos elementos solubles en agua en las diferentes muestras de ceniza.

Sitio	pH (H <sub>2</sub> O) (1:1 V/V)	mg/kg ceniza						
		N	Ca	Mg	K	Na	S	Fe
1	7.8	300	1990	109	39	117	2540	40
2	8.2	300	1610	142	29	115	2540	40
3	7.0	477	950	18	73	276	2760	40
4	6.6	230	3660	65	78	280	4480	40
5	6.8	397	2830	131	97	223	4180	40

Cuadro 3. Contenido total de algunos elementos y carbonato de calcio en las diferentes muestras de ceniza (%).

Sitio	P	S	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O %	Na <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	CaCO <sub>3</sub>
1	0.124	1.20	7.28	5.14	2.28	4.42	5.39	nd	nd	0.45
2	0.094	0.90	6.86	4.48	3.12	4.42	5.32	nd	52.2	0.54
3	0.132	1.24	5.02	3.15	4.08	4.42	3.29	nd	52.5	0.45
4	0.103	1.24	6.02	3.15	4.08	4.42	3.43	nd	nd	0.58
5	0.103	1.24	5.74	3.32	4.08	4.42	3.43	nd	nd	0.63

Cuadro 4. pH, Contenido de algunos elementos aprovechables y porcentaje de saturación de bases en suelos ácidos de la sabana de Huimanguillo, Tabasco (muestreo realizado antes y después de la segunda erupción en el sitio 3, del rancho La Palma).

Muestreo	pH (1:1 v/v)		N	P Bray II mg/kg ceniza	S	Al	Ca	Mg me/100 g	K	Na	Sat.* bases %
	H <sub>2</sub> O	CaCl <sub>2</sub>									
Antes **	5.4	5.1	100	trazas	trazas	2.0	1.13	0.18	0.32	0.10	19.2
Después ***	5.4	5.1	134	4.0	69	2.0	1.61	0.29	0.36	0.13	26.5
Incremento de elementos kg/ha			68	8	138	-	192	26	31	14	7.5

\* Se calculó tomando como base una CIC = 9 me/100 g suelo.

\*\* Realizado el 15 de octubre de 1981.

\*\*\* Realizado el 10 de junio de 1982.

## CONCLUSIONES

Vegetación natural, cultivos y suelos:

- En el sitio 1, la destrucción de la vegetación natural y cultivos fue total y su recuperación será a mediano y a largo plazo. En el sitio 2 el efecto fue mucho menor y su recuperación será a mediano plazo. En los sitios 3, 4 y 5 el efecto fue mínimo y su recuperación inmediata después de las primeras lluvias.
- El radio de acción del volcán influyó en el tamaño de partículas del material y por consiguiente en la composición química de algunos elementos.
- La ceniza volcánica tiene los elementos primarios (N y K), secundarios (Ca, Mg y S) y micronutrientes a la fecha determinada (Fe) por lo que se puede considerar como un mejorador de la fertilidad de los suelos.
- La ceniza volcánica es rica principalmente en Ca, Mg, K y Fe, elementos importantes en la nutrición de las plantas.
- Los suelos altamente degradados han iniciado un proceso de rejuvenecimiento, puesto que ahora disponen de una fuente potencial de nutrientes.
- La ceniza volcánica ha mejorado el contenido de bases intercambiables (Ca, Mg, K y Na) y S del suelo.

## BIBLIOGRAFIA

- Bray, R.H. y Kurtz, L.T. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in Soil. Soil Sci. 59: 39-45.
- Jackson, M.L. 1974. Análisis químico de Suelos. Ed. Omega, S.A. Barcelona, España.

## ANÁLISIS COMPARATIVO DEL METODO CLASICO Y EL METODO M.G.C. PARA RECUENTOS BACTERIANOS EN SUELOS AGRICOLAS +

De la Garza Curcho, M. \*  
Martínez Meza, E.\*

### RESUMEN

La técnica tradicional para conocer el número de microorganismos existentes en los suelos agrícolas, es la conocida con el nombre de "Método Clásico" o "Recuento Indirecto". A partir de 1966 se creó el Método M.G.C., utilizándose principalmente para estudios en Microbiología Médica. La comparación simultánea de estos dos métodos en Microbiología de Suelos se inició en 1981 en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Saltillo, Coahuila con las siguientes conclusiones:

1. La significancia encontrada al analizar estadísticamente con una prueba de "t" Student para una  $p = 0.05$  nos dice que las técnicas no son iguales.
2. El método clásico tiene mayor influencia a la contaminación ejercida por las condiciones ambientales lo que provoca una sobreestimación en el número de colonias bacterianas observadas.
3. El método M.G.C. por ser de mayor fineza microbiológica, permite tener la plena certeza de esterilidad, por lo que el conteo de colonias bacterianas es más real.
4. El método M.G.C. permite comprobar la teoría relacionada con la atracción que ejerce la arcilla, más que otras partículas del suelo, sobre las células bacterianas en suspensión.

### ABSTRACT

The MGC method for bacterial counting was proposed in 1966 and used primarily as a human medical tool. The present paper reports on the use of the MGC method for soil microbiological work, as compared to the classical method. Statistically different results were found between both methods. Yet the MGC method was considered to be more accurate, less expensive and more easily implemented.

### INTRODUCCION

La microbiología de suelos y especialmente la bacteriología de suelos, no es una disciplina nueva. Hace aproximadamente ocho décadas, se inició su estudio formal, por el interés de algunos investigadores de conocer las poblaciones bacterianas del suelo.

Los resultados de esos trabajos sentaron las bases para su desarrollo científico e hicieron conocer que la corteza superficial de la tierra no es solamente una matriz fisicoquímica estática, sino también un sistema biológico dinámico en equilibrio continuo, en el cual algunas sustancias no asimilables por las plantas, son transformadas en utilizables a través de la actividad microbiana.

A pesar de la gran importancia que tienen los microorganismos en la fertilidad de los suelos, su estudio ha sido relegado a un segundo plano, posiblemente por lo laborioso, tardado, poco preciso y costoso de los métodos existentes de análisis cuantitativo y clasificación de los microorganismos del suelo.

El recuento bacteriano en cajas de Petri o método de dilución en placa, ha sido la forma tradicional de realizar análisis cuantitativos de bacterias de suelos agrícolas; esta técnica tiene serias limitaciones de metodología y exactitud.

El método M.G.C. tiene su origen en bacteriología médica y es el resultado de una serie de modificaciones realizadas por la autora a la técnica de Kass para urocultivos hasta llegar a recuentos bacterianos en medios líquidos (De la Garza y Zertuche, 1974). La técnica mencionada por primera ocasión se utiliza en este tipo de trabajos, para conocer la población bacteriana en suelos agrícolas; esta adaptación nos presenta una alternativa para realizar dichos estudios bacteriológicos, con una mayor ventaja en cuanto a metodología y exactitud, lo que nos viene a abreviar tiempo, costos y un mayor rendimiento técnico, sin menoscabo de su exactitud.

El objetivo del presente trabajo es hacer un análisis comparativo entre los métodos clásico y M.G.C. propuesto, para observar las posibilidades de uso de este último, para estudios cuantitativos de bacterias del suelo.

<sup>1</sup> Las siglas M.G.C. se refieren a Mercedes de la Garza Curcho, autora de este método.

+ Ponencia presentada en el XV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo

\* Profesor Investigador de la U.A.A.A.N.

**MATERIALES Y METODOS**

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el laboratorio de Fertilidad de Suelos de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", localizada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

a) Recolección de las muestras de suelo.

Para este trabajo se tomaron cuarenta muestras de suelo en diferentes terrenos agrícolas del área de influencia de la misma Universidad (bajío, sur de la estación agrometeorológica, etc.). en diferentes época del año, recolectando cuatro muestras por semana a una profundidad de 30 cm, por ser esta zona donde ejercen más influencia los microorganismos.

b) Propagación de muestras de suelo.

Inmediatamente después de obtenidas las muestras, se trasladaron al laboratorio, donde se tamizaron con malla de 2 mm de diámetro, posteriormente se pesaron dos muestras de 10 g de suelo, una de las cuales se usa en la inoculación y otra se pone a secar en la estufa a 110°C, por 24 horas, para determinar el porcentaje de humedad por el método gravimétrico (Narro, 1979). El resto de la muestra cribada, se utilizó para realizar los análisis físico-químicos de rutina en el laboratorio (textura, M. O., pH, C.E., carbonatos totales, N, P y K), por métodos conocidos (Chapman y Pratt, 1979).

c) Lavado y esterilización del material de laboratorio.

Es imprescindible para el trabajo de investigación en microbiología, el lavar y esterilizar previamente el material y equipo de laboratorio que se va a utilizar, para evitar contaminaciones; naturalmente los medios de cultivo empleados deben estar estériles.

Existen diversos métodos para esterilizar (Divo, 1971) los aquí empleados fueron:

- 1) Calor húmedo a presión, utilizando la olla de presión a 15 libras durante 15 minutos.
- 2) Radiaciones ultravioleta.

d) Preparación del medio de cultivo.

El medio de cultivo utilizado fue el de Thornton (Allen, 1957), cuya composición se describe en el cuadro 1.

La preparación de las diluciones se describe en el cuadro 2.

Cuadro 1. Composición del medio de cultivo propuesto por Thornton (1957).

Fosfato de Potasio Dibásico ( $K_2HPO_4$ )	1.0	g
Sulfato de magnesio ( $MgSO_4 \cdot 7 H_2O$ )	0.2	g
Cloruro de Calcio ( $CaCl_2$ )	0.1	g
Cloruro de Sodio (NaCl)	0.1	g
Tricloruro de Hierro ( $FeCl_3$ )	0.002	g
Nitrato de Potasio ( $KNO_3$ )	0.5	g
Asparagina	0.5	g
Mannitol	1.0	g
Agar	15.0	g
Agua destilada	1000	ml

Cuadro 2. Preparación de diluciones utilizadas en el método clásico y el M.G.C.

Muestra de suelo	H <sub>2</sub> O	Dilución
10 g	+ 90 ml =	1:10 o $1 \times 10^1$
10 ml (1:10)	+ 90 ml =	1:100 o $1 \times 10^{-2}$
10 ml (1:100)	+ 90 ml =	1:1000 o $1 \times 10^{-3}$
10 ml (1:1000)	+ 90 ml =	1:10000 o $1 \times 10^{-4}$
10 ml (1:10000)	+ 90 ml =	1:100000 o $1 \times 10^{-5}$
10 ml (1:100000)	+ 90 ml =	1:1000000 o $1 \times 10^{-6}$
10 ml (1:1000000)	+ 90 ml =	1:10000000 o $1 \times 10^{-7}$

e) Siembra.

La siembra de los inóculos se realizó en forma simultánea para los dos métodos.

1) Método clásico.

En el método clásico se siembran inóculos de 1 ml (con una pipeta serológica estéril de 1 ml), de las diluciones  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$  y  $10^{-7}$ , estos inóculos se colocan en el fondo de las cajas de Petri estériles, utilizando 4 cajas para cada dilución (repeticiones), sumando 16, en seguida se les vierte el medio de Thornton estéril, previamente fundido y conservado en baño de maría a 45°C de temperatura, aproximadamente; se agitan las cajas con movimientos circulares contrarios a las manecillas del reloj, hasta que se solidifique el medio del cultivo. Se etiquetan las cajas y se ponen a incubar en la estufa bacteriológica a una temperatura entre 25 y 30°C, posteriormente se hacen los recuentos de colonias (a simple vista o con una lupa), desechando aquellas cuentas marcadas como innumerables (más de 300 colonias por caja).

2) Método M.G.C.

En el método M.G.C. se utilizan 4 placas de Felsen (una por cada cuatro de Petri, usadas en el método clásico), con el medio de Thornton servido e incubado cuando menos 24 o 48 horas antes de su utilización, comprobando con ello su esterilidad. Las cajas de Felsen están divididas en 4 cuadrantes y se siembran en cada cuadrante un inóculo de 0.1 ml de las diluciones de  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$  y  $10^{-6}$ , esparciendo el inóculo con un boligitador estéril, pudiendo utilizar solamente uno por caja, si en esta se pone una misma dilución en todos los cuadrantes, de otro modo podremos usar uno para diferentes diluciones en la misma caja (una dilución diferente por cuadrante), si comenzamos a extender el inóculo del cuadrante donde la dilución es mayor hasta el cuadrante donde la dilución es menor, siempre que el ejecutante tenga práctica para no salpicar los cuadrantes adjuntos. Después de etiquetar las cajas, se incuban bajo las mismas condiciones donde se incubaron las cajas de Petri del método clásico, con objeto que las condiciones sean las mismas para ambos métodos. Los recuentos se hacen simultáneamente en los dos métodos, es decir, en la misma fecha, desechando aquellos recuentos que resulten innumerables. En ambos métodos se asume que cada célula bacteriana origina una sola colonia.

## f) Análisis estadístico.

El análisis estadístico para comparar ambos métodos, se realizó mediante una prueba de "t" de Student para una probabilidad de 0.05. Se establecieron cuatro repeticiones para cada dilución empleada, en cada una de las cuarenta muestras de suelo recolectadas; efectuando por lo tanto 640 observaciones para cada uno de los métodos empleados, arrojando un total en ambos de 1280 observaciones.

## RESULTADOS Y DISCUSION

## a) Recuento de colonias.

Efectuadas las diluciones para cada muestra de suelo, se realizó la siembra del inóculo en sus respectivas placas (Felsen y Petri) y se colocaron éstas en incubación hasta completar un período de 120 horas. Una vez pasado el tiempo mencionado, se realizó el recuento del número de colonias tanto en las placas de Petri como en las de Felsen, para cada una de las repeticiones, por los métodos clásico y M.G.C., respectivamente; los resultados obtenidos para cada una de las diluciones utilizadas, con excepción de los recuentos denominados innumerables (más de 300 colonias en el clásico y más de 75 colonias por cuadrante en el M.G.C.), en ambas técnicas para cada una de las 40 muestras de suelo estudiadas, se presentan en el cuadro 3.

## b) Análisis físico-químico de las muestras del suelo.

Conforme a lo señalado por la mayoría de los autores sabemos de la influencia que ejercen las condiciones físicas y químicas de los suelos sobre su población bacteriana y la repercusión que tienen algunas de estas condiciones cuando se realiza el recuento bacteriano por el método de dilución de placa. Principalmente afectan las proporciones de arena, limo y arcilla y el contenido de humedad del suelo.

El conocimiento de estos datos nos permitió tener más elementos de juicio al realizar el análisis comparativo efectuado en el presente trabajo de investigación. Las muestras de suelo se tomaron de estratos 0-30 cm de profundidad, por ser este horizonte donde ejercen mayor influencia y son más abundantes los microorganismos.

Los resultados de los análisis físico-químicos practicados a las muestras de suelo bajo estudio, se presentan en el cuadro 4.

Analizando el cuadro 4 se puede observar que las texturas varían de migajón arcilloso a migajón arcilloso-arenoso, con algunas excepciones en que son francos, es decir la mayoría de los suelos tienen un porcentaje considerable de arcilla, siendo suelos en su mayoría de textura fina.

En lo que se refiere a la M.O., ésta varía de 0.40% hasta 5.1%, con una media de 2.52%, por lo que se consideran suelos medianamente ricos.

Respecto al contenido de nitrógeno en general, los suelos son ricos en este elemento con algunas excepciones. Asimismo, son medianos en contenido de fósforo y extremadamente ricos en potasio.

El contenido de carbonatos totales varía de medio a muy alto. El pH de los suelos muestreados es en general medianamente alcalino.

La determinación de la conductividad eléctrica en las muestras nos señala que son suelos sin problemas de salinidad.

## c) Análisis estadístico de los resultados.

Una vez realizada la prueba "t" de Student para un nivel de probabilidad de 0.05 (Allen, 1957), sobre el promedio del número de colonias bacterianas resultantes en ambos procedimientos (efectuados en forma separada para cada dilución), encontramos que existe significancia entre ambos, es decir, que aparentemente el método A\* es significativamente mejor que el método B, sin embargo, esta aparente significancia no es debida a que el método B comparado no funciona, más bien se debe a que hubo una influencia mayor de contaminación del material empleado en el método A, lo que favoreció en la prueba de "t", debido a que el lavado y esterilización no se efectuaron adecuadamente en algunos casos. Hay que hacer notar que la comprobación de esterilidad es indispensable en los trabajos de investigación de microbiología.

El método B propuesto es de mayor fineza microbiológica porque permite tener la plena certeza de que el material de laboratorio utilizado (cajas de Felsen, medio de cultivo, etc), está estéril, lo que se comprueba incubándose durante 24 a 48 horas.

## CONCLUSIONES

1. La significancia encontrada al analizar estadísticamente con una prueba de "t" Student para una  $p=0.05$  nos dice que las técnicas no son iguales.
2. El método clásico tiene mayor influencia a la contaminación ejercida por las condiciones ambientales, lo que provoca una sobre-estimación en el número de colonias bacterianas observadas.
3. El método M.G.C. por ser de mayor fineza microbiológica, permite tener la plena certeza de esterilidad, por lo que el conteo de colonias bacterianas es más real.
4. El método M.G.C. permite comprobar la teoría relacionada con la atracción que ejerce la arcilla, más que otras partículas del suelo, sobre las células bacterianas en suspensión.
5. En lo que se refiere a las ventajas del método M.G.C. se observaron las siguientes:
  - a) En exactitud. Permite confirmar la esterilidad plena del material de laboratorio, ya que éste se debe incubar durante 48 horas antes de su utilización, para obtener una superficie seca y absorbente aumentando su exactitud.
  - b) En rapidez. Esta técnica es más rápida porque al tener preparado el material necesario de antemano, el tiempo utilizado es menor de 15 - 20 minutos aproximadamente para cada muestra.
  - c) En facilidad. El recuento de colonias bacterianas es más fácil porque éstas crecen en un mismo plano ya que la siembra es más práctica en superficie.

\* Se llama A al método clásico y B al método M.G.C.

Cuadro 3. Resultados de la cuenta bacteriana en placa por los métodos clásico y MGC, con sus respectivas diluciones empleadas.

No. de muestra de suelo	* Conteo de colonias bacterianas en placas de Petri			* Conteo de colonias bacterianas en placas de Felsen		
	Diluciones $1 \times 10^{-7}$	Diluciones $1 \times 10^{-6}$	Diluciones $1 \times 10^{-5}$	Diluciones $1 \times 10^{-6}$	Diluciones $1 \times 10^{-5}$	Diluciones $1 \times 10^{-4}$
1	3.50	18.50	103.00	2.00	3.50	27.75
2	2.75	8.75	92.25	0.75	26.75	28.00
3	3.00	15.75	154.25	0.00	3.25	48.00
4	1.25	25.50	182.50	0.50	15.75	124.25
5	14.50	26.25	114.50	1.75	7.25	75.50
6	14.50	26.25	117.00	3.75	9.00	50.25
7	14.25	24.00	95.50	3.25	5.00	45.75
8	7.25	37.50	271.50	5.75	19.00	108.25
9	5.00	41.75	229.50	7.00	16.00	139.00
10	15.25	26.25	183.50	8.50	16.50	86.25
11	10.25	23.25	151.75	2.75	9.00	62.50
12	7.00	24.75	228.75	3.00	16.50	93.75
13	1.25	12.25	118.75	1.00	7.25	39.25
14	4.25	28.75	197.50	1.75	8.75	50.25
15	2.00	16.75	110.50	2.00	3.00	36.25
16	4.75	14.25	170.25	2.25	4.50	56.00
17	5.00	42.75	286.25	6.25	28.50	117.50
18	3.50	31.00	297.00	8.00	24.00	108.25
19	3.75	41.75	294.50	6.75	39.75	135.25
20	8.33	22.00	179.50	1.75	16.00	91.50
21	6.25	21.50	159.00	1.75	5.00	80.75
22	2.50	19.50	166.75	4.75	13.50	87.50
23	5.75	23.50	188.00	15.25	23.00	141.25
24	9.00	59.00	379.25	4.75	18.25	63.50
25	20.00	31.25	126.00	7.25	15.00	55.00
26	2.50	19.00	179.50	3.25	4.75	28.25
27	8.75	22.75	126.25	4.00	7.00	58.25
28	7.75	24.25	184.75	1.33	16.75	72.75
29	5.00	16.00	131.75	3.25	12.50	46.00
30	3.25	15.00	138.50	4.00	12.75	75.25
31	6.50	18.25	159.75	3.00	11.00	72.75
32	8.75	28.25	156.75	7.25	20.25	42.00
33	4.00	15.75	211.00	4.00	16.75	45.75
34	3.75	30.50	200.50	4.50	24.50	113.25
35	2.75	14.25	139.00	4.75	12.00	29.50
36	2.05	20.25	182.50	4.50	15.25	72.75
37	7.25	34.50	228.25	3.00	20.75	102.50
38	7.75	40.00	267.00	7.50	46.50	178.75
39	5.00	31.50	209.50	4.25	26.75	148.25
40	7.25	31.50	276.50	7.00	34.50	196.50

Cuadro 4. Resultados de los análisis granulométrico (porcientos de arena, limo y arcilla) y contenido de materia orgánica (M.O.), Nitrógeno total (N<sub>t</sub>), Fósforo (P), Potasio (K), porcientos de carbonatos totales (C.T.) y humedad gravimétrica (H), pH con relación de saturación 1:2, conductividad eléctrica (C.E), practicados en 40 muestras de suelo

No. de muestra	Arena %	Limo %	Arcilla %	M.O. %	N <sub>t</sub> Kg/ha	P Kg/ha	K Kg/ha	pH 1:2	C.T. %	C.E mmhos/cm	Humedad gravimétrica
1	33.6	39.2	27.2	1.6	38.4	---	---	8.0	---	---	4.4
2	35.6	35.2	29.2	1.4	33.6	---	---	8.1	---	---	4.0
3	41.6	33.2	25.2	1.6	38.4	---	---	8.0	---	---	11.9
4	31.6	33.2	35.2	2.5	60.0	---	---	8.0	---	---	2.9
5	47.6	27.2	25.2	3.7	88.8	---	---	8.1	---	---	5.3
6	53.6	25.2	21.2	2.5	60.0	---	---	8.2	---	---	4.3
7	47.6	25.2	27.2	2.5	60.0	---	---	8.2	---	---	4.8
8	52.5	27.5	20.0	2.6	62.4	67.5	+900	7.5	39	1.8	4.2
9	48.0	22.0	30.0	2.2	52.8	45	+900	8.2	42	0.8	9.9
10	46.0	24.0	30.0	2.9	69.6	53.1	+900	7.4	64	2.2	31.6
11	58.0	26.0	16.0	3.0	72.0	42.8	+900	8.1	43.5	1.8	7.5
12	34.0	16.0	50.0	4.2	100.8	54.0	+900	8.2	47.5	1.5	11.1
13	22.0	24.0	52.0	5.1	122.4	67.5	+900	8.1	41.5	1.8	11.6
14	40.0	32.0	28.0	4.3	103.2	86.4	+900	8.1	48.5	2.0	10.9
15	22.0	26.0	52.0	2.7	64.8	57.6	+900	8.1	39.5	2.0	10.8
16	36.0	38.0	26.0	1.2	28.8	20.7	+900	7.3	0.5	0.85	17.9
17	40.0	28.0	32.0	0.73	17.5	20.7	+900	8.1	0.5	0.80	13.5
18	38.0	28.0	34.0	1.0	24.0	23.8	+900	8.1	0.4	1.0	11.1
19	36.0	30.0	34.0	0.98	23.5	16.6	+900	8.2	4.5	1.0	22.4
20	54.0	26.0	20.0	2.2	52.8	34.6	+900	8.3	48.5	0.10	8.0
21	46.0	22.0	32.0	2.7	64.8	45.0	+900	8.1	53.0	1.0	4.7
22	38.0	28.0	34.0	1.3	31.2	65.7	+900	7.9	42.0	2.0	4.5
23	23.6	44.4	32.0	3.2	76.8	49.0	+900	7.7	49.5	0.9	3.9
24	41.6	24.4	34.0	2.2	52.8	57.6	+900	8.3	57.5	0.3	2.7
25	43.6	32.4	24.0	0.48	11.5	41.4	+598	8.1	51.0	0.49	4.0
26	35.6	30.4	34.0	1.0	24.0	42.8	+544	8.2	61.5	0.37	2.5
27	37.6	32.4	30.0	1.2	28.8	23.7	+723	8.2	58.5	0.51	3.5
28	53.6	22.4	24.0	2.9	69.6	49.0	+900	8.2	38.5	0.81	4.6
29	45.6	24.4	30.0	1.8	43.2	42.8	+900	8.1	33.0	0.85	3.7
30	47.6	24.4	28.0	2.4	37.6	57.6	+900	8.3	71.5	0.98	4.0
31	49.6	26.4	24.0	2.4	57.6	49.0	+900	8.3	37.5	0.71	3.0
32	35.6	28.4	36.0	3.7	88.8	103.5	+900	8.2	53.5	1.5	4.1
33	35.6	28.4	36.0	1.8	43.2	92.2	+900	8.2	57.5	1.5	2.9
34	45.6	28.4	26.0	3.7	88.8	112.5	+900	8.3	59.5	1.2	5.2
35	39.6	26.4	34.0	3.0	72.0	112.5	+900	8.3	55.5	1.6	3.6
36	35.6	24.4	40.0	3.9	93.6	69.7	+900	8.2	32.5	1.8	4.4
37	39.6	39.4	30.0	4.3	103.2	57.6	+900	8.2	20.0	0.79	3.8
38	25.6	30.4	44.0	0.68	16.3	49.0	+900	8.2	8.5	2.0	12.1
39	29.6	28.4	42.0	4.1	98.4	63.9	+900	8.2	13.5	2.0	7.6
40	39.6	30.4	30.0	3.4	81.6	112.5	+900	8.2	24.5	2.6	12.3

d) Más práctico. Es más práctico porque no es necesario tener medios de cultivo fundidos a una temperatura de 45°C, ni hay que agitar las placas para que se mezcle el inóculo, ni esperar a que solidifique el medio.

e) Economía: e.1. Es más económico porque se utiliza menos material (placas, medios de cultivo) y no requiere de aparatos especiales. e.2. Ocupa menos espacio en la estufa de incubación, lo que permite colocar un mayor número de muestras o repeticiones al mismo tiempo.

f) Otras ventajas. f.1. Permite evaluar la eficiencia del auxiliar del laboratorio, en lo que se refiere a la calidad de lavado y esterilización del material empleado. f.2. Permite hacer estudios posteriores. Si nos interesa estudiar la morfología colonial o las formas microbianas, podemos ver las primeras directamente, ya que están en la superfi-

cie y en el segundo caso, podemos tomar muestras con el asa de cultivo para hacer frotos, colorearlos y observarlos microscópicamente. Además, en el caso de que nos interese un determinado microorganismo, podemos hacer sub-cultivos a partir de una sola colonia.

#### RECOMENDACIONES

1. Se recomienda el método M.G.C. para los análisis cuantitativos bacterianos en los suelos.
2. La bondad del método M.G.C., es fácilmente constatada en el laboratorio en una prueba comparativa, ya que es rápida, segura y no resulta onerosa.
3. También es adoptada para el recuento de cultivos puros y aislamientos bacterianos.
4. Para recuentos en medios específicos y nuevos trabajos de investigación en microbiología de suelos.

## LITERATURA CITADA

- Alexander, M., 1977. Introduction to soil microbiology. John Wiley and Sons. New York. p. 16-33
- Allen, O.N., 1957. Experiments on soil bacteriology. Burgess Publishing Co. Minnesota, p. 5, 77.
- Brock, T.D., 1976. Biología de los microorganismos. Editorial Omega, S.A. Barcelona. p. 179-181.
- Bryan, A.H., CH.A. Bryan y CH. G. Bryan, 1974. Bacteriología. C.E.C., S.A. México. P. 97-169.
- Burdon, L.K. y P.R. Williams, 1978. Microbiología. Publicaciones Cultural. México. P. 82-91
- Burgues, A. y F.R. Clark, 1971. Biología del Suelo. Ediciones Omega, S.A. Barcelona. P. 27-29.
- Carpenter, C.P., 1969. Microbiología. Editorial Interamericana. México. P. 29, 93, 278.
- Carroll, W., J. Frazier y B. Wilson, 1965. Microbiología General y Aplicada. Ediciones Salvat. México P. 242.
- Chapman, H.D. y F.P. Pratt, 1979. Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas. Editorial Trillas, S.A. México.
- De la Garza Curcho, M., 1974. Modificación I.M.S.S. a la técnica de Kass en Urocultivos. Rev. Méx. de Urología 35:2. 181-186.
- De la Garza Curcho, M. y M.M. Zertuche. 1973-1974. Técnica MGC para recuentos bacterianos en medios líquidos. Inédito.
- Divo, A., 1971. Microbiología Médica. Editorial Interamericana. México P. 8 - 33, 414 - 415.
- Harrigan, W.F. y M.E. Cance, 1966. Laboratory methods in microbiology. Ac. Press. London, New York.
- Jowitz, R., J.L. Melnick y E.A. Adelberg, 1977. Manual de Microbiología Médica. Editorial el Manual Moderno. México. P-77-103.
- Leal, S.J. 1965. Análisis microbiológicos de suelos. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad de Nuevo León. P. 11, 12.
- Martínez, M.E., 1975. El Compost, su valor como material orgánico y la importancia de su aplicación en suelos agrícolas. Tesis profesional. Escuela de Agricultura. Universidad de Guadalajara. P. 5-19.
- Narro, F.E. 1979. Apuntes del curso de Física de Suelos. Colegio de Graduados U.A.A.A.N. Inédito.
- Ostle, B., 1977. Estadística Aplicada. Editorial Limusa, S.A. México. P. 131-184.
- Pramer, D. y E.C. Schidt, 1965. Experimental soil microbiology. Burgess Publishing Co. Minnesota.
- Reyes, C.P., 1980. Diseño de Experimentos Aplicados. Editorial Trillas. México. P. 83-93.
- Salle, W.B., 1961. Bacteriología. Editorial Gustavo Gili España. P. 239-246.
- Sistrom, W.R., 1973. Vida microbiana. C.E.C.S.A. México. P. 161-166.
- Skinner, F.A. y J.C. Carr, 1976. Microbiology in Agriculture. Fisheries and Food. Academic Press, London, New York. P. 19-81.
- Snedecor, W.G. y W.C., Cochran, 1979. Métodos Estadísticos. Compañía Editorial Continental, S.A. México. P. 123-156.
- Wilson, W.P. y G.S. Knight, 1957. Experiments in Bacterial Physiology. Burgess Publishing Co. Minnesota P. 27, 51-57.
- William, G.W. y H.R. Mc. Bee, 1965. Microbiología General. Editorial Continental, S.A. México. P. 61-167.

## IMPORTANCIA AGRICOLA DE LOS PROTOZOARIOS EDAFICOLAS EN LA REGION DE SAN JUAN TEZOMPA, ESTADO DE MEXICO +

Rico-Ferrat, G. \*

### RESUMEN

En la región de San Juan Tezompa, Estado de México, se recolectaron muestras de suelo tipo Andosol Ortico, con el objeto de conocer y estudiar las especies de protozoarios presentes, sus cambios en los diferentes estratos y el de hacer una comparación entre dos zonas de dicho muestreo; una en un bosque templado donde la especie dominante es Pinus hartwegii Lindl, y la otra es una localidad dedicada al cultivo de avena forrajera, Avena fatua var. sativa Linnaeus, ambas zonas contiguas.

Las especies identificadas fueron veintinueve, de las cuales corresponden dieciséis a flagelados, ocho a sarcodarios y cinco a ciliados. Del total de especies encontradas, once se citan por primera vez para la fauna protozoológica de México. Su distribución y abundancia están en función a los cambios ambientales como temperatura, humedad y pH, al tipo de materia orgánica y a factores biológicos como son las diferentes poblaciones presentes de otros organismos, principalmente bacterias. En el bosque de pino, dichos cambios no son tan marcados en relación a los que se presentan en la zona de cultivo de avena, por lo que el número de especies y de individuos es mayor en el bosque, observándose una mayor estabilidad en este último.

En cuanto a los factores biológicos, el estudio nos muestra la relación de las poblaciones protozoológicas con las bacterianas que habitan este medio, controlando las primeras el crecimiento de las segundas, interviniendo en la fertilidad del suelo al propiciar el aumento de la actividad bioquímica de las bacterias fijadoras del nitrógeno, como Azotobacter spp. También se observó que ciertas especies de protozoarios como Oikomonas termo inducen la floculación de las poblaciones bacterianas dando como resultado el reciclaje de los minerales existentes en el suelo.

Los protozoarios descomponen la materia orgánica e intervienen en la formación de humus, junto con las bacterias y hongos, dando lugar a la formación y estabilización de la estructura del suelo.

Por lo tanto, los protozoarios tienen gran importancia agrícola como pecuaria, por el papel que desempeñan en los suelos, junto con otros microorganismos, como son las bacterias.

### ABSTRACT

Two soil samples were collected from an Orthic Andosol at San Juan Tezompa, in order to study the protozoan population as related to soil depth and to the location. One sample was taken from a forest of Pinus hartwegii and the other from an area cropped with avena (Avena fatua). Twenty-nine species of protozoa were found, 16 flagellated, eight sarcodories and five ciliates. Eleven of the twenty-nine found were for the first time acknowledged in Mexico. Distribution and population are related to temperature, moisture, pH, organic matter content and other living organisms such as bacteria. The population density of species and of individuals was larger in the forest than in the cultivated field.

### INTRODUCCION

El suelo es un ecosistema complejo, en donde los microorganismos hacen frente a las interacciones físicas, químicas y biológicas que presentan. La composición de las diferentes especies que habitan este medio, está regida por el equilibrio biológico creado por las asociaciones e interacciones de todos los individuos que se encuentran en la comunidad. Los cambios ambientales trastornan temporalmente el equilibrio que se reestablece, posible-

mente en una forma modificada, conforme la comunidad cambia para adaptarse a las nuevas condiciones (Alexander, 1980).

Uno de estos grupos de microorganismos que existen en el suelo, es el de los protozoarios, quienes constituyen el tercer grupo más abundante, pero el menos estudiado (Bamforth, 1973), a pesar de que los protozoarios del suelo han sido ampliamente investigados desde principios de siglo. Existen trabajos monográficos, como los de

+ Ponencia presentada en el XVI Congreso Nacional de la S.M.C.S.

\* Investigadora del Instituto de Ecología A.C., México, D.F.

Cunningham (1915), Allison (1924) y Sandon (1927a); generales y ecológicos, como los de Alexander (1980), Bamforth (1971, 1973, 1980), Phillipson (1971), entre otros. En México, sólo se han elaborado dos tesis profesionales, Arévalo (1968) y Basurto (1970), en donde se citan las diferentes especies de protozoarios encontrados en un suelo de tipo andosol en ambos casos, siendo la vegetación dominante de pináceas.

El presente trabajo, tiene como fin el conocer y estudiar las especies de protozoarios edafícolas, y sus cambios en los diferentes estratos analizados, haciéndose una comparación entre dos zonas de muestreo: una en un bosque de pináceas en donde la especie dominante es *Pinus hartwegii* Lindl, y otra en una localidad dedicada al cultivo de avena forrajera, *Avena fatua* var. *sativa* Linnaeus, ambas zonas contiguas, localizadas en el Estado de México.

Este es el primero de una serie de trabajos proyectados para conocer la importancia de los protozoarios edafícolas y su relación con las bacterias que habitan en este medio, debido a que los protozoarios realizan una acción antagónica en el suelo, limitando el número de bacterias; además, indirectamente, se lleva al cabo una acción favorable al destruir el exceso de bacterias, entre las cuales, se suprimen otras que producen efectos dañinos, (Alexander, 1980). Por otra parte, los protozoarios intervienen en la fertilidad del suelo, al ejercer una influencia sobre ciertas bacterias fijadoras de nitrógeno como *Azotobacter* spp., aumentando su actividad bioquímica; o bien, su presencia en el suelo estimula la formación de amoníaco, el cual es utilizado por las bacterias nitrificantes, para formar las sales nitradas, que utilizan las plantas para formar proteínas. Por último, realizan una acción favorable directa al descomponer la materia orgánica y al mismo tiempo, intervienen en la formación del humus (Garassini, 1962).

En consecuencia, el papel de los protozoarios ya sea directa o indirectamente en los ecosistemas terrestres es de gran importancia agrícola o pecuaria.

#### MATERIAL Y METODOS

El material estudiado se recolectó en San Juan Tezompa, Municipio de Chalco, Estado de México. Situado a 2730 m. s.n.m. El clima de acuerdo a Köppen modificado por E. García (1968) es un clima cálido, semifrío subhúmedo con lluvias en verano y una precipitación invernal menor al 4%, lo cual se resume en la siguiente fórmula C(E) (W<sub>2</sub>) (W). Las temperaturas medias anuales son de 10 a 12°C, y la precipitación anual de 800 a 1000 mm. El tipo de suelo predominante en la zona de estudio es un andosol órtico, y como secundario se tiene a un regosol calcarino, siendo su textura media, es decir To + R C/2 (Anónimo, 1981)

Las muestras se tomaron durante el otoño de 1982, en una zona de cultivo de temporal de avena forrajera (*Avena fatua* var. *sativa*) y en el bosque de pino (*Pinus hartwegii*) contiguo a dicha zona. En cada una se excavaron pozos de 50 cm. de profundidad, tomándose las muestras de seis niveles (primer nivel de 30 a 40 cm., segundo de 20 a 30 cm, tercero de 10 a 20 cm, cuarto de 5 a 10 cm, quinto de 2 a 5 cm y sexto de 0 a 2 cm de profundidad). Las muestras se tomaron del nivel inferior (primer nivel) al superior (sexto nivel), para evitar posibles contaminaciones.

En el laboratorio se procedió al cultivo de los protozoarios según las técnicas de Singh (1955) y la de Haldar (1965), las cuales en cuatro días dan buenos resultados. Las muestras se dejaron a temperatura ambiente en el laboratorio.

Se elaboraron preparaciones temporales, teñidas con colorantes vitales (azul de metileno, verde de metilo y rojo neutro) y se usaron las técnicas microscópicas de campo claro y de contraste de fases para su estudio.

Las especies de protozoarios se identificaron según Sandon (1927a), Grassé (1952) y Kahl (1935). Para la clasificación de las especies se siguió la Taxa y la Nomenclatura propuestas por Levine et al. (1980), y los trabajos de López-Ochoterena y Roure-Cané (1970) y Madrazo-Garibay y López-Ochoterena (1982), para conocer las especies ya citadas o descritas para México.

#### RESULTADOS Y DISCUSION

Las especies identificadas fueron veintinueve, de las cuales dieciséis corresponden a flagelados, ocho a sarcodarios y cinco a ciliados (tabla 1). El número de individuos o de especies no es elevado debido a la complejidad del ecosistema terrestre, (Marshall, 1976), puesto que se presentan cambios microambientales y biológicos que influyen en su abundancia y distribución.

El mayor número de especies (25) como se puede observar en la tabla mencionada, se localizan en el bosque de pino, en cambio en la zona cultivada se reducen a 16 especies, confirmándose lo observado por Sandon (1927a) y Bamforth (1971), quienes mencionan que las poblaciones de protozoarios varían dependiendo tanto de los factores abióticos como de la vegetación existente. Por consiguiente, dado que las dos zonas difieren en dichos aspectos, las poblaciones estudiadas varían. En el suelo donde predominan las pináceas, al presentarse una mayor estabilidad de los parámetros, humedad y temperatura principalmente, así como de la vegetación, el número de especies es mayor, en relación con la zona de cultivo, en donde la fertilidad del suelo dedicado al cultivo de avena modifica las condiciones microambientales, exponiendo a los microorganismos a dichos cambios.

Como especies abundantes observadas en los cultivos realizados en el laboratorio se tienen a *Bodo saltans*, *Oikomonas termo*, *Monas guttula* y *Chilomonas paramecium* en el bosque y *Monas guttula* y *Bodo edax* en el campo de cultivo de avena (Tabla 1), demostrándose su importancia en el ecosistema suelo, dado que algunas especies como *Oikomonas termo*, inducen la precipitación de las poblaciones bacterianas (Hardin, 1943), presentándose así un reciclaje de los minerales existentes al ser ingeridas las bacterias, y como productos de excreción de los protozoarios se obtienen elementos solubles para las plantas. Por consiguiente, los microorganismos y los productos del metabolismo celular intervienen en forma muy activa en la formación y estabilización de la estructura del suelo (Garassini, 1962), la cual a su vez, tiene un efecto directo sobre el desarrollo de las plantas, permitiendo la aereación, la penetración de las mismas al suelo, y el drenaje del agua, entre otras.

Ciertos géneros como *Bodo*, *Oikomonas* y *Colpoda*, son considerados como los protozoarios más ubicuos (Bamforth, 1971), debido a que poseen un mecanismo de desenquistamiento rápido para facilitar así el aprovechamiento de las bacterias como alimento. Esta ubicuidad es corroborada en el presente trabajo, pues no sólo predominan en las zonas de estudio, sino también en los diferentes estratos estudiados (Tabla 1).

Las relaciones existentes entre los organismos, principalmente testáceos y ciliados, es similar entre ellos (2:1), difiriendo a la obtenida por Bamforth, (1973) quien en bosques de coníferas obtiene una proporción de testáceos-ciliados de 10:1. En cambio, sí existe una di-

Tabla 1. Protozoarios encontrados en la zona de pino (Pinus hartwegii) y en la zona de cultivo de avena (Avena fatua var. sativa)

Especie	Bosque						Cultivo						
	Niveles	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
<u>Oikomonas termo</u> (Ehrenberg)	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+
<u>Monas guttula</u> Ehrenberg *	-	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
<u>Chilomonas paramecium</u> Ehrenberg	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
<u>Scytomonas pusilla</u> Stein*	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-
<u>Distigma (Astasia) proteus</u> (Ehrenberg)*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<u>Allas diplophysa</u> Sandon*	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<u>Helkesimastix faecicola</u> Woodcock y Lapaque*	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<u>Bodo edax</u> Klebs	-	-	-	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+
<u>Bodo saltans</u> Ehrenberg	-	-	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-	-
<u>Cercobodo agilis</u> Moroff*	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
<u>Cercobodo vibrans</u> Sandon*	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<u>Cercomonas crassicauda</u> Dujardin	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	+	+	-
<u>Phyllomitus undulans</u> Stein*	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-
<u>Pleuromonas jaculans</u> Perty	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+
<u>Colponema symmetrica</u> Sandon*	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>Mastigamoeba limax</u> Moroff*	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>Acanthamoeba hyalina</u> Volkonsky	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	+	-
<u>Amoeba (Sappinia) diploidea</u> Hartmann y Nagler	-	-	-	+	-	+	-	-	+	-	-	-	-
<u>Amoeba radiosa</u> Ehrenberg	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+
<u>Naegleria gruberi</u> Alexeieff	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<u>Arcella vulgaris</u> Ehrenberg	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<u>Diffflugia constricta</u> (Ehrenberg)	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<u>Diffflugia globosa</u> Dujardin	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-
<u>Actinophrys vesiculata</u> Penard	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>Colpoda cucullus</u> Ehrenberg	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>Colpoda steinii</u> Maupas	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>Colpidium colpoda</u> (Ehrenberg)	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	-
<u>Pleurotricha lanceolata</u> (Ehrenberg)*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<u>Euplotes patella</u> (Muller)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+

\* Especies citadas por primera vez en México.

ferencia entre las amibas desnudas y con concha presentándose las primeras en general en el suelo cultivado y los testáceos en el bosque; esto quizás se debe a que las amibas soportan más los cambios microambientales o bien su mecanismo de enquistamiento es rápido y efectivo para resistir a dichas alteraciones.

Las especies menos abundantes cualitativamente y cuantitativamente están representadas por los ciliados bacteriófagos (Pleurotricha lanceolata y Euplotes patella), así como por el heliozoario Actinophrys vesiculata. Esta escasez, a pesar de ser habitantes comunes del suelo, puede ser debida en el primer caso al número reducido de bacterias, su principal alimento y en cuanto al heliozoario por las condiciones del hábitat, en donde no le es fácil desplazarse y en consecuencia su alimento es escaso.

La diversidad de especies en los suelos en general no es grande (Sandon, 1927b) y quizás intervenga en esto el tipo de suelo y las condiciones climáticas (Arévalo, 1968 y Basurto, 1970), quienes realizaron sus estudios en suelos del mismo tipo, obteniendo un número de especies reducido como en el presente trabajo.

La profundidad ha sido considerada como otro factor determinante en la distribución de los protozoarios (Sandon, 1927a; Garassini, 1962 y Alexander, 1980), localizándose en la superficie el mayor número de organismos y de especies, los cuales se reducen con la profundidad, aunque se han encontrado en profundidades de un metro o más. En el presente estudio, los resultados obtenidos (Tabla 1) son similares a los citados por los autores mencionados, siendo la profundidad determinante en su distribución, pues se observó que a más de 30 cm no se localizan individuos, y en cambio, en los niveles superiores (0-2 y 5-10 cm de profundidad) los organismos son más abundantes tanto en número de individuos como en especies, dominante siempre el grupo de los flagelados.

A su vez, la diversidad y el número de especies, difieren en ambas zonas de muestreo. En el suelo dedicado al cultivo de avena el número de especies en el nivel superior (0-2 cm) no es tan abundante como en el bosque, debido a que las condiciones de temperatura y humedad principalmente, se modifican continuamente, lo que también ocasiona que el número de bacterias disminuya y en consecuencia al no tener alimento disponible los protozoarios emigran a niveles inferiores, como es el caso del estrato de 2 a 5 cm en donde predominan, o bien pueden enquistarse. Por consiguiente, la profundidad es un factor que influye indirectamente en la distribución de los protozoarios, ya que con ésta las condiciones microambientales cambian y en consecuencia las poblaciones bacterianas también, por lo que el alimento disponible para los protozoarios escasea, siendo las bacterias quienes restringen su distribución principalmente.

## CONCLUSIONES

1. El mayor número de especies se localizan en el bosque de pino, debido a que los factores ambientales son más estables en relación a la zona de cultivo de avena.
2. La diversidad de especies es reducida en ambas zonas de muestreo.
3. La profundidad es un factor limitante en su distribución.

4. Los protozoarios como *Bodo*, *Oikomonas* y *Colpoda* poseen mecanismos de enquistamiento y desenquistamiento rápidos para aprovechar las bacterias como alimento.
5. La especie *Oikomonas termo* induce la agregación de las poblaciones bacterianas, facilitándose el reciclaje de los minerales que serán aprovechados por las plantas.
6. Del total de especies encontradas, once se citan por primera vez para la fauna protozoológica de México.

## LITERATURA CITADA

- Alexander, M. 1980. Introducción a la Microbiología del Suelo. AGT Ed., 491 pp.
- Allison, R.V. 1924. A note of the Protozoan Fauna of the Soils of the United States. *Soil Science*, 18: 339-352
- Anónimo. 1981. Atlas Nacional del Medio Físico. Secretaría de Programación y Presupuesto, México. 224 pp.
- Arévalo Trear, R.E. 1967. Sistemática y Morfología de algunos protozoarios edafícolas aislados de un tipo de suelo de un Ando del Estado de Morelos, México. Tesis Prof. Fac. de Ciencias, UNAM, 41 pp.
- Bamforth, S.S. 1971. The numbers and proportions of Testacea and Ciliates in litters and soils. *J. Protozool.*, 18:24-28.
- Bamforth, S.S. 1973. Population Dynamics of Soil and Vegetation Protozoa. *Amer. Zool.*, 13: 171-176.
- Bamforth, S.S. 1980. Terrestrial Protozoa. *J. Protozool.* 27:33-36.
- Basurto Padilla, C. 1970. Estudio Edafológico y Protozoológico de tres muestras de Andosol Forestal con clima templado. Tesis Prof. Fac. de Ciencias. UNAM. 31 pp.
- Corliss, J.O. 1979. The Ciliated Protozoa. Characterization, Classification and Guide to the Literature. 2nd Ed. Pergamon Press. Oxford. 455 pp.
- Cunningham, A. 1915. Studies on Soil Protozoa. *J. Agric. Sci.*, 7: 47-74.
- Garassini, L.A. 1962. El suelo y su microflora, *Rev. Fac Agronomía (Maracay, Venezuela)*, 4: 1-226.
- Grasse, P.P. (Ed.) 1952. *Traité de Zoologie, Anatomie, Systématique, Biologie*. Tomo I, Fasc. 1: Phylogenie, Protozoaires: Généralités, Flagellés. Masson et Cie., 1017 pp.
- Haldar, D.P. 1965. A simple medium for the culture of the Soil Protozoa. *Proc. Zool. Soc., Calcutta*, 18: 21-23.
- Hardin, G. 1943. Flocculation of bacteria by protozoa. *Nature*, 151: 642.
- Kahl, A. 1930-1935. Urtiere oder Protozoa I: Wimpertiere oder Ciliata (Infusoria), eine Bearbeitung der Freilegenden und ecto-commensalen Infusorien der Erde unter Ausschluss der marinen Tintinnidae. In: Dahl, F. *Die Tierwelt Deutschlands*, Teil 18 (1930), 21 (1931), 25 (1932), 30 (1935): 1-886 pp.
- Levine, N.D. *et al.* 1980. A newly Revised Classification of the Protozoa. *J. Protozool.*, 27: 37-58.
- López-Ochoterena, E. y M.T. Roure-Cané. 1970. Lista Taxonómica comentada de protozoarios de vida libre de México. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.*, 31:23-68.
- Madrazo-Garibay, M. y E. López-Ochoterena. 1982. Segunda lista taxonómica comentada de protozoarios de vida libre de México. *Rev. lat-amer. Microbiol.*, 24:281-295.
- Marshall, K.C. 1976. Interfaces in microbial ecology. Harvard University Press, 156 pp.
- Phillipson, J. 1971. Methods of Study in Quantitative Soil Ecology: population, production and energy flow. IBP Handbook No. 18 Blackwell Scientific Publications Oxford, 51-71.
- Sandon, H. 1927a. The composition and distribution of the Protozoa Fauna of the Soil. Oliver and Boyd, London, 240 pp.
- Sandon, H. 1927b. A study of the protozoa of some American Soils. *Soil Science*, 25:107-119.
- Singh, B.N. 1955. In: Kevan Ed. *Culturing Soil Protozoa and Estimating their numbers in soils*. Soil Zoology, London, 403-411.

## EFFECTO DE TRES METODOS DE LABRANZA SOBRE LA HUMEDAD Y LA EROSION DEL SUELO EN UN CULTIVO DE MAIZ BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL +

Ramírez Romero, J.\*  
Figueroa Sandoval, B.\*  
Alcalde Blanco, S. \*\*  
Turrent Fernández, A.\*\*

### RESUMEN

Debido a la escasez de alimentos, es importante que todas las tierras susceptibles de sembrarse sean aprovechadas, pero los problemas más fuertes para que esto se lleve a cabo son la falta de agua, lo que impide asegurar un buen rendimiento de los cultivos, y que el recurso suelo se mantenga productivo.

Chiautla es una región semiárida ubicada en el suroeste del estado de Puebla en donde la mayor parte de los terrenos agrícolas se siembran con maíz, sin embargo, los rendimientos son bajos. Este trabajo tuvo como objetivo el de probar diferentes sistemas de labranza para ver su efecto sobre la humedad y la erosión del suelo.

Se establecieron dos experimentos con el cultivo de maíz, uno en condiciones de pendiente suave (5 a 7%) y otro en pendiente fuerte (16%), en los que se probaron tres intensidades de labranza: tradicional, sólo surcado y labranza nula. A la vez, se compararon dos distancias entre surcos: 90 y 120 cm en pendiente suave y 60 y 90 cm en pendiente fuerte.

Los resultados obtenidos indican que la precipitación durante el desarrollo de los experimentos no fue tan restrictiva para el cultivo de maíz, como la mayoría de los años, pues estuvo regularmente distribuida.

No obstante que las diferencias con los demás tratamientos no fueron estadísticamente significativas, el tratamiento sin labranza mejoró la capacidad de retención de humedad del suelo, aun cuando habría que mencionar, que debido a la intensidad y al método de muestreo usados para cuantificar la humedad del suelo, estos datos posiblemente no sean buenos estimadores de las condiciones hídricas bajo las que se desarrolló el cultivo, lo que pudo haber ocasionado, entre otros problemas, restricciones en el abastecimiento nutrimental del cultivo. Respecto a la erosión, se encontró que cuando no se remueve el suelo, se reducen sensiblemente los efectos erosivos del agua.

### ABSTRACT

Two field experiments, in order to evaluate the effect of tillage on soil moisture content and erosion were conducted on a 5 to 7 percent and a 16 percent sloping soil of Chiautla, Puebla. Treatments compared were (1) minimum tillage with corn stover as a soil cover and two distances between maize rows, (2) zero slope furrows with 90 and 120 cm spacing in the less sloped soil and 90 and 60 cm in the more sloped soil, conventional tillage with 90 and 120 cm furrow spacings in the 5 to 7 percent sloped soil and 90 and 60 cm in the 16 percent sloped soil.

Differences in soil moisture associated to tillage treatments could not be detected due to a large sampling error. Erosion associated with rainfall was directly related to the degree of soil physical disturbance through tillage. No tillage was associated with the observed minimum erosion damage while conventional tillage was associated with a maximum erosion damage in both soil.

### INTRODUCCION

El área de influencia del Plan Chiautla se encuentra localizada en la parte suroeste del Estado de Puebla, y aun cuando buena parte de su superficie (casi el 16%) es usada para la agricultura con cultivos anuales, se estima que en realidad solamente el 4% o menos de la superficie total reúne las características que debe tener un suelo para ser explotado con cultivos anuales.

El hecho de que se siembre en condiciones desfavorables de suelo y además de clima hace que los rendimientos sean bajos. No obstante esto, debido a las características culturales de los campesinos tanto de esta zona como del resto del país, el maíz se sigue cultivando aunque los costos de producción sean mayores al valor de la cosecha, y que además su producción traiga aparejada la

degradación de algunos componentes del ecosistema, sobre todo en lo que se refiere al suelo.

En la región de Chiautla existen dos condiciones generales que interaccionan para propiciar los bajos rendimientos en el cultivo del maíz: el clima y el suelo. Los factores del clima que en forma más importante inciden negativamente en el cultivo son la precipitación y la temperatura.

El promedio anual de precipitación es de 801.7 mm, y el de temperatura casi de 24°C; no obstante que la precipitación no es muy baja, no es suficiente para el buen desarrollo del maíz, ya que su distribución es muy irregular, se da en forma de tormentas y el nivel de evaporación es muy alto. El hecho de que las precipitaciones se den en forma de aguaceros torrenciales no propicia que

+ Ponencia presentada en el XV Congreso Nacional de la S.M.C.S. México, D.F. 1982.

\* Investigador Docente, Colegio de Postgraduados

\*\* Profesor Investigador Titular, Colegio de Postgraduados.

la humedad penetre a mucha profundidad en el suelo, lo que se ve agravado más aún por las características del suelo: delgado, pedregoso y con pendientes fuertes.

Ante esta situación, y la imposibilidad de darle a esos suelos un uso más apropiado a las características que poseen, y ante la baja producción del cultivo de maíz en esas condiciones, surge la necesidad de probar sistemas de cultivo que a la vez que propicien aumentos en el rendimiento del cultivo, ayuden a la conservación y mejoramiento del suelo.

El presente trabajo tuvo como objetivo el de probar diferentes sistemas de labranza para evaluar su efecto sobre la humedad y la erosión del suelo.

#### HIPOTESIS

1. Cultivando el maíz bajo el sistema sin labranza hay una mayor retención de agua por el suelo.
2. Para reducir el grado de erosión del suelo hay que minimizar la intensidad de labranza.

#### MATERIALES Y METODOS

La región de Chiautla se encuentra entre los 17°55' y 18°37' de latitud norte y los 98°21' y 99°04' de longitud oeste respecto al meridiano de Greenwich a una altura promedio sobre el nivel del mar de 1060 m.

Está constituida por un completo geomorfológico formado por montañas masivas, complejos metamórficos y terrenos plegados de relieve medio y fuerte; es atravesada por los ríos Atoyac, Mixteco, Tlapaneco y Nexapa.

El clima de la región es Aw'lo (w) (i') y con una vegetación dominante tipo selva baja caducifolia.

Bajo las condiciones generales descritas anteriormente se establecieron dos experimentos, el primero de ellos en un terreno con pendiente de 5 al 7% (pendiente suave) y el otro en uno con pendiente del 16% (pendiente fuerte). La distancia entre ambos fue de aproximadamente un kilómetro, por lo que se puede suponer homogeneidad climática entre ellos.

Experimento en pendiente suave.

Este experimento constó de los siguientes seis tratamientos:

1. Labranza mínima (sin uso de arado, con aplicación de tres toneladas de rastrojo de maíz/ha y herbicidas) con distancia entre surcos de 90 cm.
2. Labranza mínima con distancia entre surcos de 120 cm.
3. Solo surcado al contorno (sin barbecho ni labores de cultivo, con aplicación de herbicida), con distancia entre surcos de 90 cm.
4. Solo surcado con distancia entre surcos de 120 cm.
5. Manejo tradicional (barbecho, surcado en contorno y dos labores de cultivo), con distancia entre surcos de 90 cm.
6. Manejo tradicional con distancia entre surcos de 120 cm.

Experimento en pendiente fuerte.

Los tratamientos fueron los mismos que en el experimento

de pendiente suave, excepto en algunas distancias entre surcos.

1. Labranza mínima con distancia entre surcos de 90 cm.
2. Labranza mínima con distancia entre surcos de 60 cm.
3. Solo surcado con distancia entre surcos de 90 cm.
4. Solo surcado con distancia entre surcos de 60 cm.
5. Manejo tradicional con distancia entre surcos de 90 cm.
6. Manejo tradicional con distancia entre surcos de 60 cm.

Las características que fueron comunes a ambos experimentos se mencionan a continuación.

Se usó un diseño de bloques al azar con tres repeticiones: el cultivo establecido en los dos sitios fue maíz fertilizado en promedio con 57 kg de N/ha y 40 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha. En las parcelas que no se usó arado el fertilizante se aplicó en un hoyo a un lado del sitio de siembra.

Cinco días antes de sembrar se aplicó herbicida (Transquat) a la dosis de 540 cc en 18 litros de agua. Posteriormente, a los 20 días después de la siembra, se aplicó Fitoamina 40 a la dosis de 300 cc/10 litros de agua.

La densidad de población usada fue de 35 mil plantas/ha, dejando tres plantas por mata.

La siembra se realizó cuando el suelo se encontraba a capacidad de campo los días 21, 22 y 23 de julio de 1980. El genotipo usado fue el criollo regional denominado "Te huacanero". En los casos que se usó arado, éste fue de tracción animal y la siembra a tapapié. Las labores culturales se dieron a los 20 y 45 días después de la siembra. La cosecha se hizo el día 19 de noviembre.

Observaciones realizadas.

Al momento de la siembra y después a intervalos semanales, se tomaron muestras de suelo a dos profundidades (0-15 y 15-20) con una barrena de gusano para determinar la humedad existente en el suelo. La determinación de humedad se hizo por el método gravimétrico.

Para determinar la densidad aparente (D A) se sacó una muestra de suelo de una excavación de 10 x 10 x 5 cm aproximadamente, la cual se secó al aire y se pasó por un tamiz de 2 mm. El peso del suelo y de la grava se obtuvo poniendo las muestras en una estufa a 110°C durante 24 horas; el volumen que ocupaba dicha muestra de suelo se obtuvo midiendo la cantidad de agua necesaria para llenar el hoyo. La densidad aparente total se calculó dividiendo el volumen ocupado por el suelo entre el peso seco total (suelo + grava); posteriormente se calculó la densidad aparente de la grava por el método del petróleo y con diferencia se calculó la densidad aparente del suelo sin grava. Con estas muestras también se determinó el porcentaje de suelo y de grava.

Para el suelo tamizado se calculó la densidad real por el método del picnómetro; debido a que la grava no era porosa, se supuso que su densidad real era la misma que la del suelo.

Usando la olla y la membrana de presión respectivamente, se calculó el porcentaje de humedad de muestras del suelo superficial (0-15 cm) a 0.33 y 15.0 bars de presión.

El porcentaje de arena, limo y arcilla se determinaron por el método del Hidrómetro de Bouyoucos.

El espacio poroso se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$EP = \left(1 - \frac{DA}{DR}\right) \times 100$$

en donde EP = espacio poroso  
DA = densidad aparente  
DR = densidad real.

El espacio poroso se calculó tanto para suelo con grava como para suelo sin grava, tomando los valores respectivos de densidad aparente.

Para medir el grado de erosión, al momento de la siembra se enterraron 5 clavos de 5 pulgadas con tres repeticiones en cada una de las repeticiones de los tratamientos; el grado de erosión se midió al final del ciclo de cultivo midiendo con una regla cuanto había subido o bajado el nivel del suelo durante ese tiempo. Cuando se perdió suelo, el valor se indicó con un signo positivo (+), y cuando aumentó el nivel del suelo, el valor se indicó con un signo negativo (-). La distribución de los clavos se muestra en la figura 1.

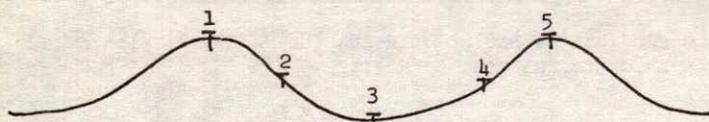


Figura 1. Distribución de los clavos para medir la erosión.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### 1. Características de los sitios experimentales.

El sitio de pendiente suave estaba en una ladera coluvial; el de pendiente fuerte se encontraba en una ladera convexa. Ambos suelos se originaron en rocas metamórficas; los dos sitios eran pedregosos. Una característica importante del sitio de pendiente fuerte es que después del horizonte superficial (Ap) se encontró a 15-70 cm un horizonte AC muy pedregoso; en pendiente suave, hasta una mayor profundidad de 120 cm se detectaron tres horizontes: Ap, A y B.

#### Algunas características físicas de los suelos.

##### Distribución de agregados.

En los dos sitios la textura del suelo fue migajón arenosa; debe mencionarse que antes de hacer la determinación de textura se separaron de las muestras del suelo las partículas mayores de 2 mm, las cuales en peso fueron en promedio el 50%.

El hecho de que el horizonte superficial sea en un 50% grava nos indica, que dicho suelo tiene la mitad de la capacidad de retención de humedad de otro de la misma pero sin grava.

En el terreno de pendiente fuerte (PF)\*, con manejo tradicional hubo una mayor proporción de grava que con cero labranza. Debido a que a poca profundidad (45 cm) hay un horizonte AC con mayor cantidad de grava, era de esperar se que después de varios ciclos de cultivo el arado extrajera cantidades significativas de esa grava, más no de un ciclo para otro, por lo que las razones de que haya encontrado más grava con manejo tradicional deben ser otras.

En pendiente suave sucedió lo contrario: con cero labranza la cantidad de grava fue mayor que con manejo tradicional. En este sitio no había el horizonte de grava que se mencionó en pendiente fuerte, y en observaciones visuales realizadas en este sitio se notó que originalmente había cierto gradiente de pedregosidad superficial hacia el lugar en donde estuvieron las parcelas de cero labranza, por lo que a esto se atribuyen las diferencias, pues no se encontraron evidencias de que los métodos de labranza estuvieron influyendo de alguna manera.

#### Espacio poroso.

En el cuadro 1 se indica el espacio poroso para los diferentes tratamientos.

La densidad real (DR) se calculó para cada uno de los tratamientos, pero debido a que había poca variabilidad, además que no eran de esperarse diferencias, se promedió y se obtuvo un solo valor.

En el experimento de pendiente fuerte, aun cuando las diferencias no son estadísticamente significativas, se nota una clara tendencia de que a menor intensidad de labranza haya mayor porosidad (E.P.). Esto se debe sobre todo al hecho de no disturbar el suelo, con lo que la densidad aparente (DA) disminuye, pues se mantienen abiertos los poros formados durante el ciclo de cultivo anterior a lo cual contribuye también el uso de coberturas, aunque durante el primer año su efecto es reducido. Se puede pensar que la mayor DA se puede deber a una mayor cantidad de grava en el suelo, lo que sólo puede ser cierto en una pequeña proporción, pues al ver los valores en PS nos damos cuenta que no obstante que en LM hay una mayor cantidad de grava, como ya se mencionó anté-

Cuadro 1. Densidad aparente, densidad real y espacio poroso de los suelos en los dos sitios experimentales.

Trat.	D.A. (g/cm <sup>3</sup> )	E.P.		E.P. (%)	
		(g/cm <sup>3</sup> )	* (g/cm <sup>3</sup> )		
LM PF	1.07	2.72	60.66	1.70	37.50
SS PF	1.39	2.72	48.90	1.95	28.31
MT PF	1.54	2.72	43.38	2.17	20.22
DM S <sub>0.05</sub>			18.74		18.09
LM PS	1.28	2.72	52.94	2.03	25.37
SS PS	1.18	2.72	56.62	1.86	31.62
MT PS	1.38	2.72	49.26	1.88	30.88
DM S <sub>0.05</sub>			12.29		8.99

\* Valores calculados para suelo sin grava; en los otros dos casos es para suelo con grava.

riormente, la DA de suelo sin grava es menor en LM, y la de suelo con grava es sólo ligeramente mayor a la de MT; igualmente las diferencias de espacio poroso entre LM y MT en PS son pequeñas en comparación a las detectadas en PF, de donde podemos ver que aun cuando hay más grava, por efecto de no remover el suelo, el espacio poroso se mantiene casi igual que en MT.

## 2. Humedad del suelo y precipitación durante el desarrollo del cultivo.

En las Figuras 2 y 3 y el Cuadro 2 se encuentran los porcentajes de humedad del suelo a dos profundidades (0-20 y 20-30 cm) para los diferentes tratamientos del experimento en pendiente fuerte. El primer aspecto que hay que resaltar es que a una profundidad mayor de 20 cm consistentemente hay un mayor nivel de humedad.

Esto se debe a que a esa profundidad hay un mayor contenido de arcilla en el suelo y menor evaporación de agua; sin embargo, debido a las características del suelo, principalmente debido a que a esa profundidad hay una mayor proporción de grava, las raíces difícilmente llegarán hasta ahí, por lo que esta agua no es de gran utilidad para los cultivos que en esos terrenos se establezcan; en todo caso puede ser una reserva de agua que cuando se seque la parte superficial del suelo ascienda por capilaridad, pero debido a la textura del suelo, no es probable que haya muchos poros finos que sirvan para este fin.

En la Figura 2 es de notarse que en gran parte del ciclo del cultivo, principalmente en la primera mitad, el tratamiento de LM con distancia entre surcos de 60 cm tiene un mayor porcentaje de humedad. Esto se debe a que por la cobertura sobre el suelo, persistieron en él poros relativamente grandes que evitaron el ascenso de agua por capilaridad, dándose solamente la difusión en forma de vapor;

en SS y sobre todo en MT, al disturbarse el suelo se propició la formación de costras con poros de diámetro pequeño por lo que podía ascender una mayor cantidad de agua, y entonces la evaporación bajo estas condiciones fue más intensa propiciándose pérdidas de agua mayores. Desde fines de agosto, el follaje de la planta protegió de la misma manera a ambos tratamientos y este efecto desapareció.

El hecho de que con cero labranza hubiera más humedad con surcos de 60 cm que con surcos de 90 cm nos indica que el arreglo topológico con distancia entre surcos de 60 cm es más eficiente para evitar la evaporación de agua del suelo.

Esto es consistente para los demás tratamientos, sobre todo respecto a que con una distancia entre surcos de 60 cm hay en promedio un mayor nivel de humedad, pero en SS y MT, además de las causas mencionadas las diferencias pueden deberse también a que con una distancia entre surcos más pequeña la velocidad de escurrimiento del agua es menor, lo que hace que el suelo pueda absorber una mayor cantidad de ella. Debe recordarse que en LM no se hicieron surcos, sino que solamente se separaron las hileras de plantas a las distancias deseadas, por lo que lo antes mencionado no puede ocurrir bajo este sistema de manejo.

En este experimento de pendiente fuerte, en promedio el suelo retuvo más humedad con el tratamiento sin labranza y conforme se aumentó la intensidad de labranza, disminuyó la cantidad de humedad retenida, lo que debe asociarse a que principalmente durante la primera mitad del ciclo jugó un papel muy importante el rastrojo usado como cobertura, ya que el suelo, al no estar disturbado, permitió una menor evaporación de agua; durante la segunda mitad las diferencias entre este y los demás tratamientos pueden deberse sólo al efecto de la cobertura y a un posible mejoramiento en la estructura del suelo.

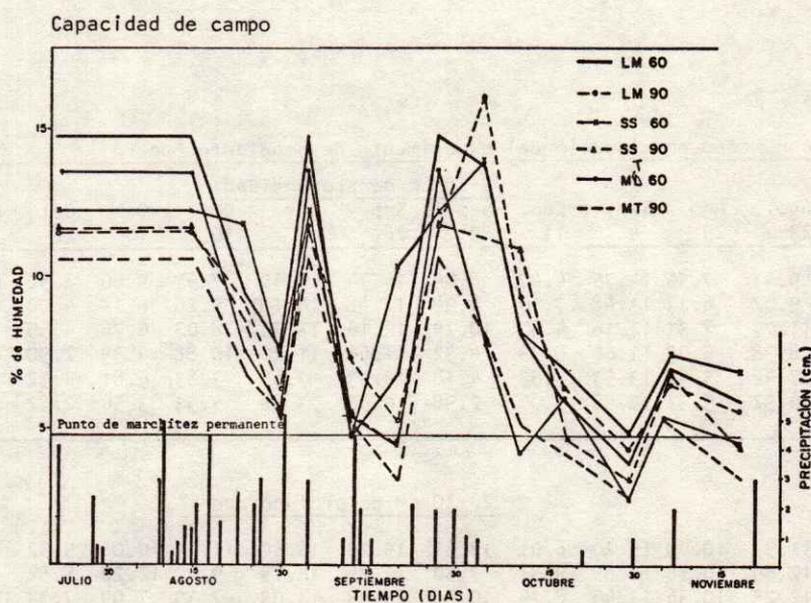


Figura 2. Contenido (%) de humedad en el suelo a 0-20 cm de profundidad y precipitación en el experimento de pendiente fuerte durante el desarrollo del cultivo.

Debe recordarse también, que en las parcelas con manejo tradicional había un mayor porcentaje de grava, lo que hace que el suelo tenga también una menor capacidad de retención de agua. Hay que notar que este tratamiento nunca llega a tener más humedad que los demás.

Los valores de capacidad de campo (0.3 bars) y del punto de marchitez permanente (15.0 bars) obtenido en laboratorio se indican en la Figura 2 por medio de líneas horizontales, sin embargo, debido a que estos valores fueron calculados con suelos sin grava (con partículas menores a 2 mm), se calcula que están sobrestimando los valores reales cuando menos en 4 y 1 unidades respectivamente.

Otro aspecto importante a tomarse en cuenta es, que se hizo solamente un muestreo por semana, por lo que en esta gráfica (al igual que en el sitio de pendiente suave), muy probablemente no se captan algunos períodos en los que hubo falta de agua para las plantas, por ejemplo del 30 de julio al 8 de agosto, o del 4 al 9 de septiembre, y por esta razón no existe una relación clara entre la precipitación y la humedad en el suelo. Hubiera sido conveniente hacer los muestreos más frecuentemente para poderse dar cuenta exacta de los días en los que la humedad del suelo fue una limitante para el desarrollo del cultivo. No obstante, esto no nos impide hacer comparaciones entre tratamientos, ya que las muestras de suelo en cada uno de ellos sí se tomaban el mismo día.

También es importante señalar, que el método usado para tomar las muestras de suelo para evaluar su humedad no fue el más preciso, ya que debido a la grava y a lo relativamente pequeño de la muestra hubo un alto error de muestreo, lo que posiblemente ocasionó que las diferencias entre tratamientos no fueran tan notorias.

En la Figura 2 puede verse, que antes de la madurez fisiológica, sólo el tratamiento de MT 90 (el 19 de septiembre) estuvo en condiciones cercanas a la marchitez permanente. Esto concuerda con las observaciones visuales realizadas en esa fecha, cuando se vio que el tratamiento de LM presentaba síntomas de marchitez leve o no presen-

taba ningún síntoma; en cambio, en el tratamiento de SS había aproximadamente un 10% de marchitez severa, y en MT un 50%; en dicho momento las plantas estaban en floración femenina.

En la Figura 3 puede verse que a 20-30 cm de profundidad existe la misma tendencia en el contenido de humedad que a 0-20 cm, si bien son más marcados los contrastes entre LM y MT, lo que puede deberse a que, como ya se mencionó anteriormente, hay un menor movimiento ascendente de agua en LM como efecto de no remover el suelo y de la cobertera.

Como puede verse en la Figura 4 y 5 y en el Cuadro 3, en el experimento de pendiente suave también hay una mayor capacidad de retención de agua por el suelo a profundidades mayores de 20 cm, pero las diferencias entre 0-20 y 20-40 cm son menores que en el sitio de pendiente fuerte debido a que las diferencias en el contenido de arcilla del suelo en ambas profundidades también son menores, si bien en este sitio después del horizonte Ap no está inmediatamente el horizonte AC que existe en PF, sino que hay otro horizonte A, por lo que podemos pensar que esta humedad retenida a más de 20 cm es posible que la planta la puede aprovechar con mayor facilidad.

Como ya habíamos mencionado en incisos anteriores, al haber un mayor porcentaje de grava en el suelo, éste tiene menor capacidad para retener agua; en PS, sin embargo, el tratamiento sin labranza (que es el que tiene más grava) fue el que con mayor consistencia durante el ciclo (y en promedio), retuvo una mayor cantidad de humedad. Esto se debe al efecto combinado de no disturbar el suelo y de la cobertera. Debido a la grava, aun cuando la humedad es más alta en LM, las diferencias con MT no son tan grandes como en PF.

Debe resaltarse que en los dos experimentos, cuando falta agua, existe la tendencia clara que en LM haya más humedad en el suelo que en MT, lo que representa una gran ventaja para ese tratamiento en años con frecuentes períodos de sequía, y aun cuando el año en que se realiza-

Cuadro 2. Porcentaje de humedad en el suelo del experimento de pendiente fuerte

Trat.	Jul. 21	Ago. 14	Ago. 23	Ago. 29	Sep. 4	Sep. 11	0-20 cm de profundidad								$\bar{X}$	$\bar{Sd}$
							Sep. 19	Sep. 26	Oct. 4	Oct. 10	Oct. 18	Oct. 28	Nov. 6	Nov. 18		
LM 60	14.75	14.75	9.41	7.55	14.75	4.47	6.64	14.74	13.60	7.97	5.60	3.52	6.77	5.67	9.30	4.29
LM 90	11.48	11.48	9.02	6.17	11.48	7.10	4.94	11.48	16.10	9.26	6.18	4.00	6.23	5.36	8.59	3.45
SS 60	12.16	12.16	11.77	7.31	12.16	4.47	10.29	12.16	13.79	8.03	6.76	4.59	7.28	6.71	9.26	3.14
SS 90	11.66	11.66	8.38	5.07	11.66	5.25	4.32	11.66	11.20	10.88	4.39	2.90	6.58	4.07	7.83	3.49
MT 60	13.53	13.53	7.42	5.42	13.53	5.53	4.18	13.53	7.65	3.89	5.81	2.32	5.10	4.22	7.55	4.15
MT 90	10.58	10.58	6.52	5.32	10.58	5.00	2.98	10.58	7.88	4.93	3.96	2.37	5.06	3.00	6.38	3.10

20-30 cm de profundidad

LM 60	15.20	15.20	11.97	10.00	15.20	6.01	12.61	15.20	16.60	11.29	10.06	5.92	9.35	8.28	11.64	3.54
LM 90	12.85	12.85	12.89	10.38	12.85	9.51	7.50	12.85	12.75	9.70	12.20	5.52	8.08	8.23	10.58	2.51
SS 60	13.43	13.43	12.25	10.36	13.43	8.15	10.58	13.43	13.03	7.39	7.09	7.37	10.89	7.45	10.59	2.63
SS 90	13.63	13.63	11.26	8.49	13.63	5.11	6.63	13.63	11.38	8.54	4.87	6.05	6.88	5.80	9.25	3.48
MT 60	13.71	13.71	11.28	8.12	13.71	7.36	6.85	13.71	11.68	8.23	9.57	2.86	8.79	4.60	9.58	3.53
MT 90	13.0	13.0	9.52	8.58	13.0	8.01	4.74	13.0	10.47	4.93	3.78	3.89	4.74	4.21	8.21	3.80

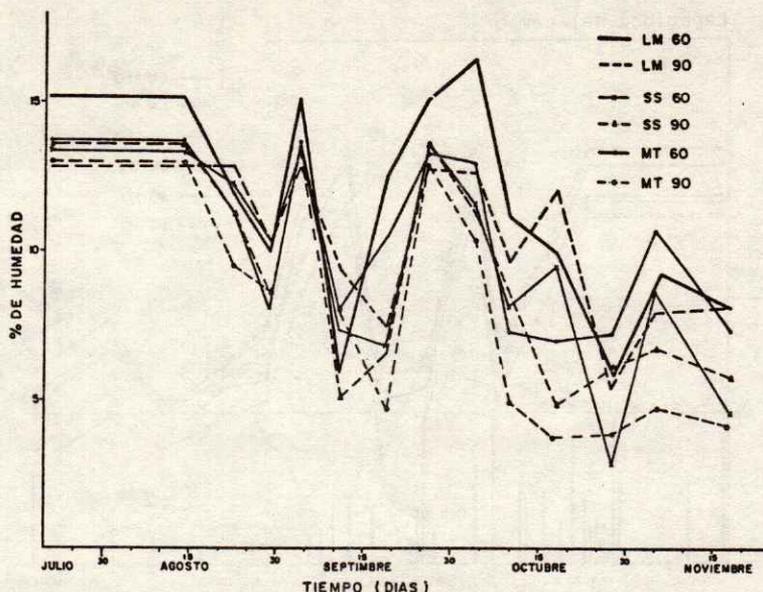


Figura 3. Contenido (%) de humedad de un suelo a una profundidad de 20-30 cm en el experimento de pendiente fuerte durante el desarrollo del cultivo.

ron los experimentos no fue así, este tipo de años sí se presentan con relativa frecuencia en la región.

En la Figura 4, con líneas horizontales se señala la humedad del suelo a capacidad de campo y al punto de marchitez permanente, aunque debe hacerse la misma aclaración que se hizo para PF respecto a que los valores fueron obtenidos con suelo tamizado, por lo que están sobre estimados.

Al igual que en el experimento de PF, antes de llegar a madurez fisiológica sólo hay una fecha en la que el cultivo se acercó al punto de marchitez permanente, aunque es bien notorio que esto fue principal y casi únicamente para las plantas bajo el sistema de manejo tradicional en sus dos distancias entre surcos.

El efecto de la distancia entre surcos sobre la humedad del suelo no es claro, pues en LM y MT la diferencia es a favor de una distancia entre surcos de 90 cm y en SS es al contrario.

Respecto a la precipitación, debe mencionarse que este año estuvo lloviendo relativamente bien, pues aun cuando la precipitación fue menor al promedio anual, estuvo bien distribuida, lo que no ocurre frecuentemente en la región, en donde característicamente caen lluvias torrenciales entre períodos de 7-15 días de sequía, sobre todo en los meses de agosto y septiembre, lo que propicia que en varias ocasiones durante el ciclo de crecimiento las plantas presentan síntomas visuales de marchitez, lo que no se observó este año.

### 3. Erosión del suelo bajo diferentes sistemas de labranza probados.

En los dos sitios experimentales se pusieron clavos para medir el grado de erosión, sin embargo, en el experimen-

to de pendiente suave, por descuido del agricultor entró ganado a su terreno y por consiguiente al sitio experimental; cuando se fue a cosechar el ganado tenía cuando menos tres días en el terreno, por lo que ya no fue posible obtener información de los clavos.

En el Cuadro 4 se indican los promedios (milímetros de suelo perdido) de los cinco clavos que se pusieron en cada una de las parcelas grandes. En LM no se pusieron clavos para las dos distancias entre surcos, ya que la configuración del suelo no se modificó.

Debe aclararse que las mediciones realizadas no fueron muy precisas debido a lo irregular y a la pedregosidad del terreno, por lo que en algunos casos no se observó mucha consistencia entre las repeticiones. A fin de determinar exactamente la cantidad de suelo perdido es necesario poner un mayor número de repeticiones o usar otro método. Sin embargo, hay que recordar que él de los clavos tiene a su favor la facilidad y rapidez con que se establecen y con que se cuantifica la erosión, así como su bajo costo.

A fin de comparar los tratamientos se promediaron los valores de los clavos 1, 2, 4 y 5. No se tomó en cuenta para este caso el clavo 3, ya que si bien éste nos indica la cantidad de suelo que se va acumulando en el fondo del surco, no podemos saber cual es el volumen de este suelo, ya que en esa parte el surco puede ser más o menos ancho.

En base al promedio calculado vemos que el tratamiento de MT con distancia entre surcos de 60 cm es el más erodable, seguido del MT 90, SS y 90, y por último el SS 60 cm sirve para retener más agua, también hay un mayor grado de erosión, lo que a largo plazo haría que la capacidad de retención de humedad también disminuyera.

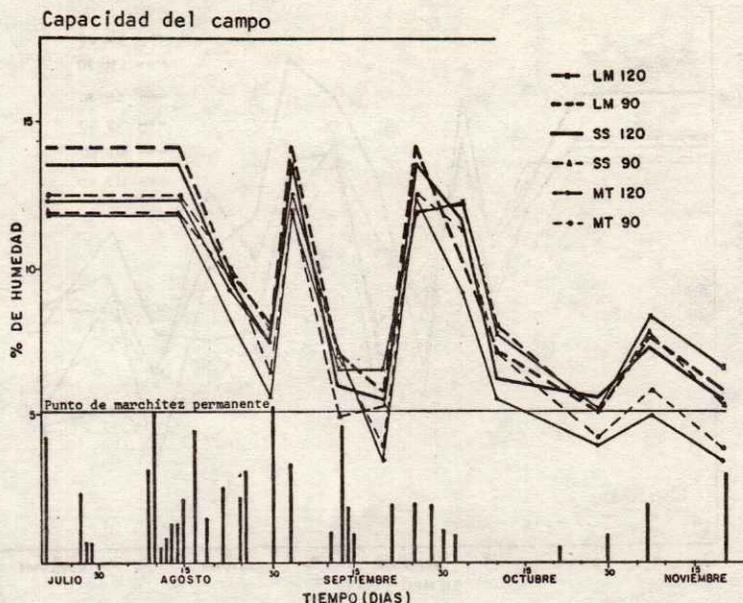


Figura 4. Contenido (%) de humedad en el suelo a una profundidad de 0-20 cm y precipitación en el experimento de pendiente suave durante el desarrollo del cultivo.

El tratamiento con LM es el que ocasiona un menor movimiento del suelo, y es de esperarse que después de uno o dos ciclos más la erosión se reduzca aún más, lo que tiene gran significancia en un terreno con pendiente del 15%.

En SS la erosión es mayor con distancia entre surcos de 90 cm que con la de 60, pero debe notarse que también tiene una mayor cantidad de suelo retenido (clavo 5). Aun que la diferencia entre MT 90 Y SS 60 es muy pequeña, en MT 90 la cantidad de suelo perdido también es muy pequeña, con lo que podemos ver que en MT la erosión es más intensa que en cualquiera de los otros dos manejos proba

dos. (En realidad la erosión puede ser mayor, pues los clavos se pusieron hasta después de sembrar, y por esta razón no se cuantificó el suelo perdido en el lapso de tiempo transcurrido entre el barbecho y la siembra).

Sin lugar a duda, el grado de erosión está relacionado directamente con el número de veces que se remueve el suelo, y es por eso que en LM la erosión tiende a cero, además de que la cobertura, al evitar el golpeo directo de las gotas de lluvia sobre el suelo evita que éste sea fácilmente removido por el agua que escurre, además de que la velocidad de escurrimiento también puede verse reducida por esta misma causa, dando como resultado que el suelo sea menos susceptible a la erosión.

Cuadro 3. Porcentaje de humedad del suelo en el experimento de pendiente suave

Trat.	0-20 cm de profundidad														$\bar{X}$	Sd
	Jul. 21	Ago. 14	Ago. 23	Ago. 30	Sep. 4	Sep. 12	Sep. 20	Sep. 26	Oct. 4	Oct. 10	Oct. 28	Nov. 7	Nov. 20			
LM 120	11.79	11.79	8.25	5.69	11.79	6.58	6.58	11.79	12.16	7.70	5.18	8.32	6.58	8.78	2.68	
LM 90	14.13	14.13	9.93	8.11	14.13	7.11	5.83	14.13	10.12	7.16	5.21	7.62	5.83	9.50	3.52	
SS 120	13.52	13.52	9.58	7.47	13.52	6.04	5.50	13.52	11.60	6.23	5.54	7.25	5.50	9.14	3.50	
SS 90	11.93	11.93	9.71	6.45	11.93	4.92	5.28	11.92	11.14	8.00	5.02	7.85	5.28	8.57	2.97	
MT 120	12.31	12.31	9.28	7.57	12.31	7.15	3.49	12.31	9.17	5.55	3.92	4.92	3.49	7.98	3.55	
MT 90	12.51	12.51	9.98	7.84	12.51	7.01	3.88	12.51	11.39	7.08	4.15	5.84	3.88	8.55	3.51	
20-40 cm de profundidad																
LM 120	12.64	12.64	9.82	7.75	12.64	7.10	6.58	12.64	12.56	10.34	7.05	9.03	6.58	9.80	2.59	
LM 90	14.13	14.13	10.87	8.75	14.13	7.88	9.38	14.13	9.65	9.03	6.80	10.63	9.38	10.68	2.60	
SS 120	14.29	14.29	10.24	8.70	14.29	8.66	8.87	14.29	11.23	9.68	7.41	9.67	8.87	10.81	2.58	
SS 90	13.63	13.63	10.97	10.07	13.63	7.17	10.21	13.63	11.23	10.84	9.89	9.88	10.21	11.15	1.97	
MT 120	14.02	14.02	11.49	9.33	14.02	6.83	6.77	14.02	11.40	8.00	7.81	8.77	6.77	10.25	3.02	
MT 90	14.25	14.25	12.43	8.90	14.25	4.13	6.42	14.25	12.87	8.90	8.05	9.65	6.42	10.37	3.55	

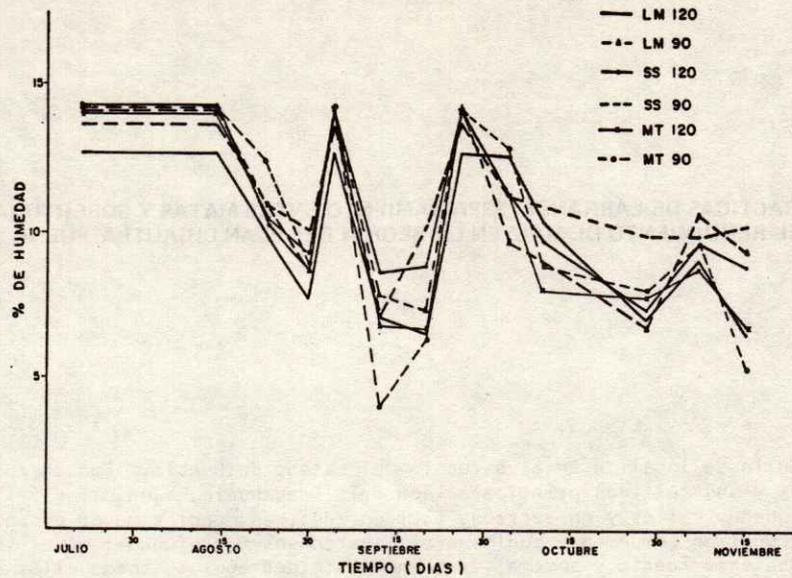


Figura 5. Contenido (%) de humedad en el suelo a 20-40 cm de profundidad en el experimento de pendiente suave durante el desarrollo del cultivo.

Cuadro 4. Erosión (mm de suelo) en los diferentes sistemas de labranza probadas en el experimento de pendiente fuerte

No. de clavo	Suelo perdido (mm)				
	LM60	SS60	SS90	MT60	MT90
1	3.3	6.0	0.0	23.0	7.7
2	1.7	0.7	7.0	15.0	2.7
3	0.0	-15.0	-24.0	-19.3	-4.0
4	0.3	6.7	6.0	5.7	6.7
5	1.0	2.0	7.7	8.0	4.0
$\bar{x}$ (1, 2, 4, 5)	1.6	3.9	5.2	12.9	5.3

#### CONCLUSIONES

1. El método de cero labranza mejora algunas de las características físicas del suelo, lo que se refleja principalmente en un mayor espacio poroso.
2. La humedad que puede retener el suelo es mayor conforme se reduce la intensidad de labranza.
3. El principal y más importante efecto de no remover el suelo es el de reducir fuertemente el grado de erosión hídrica.

## INFLUENCIA DE LAS PRACTICAS DE LABRANZA, ESPACIAMIENTO ENTRE MATAS Y COBERTURA VEGETAL SOBRE EL RENDIMIENTO DE MAIZ EN LA REGION DEL PLAN CHIAUTLA, PUE. +

Gutiérrez R., N. \*  
Castañeda Palomera, A. \*\*  
Peña Olvera, B. \*\*\*  
Ramírez Romero, J. \*\*

### RESUMEN

La región del Plan Chiautla se localiza en el suroeste del estado de Puebla. Cuenta con una superficie agrícola de 38,122 hectáreas y sus cultivos principales son maíz, cacahuete, ajonjolí y frijol. Las áreas de cultivo se localizan en pequeños valles y en terrenos accidentados, en menor y mayor proporción respectivamente. En el primer caso se encuentran comúnmente suelos arcillo-arenosos y profundos; en el segundo, son suelos delgados de lomerío con pendiente fuerte y somera, frecuentemente pedregosos, todos ellos con problemas de erosión. La precipitación anual promedio es de 800 mm, misma que no es suficiente para proporcionar un suministro adecuado de agua a los cultivos y poder lograr altos rendimientos, debido a lo errático de las lluvias y a la presencia de períodos prolongados de sequía.

En virtud de lo anterior, se diseñó un estudio con el objetivo de determinar si las prácticas de labranza mínima, distancia entre matas y la cobertura vegetal en el suelo, incrementan el rendimiento del cultivo único simple de maíz.

Para lograr el objetivo planteado, se estableció un experimento donde se probaron los siguientes factores: 1) Métodos de labranza: tradicional (barbecho, surcado, primera y segunda escarda) y mínima (siembra con barreta únicamente); 2) Distancia entre matas de 0.74 y 0.95 m, y 3) Cobertura vegetal de 0.3 y 6 ton/ha.

Los resultados indican que no hubo diferencia significativa en los rendimientos de los diferentes tratamientos, por lo que se recomienda el uso del método de labranza mínima por su menor costo, porque conserva el recurso suelo y mejora la retención de humedad.

### ABSTRACT

A rainfed field experiment on the effect of soil tillage on maize yields was conducted on a sandy clay, dark brown soil with 60 percent stoniness and a 15 percent slope in Chiautla, Puebla. Factors studied were: 1) conventional and minimum tillage, 2) 74 and 95 cm spacings between hills and 3) 0, 3 and 6 ton per ha dry matter of common weeds. These three factors were arranged according to a 2x2x3 factorial design in split plot design, with two replications, the tillage treatments being assigned to the large plots. All plots were fertilized with treatment 60-40-0 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O). No maize yield response was found, average yield was about 1.2 ton/ha.

### INTRODUCCION

El principal objetivo de los campesinos que practican la agricultura de temporal es el de asegurar la producción de granos básicos para su alimentación, lo que logran cultivando sus tierras aplicando tecnologías desarrolladas por ellos mismos. Los investigadores agrónomos de los Planes Regionales de Desarrollo Agrícola similares al Plan Puebla, tienen entre sus objetivos el de reforzar estas tecnologías hasta llegar a la generación de tecnologías adecuadas a las circunstancias del productor.

En sus primeros años de operación, estos Planes complementaron las tecnologías locales incrementando los rendi-

mientos e ingresos netos de los campesinos mediante la optimización de las dosis de fertilizante y de la densidad de la población en los cultivos anuales. Sin embargo, su éxito dependió en gran medida de las condiciones ecológicas de cada región, siendo mayor en aquellas que tienen temporal benigno; en las que la cantidad de precipitación y/o su distribución constituyen un problema para la obtención de buenas cosechas no ocurrió así.

Este fenómeno es común en la región del Plan Chiautla, Puebla, en donde a pesar de tener una buena precipitación, su distribución es muy heterogénea, ocasionando que en algunos períodos exista sequía, y en otros sea tan elevada la precipitación que cause pérdidas considerables del recurso suelo.

+ Ponencia presentada en el XV Congreso Nacional de la S.M.C.S.  
\* Investigador adjunto. Colegio de Postgraduados.  
\*\* Investigador Docente. Colegio de Postgraduados.  
\*\*\* Profesor-Investigador. Colegio de Postgraduados.

Ante esta situación, los técnicos del Plan Chiautla pretenden iniciar una serie de proyectos que conduzcan hacia una tecnología que optimice el aprovechamiento del agua de lluvia y al mismo tiempo conserve el recurso suelo, dando posibilidad de reducir el riesgo de sequía al cultivo de maíz en esa región.

#### CARACTERISTICAS DE LA REGION

La región del Plan Chiautla se localiza en el Suroeste del Estado de Puebla; limita al Norte, con el Estado de Morelos, al Sur con el de Oaxaca y al Oeste con el de Guerrero. Cuenta con una superficie agrícola de 38,122 ha y sus cultivos principales son maíz, cacahuete, ajonjolí y frijol (Colegio de Postgraduados, 1976).

Toda la región está comprendida en el estrato de 750 - 1 200 mm de precipitación (Colegio de Postgraduados, 1976), con un promedio de 801.7 mm en la población de Chiautla (García, 1973). Aparentemente el total anual es suficiente para abastecer de humedad a los cultivos sin embargo, existe una fuerte variación entre años, que es del orden del 35% (Plan Chiautla, 1976). Esta variación aunada a las elevadas temperaturas, cuyo promedio es de 23.8°C (García, 1973), dan como resultado una alta evaporación del agua, lo que disminuye el aprovechamiento de la precipitación por las plantas.

Las áreas de cultivo se localizan en pequeños valles y en terrenos accidentados, en menor y mayor proporción respectivamente. Comúnmente son suelos de textura arcillo-arenosa, delgados y en muchos casos pedregosos, todos ellos con problemas de erosión.

#### EL PROBLEMA

Tomando en consideración el panorama expuesto en el capítulo anterior, y que en la región del Plan Chiautla no existe una tecnología que considere un uso eficiente del agua de lluvia y conserve el recurso suelo, el problema se plantea de la siguiente manera: ¿Cuál(es) de las prácticas de labranza, cobertura de rastrojo al suelo y la distancia entre matas hace(n) un uso más eficiente del agua de lluvia manifestando a través del rendimiento de maíz?

Considerando la definición del problema, el presente trabajo tuvo como objetivo central el de probar algunas prácticas de labranza y manejo del cultivo buscando hacer un mayor aprovechamiento del agua de lluvia.

#### REVISION DE LITERATURA

La bibliografía consultada para el presente trabajo se clasificó atendiendo a los factores estudiados: métodos de labranza, cobertura de rastrojo en el suelo y distancia entre matas.

##### 1. METODOS DE LABRANZA

La labranza se refiere a las diferentes manipulaciones mecánicas de los suelos con el fin de mantenerlos en condiciones óptimas para el desarrollo de los cultivos (Gavande, 1979). Este mismo autor, define a la labranza mínima como sistema de laboreo que disminuye el número de pasos de maquinaria agrícola, sin que por ello se afecte la buena germinación y producción del cultivo.

Así mismo, Gavande (1979) señala que los suelos con textura mediana o gruesa con cantidades moderadas de humus

conservan una estructura favorable durante los períodos largos, y, por tanto, requieren un mínimo de labranza. Los suelos ricos en arcillas y limos tienden a volverse compactos y masivos y a restringir la circulación de aire y agua. Estos suelos requieren de labranzas más frecuentes y elaboradas.

Laird (1977), menciona que desde el punto de vista de la conservación de suelos, la regla a seguir en la preparación de la tierra es hacer la mínima labranza necesaria para lograr una adecuada cama para la semilla y para el combate de las malezas. Remover el suelo en exceso favorece la formación de costras en la superficie después de la lluvia; esto puede reducir el brote de las plántulas y la tasa de absorción del agua.

Bustamante, Anaya y Ortíz (1977), condujeron un experimento en Chapingo, México, sobre técnicas de labranza en la alternación bianual maíz forrajero - alfalfa. Los trabajos realizados corresponden al segundo ciclo bianual de alfalfa, entre otoño de 1973 y el de 1975. Los factores estudiados fueron arado de discos y subsuelo a los niveles de 0, 1 y 2 pasos de cada implemento, y como término común dos pasos de rastra de discos. Se encontró que la técnica de labranza convencional de la zona es significativamente semejante a la máxima labranza que pueda requerir el suelo del sitio experimental.

Ramírez (1982), estableció dos experimentos de maíz en la región de Chiautla, Pue., uno en pendiente suave y otro en pendiente fuerte, donde estudió tres intensidades de labranza (sin uso de arado, sólo surcado y manejo tradicional: barbecho, surcado y dos labores de cultivo), cuatro dosis de nitrógeno y dos distancias entre surcos. Encontró que el sistema de labranza mínima propicia un mayor almacenamiento de agua en el suelo. En pendiente fuerte el rendimiento promedio en labranza mínima fue mayor que en sólo surcado y manejo tradicional.

##### 2. COBERTURA DE MATERIAL VEGETAL EN EL SUELO

Entre los métodos que disminuyen las pérdidas de humedad del suelo se encuentra el de mantener residuos vegetales en la superficie del mismo. Esta práctica causa sombreado y enfriamiento del suelo, así como la reducción de la velocidad del viento inmediatamente arriba de la superficie, disminuyendo la evaporación por períodos cortos después de la precipitación (Gavande, 1979).

Stallings (1975) menciona que la cobertura de rastrojo conserva la humedad del suelo, mejora las tasas de infiltración de agua y reduce la evaporación del agua del suelo.

Antezana et al. (1979), estudió la influencia de la captación *in situ* de agua de lluvia, cobertura de rastrojo y fechas de siembra en la producción de maíz de temporal en Chapingo, México, y reportan que las cantidades de rastrojo de maíz aplicadas como cobertura ejercieron un efecto positivo en la conservación de la humedad aprovechable del suelo y aumentaron significativamente el rendimiento de grano de maíz.

##### 3. DISTANCIA ENTRE MATAS

Una de las prácticas de cultivo para la máxima utilización de la humedad es el espaciado radicular y la densidad de siembra, regulados por la distancia entre matas.

Todas las plantas en crecimiento extraen agua del suelo y la evaporan de sus hojas y estomas durante el proceso conocido como transpiración. Por lo tanto, controlando

el número y espaciamiento de las plantas ocasiona mayor disponibilidad de humedad y nutrientes para la planta y aumenta así la posibilidad de alcanzar la madurez antes que la humedad se agote (Gavande, 1979).

Tovar y Anaya (1979), en su trabajo sobre captación y aprovechamiento del recurso lluvia, concluyen que el comportamiento de la variable distancia entre matas de maíz está íntimamente relacionada con la distribución de la precipitación pluvial, principalmente en las etapas críticas del ciclo vegetativo. Cuando la cantidad de lluvia es mínima en estas etapas, las distancias que mejor respuestas tienen son las de máxima separación, tanto en la producción de grano como en la de forraje, mientras que cuando la precipitación pluvial está bien distribuida y la cantidad de lluvia que se registra en las etapas críticas es suficiente para satisfacer los requerimientos hídricos de las plantas, la mejor respuesta se obtiene con la mínima separación entre matas.

#### HIPOTESIS Y SUPUESTOS

Las hipótesis planteadas se anotan a continuación:

- 1.- Existen diferencias significativas en los rendimientos de grano de maíz entre la labranza mínima y la tradicional.
- 2.- El sistema de labranza mínima permite mayor ingreso neto que el método tradicional.
- 3.- La cobertura de rastrojo en el suelo aumenta significativamente los rendimientos de maíz.
- 4.- Espaciando la distancia entre matas se incrementan los rendimientos de maíz.

Para la prueba de estas hipótesis se consideraron los supuestos que en seguida se mencionan:

- 1.- La labranza mínima permite una mayor retención del agua de lluvia.
- 2.- La cobertura de rastrojo disminuye la evaporación en zonas de elevada temperatura y consecuentemente permite un mejor aprovechamiento de la humedad del suelo.
- 3.- Un mayor espaciamiento entre matas dentro de cada hilerera permite mayor disponibilidad de agua por unidad vegetal.

#### MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en la comunidad de Cascajote de Bravo, municipio de Chiautla de Tapia, Puebla, en el año de 1981. El terreno en que se estableció el experimento, como la mayoría de los de la región, tiene una pendiente mayor del 15% y acusa fuertemente los efectos de la erosión; la pedregosidad en la superficie es mayor del 60%, la textura es arcillo - arenosa y el color del suelo es café oscuro.

Los factores de estudio fueron: 1) Método de labranza. 2) Distancia entre las matas y 3) cobertura vegetal al suelo, utilizando un diseño de tratamientos equivalente a un factorial  $2 \times 2 \times 3$ , en un arreglo de parcelas divididas con dos repeticiones. En las parcelas grandes se ubicaron los tratamientos de labranza y las parcelas chicas estuvieron formadas por la combinación factorial de distancia entre matas y cobertura vegetal. En el Cuadro 1 se presenta la lista de tratamientos evaluados en la parcela chica.

Cuadro 1. Lista de tratamientos de parcela chica.

No. de tratamientos	Distancia entre matas (cm)	Cobertura al suelo (ton/ha)
1	74	0.0
2	74	3.0
3	74	6.0
4	95	0.0
5	95	3.0
6	95	6.0

Los tratamientos de parcela grande fueron labranza tradicional y labranza mínima. El sistema de labranza tradicional es el empleado por los agricultores de la región y consiste en un barbecho, surcado y primera y segunda labor; el de labranza mínima consistió en realizar la siembra con barreta y controlar las malezas con aplicaciones de herbicidas, es decir, la única remoción del suelo fue la efectuada con la barreta al abrir el hoyo para depositar la semilla.

Como cobertura vegetal se utilizaron hierbas anuales de hoja ancha conocidas regionalmente como "acahuales", las cuales son muy comunes en terrenos de descanso o en las orillas de los cultivos. La cantidad de hierba a emplear se calculó suponiendo una cantidad de humedad del orden del 85%.

El tamaño de la unidad experimental fue de 4 surcos de 5 metros, con una distancia entre surcos de 0.90 m. Previo al establecimiento del experimento se barbechó y surcó en la parte correspondiente a los tratamientos con labranza tradicional; en la correspondiente a la labranza mínima, seis días antes de la siembra se dio la primera aplicación de herbicida, empleando en este caso Esterón 47 a la dosis de 1/ha.

La siembra se realizó el 8 de julio, dando 77 y 95 cm de distancia entre matas, resultando una densidad de plantas/ha de 43,290 y 35,087 respectivamente, considerando tres plantas por mata. El genotipo de maíz utilizado fue el criollo regional.

En los tratamientos de labranza mínima se hizo una segunda aplicación de herbicida después de germinado el maíz utilizando el mismo producto a una dosis de 1.5 l/ha.

La fertilización fue constante para todos los tratamientos; se aplicaron 60 kg de N/ha y 40 kg de  $P_2O_5$  en la primera labor. La cobertura vegetal se aplicó inmediatamente después de la segunda labor.

La cosecha del maíz se realizó el 15 de noviembre. El rendimiento de grano de maíz se expresó en ton/ha con 14% de humedad; a los rendimientos experimentales se les redujo el 20%, ajustándolos de esta manera a los niveles comerciales que se estima obtendrían los productores al emplear esta tecnología.

Una vez concluidos estos ajustes, se procedió a analizar estadística y económicamente los rendimientos de grano.

## RESULTADOS Y DISCUSION

## 1. Efecto de la cobertura.

Tal como puede verse en el Cuadro 2, el hecho de hacer aplicaciones crecientes de material vegetal sobre la superficie del suelo, provoca un leve incremento en el rendimiento de un poco menos de 200 kg en promedio por cada 3 ton de cobertura agregados, sin embargo, estas diferencias distan mucho de ser significativas, como puede verse en el cuadro de análisis de varianza (Cuadro 4).

Pudieron ser varias las causas que impidieron detectar diferencias en el rendimiento. Ramírez (1982) menciona que el efecto de las coberturas sobre la humedad y temperatura del suelo (y por lo tanto sobre el rendimiento) es mayor durante las primeras etapas de desarrollo del cultivo; ya que posteriormente el sombreado de las hojas hace que su efecto sea menor, y como se recordará, en este experimento, la cobertura se aplicó hasta después de la segunda labor, razón por la que su efecto sobre el cultivo fue limitado, y por lo tanto las diferencias en el rendimiento de escasa magnitud.

## 2. Efecto de la distancia entre matas.

Por reducir la distancia entre matas (y aumentar la densidad de población) hay un pequeño aumento en el rendimiento, sin embargo éste no es significativo. Esto nos hace pensar que bajo las condiciones en las que se desarrolló el experimento es indiferente el uso de cualquiera de los dos arreglos topológicos, y que un aumento en la densidad de población provoca demasiada competencia entre las plantas por luz, agua y nutrimentos, lo que hace que el rendimiento por planta se reduzca, aunque por ser mayor el número de plantas, el rendimiento por hectárea aumente (Cuadro 3).

Cuadro 2. Rendimiento de maíz obtenido con diferentes niveles de cobertura.

Cobertura (ton/ha)	Rendimiento (kg/ha)
0	1096
3	1214
6	1472

Cuadro 3. Rendimiento de maíz obtenido a las dos distancias entre matas probadas.

Distancia entre matas (cm)	Rendimiento (kg/ha)
74	1321
95	1200

## 3. Efecto del método de labranza.

De igual manera que en los casos anteriores, no hubo efecto significativo del método de labranza sobre el rendimiento, tal como puede verse en los Cuadros 4 y 5. Esto nos está indicando que no es necesario remover el suelo para que el cultivo se desarrolle y se puedan obtener los mismos resultados que cuando se realizan las prácticas de labranza tradicionales.

Lo anterior nos remite a buscar otras diferencias entre los dos métodos de labranza que nos permitan servir de índice para definir cuál de los dos métodos es el mejor. De acuerdo a los autores mencionados en el capítulo de revisión bibliográfica, desde el punto de vista de conservación de suelos, hacer el mínimo de labranza es el sistema que mayores beneficios reporta. A partir de esto, es de esperarse que a largo plazo un terreno sin labranza, al no erosionarse mantiene (o un determinado caso hasta puede aumentarla) su capacidad de retención de humedad, su fertilidad y algunas de sus características físicas, lo que en suma le confiere una mayor productividad.

Cuadro 4. Análisis de varianza de los resultados experimentales.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F <sub>c</sub>
Repetición	1	4082100.2	4082100.2	73.31
T P G	1	8893.5	8893.5	N. S.
Error a	1	55680.3	55680.3	
Sub total	3	4146674.0		
T P CH	5	945854.0	189170.8	N. S.
Cobertura	2	593752.8	296876.4	N. S.
Dist/matras	1	87604.2	87604.2	N. S.
Cobert x dist	2	264496.6	132248.3	N. S.
TPG x TPCH	5	612326.5	122465.3	N. S.
Error b	10	6065821.5	606582.2	
Total	23	7624002.0		

Cuadro 5. Efecto del método de labranza sobre el rendimiento de maíz.

Método de labranza	Rendimiento (kg/ha)
Labranza mínima	1241.8
Método tradicional	1280.3

## 4. Análisis económico.

Debido a que el objetivo central de este trabajo fue el de comparar los dos métodos de labranza, solamente para

Cuadro 6. Costos variables para el cultivo de maíz en los sistemas de labranza probados.

Factor de costo	Costo por hectárea (\$)	
	Labranza mínima	Labranza tradicional
Barbecho	-----	1,800.00
Surcado	-----	1,200.00
Siembra	1,600.00	400.00
Primera labor	-----	1,600.00
Fertilización (mano de obra)	1,200.00	400.00
Segunda labor	-----	1,200.00
Herbicida (4 l)	800.00	-----
Aplicación de herbicida	400.00	-----
Depreciación de la bomba	300.00	-----
<b>T O T A L</b>	<b>\$ 4,300.00</b>	<b>\$ 6,600.00</b>

éstos se realizó el análisis económico, el que nos indica (Cuadro 6) que si no se realiza ningún tipo de labranza los costos variables se reducen en más de un 30%, por lo que en el presente caso, los ingresos netos son mayores bajo este sistema, pues los rendimientos son prácticamente iguales.

Por otro lado, si aceptamos que si no se realiza labranza la productividad del suelo irá en constante aumento, veremos que de igual manera, conforme pasen más ciclos de cultivo serán mayores las diferencias en el ingreso neto entre los dos sistemas probados. Esta suposición es suficientemente atractiva como para no desecharla sin antes hacer una verificación exhaustiva de su validez, para lo que se hace necesario continuar con este trabajo durante varios ciclos más en esta región.

## CONCLUSIONES

1. No se encontraron diferencias estadísticas en ninguno de los factores probados.
2. Bajo el sistema de cero labranza, los costos variables son cuando menos un 30% menores que si se usa la labranza tradicional.
3. Como consecuencia de las dos conclusiones anteriores, se tiene que si bien el sistema de cero labranza es económicamente mejor, es necesario contar con mayor información para llegar a conclusiones más consistentes.

## LITERATURA CITADA

1. Antezana, T.J., Anaya, G.M., Tovar, S. J.L. y Martínez, G.A. 1979. Influencia de la captación in situ de agua de lluvia, cobertura de rastrojo y fechas de siembra de la producción de maíz de temporal. *Agrociencia* Núm. 38. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.
2. Bustamante, B.I.D., Anaya, G.M., Ortiz, V.B. 1977. Influencia de diversos métodos de labranza en la alteración del medio físico del suelo y el comportamiento de dos variables de alfalfa en la alternación maíz (*Zea mays* L.) - Alfalfa (*Medicago sativa* L.) VI Congreso Latinoamericano y X Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. México.
3. Colegio de Postgraduados. 1976. PRONDAAT. Un enfoque para el desarrollo agrícola en áreas de temporal. Chapingo, México.
4. García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen Instituto de Geografía. UNAM. México.
5. Gavande, S.A. 1979. Física de Suelos. Principios y Aplicaciones. Edit. Limusa. México.
6. Laird, R.J. 1977. Investigación Agronómica para el Desarrollo de la Agricultura Tradicional. Rama de Suelos del Colegio de Postgraduados. Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, Méx.
7. Plan Chiautla. 1976. Estrategias, Avances y Perspectivas. I Informe Anual. Chiautla, Pue.
8. Ramírez, R.J. 1982. Efecto de diferentes métodos de labranza y dosis de nitrógeno sobre el rendimiento de maíz en la región de Chiautla, Pue. Tesis de M.C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.
9. Stallings, J.H. 1975. Soils use and improvement. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J., USA.
10. Tovar, S J.L. y Anaya, G.M. 1979. Captación y aprovechamiento del recurso lluvia como una alternativa para la producción de grano y forraje de maíz en zonas de temporal deficiente. *Agrociencia* Núm. 38. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.

## COMPARACION DEL EFECTO DE DOS TIPOS DE DRENAJE SUBTERRANEO EN SUELO SALINO +

Valero Garza, J. \*

### RESUMEN

Los objetivos del presente trabajo fueron: (a) comparar dos sistemas de drenaje y su efecto en el mejoramiento de un suelo salino, utilizando mediciones de conductividad eléctrica del extracto de saturación; y (b) comparar la eficiencia de los dos sistemas instalados, en base al control que logran sobre el manto freático. El trabajo se realizó en un lote de 100 ha con el sistema de tuberías perforadas cubriendo 45 ha, y otro de norias, también de 45 ha. De acuerdo a los resultados obtenidos en las observaciones de campo, pueden definirse las siguientes conclusiones: (a) el sistema de tubería perforada controla el manto freático en forma más efectiva que el de bombeo de norias; (b) el sistema de bombeo de norias más bien saca agua de los acuíferos subterráneos, en lugar que del propio manto freático; y (c) el sistema de tubería perforada tiene un impacto significativo sobre la conductividad eléctrica del suelo, mientras que el del sistema de bombeo es insignificante.

Se recomendaría en base a las observaciones realizadas, que se continúe usando el sistema de tuberías perforadas para recuperar suelos salinos.

### ABSTRACT

A study was carried out on the irrigated districts No. 025 and 026 of Northern Tamaulipas state, to evaluate the efficiency of two soil drainage methods to reclaim soils from salinity.

The two drainage methods were: perforated pipes and wells to pump out water.

The study was carried out in a farmer field on 45 ha of each system. The following conclusions were obtained: (a) the systems with perforated pipes controlled better the groundwater table than the system with wells; (b) the system with wells removed water from the aquifers rather than from the groundwater table; (c) the system with perforated pipes reduced electric conductivity, while the other system had not significant effect.

It is advised to use the perforated pipes system for reclaiming saline soils.

### INTRODUCCION

En los distritos de riego 025 y 026 de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, ubicados en el norte de Tamaulipas, se contempla la posibilidad de recuperar aproximadamente 10,000 has de suelo salino que se encuentran en áreas con problemas de drenaje interno.

Cabe mencionar que actualmente existen en la región algunos sistemas de drenaje subterráneo ya instalados, lo que ha permitido observar sus resultados, en su mayoría los sistemas emplean tubería perforada enterrada en forma paralela; no obstante, recientemente surgió el sistema de bombeo de norias de 8 a 12 m de profundidad.

Afortunadamente para efectos de comparación, un agricultor instaló el sistema de bombeo de norias junto a uno de tubería perforada, lo que permitió observar el efecto de los dos sistemas en un mismo suelo.

Los objetivos del presente trabajo fueron:

a) Comparar dos sistemas de drenaje y su efecto en el

mejoramiento de un suelo salino, utilizando mediciones de conductividad eléctrica del extracto de saturación, y

b) Comparar la eficiencia de los dos sistemas instalados en base al control que logran sobre el manto freático.

### REVISION DE LITERATURA

El proceso de salinización del suelo consiste en la acumulación excesiva de sales en la zona radicular, que pueden provenir del agua freática del suelo que originalmente las contiene o bien ser aportadas por el agua de riego. El proceso tiene lugar por la alteración del régimen de humedad del suelo y se presenta cuando las aguas de sobre-riego, filtraciones, etc., tienden a elevar el nivel freático, acercándolo a la superficie. En estas condiciones aumenta la evaporación del agua freática que llega a la superficie por capilaridad, dejando en las primeras capas del suelo (zona radicular) las sales que lleva consigo.

+ Ponencia presentada en el XVI Congreso Nacional de la S.M.C.S.

\* Investigador del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.

Sabemos entonces que las sales se acumulan por procesos naturales como la capilaridad y evaporación e influyen directamente en el cambio de los suelos y en la influencia de éstos en las plantas (5).

Los cultivos pueden ser afectados de diversas maneras por los niveles freáticos altos o por exceso de humedad. Algunas veces se afecta el desarrollo radicular, aereación, temperatura del suelo, asimilación de sustancias nutritivas y se generan condiciones propicias para enfermedades radiculares de la planta (6).

Las sales afectan directamente el crecimiento del cultivo cuando:

a) Se reduce la velocidad de absorción de agua y nutrientes de la planta por aumento de la presión osmótica en el suelo.

b) Se acumulan ciertos iones en concentraciones tóxicas.

El efecto de la concentración de sales y el efecto tóxico de algunos iones se clasifican por su peligrosidad, según el cultivo.

La salinidad puede inhibir el desarrollo de las plantas por efectos sobre la nutrición de las mismas, debido a que las plantas varían considerablemente en sus necesidades y capacidades para absorber elementos nutritivos específicos (8).

Las sales contenidas en el suelo son lavadas por el agua de riego y para que éstas no tengan influencia sobre la planta: "el exceso de agua debe pasar la zona radicular y lavar o arrastrar las sales solubles" (6).

Se entiende por drenaje agrícola, el conjunto de acciones realizadas por el hombre, con el fin de eliminar los excedentes de humedad del suelo, donde se verifica el desarrollo radicular de la planta. Su objetivo es retirar el exceso de agua, a fin de mantener la aereación y actividades biológicas que son indispensables en los procesos fisiológicos de los cultivos; así como también la remoción y lixiviación de los altos contenidos de sales.

En las zonas áridas en condiciones naturales, excepcionalmente se presentan problemas de drenaje, por tener una precipitación menor que la evapotranspiración.

Al convertirse en zona de riego, la frecuencia e intensidad de las aplicaciones del agua cambian el régimen de humedad a causa de que la magnitud de los volúmenes aportados es mayor que la de los consumidos. Por otra parte aún en proyectos que han sido diseñados, construidos y operados cuidadosamente, es difícil lograr eficiencias mayores del 60%, lo que significa que casi la mitad del agua de riego no sea utilizada por las plantas y se infiltre, ocasionando que en los estratos transmisores que no sean lo suficientemente capaces para desalojarla con la rapidez necesaria, se provoque un aumento de carga y en consecuencia, una elevación del manto freático, y si el agua presenta fuertes contenidos de sales, éstas también se elevan y causan problemas salinos.

En este caso, el drenaje tiene como objetivo principal abatir los niveles freáticos y la salinidad del perfil donde se desarrolla el sistema radicular (1).

Actualmente se han instalado ocho sistemas de drenaje en la zona, con muy buenos resultados. La mejor experiencia pertenece al Ing. Carlos Holt Buttner, propietario del Rancho Puerto Arturo, Mpio. de Río Bravo, Tamps.

Esta finca fue afectada por la salinidad después del hu-

racán Behula, en septiembre de 1976, y ciertas áreas perdieron totalmente su capacidad productiva.

"En 1978 instalaron en mi granja el sistema de drenaje subterráneo y logré un incremento en producción del orden del 50% en el primer ciclo", expresó el Ing. Holt Buttner. El proceso de recuperación continuó hasta 1981 cuando se obtuvieron seis toneladas de sorgo por hectárea.

Otros agricultores que también han incrementado sus rendimientos por haber instalado sistemas de drenaje, son los siguientes: Sr. Alejandro García Rodríguez, incrementos de 0 a 2 ton en dos años; Sr. Jesús Canales, incrementos de 0 a 3 ton en dos años; Sr. Roberto Juárez Reyes, 1 a 5 ton en dos años y Sr. Alfonso Adame Barocio, 2 a 4 ton en seis meses (todos ellos siembran sorgo).

Existen otros productores más, cuyos altos rendimientos se han estabilizado, ya que tienen varios años de contar con este tipo de drenaje. Todos coinciden en que la única manera de mejorar los suelos problemáticos es a base de un drenaje subterráneo (10).

En algunas áreas el manto freático puede ser profundizado utilizando bombeo de norias. Este método es más efectivo en áreas con acuíferos libres, donde las condiciones no están complicadas con filtraciones ascendentes de acuíferos artesianos en estratos inferiores. El costo inicial de un campo de drenaje por bombeo de norias es usualmente menor que el de los sistemas de drenaje abierto o de tubería de barro; pero la operación y mantenimiento es cara, y al paso de los años los sistemas de drenaje por gravedad, en muchos casos, son más económicos.

Condiciones favorables para un buen éxito por un sistema de drenaje por bombeo de norias económico son:

1. Un adecuado espesor del acuífero no artesiano relativamente homogéneo, usualmente 15 m o más.
2. Una transmisividad alrededor de  $100 \text{ m}^2/\text{día}$  o más.
3. Un satisfactorio rendimiento específico del acuífero.
4. Recargas distantes y condición límite para que se favorezca el mantenimiento de un bajo manto freático por el bombeo de las norias.
5. Suelo, agua y condiciones biológicas no corrosivas o muy levemente agresivas. Un ambiente agresivo puede causar una antieconómica corta vida de las norias y la bomba.
6. Disponibilidad de energía a bajo costo.

Donde los suelos son salinos a través de todo el perfil debido a una cierta aportación de filtraciones de tierras altas y a partir del canal principal de irrigación, mayormente se instalan sistemas de drenaje horizontal, pero están en camino experimentos para comparar este tipo de sistemas con el de bombeo de norias (2, 3 y 9).

#### MATERIALES Y METODOS

El trabajo que se presenta se llevó a cabo en el distrito de riego 025 (Bajo Río Bravo), dentro de la Tercera Unidad del mismo, en el lote ubicado entre las brechas E 120 y 121, N 15 y 16, el cual es jurisdicción del municipio de Río Bravo, Tamaulipas.

El lote está enclavado en suelos arcillosos pesados de la serie "La Barranca" (familia very fine montmorillonitic, hipertermic entic chromustert).

Antes de la instalación de los sistemas, el suelo en cuestión presentaba las siguientes características:

Conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo de 7.10 a 30.72 milimhos/cm, pH de 6.7 a 7.3 y conductividad hidráulica de 0.11 a 0.54 m/día.

En octubre de 1981 se instaló un sistema con 19 tubos de polietileno corrugado, 500 m de longitud con 10.16 cm de diámetro, con ranuras y forrados con un protector de fibra de vidrio; nueve de ellos separados 50 m entre sí y diez con 40 m de separación, todos a una profundidad de 1.70 a 2.00 m con una pendiente de 0.06%, y que cubre una superficie de 45 ha.

En noviembre del mismo año se instaló otro sistema, contiguo al anterior, que consiste en 30 norias de 8 a 12 m de profundidad, dispuestas en dos líneas de 700 m c/u, unidas por tuberías de PVC de 10.16 cm de diámetro y con 250 m de separación entre las mismas, con una bomba de 1.5 H.P. (caballos de fuerza) y que también cubre una superficie de 45 ha.

El sistema de tuberías perforadas empezó a funcionar en noviembre de 1981, pero el de bombeo a principios de junio de 1982.

El monitoreo se inició en marzo de 1982 en el de tuberías perforadas y en junio en el de bombeo.

Debido a lo anterior, el monitoreo de cada uno se llevó por separado y cuentan con algunas diferencias entre sí, como es el caso de la intensidad en el muestreo de suelo y el período de observación.

Se definió como parcela de observación en cada sistema una hectárea (100 m x 100 m). En el sistema de tuberías se buscó que coincidiera con el cambio de espaciamiento entre éstas y en ella se muestreó el suelo en 16 puntos a tres profundidades (0-30, 30-60 y 60-100 cm) formando una cuadrícula de 20 x 20 m; en el de bombeo la parcela se estableció al azar y en ella se muestreó el suelo en cinco puntos, a las mismas profundidades y formando un cuadro de 50 x 50 m con el quinto punto en el centro de la parcela.

En el sistema por tuberías se muestreó el suelo a principios del ciclo tardío (septiembre) y principios del siguiente ciclo (febrero 83); en el de bombeo se muestreó en septiembre de 1982, para darle más tiempo de operación, considerando su retraso, se muestreó hasta junio del 83, en ambos casos se monitoreó el funcionamiento del sistema por un período de 200 días.

En cada parcela de observación se estableció una batería de siete pozos para monitorear el manto freático; en ella se midió la profundidad del manto freático y se tomó muestras de agua del mismo una vez por semana; de estas observaciones se promediaron las lecturas para obtener la profundidad y conductividad eléctrica promedio del manto freático en la fecha de observación, y por medio de análisis de regresión (lineal, logarítmica, exponencial o potencial) se determinó la tendencia que presentan ambas variables.

En cada evento de riego se midió y muestreó el agua del mismo para conocer la cantidad de sales aplicadas; la medición se hizo por el método de sección-velocidad.

En cada sistema se aforó y muestreó el agua de drenaje, una vez por semana, tomando tres lecturas y muestras en cada ocasión; en el sistema de tuberías esto se hizo sólo en cuatro tubos (los del área de influencia de la parcela de observación); estas observaciones se promediaron para obtener el gasto, la conductividad eléctrica del agua drenada y la sal drenada promedio para la fecha de observación; también esta información se analizó por regresión para determinar la tendencia que presenta cada variable.

## RESULTADOS Y DISCUSION

En la Figura 1 se aprecian los diferentes ciclos de drenaje, los cuales son causados por la aportación de agua al sistema. Se observa que el sistema por tuberías controla al manto freático a razón de 2.06 cm/día en promedio; aquí cabe aclarar que no se considera el último ciclo de drenaje, debido a que éste se vio afectado por una lluvia de 5 cm, entre los 185 y 190 días lo que man

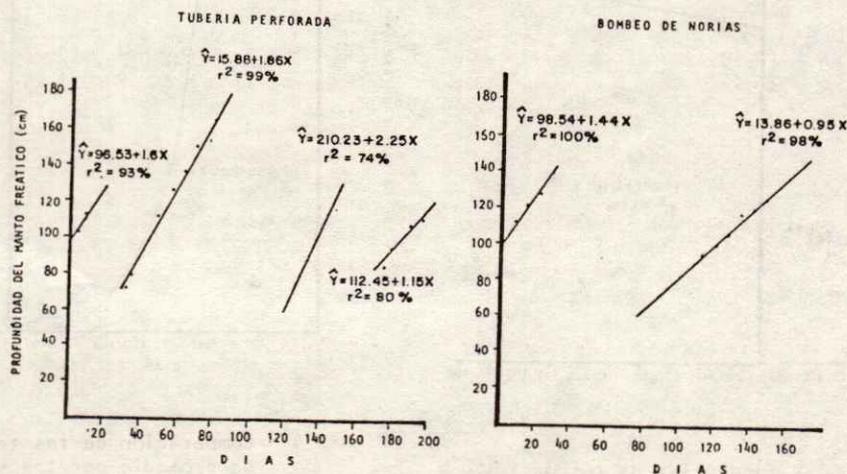


Figura 1. Comparación del movimiento del manto freático en las parcelas con drenaje subterráneo ubicadas en las brechas E 120 y 121, N 15 y 16 del Distrito de Riego 025 en 1982.

tuvo baja la tendencia. El sistema de bombeo controla al manto freático a razón de 1.19 cm/día en promedio, lo que apenas es la mitad del control que logra el otro sistema.

En la Figura 2 es notorio que el gasto del sistema por tuberías está íntimamente relacionado con el tiempo mostrando una distribución potencial, pero en el otro no hay relación entre las dos variables.

En la Figura 3 se observa que la conductividad eléctrica del agua drenada por el sistema de tuberías aumenta a través del tiempo, en cambio en el de bombeo disminuye, esto puede deberse a que el agua que está sacando la bomba corresponde a los acuíferos subterráneos, la que no es propiamente la del manto freático de la parcela en cuestión.

En la Figura 4 se presenta la tendencia de la sal drenada promedio, la cual muestra un extraordinario parecido con las tendencias de los gastos de drenado, lo que nos indica que como era de esperarse, la sal drenada depende del gasto de drenado.

En la Figura 5, se destaca que en el sistema de tubería existe una alta relación entre la profundidad del manto freático y el gasto de drenado, al aumentar la profundidad disminuye el gasto a razón de 1.92 m<sup>3</sup>/día/cm; en el sistema de bombeo estas dos variables no están relacionadas, lo que nos indica que el sistema no tiene control sobre el manto freático de la parcela.

En la Figura 6 se presenta la relación que existe entre la profundidad del manto freático, y la sal drenada la cual es semejante a la que guarda el gasto con este otro factor, esto viene a ratificar que la sal drenada depende del gasto.

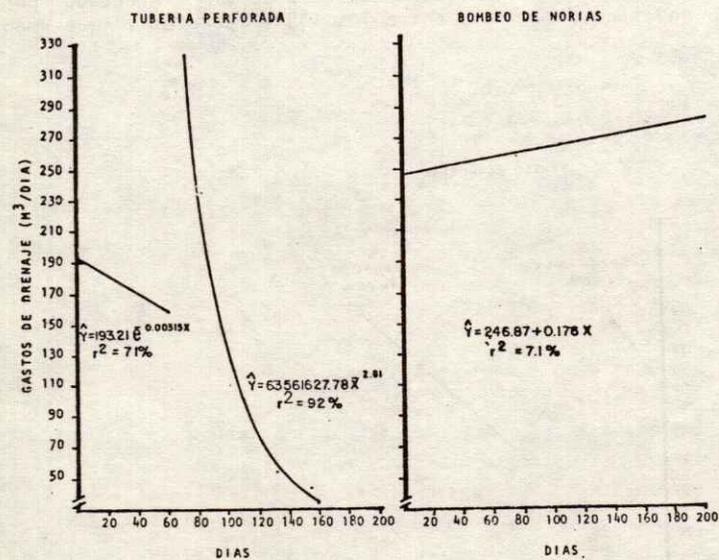


Figura 2. Comparación de las tendencias de los gastos de los dos sistemas de drenaje de la parcela ubicada entre las brechas E 120 y 121, N 15 y 16 del Distrito de Riego 025 en 1982.

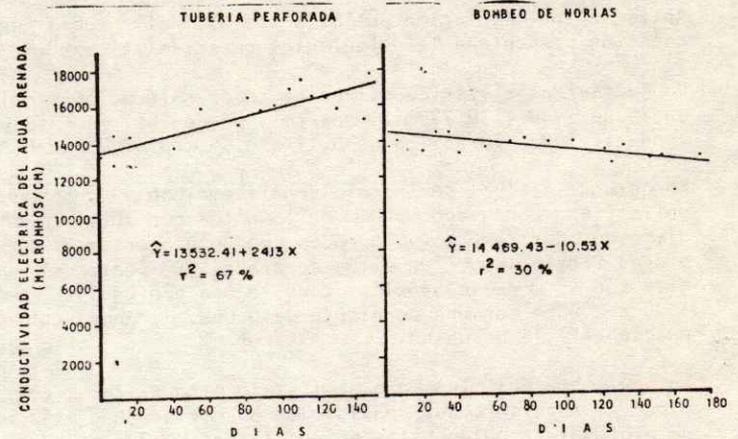


Figura 3. Comparación de la tendencia de la conductividad eléctrica del agua drenada por los sistemas de drenaje subterráneo de la parcela ubicada entre las brechas E 120 y 121, N 15 y 16 del Distrito de Riego 025 en 1982.

En el Cuadro 1 se puede ver que el agua drenada por el sistema de bombeo tiene un promedio de conductividad eléctrica alrededor de 4 000 micromhos menor que la del manto freático, lo que puede ser explicado por la profundidad de bombeo a 8 m, la cual es la profundidad de los acuíferos subterráneos de la región, lo que indica que el agua drenada por este sistema realmente es extraída de los acuíferos subterráneos.

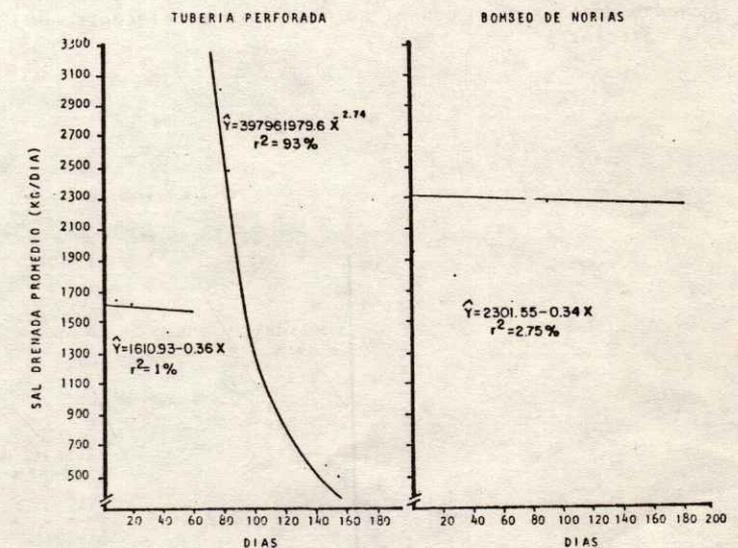


Figura 4. Comparación de las tendencias de la sal drenada promedio por los sistemas de drenaje subterráneo de la parcela ubicada entre las brechas E 120 y 121, N 15 y 16 del Distrito de Riego 025 en 1982.

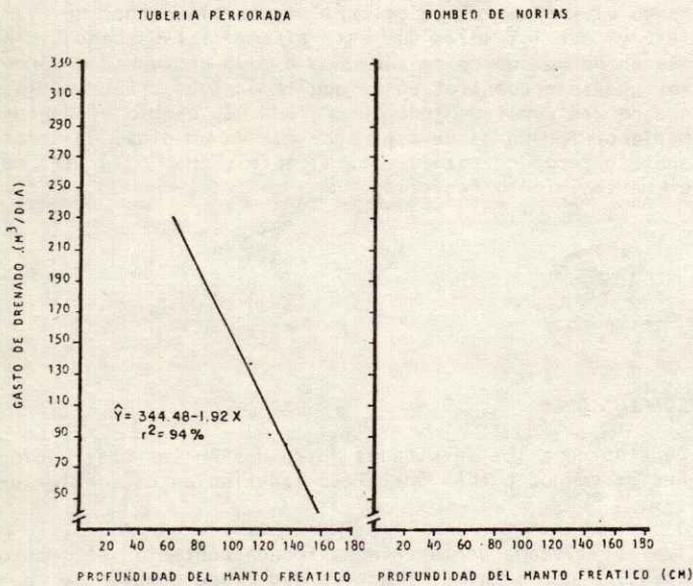


Figura 5. Comparación de las relaciones de la profundidad del manto freático con el gasto de drenado de los sistemas de drenaje subterráneo de la parcela ubicada entre las brechas E 120 y 121, N 15 y 16 del Distrito de Riego 025 en 1982.

Lo anterior contrasta con el sistema de tubería perforada, en donde se aprecia un aumento de casi 8,000 micromhos en relación al manto freático, lo que puede ser explicado por arrastre de sales de estratos superiores hasta la tubería.

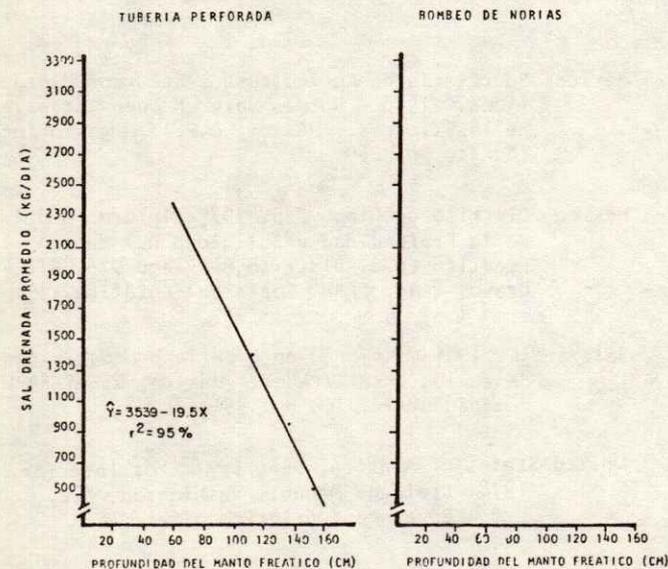


Figura 6. Comparación de las relaciones de la profundidad del manto freático con la sal drenada por los sistemas de drenaje subterráneo de la parcela ubicada entre las brechas E 120 y 121, N 15 y 16 del Distrito de Riego 025 en 1982.

Cuadro 1. Comparación de la diferencia entre la conductividad eléctrica del agua drenada y la del manto freático en los lotes con drenaje subterráneo en 1982.

Día	Bombeo		
	Manto freático	Conductividad eléctrica (micromhos) Agua drenada	Diferencia
1	19 000	13 333	-5667
8	18 571	14 400	-4111
15	20 214	14 400	-5814
21	18 200	13 200	-5000
28	18 157	16 733	-1424
102	19 229	13 333	-5896
106	19 071	12 666	-6405
113	10 757	13 533	+2776
120	16 271	-	-
127	17 271	12 866	-4405
134	15 986	12 900	-3086
141	15 014	11 066	-3948
148	17 086	-	-
$\bar{X}$	17 294	13 493	-3907=-22.6%
	Tubería perforada		
1	8 229	16 017	+7788
9	8 857	16 833	+7976
16	9 200	17 458	+8258
22	8 350	16 500	+8150
29	9 333	16 408	+7075
$\bar{X}$	8 794	16 643	+7849=+89.3%

En 1982, a este suelo se le dio cuatro riegos pesados, de 25 cm con agua de 1 100 micromhos/cm cada uno y otros dos de 15 cm (uno con agua de 1 150 y el otro de 1 180 micromhos/cm); aplicándose en total en el año una lámina de 80 cm de riego en cada sistema, equivalente a 259.1 toneladas de sales. Cabe mencionar también que en el mismo período llovió un total de 31 cm, al cual no aportó sales.

Para ambos casos se estimó la sal drenada acumulada en 200 días de acuerdo a las tendencias de la sal drenada en relación al tiempo, obteniéndose un total de 440 ton en el sistema de tuberías y de 453.2 ton en el sistema de bombeo.

Considerando los dos párrafos anteriores, podemos establecer balances de sales para cada sistema (Cuadro 2).

Considerando solamente esto último se esperaba que los dos sistemas lograrán una mejora similar en el suelo, pero no se comparan. En Cuadro 3 se puede apreciar que disminuyó la conductividad eléctrica en el de tuberías

Cuadro 2. Balances de sales en cada sistema.

Sistema:	Tuberías	Norias
Sales aplicadas	259.1 ton	259.1 ton
Sales drenadas	440.0 ton	453.5 ton
Balace de sales	-180.9 ton	-194.4 ton

Cuadro 3. Diferencias de conductividad eléctrica en el suelo entre septiembre de 1982 y junio de 1983 en la parcela con drenaje subterráneo por bombeo de norias ubicada en la brecha E 120, N 15 y 16 del Distrito de Riego 025.

Pozo	Profundidad	Sep.82	Jun.83	Diferencia
1	0 - 30	21.0	7.75	-13.25
1	30 - 60	14.0	10.0	- 4.0
1	60 - 100	11.5	22.5	+11.0
2	0 - 30	16.0	15.50	- 0.5
2	30 - 60	13.5	13.2	- 0.3
2	60 - 100	10.0	12.2	+ 2.2
3	0 - 30	8.0	9.50	+ 1.5
3	30 - 60	12.0	16.0	+ 4.0
3	60 - 100	13.0	12.4	- 0.6
4	0 - 30	14.8	11.6	- 3.2
4	30 - 60	14.0	11.4	- 3.2
4	60 - 100	7.0	10.4	+ 3.4
5	0 - 30	16.0	16.0	0.0
5	30 - 60	14.0	14.0	0.0
5	60 - 100	10.0	11.2	+ 1.2
$\bar{x} = -1.75$		$\bar{x} = -0.12$		

en 1.72 milimhos/cm promedio por estrato, pero en el de norias, sólo 0.12; esto quiere decir que el sistema por bombeo, con las especificaciones que tiene, no está mejo

rando el suelo, lo que se explica por el balance de sales, ya que las sales que este sistema está sacando, provienen de un cuerpo de suelo de 8 m de profundidad y de las que se encuentran en el acuífero subterráneo, las que pueden venir de toda la región. En cambio el de tubería perforada es de esperarse que en un plazo de tres años se recupere totalmente, siempre y cuando se le dé el mantenimiento requerido.

### CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en las observaciones de campo, pueden definirse las siguientes conclusiones:

- 1.- El sistema de tubería perforada controla el manto freático en forma más efectiva que el de bombeo de norias.
- 2.- El agua drenada por el sistema de norias no es el agua de su propio manto freático.
- 3.- El sistema de tubería perforada tiene un impacto significativo sobre la conductividad eléctrica del suelo mientras que el del sistema de norias es insignificante.

### LITERATURA CITADA

- 1.- De la Peña, I. 1975. Metodología establecida para la determinación y solución de problemas de drenaje en los distritos de riego de la República Mexicana. México, D.F., S.A.R.H.. - Memorándum Técnico No. 341.
- 2.- Donna, W.W. y Schwab, G. O. 1974. Current Drainage methods in the United States of America. American Society of Agronomy Inc. Publ., Drainage for Agriculture, Chapter VI.
- 3.- FAO-UNESCO. 1973. Irrigation, Drainage and Salinity Hutchinson and Co. LTD. London.
- 4.- García, J.L. 1981. Proyecto de drenaje subterráneo, 2a. Etapa de la Rehabilitación del Distrito de Riego 025, Río Bravo, Tam. Distrito de Riego 025. Copias fotostáticas.
- 5.- Grajeda, A. 1978. Comportamiento Físico y Químico del Suelo y Agua; apuntes del curso de capacitación. Centro de Capacitación en irrigación y drenaje, El Carrizo, Sinaloa. Mimeo grafiado.
- 6.- México, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1976. Normas para un buen drenaje de las tierras. México, D.F. Memorándum Técnico No. 250.
- 7.- México, Distrito de Riego 025. 1979. Informe anual de la Profundidad y Salinidad del Manto Freático en el Distrito de Riego 025. Río Bravo, Tamp. SARH. Copia heliográfica.
- 8.- Salazar, F. 1976. Mejoramiento de la productividad de suelos ensalitrados. México, D.F., SARH Memorándum Técnico No. 351.
- 9.- United States of America, Department of Interior. 1978. Drainage Manual. Washington, D.C., U.S. Government printing office.
- 10.- Valdez, C. 1982. Mayor Eficiencia con Drenaje Tecnificado. Monterrey, N.L. El Surco. Marzo y Abril 1982.

## ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO SALINO CON DRENAJE SUBTERRÁNEO POR BOMBEO DE NORIAS +

Valero Garza, J.\*

### RESUMEN

El proyecto de Rehabilitación de los Distritos de Riego 025 y 026 de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, en el Norte de Tamaulipas, contempla en su segunda etapa la instalación de sistemas de drenaje subterráneo por tubería perforada, en algunos lotes agrícolas que presentan problemas de salinidad que comprenden una superficie de 10,000 ha aproximadamente, con una inversión de varios cientos de millones de pesos.

Recientemente surgió un sistema de drenaje por bombeo de norias, siendo un sistema aparentemente más económico.

Los objetivos de este trabajo fueron:

- a) evaluar el avance de la recuperación de un suelo salino, empleando el sistema de bombeo de norias, utilizando como parámetro el cambio de la conductividad eléctrica del estrato de saturación del suelo, y
- b) medir la eficiencia del sistema para controlar el manto freático y para eliminar las sales del suelo.

El trabajo se realizó en un lote de 45 ha ubicado en la III Unidad del Distrito de Riego 025, con conductividad eléctrica desde 7.1 a 30.7 milimhos/cm, con pH de 6.7 a 7.3 y conductividad hidráulica de 0.11 a 0.54, al que recientemente se le instaló un sistema de 30 norias de 8 a 12 m de profundidad, dispuestas en dos líneas de 700 m de longitud cada una, separadas a 250 m. Las norias fueron unidas con tubería de PVC de 10 cm de diámetro, utilizando una bomba de 1.5 H.P.

En base a las observaciones realizadas durante seis meses, pueden mencionarse las siguientes conclusiones:

- 1) El sistema tiene muy poco control sobre la profundidad del manto freático.
- 2) El agua drenada más bien es de los mantos acuíferos subterráneos y no del propio manto freático.
- 3) La disminución en la conductividad eléctrica del suelo fue casi inapreciable, y por lo tanto, el suelo requerirá mucho tiempo para su recuperación en las mismas condiciones.

Se recomienda probar aumentando el número de norias para observar si aumenta su eficiencia.

### ABSTRACT

An experiment was carried out to evaluate the method of pumping water from wells in order to reclaim a saline soil. A 45 hectares plot on the III unit of the Irrigation District No. 25 was used for the study. The soils showed electric conductivity from 7.1 to 30.7 mmhos/cm, pH from 6.7 to 7.3 and hydraulic conductivity of 0.11 to 0.54 m/day. Thirty wells, 8 to 12 m deep, were dug. The wells were connected with PVC pipes of 10 cm diameter, a water-pump of 1.5 hp was used. After six months the following conclusions were obtained.

- 1) The system had little control on the level of the groundwater table.
- 2) The pumped water came mostly from subterranean aquifers rather than from the groundwater table.
- 3) The reduction in electric conductivity was very small, hence it would take a long time for the soil to recover.

It is advisable to try with a larger number of wells.

+ Ponencia presentada en el XVI Congreso Nacional de la S.M.C.S.

\* Investigador del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.

## INTRODUCCION

El problema de la salinidad de los suelos en el distrito de riego del Bajo Río Bravo (025) afecta en diferentes grados y calidades a una superficie de 20,000 ha aproximadamente. La salinidad se mueve con el agua del suelo, y en este distrito la oscilación de los mantos freáticos presenta su nivel más crítico en los meses de abril, agosto y septiembre, afectando anualmente un promedio aproximado de 132,000 ha. Las que comprenden el 64% del área cultivable en el distrito y son potencialmente ensalitrables (7).

En el distrito se está realizando un programa de rehabilitación, que incluye el rescate de los suelos salinos, instalando sistemas de drenaje parcelario subterráneo por tuberías perforadas para combatir el problema de salinidad y sus causas; el grueso de esta etapa de la rehabilitación está por iniciarse pero afortunadamente ya existen algunos predios favorecidos con este tipo de sistemas, lo cual propició el monitoreo y evaluación del efecto que tienen sobre las condiciones edáficas (4). Recientemente surgió un sistema de drenaje por bombeo de norias, siendo un sistema aparentemente más económico.

Los objetivos del presente trabajo son:

- a) Evaluar el avance de la recuperación de un suelo salino, empleando el sistema de bombeo de norias, utilizando como parámetro el cambio en la conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo.
- b) Medir la eficiencia del sistema para controlar el manto freático.

## REVISION DE LITERATURA

El proceso de salinización del suelo consiste en la acumulación excesiva de sales en la zona radicular, que pueden provenir del agua freática del suelo que originalmente las contiene o bien ser aportadas por el agua de riego. El proceso tiene lugar por la alteración del régimen de humedad del suelo y se presenta cuando las aguas de sobre-riego, filtraciones, etc. tienden a elevar el nivel freático, acercándolo a la superficie. En estas condiciones aumenta la evaporación del agua freática que llega a la superficie por capilaridad, dejando en las primeras capas del suelo (zona radicular) las sales que lleva consigo.

Sabemos entonces que las sales se acumulan por procesos naturales como la capilaridad y evaporación e influyen directamente en el cambio de los suelos y en la influencia de éstos en las plantas (5).

Los cultivos pueden ser afectados de diversas maneras por los niveles freáticos altos o por el exceso de humedad. Algunas veces se afecta el desarrollo radicular, aereación, temperatura del suelo, asimilación de sustancias nutritivas y generan condiciones propicias para enfermedades radiculares de la planta (6).

Las sales afectan directamente el crecimiento del cultivo cuando:

- a) Se reduce la velocidad de absorción de agua utrilmentos de la planta por aumentos de la presión ósmotica en el suelo.
- b) Se acumulan ciertos iones en concentraciones tóxicas.

El efecto de la concentración de sales y el efecto tóxico de algunos iones se clasifican por su peligrosidad, según la planta cultivada.

La salinidad puede inhibir el desarrollo de las plantas por efectos sobre la nutrición de las mismas, debido a que las plantas varían considerablemente en sus necesidades y capacidades para observar elementos nutritivos específicos (8).

Las sales contenidas en el suelo pueden ser lavadas por el agua de riego y para que estas no tengan influencia sobre la planta; "El exceso de agua debe de pasar la zona radicular y lavar o arrastrar las sales solubles" (6).

Se entiende por drenaje agrícola, el conjunto de acciones realizadas por el hombre, con el fin de eliminar los excedentes de humedad del suelo, donde se verifica el desarrollo radicular de la planta. Su objetivo es retirar el exceso de agua, a fin de mantener la aereación y actividades biológicas que son indispensables en los procesos fisiológicos de los cultivos; así como también la remoción y lixiviación de los altos contenidos de sales.

En las zonas áridas en condiciones naturales, excepcionalmente se presentan problemas de drenaje, por tener una precipitación menor que la evapotranspiración.

Al convertirse en zona de riego, la frecuencia e intensidad de las aplicaciones del agua cambian el régimen de humedad a causa de que la magnitud de los volúmenes aportados es mayor que la de los consumidos. Por otra parte aún en proyectos que han sido diseñados, construidos y operados cuidadosamente, es difícil lograr eficiencias mayores del 60%, lo que significa que casi la mitad del agua de riego no sea utilizada por las plantas y se infiltre, ocasionando que en los estratos transmisores que no sean lo suficiente capaces para desalojarla con la rapidez necesaria, se provoque un aumento de carga y en consecuencia, una elevación del manto freático, y si el agua presenta fuertes contenidos de sales, estas también se elevan y causan problemas salinos.

En este caso, el drenaje tiene como objetivo principal abatir los niveles freáticos y la salinidad del perfil donde se desarrolla el sistema radicular (1).

En algunas áreas el manto freático puede ser profundizado utilizando bombeo de norias. Este método es más efectivo en áreas con acuíferos libres donde las condiciones no estén complicadas con filtraciones ascendentes de acuíferos artesianos en estratos inferiores. El costo inicial de un campo de drenaje por bombeo de norias es usualmente menor que el de los sistemas de drenaje abierto o de tubería de barro; pero la operación y mantenimiento es cara, y con el paso de los años, los sistemas de drenaje por gravedad en muchos casos son más económicos.

Condiciones favorables para un buen éxito, por un sistema de drenaje por bombeo de norias económicas son:

1. Un adecuado espesor del acuífero no artesiano relativamente homogéneo, usualmente 15 m o más.
2. Una transmisividad alrededor de 100 m<sup>2</sup>/día o más.
3. Un satisfactorio rendimiento específico del acuífero.
4. Recargas distantes para que se favorezca el mantenimiento de un bajo manto freático por el bombeo de las norias.

- Suelo, agua y condiciones biológicas no corrosivas o muy levemente agresivas. Un ambiente agresivo puede causar un antieconómica corta vida de las norias y la bomba.
- Disponibilidad de energía a bajo costo.

Donde los suelos son salinos a través de todo el perfil debido a una cierta aportación de filtraciones de tierras altas y a partir del canal principal de irrigación, mayormente se instalan sistemas de drenaje horizontal, pero están en camino experimentos para comparar este tipo de sistemas con el de bombeo de norias (1, 2, 3 y 9).

### MATERIALES Y METODOS

El trabajo que se presenta se llevó a cabo en el distrito de riego 025 (Bajo Río Bravo), dentro de la tercera unidad del mismo, en el lote ubicado entre las brechas E 120 y E 120+500, N 15 y N 16, el cual es jurisdicción del municipio de Río Bravo, Tamps.

El lote está enclavado en suelos arcillosos pesados de la serie "La Barranca".

Antes de la instalación del sistema el suelo en cuestión presentaba las siguientes características: conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo de 7.0 a 30.72 milimhos/cm, pH de 6.7 a 7.3 y conductividad hidráulica de 0.11 a 0.54 m/día.

En noviembre de 1981 a este lote se le instaló un sistema consistente en 30 norias de 8 a 12 m de profundidad, dispuestas en dos líneas de 700 m c/u., unidas por tuberías de P.V.C. de 10 cm de diámetro y con 250 m de separación entre las mismas, con una bomba de 1.5 H.P. (Caballos de fuerza); el cual cubre una superficie de 45 ha; pero por falta de las instalaciones eléctricas el sistema comenzó a funcionar en junio de 1982.

El monitoreo se inició en el mismo mes, para lo cual se definió como parcela de observación una hectárea ubicada al azar; en ella se muestreó el suelo en cinco puntos, a tres profundidades (0-30, 30-60 y 60-100) formando un cuadro de 50 x 50 m con un quinto punto en el centro de la parcela. Se realizaron dos muestreos, en septiembre de 1982 y en junio de 1983.

En medio de la parcela de observación se estableció una batería de siete pozos para monitorear el manto freático; en ella se midió la profundidad del manto freático y se tomaron muestras de agua del mismo una vez por semana; de estas observaciones se promediaron las lecturas, para obtener la profundidad y conductividad eléctrica, promedio del manto freático en la fecha de observación, y por medio de análisis de regresión se determinó la tendencia que presentan ambas variables.

En cada evento de riego se midió y muestreó el agua del mismo para conocer la cantidad de sales aplicadas; la medición se hizo por el método sección-velocidad.

También se aforó y muestreó el agua de drenaje una vez por semana, tomando tres lecturas y muestras en cada ocasión; estas observaciones se promediaron para obtener el gasto, la conductividad eléctrica del agua drenada y la sal drenada promedio para la fecha de observación; también esta información se analizó por regresión para determinar la tendencia que presenta cada variable.

### RESULTADOS Y DISCUSION

En la figura 1 se aprecian dos ciclos de drenaje los cuales fueron iniciados por la aportación de agua al sistema. En el primer ciclo el manto freático se profundiza a razón de 1.44 cm/día y en el segundo a 0.95 cm/día, generando un promedio de 1.19 cm/día; la diferencia posiblemente se deba a la compactación causada por el laboreo entre los dos ciclos agrícolas.

En la misma figura, se aprecia que la conductividad eléctrica del manto freático no presenta una tendencia definida; en el primer ciclo se mantiene estable entre los 18,000 y 20,000 micromhos/cm pero aparentemente disminuye al aumentar la profundidad del manto freático; en cambio en el segundo ciclo presenta mucha variación pero aparentemente aumenta al aumentar la profundidad.

En la figura 2 se observa que aparentemente la conductividad eléctrica del manto freático aumenta conforme este se profundiza, pero el análisis nos indica que la correlación entre estas variables es muy baja (0.46).

En la figura 3 resalta que el gasto de la bomba presentó muchas variaciones a través del tiempo, sin mostrar una tendencia definida confiable.

La figura 4 muestra que la conductividad eléctrica del agua drenada se mantuvo oscilando entre los 12,000 y 14,000 micromhos/cm con una tendencia a disminuir de 10.53 micromhos/cm/día.

La figura 5 nos enseña que la sal drenada se mantuvo entre 1.5 y 3.0 ton/día, presentando una tendencia a disminuir 340 gr/día.

En la figura 6 no se puede encontrar relación alguna del gasto de la bomba con la profundidad del manto freático; lo que nos indica que el sistema no tiene control sobre el manto freático.

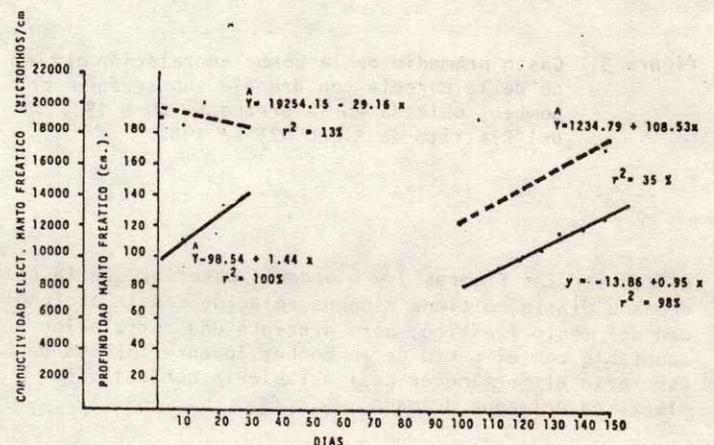


Figura 1. Profundidad y conductividad eléctrica del manto freático en relación al tiempo en la parcela con drenaje subterráneo por bombeo ubicada en las brechas E 120 - N 15 y 16 del Distrito de Riego 025 en 1982.

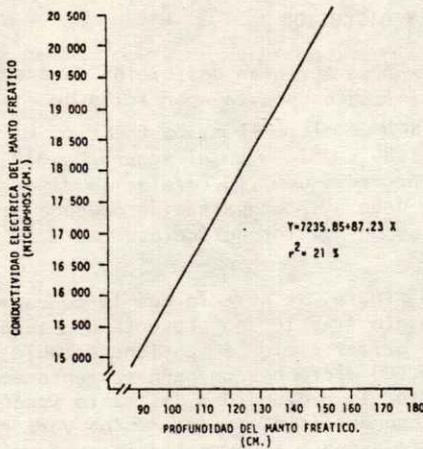


Figura 2. Relación de la conductividad eléctrica del man to freático con la profundidad del mismo, en la parcela con drenaje subterráneo por bombeo de norias ubicada en la brecha E 120, N 15 y 16 del Distrito de Riego 025 en 1982.

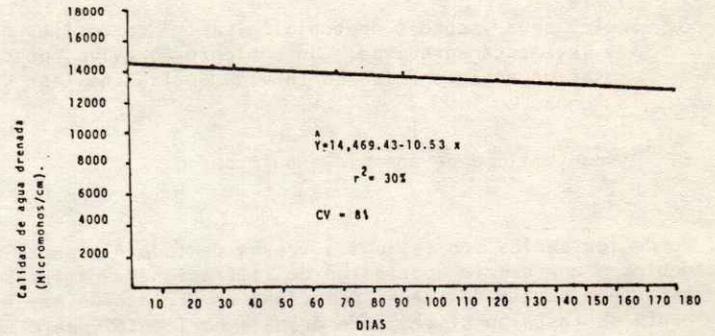


Figura 4. Calidad del agua drenada en relación al tiempo por el sistema de drenaje subterráneo por bombeo de la parcela ubicada en las brechas E 120-N 15 y 16 del Distrito de Riego 025 en 1982.

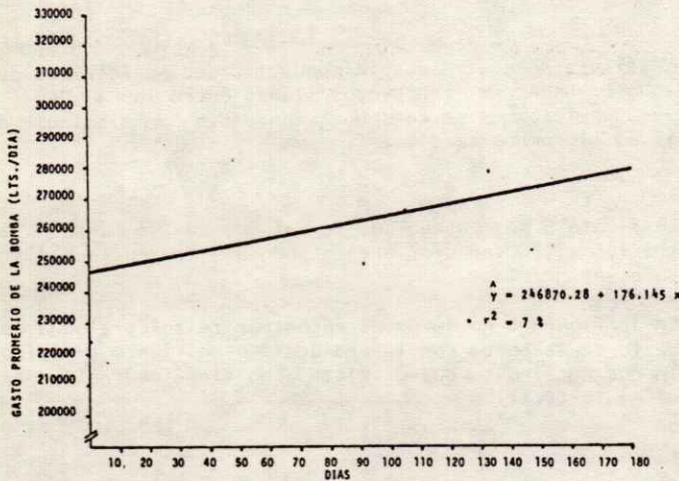


Figura 3. Gasto promedio de la bomba en relación al tiempo de la parcela con drenaje subterráneo por bombeo, ubicada en la brecha E 120-N 15 y 16 del Distrito de Riego 025 en 1982.

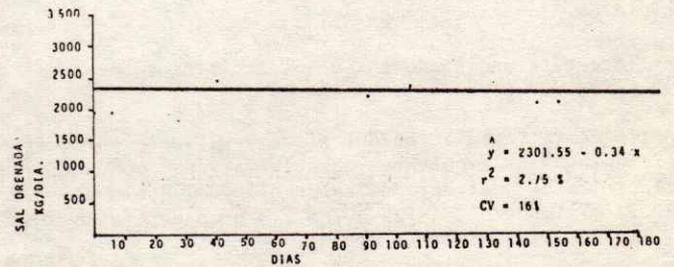


Figura 5. Sal drenada en relación al tiempo en la parcela con drenaje subterráneo por bombeo ubicada en la brecha E 120, N 15 y 16 del Distrito de Riego 025 en 1982.

Al revisar las Figuras 7 y 8 podemos observar que la sal drenada diaria no tiene ninguna relación con la profundidad del manto freático, pero presenta una correlación aceptable con el gasto de la bomba; lo anterior era de esperarse al permanecer casi estable la conductividad eléctrica del agua drenada.

La figura 9 muestra que no existe relación entre la conductividad eléctrica del manto freático y del agua drenada; esto puede ser explicado por la profundidad de bombeo ( 8 m), ubicada en el acuífero subterráneo de la región, lo cual indica que el agua que está sacando la bomba no es la del manto freático de la propia parcela.

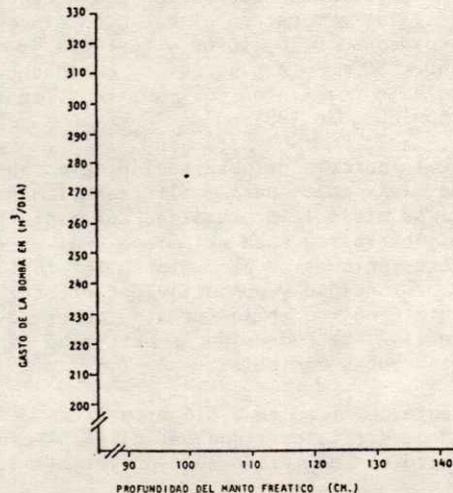


Figura 6. Relación entre la profundidad del manto freático y el gasto de la bomba del sistema de drenaje subterráneo de la parcela ubicada en la brecha E 120, N 15 y 16 del Distrito de Riego 025 en 1982.

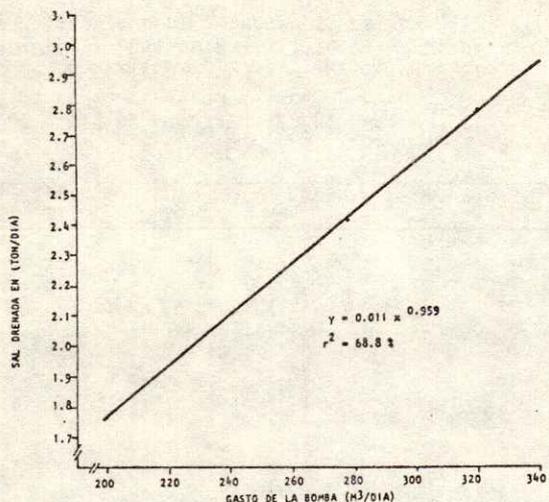


Figura 7. Sal drenada en relación con el gasto de la bomba del sistema de drenaje subterráneo de la parcela ubicada en la brecha E 120, N 15 y 16 del Distrito de Riego 025 en 1982.

La figura 10 confirma lo anterior ya que en ella se aprecia que al aumentar la conductividad eléctrica del manto freático, aumenta la diferencia entre ésta y la del agua drenada, ya que como indica la figura 4, esta última se mantiene entre 1,200 y 14,000 micromhos/cm.

Considerando la figura 5, la cual nos dice que la sal drenada presenta una tendencia a disminuir 340 gr / día con esta relación se estimó la sal drenada acumulada, y la tendencia de la misma se presenta en la figura 11, que nos indica que ésta aumenta a razón de 2.27 ton/día, llegando a drenar 453.5 ton en el período de 200 días.

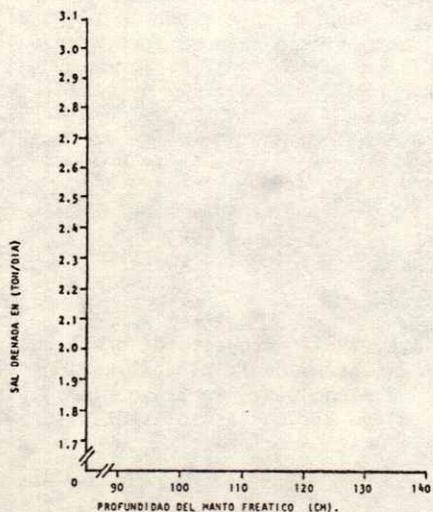


Figura 8. Sal drenada en relación a la profundidad del manto freático en la parcela con drenaje subterráneo por bombeo ubicada en la brecha E 120, N 15 y 16 del Distrito de Riego 025 en 1982.

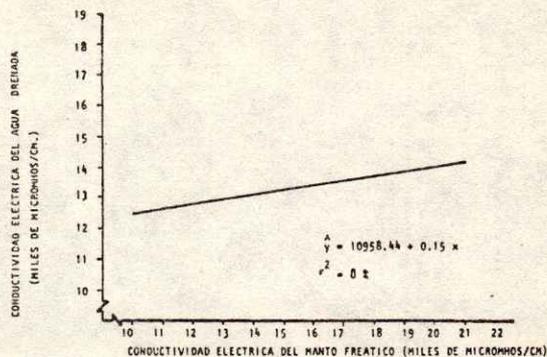


Figura 9. Conductividad eléctrica del agua drenada en relación con la conductividad eléctrica del manto freático en la parcela con drenaje subterráneo por bombeo ubicada en la brecha E 120, N 15 y 16 del Distrito de Riego 025 en 1982.

A este suelo se le aplicaron cuatro riegos pesados en 1982, dos de 25 cm con agua de 1 100 micromhos/cm cada uno, y otros dos de 15 cm, uno con agua de 1 150 micromhos/cm y el otro de 1 180; de riego, que contenían 259.1 ton de sales; cabe mencionar también que en el mismo período llovió un total de 31 cm pero se asume que esto no aportó sales.

Considerando los dos párrafos anteriores, podemos establecer el siguiente balance de sales en el suelo:

sales aplicadas	259.10 ton
sales drenadas	453.50 ton
balance de sales	-194.40 ton

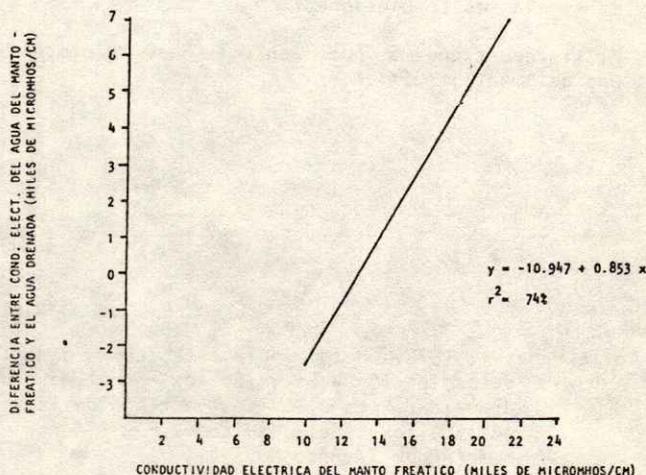


Figura 10. Diferencia entre la conductividad eléctrica del agua drenada y del manto freático a 2.0 m en relación a la conductividad eléctrica del mismo en la parcela con drenaje subterráneo por bombeo ubicada en la brecha E 120, N 15 y 16 del Distrito de Riego 025 en 1982.

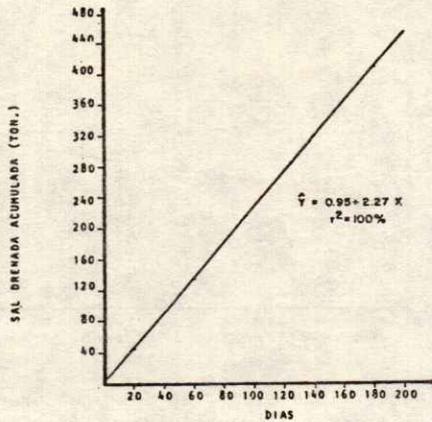


Figura 11. Sal drenada estimada por el sistema de drenaje subterráneo por bombeo de norias de la parcela ubicada en las brechas E120, N 15 y 16 del Distrito de Riego 025 en 1982.

Aparentemente según lo anterior, el sistema drenó todas las sales aplicadas y además sacó del suelo 194.4 ton que representan 75% de las aplicadas; con esto se esperaba una mejoría notoria en el suelo, pero si revisamos el cuadro 1 que presenta las diferencias entre los dos muestreos de suelo, podremos encontrar que la disminución promedio por estrato es de 0.12 milimhos/cm lo que es inapreciable para las plantas, y nos lleva a pensar que las sales drenadas no son precisamente de la zona radicular, sino de un cuerpo de suelo de cuando menos 8m de profundidad y de las que se encuentran en el acuífero subterráneo las que pueden venir de toda la región.

#### CONCLUSIONES

En base a las observaciones realizadas, pueden mencionarse las siguientes conclusiones:

1. El sistema tiene muy poco control sobre la profundidad del manto freático.

Cuadro 1. Diferencias de conductividad eléctrica en el suelo entre septiembre de 1982 y junio de 1983 en la parcela con drenaje subterráneo por bombeo de norias ubicada en la brecha E 120, N 15 y 16 del Distrito de Riego 025.

Pozo	Profundidad	Sep. 82	Jun. 83	Diferencia
1	0 - 30	21.0	7.75	-13.25
1	30 - 60	14.0	10.0	- 4.0
1	60 - 100	11.5	22.5	+11.0
2	0 - 30	16.0	15.50	- 0.5
2	30 - 60	13.5	13.2	- 0.3
2	60 - 100	10.0	12.2	+ 2.2
3	0 - 30	8.0	9.50	+ 1.5
3	30 - 60	12.0	16.0	+ 4.0
3	60 - 100	13.0	12.4	- 0.6
4	0 - 30	14.8	11.6	- 3.2
4	30 - 60	14.0	11.4	- 3.2
4	60 - 100	7.0	10.4	+ 3.4
5	0 - 30	16.0	16.0	0.0
5	30 - 60	14.0	14.0	0.0
5	60 - 100	10.0	11.2	+ 1.2
				$\bar{X} = -1.75$
				$\bar{X} = -0.12$

2. El agua drenada por el sistema no es el agua de su propio manto freático.
3. La disminución de la conductividad eléctrica del suelo fue casi inapreciable y por lo tanto el suelo requerirá mucho tiempo para su recuperación en las mismas condiciones.

#### LITERATURA CITADA

1. De la Peña, I. 1975. Metodología establecida para la determinación y solución de problemas de drenaje en los distritos de riego de la República Mexicana. México, D.F., S.A.R.H., Memorandum Técnico No. 341.
2. Donnan, W.W. y Schwab, G.O. 1974, Current drainage methods in the United States of America. American society of agronomy Inc. Publ. drainage for agriculture, chapter VII.
3. FAO-UNESCO. 1973. Irrigation, drainage and salinity, Hutchinson and Co. Ltd. London.
4. García, J.L. 1981. Proyecto de drenaje subterráneo, 2a. etapa de la rehabilitación del distrito de riego 025, Río Bravo, Tam., Distrito de Riego 25, copias fotostáticas.
5. Grajeda, A. 1978. Comportamiento físico y químico del suelo y agua, apuntes del curso de capacitación. Centro de capacitación en irrigación y drenaje, El Carrizo, Sinaloa. Mimeografiado.

6. México, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1976. Normas para un buen drenaje de la tierra. México, D. F. Memorandum Técnico No. 250.
7. México, Distrito de Riego 025. 1979. Informe anual de la profundidad y salinidad del manto freático en el distrito de riego 025. Río Bravo, Tamp. SARH. Copia heliográfica.
8. Salazar, F. 1976. Mejoramiento de la productividad de suelos ensalitrados. México, DF., SARH. Memorandum técnico No. 351.
9. United States of America, Department of Interior. 1978. Drainage manual. Washington, D.C. U.S. Government Printing Office.

## DETERMINACION DE LAS CONDICIONES ACTUALES DE SALINIDAD Y DRENAJE EN UNA AREA EXPERIMENTAL LOCALIZADA EN EL EJIDO DE PARRAS, COAH. +

Cortés Bracho, J. J. \*

### RESUMEN

Desde diciembre de 1980 hasta noviembre de 1981, se hicieron trabajos en el Ejido Parras, Municipio de Parras Coahuila, sobre el establecimiento de una Area Experimental de Salinidad y Drenaje, que comprende 55.27 hectáreas de las cuales se levantaron su altimetría y planimetría, se hizo una cuadrícula de 150 metros por lado y se estableció en cada vértice de la misma un pozo de observación, midiendo previamente en él la conductividad hidráulica por el método del agujero de la barrena. Al hacer las perforaciones, la tierra extraída sirvió de muestra para su análisis físico y químico, y posteriormente se equipó el pozo abierto con un adame para su protección y para hacer lecturas subsecuentes tanto de profundidad del nivel freático como muestreo del agua subterránea. Se establecieron también 10 pruebas de infiltración, por el método de los cilindros concéntricos.

Los resultados obtenidos a la conclusión del trabajo, mostraron que existe problema de drenaje en pequeña escala; pero como el área descrita se encuentra actualmente como pastizal, es posible que si se intentan establecer cultivos y aplicarles riego, el problema de drenaje se volvería crítico. El problema actual es la salinidad del suelo y las alternativas que se plantean (Reducción del problema de drenaje por medio de un drenaje interceptor. Control de la salinidad por métodos hidrométricos y/o establecimiento del área como una pradera), señalan un claro ejemplo de que con un buen manejo de los recursos agua-suelo-planta, se puede aprovechar más eficazmente esa región afectada. Se recomiendan los resultados obtenidos en la caracterización del área, para ser usados en el mejor aprovechamiento de los recursos agua-suelo-planta. Al seguir alguna de las alternativas planteadas, es imprescindible realizar estudios socioeconómicos del lugar y analizar la factibilidad del desarrollo de la misma. Asimismo, el presente trabajo se recomienda para utilizarlo como guía en aquellas regiones donde existen problemas de salinidad y drenaje en forma conjunta.

### ABSTRACT

An area of 55.27 hectares was surveyed in order to classify the soils accordingly to salt content and fertility, and the water for irrigation purposes and drainage categories. A rectangular net of observation sites was used having sites every 150 meters.

A slight drainage problem for pasture land was found which might become a critical problem when cultivated under irrigation. The information obtained from the survey may be used for the planning on how to make optimal use of the land and to derive recommendations for treatments to be used in soil improvement.

### INTRODUCCION

Es un hecho de que el agua cubre tres cuartas partes de la superficie terrestre, sin embargo, actualmente existe la preocupación del hombre, por la escasez alarmante del agua, ya que rara vez puede encontrarse donde, cuándo y en las cantidades que se requiere.

En nuestra República Mexicana que cuenta con un territorio de aproximadamente 200 millones de hectáreas, de las cuales debido a montañas y desiertos se elimina el 85% (170 millones de hectáreas), donde el 15% restante (30 millones de hectáreas, corresponden a la superficie cultivable), sólo son susceptibles al riego el 40% (12 millones de hectáreas), y actualmente alrededor de 5 millones

de hectáreas se encuentran bajo riego. La superficie afectada por las sales, es aproximadamente de 3 millones de hectáreas que representan un 10% de la superficie cultivable, (Noyola 1975).

Es imprescindible señalar que el suministrar agua desde una fuente, y distribuirla equitativamente a una región agrícola, no cubre las funciones para lograr la explotación de un suelo, ya que la presencia de terrenos anegados y salinos muestra que la eliminación del agua no con veniente es tan importante como suministrar el agua. Tomando en cuenta al drenaje agrícola como práctica fundamental para la recuperación de un suelo salino, se procedió a encaminar un trabajo que sirviera de guía para detectar, clasificar y atacar estos problemas.

+ Ponencia presentada en el XVI Congreso Nacional de la S.M.C.S.

\* Profesor Investigador, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

## OBJETIVOS

1. Caracterizar y clasificar los suelos del área, respecto a su salinidad y fertilidad.
2. Clasificar el agua del subsuelo y de riego para fines agrícolas.
3. Determinar las condiciones actuales de drenaje y su posible causa de origen.
4. Con los datos obtenidos, plantear alternativas de solución más viables, para rehabilitar el área y evitar que el problema siga en aumento.

## REVISIÓN DE LITERATURA

## 1. Origen de los problemas de salinidad

La causa de la salinidad de los suelos puede originarse debido a factores como: la intemperización de material primario, clima, aplicación de sales por medio de la irrigación o presencia de niveles freáticos cercanos a la superficie del suelo.

Fassbender (1980) menciona, que las rocas sedimentarias resultan de la erosión y redepositación de productos de meteorización de rocas ígneas o metamórficas o a través de la acumulación de restos biológicos (como es el caso de las calizas y dolomitas, que están compuestas por conchas, esqueletos de animales y restos de plantas marinas). Se pueden encontrar también rocas sedimentarias con residuos de solución, originadas por la cristalización de sales disueltas en el interior de la corteza terrestre o del agua de mar. Entre estas sales tenemos: carbonato de calcio, sulfato de calcio, cloruro de sodio y otras.

Matthews (1979), señala que gran parte de las areniscas, esquisto y calizas, fueron depositadas en el fondo de un gran mar, que se extendía desde el Golfo de México hasta el Océano Artico, y que pertenece al período Cretácico de la Era Mesozoica, hace aproximadamente 72 millones de años, dándose como resultado suelos en la actualidad con sales.

El manual número 60 del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (1977), dice que los suelos con problema de sales se encuentran principalmente en zonas de clima árido o semiárido. En condiciones húmedas, las sales solubles originalmente presentes en los materiales del suelo y las formadas por intemperización de minerales, generalmente son llevadas a capas inferiores, hacia el agua subterránea y finalmente transportadas a los océanos. Mientras en los áridos la escasa precipitación y elevada evaporación, hacen que las sales se concentren en los primeros estratos.

Stallings (1969) hace mención, que desde el momento en que todas las aguas de la superficie y subterráneas contienen sal, la irrigación agrega sal a los suelos. La cantidad de sal agregada anualmente a cada hectárea, depende del volumen total del agua aplicada, de la cantidad de sal que contenga el agua, del drenaje del subsuelo y de la cosecha regada. La sal aplicada permanece en el suelo; a menos que sea expulsada por el agua de drenaje o removida con la cosecha recolectada.

Pizarro (1978) señala, cuando las aguas freáticas salinas se encuentran próximas a la superficie del terreno (menos de 3 metros), éste puede salinizarse, como conse-

cuencia del aporte capilar de sales procedentes de agua freática, que se acumulan en los horizontes superiores.

## 2. Clasificación de los suelos con problemas de sales

## Suelo salino

El manual número 60 del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (1977) aplica este término a suelos cuya conductividad eléctrica del extracto de saturación es mayor de 4 mmhos/cm a 25°C, con un porcentaje de sodio intercambiable menor de 15. Generalmente, el pH es menor de 8.5; pertenecen a suelos "Alcalí Blanco" descritos por Hilgard (1906).

Pizarro (1978) los define como suelos que contienen en la zona radicular una cantidad de sales disueltas en la solución del suelo (elevada conductividad eléctrica), suficientemente alta para restringir el desarrollo de los cultivos; de acuerdo a esto los clasifica en la forma indicada en la Tabla 1

FAO/UNESCO (1973), menciona que la literatura rusa, define a un suelo salino como SOLONCHAKS, aquel que contiene una gran cantidad de sales tóxicas fácilmente solubles en los primeros 30 cm de suelo. La cantidad total de sales usualmente excede el 2%, y por lo general las plantas agrícolas no crecen en estos suelos; en condiciones naturales, la vegetación está ausente o representada por especies halófitas suculentas.

## Suelos salinos sódicos

El manual número 60 del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (1977) define como los suelos cuya conductividad eléctrica del extracto de saturación es mayor de 4 mmhos/cm a 25°C y el porcentaje de sodio intercambiable es mayor de 15. Este tipo de suelos se forman como resultado de los procesos combinados de salinización y acumulación de sodio; su pH es alrededor de 8.5.

Pizarro (1978) define a un suelo salino-sódico, como aquel que en la zona radicular contiene una cantidad de sales solubles (medidas por la C.E.) y un PSI suficiente para restringir el crecimiento de las plantas. Como límite se adopta C.E. mayor de 2 mmhos/cm y PSI mayor de 7%. (tabla 2)

Tabla 1. Clasificación de los suelos salinos respecto a su conductividad eléctrica.

Clase de salinidad	CE(mmhos/cm)	Descripción
Ligeramente salinos	2 a 4	Rendimientos restringidos en cultivos sensibles.
Medianamente salinos	4 a 8	Rendimiento restringido en la mayor parte de los cultivos.
Fuertemente salinos	8 a 16	Rendimientos satisfactorios, sólo en cultivos tolerantes.
Extremadamente salinos	mayor a 16	Muy pocos cultivos dan rendimiento satisfactorio.

Tabla 2. Cultivos afectados por altos PSI.

PSI	Cultivos	Efectos
2 - 10	Muy sensibles: Frutales y cítricos.	Síntomas de toxicidad debidos al sodio, aun a niveles bajos.
10- 20	Sensibles: Frijol, maíz.	Reducción del crecimiento aun con suelos en buenas condiciones físicas.
20 - 40	Tolerantes: Zanahoria, trébol, lechuga, avena, cebolla, rábano, arroz, sorgo, espinaca.	Ligeros síntomas de toxicidad debido al sodio. Los efectos indirectos (deterioro de las propiedades del suelo) son más importantes.
mayor de 40	Muy tolerantes: Tomate, trigo, alfalfa, cebada.	Los cultivos se ven afectados por los efectos indirectos.

## Suelos sódicos.

El manual número 60 del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (1977) señala con este término a suelos cuyo PSI es mayor de 15 y la C.E. del extracto de saturación es menor de 4 mmhos/cm a 25°C; el pH generalmente varía de 8.5 a 10 y corresponden a los suelos "Alcali Negros" señalados por Hilgard (1906).

Pizarro (1978) los define como los suelos que tienen en la zona radicular suficiente sodio adsorbido por el complejo de cambio para desarrollar propiedades físicas y químicas desfavorables, restringiendo el normal crecimiento de las plantas; el pH va desde 8 hasta más de 9.5; el contenido de sales de estos suelos es generalmente bajo (C.E. menor de 2 mmhos/cm). Según el PSI, los suelos sódicos pueden clasificarse como se indica en la Tabla No. 3.

FAO/UNESCO (1973), de acuerdo a la literatura rusa, a los suelos sódicos los denominan SOLONETZS, y son aquellos suelos alcalinos que se encuentran en bosques y estepas en regiones desérticas; situados encima de rocas salinas o tabla de agua salina pero influenciada por proceso de desalinización. Son caracterizados por la presencia de humus en el horizonte, o por sodio intercambiable, junto con cantidades pequeñas o ausentes de sales solubles.

Tabla 3. Clasificación de los suelos sódicos respecto al porcentaje de sodio intercambiable.

Clase	PSI	Producción de los cultivos %
Ligeramente sódicos	7 a 15	80 a 60
Medianamente sódicos	15 a 20	60 a 40
Fuertemente sódicos	20 a 30	40 a 20
Sódicos	mayor de 30	menor de 20

## 3. Algunos efectos de la salinidad en los cultivos

La presencia de sodio puede dar como resultado la defloculación de los suelos.

Gavande (1979), menciona que si las arcillas no están floculadas, sino que permanecen dispersas y amasadas, el suelo mojado es pegajoso y seco, duro e impenetrable y el crecimiento de las plantas se reduce debido a las reacciones inadecuadas de nutrición, aireación y agua.

Kramer (1974), dice que la reducción del crecimiento observado al aumentar el contenido salino del sustrato, ha sido atribuida a una absorción reducida del agua, causada por efectos osmóticos de un potencial hídrico reducido en el ámbito de las raíces. En zonas áridas e irrigadas, el potencial osmótico de la disolución del suelo baja a menudo hasta un punto tal, que el crecimiento de los cultivos se encuentra retrasado o impedido y en situaciones extremas, toda la vegetación queda eliminada, excepto algunas especies halófitas.

Thompson y Troeh (1980), señalan que los hongos llamados micorrizas son abundantes en la rizósfera (zona inmediatamente adyacente a las raíces), que crecen sobre las raíces de casi todas las plantas y se comportan con extensiones filamentosas. Las plantas cultivadas sin micorrizas presentan un aspecto raquíptico en comparación con las provistas de estos hongos. Las micorrizas absorben nutrientes que traspasan a la planta, segregan hormonas que estimulan el crecimiento y contribuyen a la protección de la raíz frente a organismos patógenos. En compen sación dependen de la planta en lo que se refiere a carbohidratos. Las micorrizas resultan favorecidas en suelos húmedos, bien aireados y provistos de materia orgánica susceptible a ser descompuesta; por el contrario se ven perjudicadas por condiciones excesivamente ácidas o alcalinas, por el exceso de sales, así como por algunos esterilizantes y fungicidas.

## 4. Origen de los problemas de drenaje

El Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (1979) define al drenaje agrícola como: la eliminación de agua sobrante de las tierras de cultivo y presenta dos tipos de problemas:

- a).- Problemas de drenaje superficial. Común en superficies planas o casi planas, sujetas a agua en la superficie debido a:
  - 1) Superficie desigual del suelo, con bolsones o crestas que impiden o retrasan el escurrimiento natural (suelos lentamente permeables aumentan el problema).
  - 2) Canal o zanjas evacuadoras de baja capacidad dentro de la zona, que eliminan el agua tan lentamente que el nivel del caudal de los canales, hace que haya encharcamientos en la tierra durante períodos capaces de causar daños.
  - 3) Condiciones de desagüe que mantienen la superficie del agua por encima del nivel del suelo, tales como alturas de agua en lagos o estanques, o elevaciones del agua debidas a la marea.
- b).- Problemas de drenaje subterráneo. Anegamiento en el perfil del suelo, con presencia de un nivel freático cercano a la superficie del suelo.

Withers y Vipond (1978), definen algunas causas que dan origen a un problema de drenaje o al exceso de agua en la zona radicular:

- 1). Prácticas de riego excesivo.
- 2). Precipitaciones pluviales.
- 3). Agua procedente de fugas de canales.
- 4). Filtraciones bajo estructuras.
- 5). Condiciones artesianas.
- 6). Inundaciones por los ríos o por el mar.

El Instituto de Suelos de la Academia de Ciencias de la U.R.S.S. (1958) menciona que en áreas irrigadas situadas en regiones desérticas y semidesérticas, en lugares de poco drenaje natural (deltas, partes periféricas de deltas continentales secos, depresiones montañosas y valles de precipitación pluvial retardada), tarde o temprano experimentan un aumento de aguas freáticas y sus suelos quedan expuestos a la salinidad.

#### 5. Algunos efectos en los cultivos debido a un deficiente drenaje

Gavande (1979) define que en forma general un suelo normal tiene tres fases: sólida, líquida y gaseosa. En condiciones ideales el 50% de los componentes corresponden a la fase sólida; del 15 al 35% a la fase líquida y del 15 al 35% a la gaseosa: las variaciones de porcentaje de las dos últimas componentes se deben a la cantidad de agua presente.

Fassbender (1980), señala que en condiciones de saturación de agua, disminuye el contenido de aire en el suelo y por lo tanto el contenido de oxígeno desarrollándose un medio anaeróbico; en condiciones de desaturación sólo se produce la acumulación de restos vegetales y su mineralización es muy lenta.

Schilgaarde (1974), expresa que la excesiva cantidad de agua en el suelo disminuye el intercambio de aire entre el suelo y la atmósfera; por lo tanto, en condiciones de suelo saturado son generalmente acompañados por una deficiencia de oxígeno, esta deficiencia causa reducción en la respiración de la raíz y en el volumen total de la raíz; provocando resistencia al transporte de agua y nutrientes a través de las raíces y formación de compuestos tóxicos en suelos y plantas. Si continúa pobre la aireación, da como resultado muerte de células, un decremento en la permeabilidad celular y muerte de raíces.

Labanauskas *et al* (1965), encontraron que las cantidades de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, zinc, cobre, manganeso, boro y hierro en las raíces de las plantas de cítricos, decrecieron con la disminución de oxígeno en la atmósfera del suelo; se dice que un bajo nivel de oxígeno en el suelo afecta a la permeabilidad de la membrana celular.

Letey *et al* (1962), encontraron que las concentraciones de nitrógeno, fósforo y potasio aumentan cuando el oxígeno en el suelo se encuentra del 4 al 20%, en tanto que el sodio se acumula en concentraciones muy altas, a medida que el nivel de oxígeno disminuye hasta niveles muy bajos.

Luthin (1979) señala, la meta directa de una operación de drenaje es reducir el contenido de humedad de las capas superiores del suelo, lo que comúnmente se logra bajando el nivel freático. Como resultado el aire puede penetrar en el suelo más fácilmente y hacerse aprovechable por las raíces de las plantas; al mismo tiempo el bióxido de carbono producido por las raíces, por otros organismos o por reacciones químicas del suelo, se puede difundir a la superficie a través de los poros llenos de aire. Ambos procesos, el flujo de aire hacia dentro y el bióxido de carbono hacia fuera, son necesarios para el crecimiento de las plantas y también para mantener al suelo en buenas condiciones para la Agricultura.

## MATERIALES Y METODOS

### 1. Establecimiento del área experimental

Localización. En el estado de Coahuila, al suroeste, se encuentra la región de Parras de la Fuente, con una extensión aproximada de 904 600 hectáreas, situada en el paralelo 25°26' latitud norte y en el meridiano 102°11' longitud oeste, con una altura sobre el nivel del mar de 1521 m; su clima es cálido y seco, con temperaturas que van desde un promedio de 5.9°C en enero hasta un promedio de 32.9°C en mayo y junio; su precipitación anual es de 376.2 mm, cuyos meses más lluviosos son agosto y septiembre con un promedio de 72.5 y 70.9 mm respectivamente<sup>1</sup>.

Generalmente en Parras es de mayor auge la fruticultura, cultivándose vid (*Vitis vinifera*), en una gran gama de variedades, entre las que se pueden citar: moscatel de Alejandría, moscatel de Italia, French colombar, emperador, malga roja, etc. Otro de los frutales importantes es el nogal (*Juglans regia*); entre algunas variedades explotadas están: la mahan, western, wichita y el frutedo. De menor auge se cultiva maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), hortalizas (chile, tomate, repollo, calabaza, lechuga, cebolla, melón y otras). También se explota la silvicultura, especies como la lechuguilla y la can delilla, son ocupaciones mayores de ejidatarios que viven alejados de la ciudad y donde la escasez de agua es crítica.

En base a lo anterior, se escogió una área de 7 kilómetros de la ciudad de Parras, Coahuila, rumbo a la carretera Parras-Paila, perteneciente al ejido Parras y cuyo uso del suelo es de agricultura moderada con factor limitante de salinidad y/o sodicidad y practicultura intensa con limitante suelo y clima<sup>2</sup>; donde con anterioridad se detectó nivel freático cercano a la superficie del suelo. Delimitándose 55.27 ha y procediendo a realizar estudios de salinidad y drenaje.

Delimitación. Con equipo topográfico se fijaron los límites del área experimental, dándonos como resultado una

<sup>1</sup> Según datos de la Secretaría de Agricultura y Ganadería.

<sup>2</sup> De acuerdo a Cartas de la Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CENETAL), con clave Parras G43-D-39.

poligonal de 10 lados que encierra a un área de 55.27 hectáreas, en la cual se trazó una cuadrícula de 150 metros por lado, identificándose a cada punto de la misma.

**Altimetría.** La cuadrícula trazada sirvió de base para configuración de la superficie del suelo, por medio de curvas a nivel a un intervalo vertical de 2 metros.

**Muestreo del suelo.** En cada vértice de la cuadrícula se tomaron muestras de suelo cada 30 cm, desde la superficie hasta una profundidad de 3 metros, utilizando para tal fin una barrena de tipo abierto, cuidando dejar abierta la perforación. Cada muestra extraída fue identificada de acuerdo al lugar de muestreo y enviada al laboratorio del Departamento de Riego y Drenaje de la U.A.A. A.N. para el análisis físico y químico.

**Lecturas de nivel freático.** En los pozos abiertos los cuales manifestaron presencia de nivel freático, se registró su profundidad respecto a la superficie del suelo, utilizando una varilla de madera a la cual se le adhirió una cinta métrica y una manguera de hule transparente, por la cual una persona sopla y baja la varilla al interior del pozo hasta escuchar un gorgoteo característico, que indica el contacto con la superficie del agua, registrando la lectura en la cinta adherida a la varilla.

**Medición de la conductividad hidráulica.** En los pozos realizados con barrena de tipo abierto y donde se encontró presencia de nivel freático, es posible realizar la medición de la conductividad hidráulica por el método del agujero de barrena en pozo simple, el cual fue propuesto por Hooghoudt (1936) y Ernst (1950) y encierra la siguiente metodología:

- a) Medición de la profundidad del nivel freático como se describe en Lecturas de nivel freático.
- b) Medición del diámetro del pozo. Es importante medirlo a una profundidad de aproximadamente 30 cm en el interior del pozo y con la mayor exactitud posible; ya que señala Ernst que un error de un centímetro en la medición del radio del pozo, da como resultado un error del 20% en el valor de la conductividad hidráulica.
- c) Medición de la profundidad total del pozo. Para realizar esta lectura, se utiliza una varilla de madera como la descrita antes; se introduce al interior del pozo hasta tocar la base del mismo, sin presionar la varilla, registrando la medición en la cinta métrica adherida.
- d) Abatimiento. Se extrae la mayor cantidad posible de agua del pozo, utilizando una varilla de madera a la cual se le equipa con un recipiente; este abatimiento da como consecuencia una caída del nivel freático y un cono de depresión, llamado efecto de embudo.
- e) Lecturas de recuperación. Se toma un intervalo de lecturas respecto a un intervalo de tiempo  $\Delta y / \Delta t$ , teniendo en cuenta tomar lecturas fuera del cono de depresión. Esto es que cumpla con el requisito de  $\Delta y \leq 1/4 y$ .
- f) Cálculo de la conductividad hidráulica. Con los datos tomados, se realiza un registro y se analiza de acuerdo a las siguientes fórmulas:

Fórmula de Hooghoudt:

Requisitos	Condiciones	Fórmula
$r > 0.03 < 0.07$	cuando $S > H$	$K = \frac{2.3 \text{ rs}}{(2H - r)t} \log. \frac{Y_1}{Y_2}$
$H > 0.20$	cuando $S \leq H$	$K = \frac{2.3 \text{ rs}}{2 Ht} \log. \frac{Y_1}{Y_2}$

$\Delta y \leq 1/4 Y$

Donde:

- r = radio del pozo en metros.
- H = diferencia entre la profundidad total del pozo y la profundidad del nivel freático, en metros.
- y = promedio entre la primera y última lectura del abatimiento  $\frac{Y_1 + Y_2}{2}$  en metros.
- Y<sub>1</sub> = primera lectura después del abatimiento respecto al nivel freático en metros.
- Y<sub>2</sub> = última lectura después del abatimiento respecto al nivel freático en metros.
- t = tiempo de recuperación del abatimiento en segundos.
- S = distancia desde el fondo del pozo, hasta la capa impermeable en metros.
- s =  $\frac{r \cdot H}{0.19}$  en metros.
- K = conductividad hidráulica en m/seg.

Fórmula de Ernst:

Requisitos	Condiciones	Fórmula
$r > 3 < 7$	cuando $S > H$	$K = \frac{4 \ 000}{(20 - H/r)(2 - y/H)} (r/y) \frac{\sum y}{\sum t}$
$H > 20 < 200$	cuando $S \leq H$	$K = \frac{3 \ 600}{(H - 10)(2 - y/H)} (r/y) \frac{\sum y}{\sum t}$

$\Delta y \leq 1/4 y$ .

Donde:

- r = radio del pozo en cm.
- H = diferencia entre la profundidad total del pozo y la profundidad del nivel freático en cm.
- y = Promedio entre la primera y última lectura del abatimiento en cm.
- Y<sub>1</sub> = primera lectura después del abatimiento respecto al nivel freático en cm.
- Y<sub>2</sub> = última lectura del abatimiento respecto al nivel freático en cm.

t = tiempo de recuperación del abatimiento en seg.  
 S = distancia desde el fondo del pozo hasta la capa im permeable en cm.  
 K = conductividad hidráulica en m/día.

Establecimiento de pozos de observación. Como las perforaciones realizadas no es posible obtenerlas intactas durante algún tiempo, se les protegió con un tubo de P.V.C. sanitario de dos pulgadas de diámetro y al cual se le practicaron ranuras en su alrededor, este tubo tiene una longitud de 3 metros, tapado por el fondo y cubierto con una funda fabricada con poliel. El agua de los alrededores del pozo entrará al tubo y nos registrará la profundidad del nivel freático, lecturas que se irán tomando con un intervalo de un mes y durante un año; servirán para ver las fluctuaciones del nivel freático en el período de observación.

Toma de muestras de agua del subsuelo. Los pozos de observación sirvieron también para obtener muestras de agua que se enviaron al laboratorio de calidad de agua de la U.A.A.N. para ver su concentración salina. Para obtener la muestra se equipó a una varilla de madera con un recipiente pequeño que pudiera introducirse dentro del tubo P.V.C. de 2 pulgadas de diámetro y que funcionaba como pozo de observación.

Pruebas de infiltración. Se realizaron 10 pruebas de infiltración por el método de doble cilindros concéntricos, con el fin de obtener información sobre los coeficientes y velocidad de infiltración de agua en el suelo.

## 2. Mantenimiento del área experimental

Conservación de los pozos de observación. Es necesario mantener en buen estado los pozos de observación, así es que al tener problemas con pozos faltantes, obturados o rotos eran repuestos de inmediato para que las lecturas del nivel freático fueran hechas satisfactoriamente.

## CONCLUSIONES

De las 55.27 hectáreas que se tomaron para el estudio de los problemas de salinidad y drenaje, se concluye que:

### 1. El suelo del área es clasificado en tres series:

- Serie San Lorenzo (aproximadamente el 37.69 % (20.83 ha) del total del área) donde la profundidad de la capa impermeable está aproximadamente a 10 m de profundidad y el tipo de suelo predominante es franco.
- Serie Montero (aproximadamente el 42.17% (23.31 ha) del total del área) donde la capa impermeable se encuentra alrededor de 4 m de profundidad y el tipo de suelo predominante es franco limoso.
- Serie Parras (aproximadamente el 20.14% (11.13 ha) total del área) donde aproximadamente a 5.8 m de profundidad fue encontrada la capa im permeable y el tipo de suelo predominante es franco-arcilloso.

- La fertilidad del suelo es de mediana a extremadamente rica en todo el perfil del suelo.
- En cuanto a la salinidad, el 39.32% del área (21.73 ha) tienen una conductividad eléctrica de 0 a 4 mmhos/cm y P.S.I. de 5.42% (libres de problema de salinidad) y el resto del área (60.68%; 33.54 ha) presenta conductividades de 4 a mayor de 20 mmhos/cm y P.S.I. alrededor de 5% (con problema únicamente de salinidad).
- La velocidad de infiltración es de baja a muy alta. Y la mayor área (57.84%; 31.97 ha) presenta coeficientes de infiltración básico de 7.5 a 14.8 cm/hr con una infiltración de tipo alto.
- La conductividad hidráulica es de 0.12 a más de 4.5 m/día correspondiendo el 43.91% del área (24.27 ha) a una conductividad de 0.5 a 1.5 m/día.
- En los meses de diciembre, enero y febrero el nivel freático se presenta más cerca de la superficie del suelo con profundidades de:
  - 0 a 1.0 m el 2.55% del área (1.41 ha)
  - 1.0 a 1.5 m el 31.07% del área (17.52 ha)
  - 1.5 a 2.0 m el 39.25% del área (20.59 ha)
  - mayor de 2.0 m el 28.50% del área (15.75 ha)
- La calidad del agua de riego y del agua del subsuelo analizadas periódicamente durante las observaciones realizadas, no muestran fluctuaciones marcadas.
  - El agua de riego presenta un promedio de conductividad eléctrica de 400 micromhos/cm y un pH promedio de 7.5 y un R.A.S. de 0.125 que da una clasificación de  $C_1S_1$ .
  - El agua del subsuelo presenta un promedio de conductividad eléctrica de 720 micromhos/cm un pH promedio de 7.6 y un R.A.S. de 0.122 dando una clasificación de  $C_2S_1$ . Valores que en algunos casos fluctúan a C.E. de 1 200 micromhos/cm, pH de 7.61 y R. A.S. de 0.108, cambiando la clasificación a  $C_3S_1$ .

De lo anterior se plantea:

- La reducción del problema de drenaje por medio de un dren interceptor.
- El control de la salinidad por métodos hidrométricos.
- Establecimiento del área como pradera.

## RECOMENDACIONES

- Los resultados obtenidos para la caracterización del área pueden ser usados para el mejor aprovechamiento de los recursos agua-suelo-planta.
- Para seguir alguna de las alternativas planteadas es imprescindible realizar estudios socioeconómicos del lugar y analizar la factibilidad del desarrollo de la misma.

## LITERATURA CITADA

- Aceves, N.E., 1979. El Ensalitramiento de los Suelos bajo riego. Colegio de Postgraduados, Chapingo México. 244 p.
- Comisión de Estudios del Territorio Nacional, 1976. Dirección de Planeación. Secretaría de la Presidencia de la República. Cartas con clave Parras G-13-D-39.
- Conservación de Suelos, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 1970. Principios del avenamiento o drenaje, Ed. Diana. México, 47 p.
- De La Peña, I. 1980. Salinidad de los suelos agrícolas, su origen, clasificación, prevención y combate. Boletín Técnico No. 10 S.A.R.H. 119 p.
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. 1977. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Ed. Limusa. México. 172 p.
- Ernst, L.F. 1950. Een nieuwe formule voor de berekening van de doorlaatfactor met de boorgatenmethode. Rap. Landbouwproefstation en Bodemkundig Instituut T.N.O., Groningen.
- FAO/UNESCO, 1973. Irrigation, drainage and salinity. An International source book. Hutchinson /FAO/UNESCO. 510 p.
- Fassbender, H.W. 1980. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Instituto Interamericano en Ciencias Agrícolas. San José de Costa Rica. 398 p.
- Gavande, S.A. 1979. Física de Suelos, principios y aplicaciones. Ed. Limusa. México. 351 p.
- Gloria, H.G. y L.R. Pérez, 1982. Plantas de Pastizales. Departamento de Recursos Renovables U.A.A.A. N. México. 290 p.
- Hilgard, E.W. 1906. Soils: their formation, properties, composition, and relations to climate and plant growth, New York and London. 593 p.
- Hooghoudt, S.B. 1936. Bijdragen tot de kennis van eenige natuurkundige grootheden van den grond. 4de verslag Landb. 42 (13) P: 449-541. Algemeene Landsdrukkerij. The Hague.
- Instituto de Suelos de la Academia de Ciencias de la U.R.S.S. 1958. La aplicación del drenaje en la recuperación de suelos salinos. Moscú 217 p.
- International Course of Land Drainage Wageningen, 1974, Drainage principles and applications. International Institute for Land Reclamation and Improvement. Wageningen. The Netherlands.
- Kramer, P. J., 1974. Relaciones hídricas de suelo y plantas Edutex, S.A., México 538 p.
- Labanauskas, C.K. et al. 1965. Effects of soil temperature and oxygen on the amounts of macronutrients and micronutrients in citrus seedlings. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 29. 60-64 p.
- Letey, J. et al. 1962. Influence of soil oxygen on growth and mineral concentration of barley. Agronomy J. 54. 538-540 p.
- Luthin, J. N. 1979. Drenaje de tierras agrícolas. Teoría y aplicaciones. Ed. Limusa. México 684 p.
- Matthews, W.H. 1979. Geología simplificada. 4a. Edición. Compañía general de ediciones, S.A. México. 200 p.
- Noyola, I.H., 1975. Salinidad Agrícola. Escuela Nacional de Agricultura de Chapingo. México 161 p.
- Pizarro, F. 1978. Drenaje Agrícola y recuperación de suelos salinos. Editora Agrícola Española, S. A., Madrid. 521 p.
- Schilgaarde, J.V., 1974. Drainage for agriculture. American Society of Agronomy Inc. Madison, Wisconsin. U.S.A. 700 p.
- Secretaría de Agricultura y Ganadería. 1976. Normas climáticas en el período 1941-1970. Servicio Meteorológico Nacional. México 791 p.
- Stallings, J.H. 1969. El suelo, su uso y mejoramiento. Ed. Continental. México, 480 p.
- Thompson, L. M. y Troeh, F.R., 1980. Los suelos y su fertilidad. 4a. Edición. Ed. Reverté, S. A. España. 649 p.
- Withers, B. y Vipond, S., 1979. El riego: diseño y práctica. Ed. Diana. México. 350 p.

## EFFECTO DE LA FORMULA DE FERTILIZACION SOBRE LAS COMPONENTES DE RENDIMIENTO DE MAIZ +

Mera Olvera, F. \*  
Vidal Lezama, E. \*\*  
Arellano Vázquez, J.L. \*\*\*

### RESUMEN

En ensayos de dosis de fertilización, se considera como principal criterio de evaluación al rendimiento final para la determinación de una dosis óptima; en este trabajo son las componentes de rendimiento morfológicas las que permiten distinguir el efecto de la fórmula de producción.

El objetivo es inferir en base a la mayor expresión de las componentes de rendimiento, la fórmula de producción adecuada. Las localidades de estudio, La Estancia y Xothí se ubican en el Distrito de Riego No. 100 del Edo. de Hidalgo; las variedades evaluadas fueron el híbrido H-133 y el criollo de la región. Las fórmulas de producción variaron de 00-160 kg/ha de nitrógeno; 00-80 kg/ha de fósforo y de 50,000 a 70,000 pl/ha de densidad de población. Las componentes de rendimiento analizadas fueron: altura de planta, rendimiento biológico, peso de mazorca, longitud de mazorca, diámetro de mazorca, rendimiento económico, peso de olote, número de hileras y peso de 200 granos. Se realizaron análisis de varianza del diseño, arreglo en parcelas divididas con bloques al azar, para cada componente de rendimiento y se hicieron comparaciones múltiples entre las medias de los factores en estudio. Los resultados mostraron diferencias altamente significativas en la interacción localidad-variedad-fórmula de producción; se obtuvieron cuatro combinaciones diferentes de localidad-variedad a las cuales se determinó la mejor fórmula de producción. Para la combinación La Estancia -H-133 la fórmula de producción 120-80(60) fue la mejor; para la combinación La Estancia-Criollo la fórmula más adecuada fue 40-40(50); en la combinación Xothí -H-133 la mejor fórmula de producción fue 120-80(50); en la combinación Xothí-Criollo la mejor fórmula fue 80-60(60).

### ABSTRACT

In most fertilization trials, grain yield is considered the most common criterion to define the best dosage. In this experiment the morphological yield components were used to determine the effect of the production formula. The objective was to find the best production formula. The experimental localities are located in the irrigation district No. 100 in Hidalgo State, Mexico; the two corn varieties used were the hybrid H-133 and the native race from that area. The production formula used varied from 00 to 160 kg/ha nitrogen; from 00 to 80 kg/ha phosphate and from 50.000 to 70.000 pl/ha. The yield components that were analyzed were: plant height, biological yield, ear weight, ear length, ear diameter, economic yield, cob weight, number of lines and weight of 200 grains. Variance analyses were performed for a split plot design in randomized blocks for each yield component and multiple comparisons were performed among the means of the main effects and interactions. The results showed highly significant differences in the interaction locality-variety-production formula; four location-variety combinations were studied, in each of them the best production formula was determined. For the combination La Estancia -H-133 the production formula 120-80(60) was the best; for the combination La Estancia -native race the best formula was 40-40(50); for Xothí -H-133 the best production formula was 120-80(50) and for Xothí -native race, combination 80-60(60) was the most adequate.

### INTRODUCCION

El Distrito de Riego No. 100, al estar dentro de un estado agrícola temporalero por excelencia como lo es Hidalgo, en donde el maíz de riego ocupa sólo un 18.1% (DGEA, 1980) de la superficie sembrada y el rendimiento promedio por hectárea es aún más bajo que el promedio nacional (135 kg) (DGEA, 1980). Consecuentemente este Distrito se enfrenta a la necesidad de tener altos rendimien-

tos cooperando con agricultores que tienen un conocimiento empírico de las técnicas de cultivo, mismas que se necesitan adecuar a los requerimientos nacionales.

En gran parte de los trabajos experimentales ya sean de selección y evaluación de genotipos, ensayos de dosis de fertilización, pruebas de densidad de siembra, etc. se ha considerado como principal criterio al rendimiento final como carácter independiente e indivisible. Actualmen

\* Ponencia presentada en el XVIII Congreso Nacional de la SMCS.

\* Dirección de Normatividad Agrícola SARH.

\*\* Investigador del Departamento de Fitotecnia, UACH, Chapingo, Méx.

\*\*\* Investigador del CIAMEC-INIFAP

te, considerando los procesos fisiológicos íntimamente relacionados con la producción, distribución y acumulación de fotosintatos por los órganos vegetales, se contempla al rendimiento económico como la resultante de dichos procesos, así como de la interacción de los mismos con los factores ambientales.

Así también al rendimiento económico se le considera como el producto de un complejo de estructuras y procesos e interacciones fisiológicas llamada "Componentes de Rendimiento" y su cuantificación es posible mediante el uso de índices fisiotécnicos y la medición directa de las componentes morfológicas del rendimiento.

De esta manera, los objetivos que se persiguen en este trabajo son los siguientes:

- 1 Determinar el efecto de localidad, variedad y fórmula de producción (dosis de fertilización y densidad de población), sobre las componentes de rendimiento morfológicas en dos variedades de maíz de riego.
- 2 Inferir en base a la mayor expresión de las componentes de rendimiento, la fórmula de producción más adecuada para cada variedad y cada localidad.

Las hipótesis de trabajo consideradas en este experimento son:

- A Las componentes de rendimiento se comportan en forma diferencial cuando se modifica:
  - a) la variedad
  - b) la localidad utilizando la misma variedad
  - c) la fórmula de producción manteniendo constante la variedad y la localidad
- B La mejor fórmula de producción permite obtener una expresión mayor de todas las componentes de rendimiento.

Son varios los factores que influyen de manera limitada o determinante sobre el rendimiento de un cultivo y en consecuencia sobre sus componentes (morfológicas y/o fisiológicas). Entre ellos se encuentran las condiciones ambientales y las labores del manejo del cultivo.

Sobre el efecto de la fertilización en maíz, varios autores han trabajado. Núñez y Kamprath (1969) encontraron que la dosis de nitrógeno no afectó el área foliar por planta, sin embargo, sí incrementó la eficiencia del área foliar. Lang et al., (1956) observaron que la dosis de fertilización afectó a la componente número de mazorcas/100 plantas y Doss et al., (1970) no observaron efectos del nitrógeno sobre el rendimiento en materia seca. Duncan (1954) observó que la fertilización nitrogenada aumentó el rendimiento y que, según el nivel inicial de fertilidad en el suelo, fue el grado de respuesta. Una observación similar fue realizada por Hanway (1962), quien al analizar el crecimiento y el rendimiento de grano de maíz, concluyó que las diferencias en la fertilidad del suelo causaron diferencias en la talle de las plantas, así como en el rendimiento de materia seca total.

Frey (1959) experimentó con avena y observó que las componentes de rendimiento espigas/planta y semillas/espiga fueron afectadas positivamente, mientras que el peso semilla sufrió un ligero decremento aunque no significativo, ambos efectos debido a la fertilización nitrogenada. Velázquez (1977) reportó que la dosis de nitrógeno tuvo efectos sobre las componentes de rendimiento de mazorca, altura de planta y longitud de mazorca, mientras que las aplicaciones de micronutrientes (fierro, zinc y manganeso) no causaron efectos sobre las componentes estimadas.

## MATERIALES Y METODOS

### Localización de los Ambientes de Producción y Condiciones Climáticas

El Distrito de Riego No. 100 se encuentra en el Valle del Mezquital, dentro del Estado de Hidalgo entre los 20°00' y 20°40' latitud norte y entre los meridianos 88°90' y 90°40' longitud oeste con altitudes entre 1700 y 2100 msnm. Las condiciones climáticas, dentro de la clasificación de Thorthwaite, tienen la siguiente descripción: D<sub>B</sub> 2''a'', que se considera seco con pequeña o nula demasía de agua, templado frío con baja concentración térmica en verano y temperatura media anual de 17.4°C.

La Estancia y Xothí, ambos poblados del municipio de Chilcuautla, se encuentran dentro de la unidad número 1 del Distrito de Riego No. 100. Siendo éstas las localidades donde se establecieron los experimentos. Este municipio tiene una precipitación media anual de 317.9 mm; los meses más lluviosos corresponden a mayo, julio y septiembre; la temperatura media del mes más frío es de 11.8°C en enero y la del mes más caliente 21.8°C en mayo.

### Características de los Genotipos Experimentales

Los genotipos utilizados fueron el híbrido de maíz H-133 y el criollo Chalqueño. El híbrido 133 es un maíz tardío recomendado para siembra de riego. Ha logrado superar ampliamente los rendimientos del Chalqueño en el estado de Hidalgo; tiene un ciclo vegetativo de 165 días; su porte es alto entre 3.0 y 3.5 m, por lo que garantiza una buena producción de forraje. Es resistente al acame, su mazorca tiene forma cilíndrica y es bastante sana y uniforme (PRONASE, 1980). El criollo Marceño probablemente deriva de la raza Chalqueña, la cual está considerada dentro de las razas modernas incipientes. Tiene una talle media de 2 a 5 m y madura entre 5 y 6 meses. Es altamente resistente a roya. La mazorca es ancha y mediana de longitud; el número promedio de hileras es de 16; de diámetro medio y granos medianos y angostos. Su origen probable es producto de la hibridación natural entre Cónico y Tuxpeño (Wallhausen et al., 1952).

### Diseño Experimental

Para llevar a cabo la serie de experimentos se utilizó el diseño de parcelas divididas con bloques al azar, donde el factor variedad es la parcela grande y el factor fórmula de producción la subparcela. Los factores considerados dentro de la fórmula de producción fueron los niveles de fertilización de nitrógeno y fósforo y la densidad de población. Las fórmulas de producción utilizadas fueron: 1) 80-40(50), 2) 80-40-(60), 3) 80-60-(60), 4) 120-40(60), 5) 120-60(50), 6) 120-80-(50), 7) 40-40(50), 8) 160-60(70), 9) 80-20(50), 10) 120-80(60), 11) Testigo (60) ó 00-00(60) y 12) Testigo (50) ó 00-00(50).

### Toma de Datos

El tamaño de muestra por parcela útil fue de 15 plantas con competencia completa. Una vez cosechadas las plantas enteras, se dejaron al aire libre hasta que alcanzaron las plantas una humedad aproximada al 15%. Las componentes de rendimiento cuantificadas fueron: Altura de planta (ALPL), se midió la planta de la base a la punta de la flor masculina. Peso de planta (RB), es el peso seco de la planta excepto la raíz e incluyendo la mazorca. Peso de mazorca (PEMA), es el peso seco total de la mazorca sin brácteas. Longitud de mazorca (LONMA), es el largo de la mazorca medida desde su base hasta la punta. Diámetro de la mazorca (DIAMA), se refiere a la medición

del diámetro de la parte central de la mazorca. Peso del grano (RE), es el peso del número total de granos por mazorca de la planta. Peso de olote (PEOLO), se refiere al peso del olote después de desgranada la mazorca. Número de hileras (NUHIL), se contaron el número de hileras presentes en la mazorca principal. Peso de 200 granos (PE200), se contaron 200 granos cuidando estuvieran sanos y limpios y pesados en gramos. En el caso de que la planta tuviera más de una mazorca las componentes PEMA, RE y PEOLO, se consideraron en conjunto.

#### Establecimiento y Conducción de los Experimentos.

Las parcelas experimentales por fórmula de producción tuvieron 6 m de largo y 3.6 m de ancho. La parcela útil por cada fórmula de producción fue de 6 m de largo por 1.8 m de ancho. Cada parcela útil contó con 2 surcos con separación entre ellos de 0.90 m y 6 m de largo. La separación entre matas consideradas según las densidades de población de 50,000 pl/ha, 60,000 pl/ha y 70,000 pl/ha fueron de 44, 37 y 32 cm respectivamente.

La siembra se realizó manualmente en forma mateada a razón de 3 semillas por golpe. Al momento de la siembra se aplicó todo el fósforo y la mitad del nitrógeno. El resto del nitrógeno se proporcionó en la escarda, entre los 35 y 40 días después de la siembra. Para la fertilización nitrogenada se utilizó sulfato de amonio (20.5% N) y para la fertilización fosfatada, super fosfato de calcio simple (19.5% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)

El manejo para La Estancia se inició preparando el suelo diez días antes de la siembra, barbechando a 35 cm de profundidad con arado de discos. Posteriormente se dio un paso de rastra. Los riegos fueron aplicados por gravedad, dándose el de pre-siembra el 24 de marzo de 1983. Seis días después se sembró y fertilizó. El 4 de mayo se efectuó la segunda fertilización al momento de la escarda. El 7 de mayo se aplicó el primer riego de auxilio y 20 días después se deshierbó manualmente; los subsecuentes riegos fueron aplicados los días 6 y 30 de junio, 21 de julio y 31 de agosto. Para reducir la infestación de gusano cogollero se aplicó Volatón al 5% granulado, a razón de 25 kg/ha el 23 de junio. La antesis se observó el 10 de junio en el híbrido y dos semanas después en el criollo.

El manejo para la localidad Xothí fue el mismo, realizando los labores con 15 días de diferencia respecto a la localidad La Estancia. La antesis se presentó el 23 de junio para el H-133 y para el criollo dos semanas después. Para las dos localidades la cosecha fue manual en el mes de septiembre.

#### Análisis Estadístico

El análisis de los datos se realizó en base al método de análisis de varianza, para observar el efecto de los factores involucrados sobre las variables. Una vez realizados los análisis de varianza de las componentes de rendimiento, se realizaron pruebas de comparaciones múltiples entre las medias de las fuentes de variación que presentaban significancia. La prueba utilizada fue la de Duncan a un nivel de 0.05 de significancia estadística.

#### RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados de los análisis de varianza de cada componente de rendimiento se presentan en el Cuadro 1. Se aprecian diferencias significativas en algunas componentes y para las fuentes de variación localidad, variedad y localidad - variedad, y diferencias altamente significativas en la mayoría de las componentes. Esto ocurre al introducir el factor fórmula de producción en las fuentes de variación.

La mayoría de las componentes responden de manera diferente al variar la fórmula de producción así como en las interacciones con los demás factores de estudio se observa este comportamiento. Lo anterior parece indicar que este factor tiene un mayor efecto sobre las componentes. Las componentes DIAMA, NUHIL, y PE200 son difíciles de modificar por el factor ambiental y NUHIL aún en la interacción de localidad - variedad - fórmula de producción no muestra cambios.

En la comparación de medias entre localidades (Cuadro 2) se observan diferencias estadísticas entre localidades en las componentes de rendimiento excepto DIAMA y PE200. En la localidad Xothí se lograron los valores más altos. En términos de fertilidad inicial del suelo podría esperarse que La Estancia fuera mejor que Xothí, sin embargo

Cuadro 1. Valores de la prueba de 'F' y su nivel de significancia de las componentes de rendimiento en las diferentes fuentes de variación del análisis de varianza.

FUENTES DE VARIACION	ALPL	RB	PEMA	LONMA	DIAMA	RE	PEOLO	NUHIL	PE200
Localidad	616.93**	33.25*	197.47**	62.31*	14.40 <sup>NS</sup>	401.86**	1162.09**	20.61*	9.88 <sup>NS</sup>
Variedad	373.81**	57.30*	567.63**	40.41*	32.43*	1262.23**	533.97**	222.97**	135.62**
Loc * Var	186.65**	104.91**	147.16**	31.47*	7.60 <sup>NS</sup>	365.45**	109.05**	11.17 <sup>NS</sup>	0.98 <sup>NS</sup>
Fórmula de producción	12.40**	7.16**	6.97**	6.59**	5.18**	6.44**	7.85**	6.17**	7.11**
Loc * Fórmula	6.76**	6.60**	5.10*	3.11**	4.86**	5.03**	7.14**	2.85**	3.60**
Var * Fórmula	16.45**	5.56**	3.80**	4.64**	4.31**	3.29**	8.04**	3.49**	8.03**
Loc * Var * For	13.79**	4.73**	2.37**	3.25**	2.97**	2.48**	4.60**	1.44 <sup>NS</sup>	4.10**

\* 0.05 de probabilidad estadística

\*\* 0.01 de probabilidad estadística

NS no significativo

las condiciones ambientales fueron aparentemente más favorables en esta localidad; esto debido al retraso de 15 días en las labores de cultivo (incluyendo la siembra).

En el Cuadro 3 se observa una variación entre genotipos bien definida. Se aprecia que el híbrido supera al criollo en todas las componentes, excepto en ALPL. El H-133 es producto de varios años de mejoramiento genético en donde el vigor híbrido ha sido explotado y por tanto cuenta con una frecuencia mayor de genes favorables al rendimiento, lo cual no puede ser garantizado para el material criollo, aún siendo producto de años de selección natural.

#### Comparación de Medias de las Componentes de Rendimiento y las diferentes Combinaciones de Localidad-Varietal.

Al hacer comparaciones de medias por planta se obtiene la fórmula con la que mejor se expresa la mayoría de los componentes estudiados. Sin embargo pudiera suceder que la componente RE, con una fórmula con alta densidad de población, tenga un valor bajo; de tal suerte que al mejorar los datos con rendimiento por superficie la fórmula elegida puede ser diferente de la que aquí se menciona. Esta consideración es válida para todas las combinaciones de localidad-variedad.

#### La Estancia - H-133

La respuesta de las componentes de rendimiento a la combinación La Estancia - H-133 es diferente según la fórmula de producción (Cuadro 4). Esto se explica debido a las diferencias en las características morfológicas y fisiológicas producidas por cada una de ellas. Sin embargo se aprecia que la fórmula 120-80 (60) es la mejor en todas las componentes, excepto en RE. Este primer lugar es compartido con otras fórmulas en el caso de las componentes PEMA, LONMA, NUHIL y PE200. La componente RE obtiene su mejor expresión con la fórmula 120-40 (60). Es de notar que los niveles de nitrógeno y densidad de población son los mismos en las dos fórmulas y que inclusive una reducción de 20 kg/ha en fósforo es mejor para obtener un mayor rendimiento. Las componentes RB y PE200 obtienen los valores más bajos con la fórmula 80-60 (60) y las componentes PEMA, LONMA, PELO y NUHIL con la fórmula 160-60 (70). El punto de coincidencia en estas fórmulas es el nivel de fósforo.

#### La Estancia - Criollo

En el Cuadro 5, se aprecia a la fórmula 40-40 (50) como la única y mejor para las componentes ALPL y PEMA, también es la mejor para las componentes LONMA y DIAMA aunque éstas se expresan igual con otras fórmulas. Las mejo

Cuadro 2. Comparación de medias por planta de las componentes de rendimiento por localidad.

Componentes de Rendimiento	La Estancia	Xothí
ALPL	217.08 b	254.92 a
RB	338.07 b	371.04 a
PEMA	160.23 b	186.33 a
LONMA	15.03 b	15.91 a
DIAMA	4.40 a	4.57 a
RE	142.98 b	166.00 a
PEOLO	17.12 b	19.05 a
NUHIL	13.09 b	14.10 a
PE200	81.06 a	78.80 a

Medias con la misma letra no son diferentes significativamente al 0.05 de probabilidad estadística.

Cuadro 3. Comparación de medias por planta de las componentes de rendimiento por variedad

Componentes de Rendimiento	La Estancia	Criollo
ALPL	223.17 b	248.83 a
RB	369.04 a	340.07 b
PEMA	195.45 a	151.11 b
LONMA	16.26 a	14.68 b
DIAMA	4.88 a	4.10 b
RE	173.95 a	135.03 b
PEOLO	20.39 a	15.78 b
NUHIL	16.24 a	10.94 b
PE200	87.55 a	72.31 b

Medias con la misma letra no son diferentes significativamente al 0.05 de probabilidad estadística.

Cuadro 4. Comparación de medias por planta de las componentes de rendimiento para la combinación La Estancia -H-133. Fórmulas de producción

Fórmula de producción	ALPL (cm)	RB (gr)	PEMA (gr)	LONMA (cm)	DIAMA (cm)	RE (gr)	PEOLO (gr)	NUHIL	PE200 (gr)
1 80-40(50)	183.0 ef	434.1 b	192.0 b	17.3 a	5.1 a	170.6 c	21.3 bc	15.0 ab	107.0 a
2 80-40(60)	180.1 fg	303.1 de	170.1 b	16.6 abc	5.0 a	153.0 d	16.8 de	16.2 ab	81.5 de
3 80-60(60)	184.0 ef	266.5 h	141.3 ef	14.7 abcd	4.4 a	125.0 g	16.3 de	14.8 ab	61.3 f
4 120-40(60)	240.5 b	424.8 b	241.7 a	17.2 ab	5.5 a	267.4 a	24.5 ab	16.7 a	96.4 bc
5 120-60(50)	169.3 h	278.1 gh	141.0 ef	14.0 bcd	4.5 a	113.8 h	17.6 cde	15.3 ab	75.5 e
6 120-80(50)	192.6 cd	339.0 c	156.0 d	13.8 cd	4.1 a	138.6 e	15.0 ef	15.5 ab	91.0 c
7 40-40(50)	175.5 gh	311.6 d	157.0 d	14.7 abcd	4.7 a	137.1 ef	19.8 cd	15.6 ab	80.8 de
8 160-60(70)	195.3 cd	281.6 fg	139.3 f	13.1 d	4.0 a	127.3 fg	12.0 f	13.2 b	83.0 d
9 80-20(50)	184.6 ef	295.3 ef	162.3 c	14.2 abcd	4.1 a	143.3 de	21.3 bc	14.2 ab	92.3 c
10 120-80(60)	248.3 a	460.3 a	245.1 a	17.5 a	5.5 a	220.1 b	25.0 a	16.6 a	108.1 a
11 Testigo(60)	199.1 c	312.5 d	156.0 d	14.9 abcd	4.0 a	140.8 e	15.6 ef	13.8 ab	101.3 ab
12 Testigo(50)	189.5 de	288.5 fg	151.3 de	13.0 d	4.1 a	136.1 ef	15.1 ef	14.5 ab	92.6 c

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes al 0.05 de probabilidad estadística.

res fórmulas según la componente de rendimiento son las siguientes: 80-20 (50) para NUHIL; 80-40 (60) para RB; 120-40 (60) para PE200; 120-80 (50) para LONMA y PELO; 120-80 (60) para RE y PELO y 160-60 (70) para las componentes RB, DIAMA y PE200. En esta combinación la variación en la respuesta de las componentes a las fórmulas de producción es muy amplia. Se aprecia que según la componente observada, existe una o más fórmulas que puedan ser consideradas como las mejores. Esto probablemente se deba al genotipo criollo el cual cuenta con un genoma con mayor variabilidad que el híbrido. Las fórmulas menos adecuadas fueron aquellas que no contienen fertilización alguna (Testigo (60) y Testigo (50)).

#### Xothí - H-133.

En esta combinación (Cuadro 6), las componentes de rendimiento LONMA, DIAMA, NUHIL e inclusive PE200 no muestran diferencias en la respuesta a las fórmulas de producción; en el resto de las componentes el grado de respuesta no es muy amplio. La variación entre las mejores fórmulas de producción para cada componente es manifiesta. La fórmula 120-80 (50) provoca la mejor expresión de las componentes RE y PEMA; ALPL, RB y PELO condicionan su mayor expresión a una diferente fórmula de producción. Los valores más bajos en la mayoría de las componentes son obtenidos con las fórmulas más pobres como son Testigo (60) y 40-40 (50) o bien de mediana fertilidad como la 80-40 (50).

#### Xothí - Criollo

En el Cuadro 7, se observa que aun tratándose de material criollo, la variación en la respuesta de las componentes a las fórmulas no es notoria ya que las componentes ALPL, PEMA, LONMA, RE y PELO se manifiestan mejor con la fórmula 80-60 (60) aunque ALPL también se manifiesta de la misma manera con las fórmulas 80-40 (50) y 80-40 (60). DIAMA sí bien responde de manera diferencial a las fórmulas de producción esta respuesta no es muy amplia. La fórmula 160-60 (70) es la más adecuada para las componentes RB y PE200, para NUHIL la fórmula 80-20 (50) es la mejor. La fórmula 120-60 (50) es la menos adecuada para todas las componentes analizadas. Al comparar la fórmula 80-60 (60) considerada como la mejor con la fórmula menos adecuada, se aprecia un incremento en el nivel de nitrógeno y una reducción en la densidad de población, mientras que la dosis de fósforo permanece igual; esto parece indicar que es la interacción de los elementos de la fórmula de producción (nitrógeno, fósforo y densidad de población) per se la que condiciona la respuesta, no siendo posible dilucidar cuál de los elementos de la fórmula es el responsable de dicha respuesta.

El Cuadro 8 contiene a las fórmulas de producción, que permiten la mayor expresión de los componentes de rendimiento para cada combinación de localidad-variedad, de tal manera que se aprecian las dosis de nitrógeno, fósforo y densidad de población que aparecen con mayor frecuencia. Esto es con la finalidad de observar las dosis

Cuadro 5. Comparación de medias por planta de las componentes de rendimiento para la combinación La Estancia-Criollo-Fórmulas de producción

Fórmula de Producción	ALPL (cm)	RB (gr)	PEMA (gr)	LONMA (cm)	DIAMA (cm)	RE (gr)	PELO (gr)	NUHIL	PE200 (gr)
1 80-40(50)	236.1 de	308.5 e	124.8 e	12.9 de	3.4 ab	115.5 d	14.6 cd	8.7 de	59.3 e
2 80-40(60)	220.3 hi	428.8 a	158.3 cd	15.7 abcd	4.4 ab	144.0 b	15.0 bcd	11.1 bcd	88.0 ab
3 80-60(60)	251.8 c	301.1 ef	148.6 d	15.7 abcd	4.9 ab	133.3 c	15.3 bcd	11.0 bcd	71.1 d
4 120-40(60)	231.3 ef	323.8 d	168.6 bd	17.4 ab	4.8 a	150.3 ab	17.6 abc	12.0 abc	90.0 a
5 120-60(50)	254.5 bc	312.7 de	125.5 e	12.1 ef	3.3 ab	113.2 d	12.0 d	9.2 cde	58.5 e
6 120-80(50)	242.3 d	375.5 c	166.3 c	18.1 a	4.6 ab	147.1 ab	19.3 a	12.5 ab	73.8 d
7 40-40(50)	276.6 a	407.0 b	179.6 a	18.1 a	4.8 a	152.0 ab	17.6 abc	13.2 ab	75.0 cd
8 160-60(70)	260.1 b	424.8 a	168.3 bc	16.2 abc	4.8 a	149.6 ab	18.6 ab	11.6 abcd	94.0 a
9 80-20(50)	217.8 i	293.8 fg	164.8 c	14.4 bcde	4.5 ab	150.5 ab	13.8 cd	14.2 a	81.5 bc
10 120-80(60)	226.8 fgh	398.0 b	177.6 ab	13.1 cde	4.5 ab	157.1 a	20.8 a	12.2 ab	88.6 ab
11 Testigo (60)	231.0 efg	281.5 g	101.8 f	9.7 f	2.9 b	90.8 e	11.6 d	7.2 e	42.6 g
12 Testigo (50)	223.6 ghi	262.1 h	107.5 f	11.5 ef	3.6 ab	94.1 e	13.6 d	9.1 cde	50.8 f

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes al 0.05 de probabilidad estadística.

Cuadro 6. Comparación de medias por planta de las componentes de rendimiento para la combinación Xothí-H-133 - Fórmulas de Producción

Fórmula de Producción	ALPL (cm)	RB (gr)	PEMA (gr)	LONMA (cm)	DIAMA (cm)	RE (gr)	PELO (gr)	NUHIL	PE200 (gr)
1 80-40(50)	226.3	373.1 f	194.0 e	16.0 a	4.8 a	166.5 f	19.8 de	16.6 a	76.8 bc
2 80-40(60)	257.0 bc	452.1 a	229.8 b	17.8 a	5.3 a	208.8 bc	24.3 bc	18.7 a	89.6 a
3 80-60(60)	241.8 ef	417.3 cd	242.3 a	17.3 a	4.8 a	212.1 ab	21.6 cd	16.4 a	80.0 a
4 120-40(60)	246.0 de	406.5 d	226.3 bc	18.0 a	5.1 a	198.1 cd	27.6 ab	16.6 a	93.0 a
5 120-60(50)	257.0 bc	430.1 bc	229.8 b	18.0 a	5.3 a	201.1 cd	29.0 a	16.8 a	93.3 a
6 120-80(50)	246.5 de	436.0 b	247.0 a	18.6 a	5.5 a	223.3 a	24.6 bc	18.0 a	95.1 a
7 40-40(50)	250.6 cd	345.6 g	187.6 e	16.5 a	4.8 a	171.8 f	15.8 f	16.4 a	70.8 c
8 160-60(70)	268.0 a	409.8 d	208. d	17.1 a	5.1 a	183.5 e	24.5 bc	17.4 a	80.0 ab
9 80-20(50)	236.5 f	387.5 e	216.0 cd	17.7 a	5.4 a	195.0 d	20.0 de	19.6 a	79.6 b
10 120-80(60)	268.0 a	409.6 d	228.8 b	17.4 a	4.1 a	205.0 bcd	20.3 de	16.5 a	93.8 a
11 Testigo (60)	260.6 b	358.8 g	187.6 e	16.0 a	5.1 a	171.0 f	16.6 ef	17.2 a	75.1 bc
12 Testigo (50)	257.3 bc	434.6 b	240.5 a	17.9 a	5.1 a	215.7 ab	24.3 bc	17.4 a	91.8 a

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes al 0.05 de probabilidad estadística.

de cada elemento de la fórmula de producción que permite la mejor expresión de las componentes de rendimiento y de esta forma integrar una fórmula de producción general para ser considerada en el área de estudio.

Las componentes PEMA, LONMA, RE, PELO y PE200 condicionan la mayoría de las veces su mejor expresión a 120 kg/ha de nitrógeno. ALPL responde de la misma manera tanto a 80 como a 120 kg/ha de nitrógeno; RB a 80 y 160 kg y NUHIL sólo con 80 kg/ha de nitrógeno se manifiesta mejor.

En fósforo los niveles 40 y 80 kg/ha aparecen con mayor frecuencia en todas las componentes excepto en NUHIL en la que 20 kg/ha es la mejor.

En densidad de población se aprecian las tres densidades estudiadas, pero 60 000 pl/ha es la mejor para casi todas las componentes.

A través de esta observación se integra la fórmula 120-80(60) como común a casi todas las componentes estudiadas.

Cuadro 7. Comparación de medias por planta de las componentes de rendimiento para la combinación Xothí-Criollo -Fórmulas de Producción.

Fórmula de Producción	ALPL (cm)	RB (gr)	PEMA (gr)	LONMA (cm)	DIAMA (cm)	RE (gr)	PELO (gr)	NUHIL	PE200 (gr)
1 80-40(50)	279.5 a	337.3 d	122.5 g	13.9 b	4.1 a	108.5 e	14.1 de	11.2 ab	53.1 f
2 80-40(60)	276.2 a	340.3 d	154.5 de	15.4 ab	4.5	140.0 c	14.8 de	11.8 ab	77.1 bc
3 80-60(60)	275.1 a	414.1 b	195.2 a	17.6 a	4.8 a	169.7 a	25.1 a	12.1 ab	81.0 b
4 120-40(60)	261.0 b	348.3 d	158.3 de	16.2 ab	4.4 a	139.3 c	19.1 b	12.4 ab	72.3 cd
5 120-60(50)	219.0 d	215.1 h	77.0 h	7.0 c	2.0 b	68.0 f	5.8 f	5.6 c	34.1 g
6 120-80(50)	276.8 a	373.5 c	176.3 b	16.0 ab	3.8 a	156.0 b	19.8 b	11.2 ab	82.0 b
7 40-40(50)	261.1 b	305.1 ef	148.5 ef	14.1 b	3.3 ab	133.0 cd	15.1 cde	10.5 b	67.1 de
8 160-60(70)	263.5 b	438.3 a	171.5 bc	15.4 ab	4.8 a	153.1 b	18.6 bc	11.5 ab	106.3 a
9 80-20(50)	217.2 d	290.0 g	164.6 cd	14.2 b	4.4 a	151.3 b	13.0 de	14.2 a	80.3 b
10 120-80(60)	250.5 c	313.e	154.6 de	13.4 b	3.4 ab	130.3 cd	14.3 de	10.0 b	66.1 de
11 Testigo (60)	259.5 b	296.9 fg	14.0 f	14.2 b	4.2 a	125.2 d	12.0 e	10.0 b	63.5 e
12 Testigo (50)	264.6 b	371.0 c	171.1 bc	15.2 ab	4.0 a	158.1 b	16.3 bcd	9.6 b	78.6 bc

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes al 0.05 de probabilidad estadística.

Cuadro 8. Fórmulas de producción que permiten la mayor expresión de las componentes de rendimiento, de acuerdo a la combinación Localidad-Varietal.

Combinación	ALPL cm	RB gr	PEMA gr	LONMA cm	DIAMA cm
La Estancia H-133	120-80(60)	120-80(60)	120-80(60) 120-40(60)	120-80(60) 80-40(50)	120-40(60) <sup>1</sup>
La Estancia Criollo	40-40(50)	80-40(60) 160-60(70)	40-40(50)	120-80(60) 40-40(50)	120-40(60) 160-60(70) 40-40(50)
Xothí H-133	160-60(50) 120-80(60)	80-40(60)	120-80(50) 80-60(60) Testigo(50)	120-80(50) <sup>1</sup>	120-80(50)
Xothí Criollo	80-40(50) 120-80(50) 80-40(60) 80-60(60)	160-60(70)	80-60(60)	80-60(60)	80-60(60) <sup>3</sup>
	RE gr	PELO gr	NUHIL	PE200 gr	
La Estancia H-133	120-40(60)	120-80(60)	120-40(60) 120-80(60)	120-80(60) 80-40(50)	
La Estancia Criollo	120-80(60)	120-80(60) 120-80(50)	80-20(50)	160-60(70) 120-40(60)	
Xothí H-133	120-80(50)	120-60(50)	80-20(50)	120-80(50) <sup>2</sup>	
Xothí Criollo	80-60(60)	80-60(60)	80-20(50)	160-60(70)	

<sup>1</sup> No se obtuvo significancia en 12 fórmulas de producción.

<sup>2</sup> No se obtuvo significancia en 8 fórmulas de producción.

<sup>3</sup> No se obtuvo significancia en 11 fórmulas de producción.

## CONCLUSIONES

1. De los factores de estudio, la fórmula de producción tiene un mayor efecto sobre las componentes de rendimiento.
2. Las localidades La Estancia y Xothí mostraron diferencias significativas, siendo esta última localidad la mejor.
3. El híbrido de maíz H-133 y el criollo de la zona de estudio, son diferentes. El híbrido supera al criollo

4. En cada combinación de localidad-variedad-fórmula de producción, las componentes de rendimiento se expresan de manera diferente.
  - 4.1 En La Estancia - H-133 la mejor fórmula fue 120-80 (60)
  - 4.2 En La Estancia - Criollo, la fórmula 40-40 (50) aparece con mayor frecuencia como la mejor.
  - 4.3 En Xothí - H-133 la mejor fórmula fue 120-80 (50)
  - 4.4 En Xothí - Criollo la fórmula 80-60 (60) fue la mejor.

## LITERATURA CITADA

- Dirección General de Economía Agrícola, 1980, SARH. Informe Agropecuario y Forestal, Datos preeliminares. México.
- Doss, B.D., CC, King., R.M. Patterson. 1970, Yield components and water use by silage corn with irrigation, plastic mulch, nitrogen fertilization and plants spacing, Agron. J, 62:541-543,
- Duncan, E.R. 1954. Influences of varying plant population soil fertility and hybrid on corn yield, Soil Sci, Soc, Amer, Proc. 18:437-440,
- Frey, K.J. 1959, Yield components in oats, II. The effect of nitrogen fertilization. Agron. J, 51:605-608.
- Hanway, J.J. 1962. Corn growth and composition in relation to soil fertility. I. Growth of different plant parts and relation between leaf weight and grain yield. Agron. J, 54:145-148,
- Lang, A.L., J.W. Pendleton, G.H. Duncan. 1956. Influence of population and nitrogen levels on yield, and protein and oil contents of nine corn hybrids. Agron. J, 48:284-289,
- Núñez, R., E. Kamprath. 1969. Relationships between N response, plant population and row width and yield of corn. Agron. J, 61:279-282.
- Productora Nacional de Semillas, 1980, SARH, Maíces para la Masa Central y Valles Altos, México,
- Velázquez, V, C. 1977, Efecto de la fertilización nitrogenada y micronutrientes sobre el rendimiento del híbrido H-309 de maíz en un área del Bajío, Tesis Profesional. Instituto Tecnológico de Monterrey. Monterrey N.L.
- Vellhausen, E.J., L.M. Roberts, E. Hernández X, 1952. Races of maize in Mexico, their origin, characteristics and distribution, The Bussey Institution of Harvard University, pp. 161-171.

## INFLUENCIA DE LA FERTILIZACION NITROGENADA Y FOSFORICA ASI COMO LA DENSIDAD DE SIEMBRA SOBRE EL CULTIVO DE CEBADA EN LA REGION BAJIO +

Díaz de León Tobías, J.G. \*

### RESUMEN

La producción de cebada es factible de incrementarse mediante la superación en eficiencia de las metodologías actuales o por la creación de nuevos y mejores materiales.

Siendo el acame, a la par con el desconocimiento de la dosis óptima económica de fertilización y densidad de siembra parte de la problemática regional del cultivo, se estableció en el ciclo otoño-invierno de 1981 en el estado de Guanajuato un experimento de fertilización en diversos materiales de cebada.

Se utilizó un arreglo sistemático de tratamientos en franjas asignándose al factor A, los tratamientos de fertilización y densidad de siembra; éstos se eligieron de acuerdo a una matriz de tratamientos Plan Puebla I para 3 factores (N,  $P_2O_5$  y DS) con dos tratamientos adicionales, uno el testigo absoluto y el otro con adición de 25 kg/ha de zinc. Los espacios de exploración para los factores en estudio fueron: 80-200, 0-90 y 80 - 200 kg/ha para N,  $P_2O_5$  y DS respectivamente; al factor B se designaron los materiales genéticos en estudio; Cerro Prieto, usada como testigo regional y dos nuevos materiales denominados Línea M-9626 A y Línea M-9665. Los tratamientos tuvieron cuatro repeticiones.

Los resultados indican respuesta positiva a la fertilización y densidad de siembra, no así al material genético usado y su interacción con los fertilizantes.

En este trabajo cualquier nivel de fertilización usado superó al rendimiento aportado por el testigo en cualesquiera de las variedades. En lo que se refiere a estas últimas, los nuevos materiales tuvieron el mismo rendimiento que la variedad testigo. Por medio de un análisis económico se determinó la función por la que posteriormente se calcularía gráficamente el TEOCI, siendo aquella 160-60-140 con un rendimiento de 4.891 ton/ha que a su vez superó al testigo en 2.343 ton/ha. En base a esto el resultado de este ensayo indica que el tratamiento más conveniente fue de 160 kg/ha de N, 60 kg/ha de  $P_2O_5$  y 140 kg/ha de semilla, para las condiciones que prevalecieron.

La fertilización incrementó en todos los casos la altura de planta en comparación al testigo, siendo el N el elemento que más influye a elevar la altura. Los nuevos materiales tuvieron una altura menor al testigo. El zinc incrementó los rendimientos pero no significativamente. Una vez que se determine la dosis óptima económica de fertilización y densidad de siembra en materiales de bajo porte, mediante las suficientes repeticiones en espacio y tiempo, se estará en condiciones de disminuir la intensidad del problema acame que viene como consecuencia del mal uso de los factores antes mencionados, principalmente.

### ABSTRACT

A field experiment was carried out on the fall-winter cropping season of 1981, in order to determine optimum levels of nitrogen and phosphorus fertilizers and planting density for three barley varieties in El Bajío. The experiment involved four replications of the "Plan Puebla" experimental matrix for nitrogen and phosphorus fertilizers and for seeding density, an additional treatment involved a zinc application. Rates studied varied from 80 to 200 kg of N per hectare, 0 to 90 kg of  $P_2O_5$  per hectare, and 80 to 200 kg of seed per hectare. The genetic materials were Cerro Prieto local variety and two new materials: Lines M-9626A and M-9665. The genetic materials and the fertilizer treatments were distributed in the field according to a systematic design in stripes. No yield differences between varieties were found. The maximum profit recommendation was found to be 160 kg of N/ha, 60 kg of  $P_2O_5$ /ha and 140 kg of seed per hectare.

+ Ponencia presentada en el XV Congreso Nacional de la S.M.C.S.

\* Investigador del CIAB. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, SARH.

**INTRODUCCION**

La producción de cebada en México tiende a incrementarse, a través del uso de variedades mejoradas y la aplicación de nuevas y mejores metodologías de producción; como respuesta a las deficiencias que aún se tienen en los rendimientos de este cultivo, que no cubren las necesidades actuales y ocasionan importaciones de grandes volúmenes.

El cultivo de la cebada, tiene una importante región localizada en El Bajío, con temperatura media de 18-22°C y precipitación anual de 600-1000 mm, alcanzándose rendimientos medios de poco más de 3 ton/ha en invierno y sembrándose alrededor de 35,000 ha por ciclo (Ramirez, 1980).

Para esta zona se requieren variedades de paja corta, resistentes al acame, ciclo vegetativo corto y resistentes a enfermedades, esto es, en lo que respecta a características genéticas de la planta. Sin embargo, parte de la problemática la constituyen el desconocimiento de una dosis óptima económica de fertilización y una densidad óptima de siembra. El desconocimiento de los factores antes mencionados conduce a los productores a efectuar aplicaciones limitativas, que impiden la expresión potencial del cultivo; o bien, en la mayoría de las veces a realizar aplicaciones excesivas que aparte de aumentar los costos de producción se incurre en el desperdicio de fertilizante y como consecuencia de las altas dosis empleadas se agrava el problema del acame.

Tomando en consideración la problemática anterior, se desarrolló este trabajo en el Estado de Guanajuato, teniendo entre sus objetivos: la determinación de una dosis óptima económica de nitrógeno y fósforo; tomando en cuenta que dicha dosis, principalmente de nitrógeno no incrementará el contenido de proteína cruda en el grano más allá del 14%, límite de este parámetro para ser considerado de buena calidad maltera. Otro objetivo fue determinar la densidad óptima económica de siembra, tomando en cuenta que ésta no provocará el acame. Se incluyó un tratamiento con zinc para observar sus efectos. Por último conocer si los nuevos materiales de paja corta tienen los mismos requerimientos nutricionales que las variedades tradicionales.

**REVISION DE LITERATURA**

La cebada responde favorablemente a las aplicaciones de nitrógeno, así lo indica el trabajo donde se probaron cuatro niveles de este elemento, que fueron 0, 30, 60 y 90 kg/ha, teniendo rendimientos de 1.63, 2.64, 2.83 y 3.14 ton/ha, respectivamente. Aplicaciones de 30 y 60 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha no tuvieron efectos significativos sobre el rendimiento (Pandey, et al., 1978).

Esta misma respuesta se obtuvo con 0, 20 y 40 kg N/ha que aportaron rendimientos de 2.22, 2.66 y 2.88 ton/ha, respectivamente (Singh, et al., 1978). En cuanto a fósforo, la cebada responde más favorablemente que el trigo (Krentos y Orphanos, 1979).

La fertilización con N y P influye en el contenido de N, P y K en las hojas, paja y grano de trigo y cebada en condiciones semiáridas. La fertilización nitrogenada incrementó linealmente el contenido de N en hojas, paja y grano, así como también el contenido de K en hojas y paja, pero reduce el contenido de P en el grano. La fertilización fosfórica no influye significativamente en el contenido de P en cualquiera de los componentes analizados, aunque incrementó los rendimientos de paja y grano (Orphanos y Krentos, 1979).

Los rendimientos de grano se ven afectados por la aplicación de nutrientes y el nivel de disponibilidad de ellos

en el suelo. Cuando se incrementan los valores disponibles en el suelo, la respuesta a la aplicación de nutrientes declina (Dev, et al., 1980); se sugiere aplicarle a la cebada 40 kg/ha de fósforo en suelos cuyo análisis indique deficiencia, principalmente en suelos ligeros; aplicar fósforo sólo cuando el análisis del suelo indique un contenido menor de 15 kg/ha (Navarro, 1978).

La densidad de siembra adecuada para el cultivo de cebada en suelos pesados es de 100-120 kg/ha (Anónimo, 1976). Al probar cuatro densidades de siembra 100, 120, 140 y 160, no se encontraron respuestas positivas, por lo que se continúa recomendando 120 kg/ha de semilla (Anónimo, 1979).

El contenido de proteína sobre el grano de cebada depende ampliamente del nivel de fertilización nitrogenada y humedad del suelo con niveles altos de N y bajo contenido de humedad. El contenido de proteína en grano será alto y disminuirá a medida que aumente la disponibilidad de humedad (Bole y Pittman, 1980).

El contenido de proteína cruda en cebada sin aplicaciones de N fue 11.3%, incrementándose a 13.4% con 85 kg N/ha (Gately, 1976).

**MATERIALES Y METODOS**

El lote experimental fue establecido durante el ciclo 0-1 1981-82 en el Municipio de Valle de Santiago, Gto.; en un suelo cuyo análisis físico-químico indicó que es de textura arcillosa, medianamente alcalino, mediano en materia orgánica, mediano en nitrógeno, muy alto en fósforo, extremadamente rico en potasio, calcio y magnesio y ligeramente salino (Cuadro 2).

Las fuentes nutritivas empleadas fueron: urea 46% N, superfosfato de calcio triple 46% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y sulfato de zinc monohidratado 36% Zn.

El material genético utilizado lo formaron la variedad comercial Cerro Prieto, usada como testigo regional y dos líneas experimentales llamadas de paja corta (M-9626A y M-9665).

La distribución de tratamientos se hizo de acuerdo a un arreglo sistemático designando al factor B los tratamientos del material genético y al factor A los tratamientos de fertilización y densidad de siembra, dados por una matriz Plan Puebla I para tres factores: N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, DS (Cuadro 1). Los rangos de exploración fueron 80-200, 0-90 y 80-200 kg/ha de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y semilla, respectivamente. Se incluyeron dos tratamientos adicionales a la matriz que fueron el testigo absoluto (sin fertilizante) y otro donde se incluyó la aplicación de 25 kg de Zn/ha. Se establecieron cuatro repeticiones.

La unidad experimental tuvo un área de 12 m<sup>2</sup> y se redujo a 3.5 m<sup>2</sup> la considerada parcela útil. El cultivo anterior en el lugar del estudio fue sorgo.

**RESULTADOS Y DISCUSION**

Se hicieron análisis de varianza para las variables rendimiento y altura de planta, encontrando que para la primera hubo alta significancia entre bloques y tratamientos de fertilización y para la segunda alta significancia entre bloques, variedades, fertilización y su interacción (Cuadros 3 y 4).

Cuadro 1. Lista de tratamientos.

No.	Factor A		DS
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
	Factor B		
	1. Línea M9626A		
	2. Cerro Prieto		
	3. Línea M9665		
1	120	30	120 <sup>1)</sup>
2	120	30	160
3	120	60	120
4	120	60	160
5	160	30	120
6	160	30	160
7	160	60	120
8	160	60	160
9	80	30	120
10	200	60	160
11	120	0	120
12	160	90	160
13	120	30	80
14	160	60	200
15	0	0	120 <sup>2)</sup>
16	120	60	120 <sup>3)</sup>

1) Tratamientos de la matriz.

2) Testigo absoluto.

3) Aplicación de 25 kg/ha de Zinc.

Cuadro 2. Análisis físico-químico del suelo del experimento\*.

CONCEPTO	PROFUNDIDAD (CM)	
	0 - 30	30 - 60
pH (1:2)	7.9	8.0
% Arena	18.36	20.36
% Limo	25.28	23.28
% Arcilla	56.36	56.36
Textura	Arcilla	Arcilla
% Materia orgánica	2.13	1.64
Nitrógeno total %	0.11	0.07
Fósforo (ppm)	29.19	24.22
Potasio (ppm)	311	244
Magnesio (ppm)	775	808
Calcio (ppm)	14009	14746
% Saturación	68.95	72.16
pH (sat)	8.3	8.5
C.E. (mmhos/cm)	2.67	1.88

\* Realizado por Laboratorio de Suelos del CAEB-CIAB-INIA-SARH.

Cuadro 3. Análisis de varianza para rendimientos de cebada 0-1 1981-1982. Valle de Santiago, Gto. CAEB-CIAB-INIA-SARH.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.Cal	F05	F01
Bloques	3	5.308	1.769	5.00	2.82	4.25**
Factor A	15	66.997	4.466	12.62	1.90	2.47**
Error A	45	15.918	0.354			
Factor B	2	1.292	0.646	0.75	5.14	10.92NS
Error B	6	5.204	0.867			
Fact.(A)-Fact.(B)	30	11.092	0.370	1.28	1.69	2.09NS
Error C	90	25.992	0.289			
Total	191	131.803				

CVa = 13.26%

CVb = 20.75%

CVc = 11.98%

## Efecto de fertilización

Por medio de una prueba de t se determinó que, en general la adición de fertilizantes, según los tratamientos empleados, incrementó significativamente los rendimientos sobre el testigo (Cuadro 5), así como también la altura de planta (Cuadro 6).

## Efecto de nitrógeno

En la prueba de efectos factoriales (Cuadro 7) se aprecia el efecto positivo del N sobre el rendimiento al pasar de su nivel 120 al de 160 kg/ha. Respuesta que también mencionan Singh, et al. (1978), cuando probaron niveles de 0-40 kg/ha. Pandey et al. (1978), con valores un poco mayores en un rango de 0-90 kg/ha, también tuvieron efectos crecientes en rendimiento a dosis cada vez mayores de N.

El contenido de proteína en grano, a nivel media sobre los tres materiales de cebada empleados, se incrementó de 10.74 a 11.33% cuando se usaron 80 y 160 kg N/ha manteniéndose el P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y DS a niveles relativamente bajos, coincidiendo con Orphanos y Krentos (1979) quienes mencionan que el contenido de N se incrementó linealmente con la fertilización nitrogenada. Gately (1976), obtuvo el mismo efecto en porcentaje de proteína cruda por medio de aplicaciones nitrogenadas; la cebada sin fertilizante tuvo 11.3% de proteína y se incrementó a 13.4% con la aplicación de 85 kg N/ha. Cuando las dosis de N fueron 120, 160 y 200 kg/ha, el contenido de proteína fue de 11.47, 11.92 y 11.77%, respectivamente, usando niveles relativamente altos de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y DS; el decremento en proteína al pasar al nivel máximo de N posiblemente se debe a lo que mencionan Bole y Pittman (1980), que a niveles altos de N y bajo contenido de humedad el contenido de proteína en grano será alto y disminuirá a medida que aumenta la disponibilidad de humedad. Para la determinación de proteína se usó el método para N total de Kjeldahl, modificado por Wieninger; el porcentaje de N total se multiplicó por el factor 5.83 (FAO) para dar porcentaje de proteína bruta en la semilla.

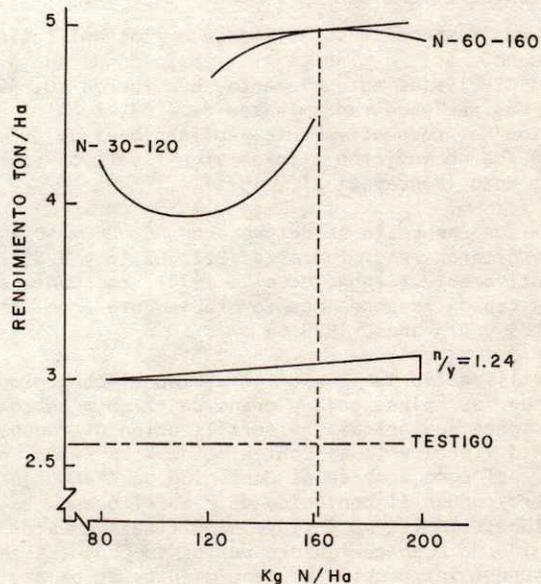


Figura 1. Respuesta de la cebada al nitrógeno en Valle de Santiago, Gto. CAEB-CIAB-INIA-SARH 1981-82.

Cuadro 4. Análisis de varianza para altura de planta. Cebada 0-1 1981-1982, Valle de Santiago. CAEB-CIAB-INIA-SARH.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.Cal	FO 5	FO 1
Bloques	3	1479.31	493.10	11.49	2.82	4.25**
Factor A	15	7775.25	518.35	12.08	1.90	2.47**
Error A	45	1930.61	42.90			
Factor B	2	25096.64	12548.32	225.51	5.14	10.92**
Error B	6	333.86	55.64			
Fact. (A)-						
Fact. (B)	30	1551.86	51.73	2.12	1.69	2.09**
Error C	90	2194.97	24.39			
Total	191	40362.50				

CVa = 7.49%                      CVb = 8.53%                      Cvc = 5.65%

De los factores estudiados, el N fue el que influyó significativamente para aumentar la altura de planta (Cuadro 8) y por consiguiente, la dosis más alta de N provocó el mayor porcentaje de acame; así lo menciona también Uexkull (1973), diciendo que en cereales una sobredosis de N en plantas que reciben poca luz, provoca elongación celular, tallos débiles y peligro de acame.

Efecto del fósforo

Contrariamente a lo esperado, puesto que el análisis de suelo mostró un contenido muy alto de fósforo, se incrementaron los rendimientos de una manera significativa

cuando la dosis de este elemento se incrementó de 30 a 60 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha (Cuadro 7), así lo dicen también Dev, et al. (1980), que la respuesta a la aplicación de nutrientes declina al existir valores altos de éstos en el suelo. Navarro (1978) sugiere aplicar fósforo sólo en suelos que tengan un contenido menor de 15 kg/ha.

Este nutrimento no tuvo gran influencia sobre la altura de planta ni en problemas de acame.

Efecto de la densidad de siembra

Incrementó significativamente el rendimiento al pasar de su nivel 120 a 160 kg de semilla/ha, cantidad que difiere de la recomendación de 120 kg/ha por parte del CIANO-INIA-SAG (1976) y otro estudio (1), donde probó cuatro densidades 100, 120, 140 y 160 kg/ha y no encontró diferencias significativas, continuando con la recomendación de 120 kg/ha. El análisis de Yates indica, que este factor no tuvo gran influencia sobre la altura de planta ni sobre el acame (Cuadro 8).

Efecto del zinc

La aplicación de 25 kg Zn/ha incrementó los rendimientos en 428 kg/ha. Lo que representa una inversión extra de aproximadamente \$ 2,400.00/ha y una diferencia en ingresos netos+costos fijos de \$ 894.00/ha sobre la no utilización de zinc. Por consiguiente, la utilidad no compensó la inversión y resultó antieconómica la aplicación de zinc. Sin embargo, Schmidt (1963) menciona que, en general, los suelos de El Bajío son deficientes en este elemento.

Dosis óptima económica

Siguiendo la metodología propuesta por Turrent (1981) se realizó un análisis económico de los tratamientos (Cuadro 9) eligiendo la función 160-60-160, sobre la que se

Cuadro 5. Diferencia mínima significativa para rendimientos en ton/ha de cebada 0-1 1981-1982. Valle de Santiago. CAEB-CIAB-INIA-SARH.

N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	DS	LINEA M9626A	CERRO PRIETO	LINEA M9665	$\bar{X}$
120	30	120	3.707 A	4.007 A	4.129 A	3.948 A
120	30	160	5.036 A	5.143 A	4.407 A	4.862 A
120	60	120	4.514 A	4.629 A	4.786 A	4.643 A
120	60	160	5.007 A	4.429 A	4.686 A	4.707 A
160	30	120	4.586 A	4.464 A	4.543 A	4.531 A
160	30	160	4.900 A	4.564 A	4.829 A	4.764 A
160	60	120	4.500 A	5.100 A	5.221 A	4.940 A
160	60	160	4.921 A	4.650 A	5.372 A	4.981 A
80	30	120	4.507 A	3.950 B	4.229 A	4.229 A
200	60	160	4.972 A	4.279 A	5.557 A	4.936 A
120	0	120	4.113 A	4.000 A	4.036 A	4.060 A
160	90	160	4.793 A	4.664 A	5.450 A	4.969 A
120	30	80	4.050 A	4.107 A	4.772 A	4.310 A
160	60	200	4.329 A	4.236 A	4.072 A	4.212 A
0	0	120	2.550 *	2.929 *	2.436 *	2.638 *
120	60	120	5.115 A	5.136 A	4.964 A	5.071 A
$\bar{X}$			4.477 B	4.393 *	4.593 B	4.487

X Adición de 25 kg/ha de zinc

\* Tratamientos usados como testigos en las comparaciones

DMS<sub>01</sub> = 0.653 Para tratamientos de fertilización - densidad de siembra

DMS<sub>01</sub> = 0.610 Para material genético usado

DMS<sub>01</sub> = 1.045 Para tratamientos de fertilización-densidad de siembra al mismo o diferente tratamiento de material genético.

La letra que sigue a los rendimientos indica lo siguiente, respecto al testigo:

A = Superior                      B = Igual                      C = Inferior

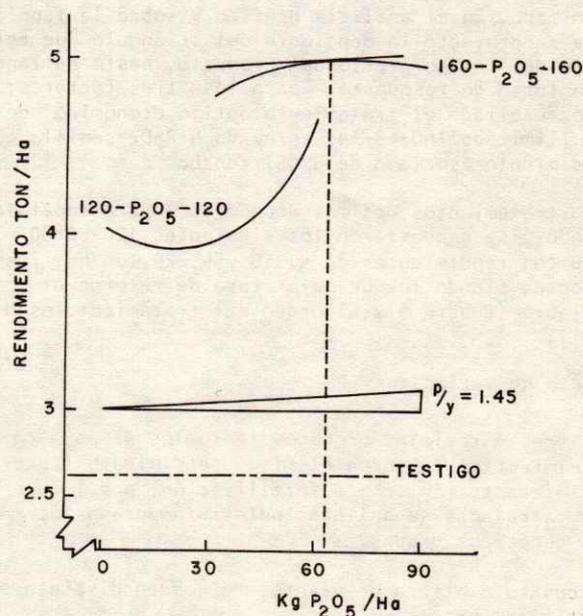


Figura 2. Respuesta de la cebada al fósforo en Valle de Santiago, Gto. CAEB-CIAB-INIA-SARH 1981-82.

Cuadro 6. Diferencia mínima significativa para altura de planta en cebada 0-1 1981-82. Valle de Santiago. CAEB-CIAB-INIA-SARH.

N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	DS	LINEA M 9626A	CERRO PRIETO	LINEA M9665	$\bar{X}$
120	30	120	84.25 A	97.00 A	69.75 A	83.67 A
120	30	160	94.75 A	92.25 A	70.00 A	85.67 A
120	60	120	92.25 A	99.50 A	70.50 A	87.42 A
120	60	160	90.00 A	101.25 A	75.50 A	88.92 A
160	30	120	99.25 A	100.00 A	75.50 A	91.58 A
160	30	160	97.50 A	108.00 A	79.75 A	95.08 A
160	60	120	94.50 A	103.75 A	73.75 A	90.67 A
160	60	160	96.75 A	103.75 A	72.75 A	91.08 A
80	30	120	81.50 A	93.50 A	67.25 A	80.75 A
200	60	160	94.75 A	101.00 A	81.25 A	92.33 A
120	0	120	93.25 A	102.50 A	72.00 A	89.25 A
160	90	160	98.50 A	102.50 A	70.00 A	90.33 A
120	30	80	93.50 A	101.00 A	77.00 A	90.50 A
160	60	200	90.50 A	98.50 A	65.75 B	84.92 A
0	0	120 <sup>X</sup>	61.00 *	82.25 *	57.00 *	66.75 *
120	60	120 <sup>X</sup>	93.50 A	101.75 A	73.75 A	89.67 A
$\bar{X}$			90.98 C	99.28 *	71.97 C	87.41

X Adición de 25 kg/ha de zinc

\* Tratamientos usados como testigos en las comparaciones  
DMS<sub>01</sub> = 7.190 Para tratamientos de fertilización - densidad de siembra

DMS<sub>01</sub> = 4.888 Para material genético usado

DMS<sub>01</sub> = 9.095 Para tratamientos de fertilización - densidad de siembra al mismo o diferente tratamiento de material genético.

La letra que sigue a los rendimientos indica lo siguiente respecto al testigo:

A = Superior      B = Igual      C = Inferior

habría de localizar el tratamiento económico de capital ilimitado. En el análisis gráfico y sobre la función elegida se proyectó la pendiente del triángulo de relación costo del insumo/precio del producto, hasta su tangencia a la curva de respuesta, para los tres factores; dando como resultado el tratamiento óptimo económico de capital ilimitado 160-63-140 kg/ha de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-semilla con un rendimiento asociado de 5.051 ton/ha.

Como tratamientos óptimos económicos para capitales limitados, se encontraron los siguientes 120-30-80 y 80-30-120 con rendimientos de 4.310 y 4.229 ton/ha, respectivamente, siendo los de mayor tasa de retorno al capital variable (Cuadro 9). El orden del tratamiento es N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-semilla.

#### Efecto de variedades

Los tres materiales probados, tanto los de paja corta como el testigo, tuvieron el mismo rendimiento (Cuadro 5) y no interactuaron con la fertilización, por lo que las dosis calculadas se aplican indistintamente a los materiales genéticos usados.

En cuanto a altura de planta, responden distinto a la fertilización.

Las dos líneas experimentales tuvieron una altura menor (Cuadro 6) significativamente al testigo Cerro Prieto característica muy deseable que en cierta medida disminu-

ye el acame, siendo la mejor en este aspecto la línea M-9665 que en ninguno de los casos presentó plantas acamadas.

#### CONCLUSIONES

1. La aplicación de fertilizantes incrementó los rendimientos y altura de planta.
2. El porcentaje de proteína contenido en el grano, varió de 10.3 a 12.7% en los tratamientos de fertilización y material genético usado, por lo que en todos los casos, los efectos quedaron abajo del límite de 14% para ser considerada característica de buena calidad maltera, entre otras.
3. El nitrógeno influye en forma determinante para incrementar la altura de planta y por consiguiente el peligro de acame
4. La aplicación de 25 kg Zn/ha incrementó los rendimientos, pero no lo suficiente para ser económicamente costeable.

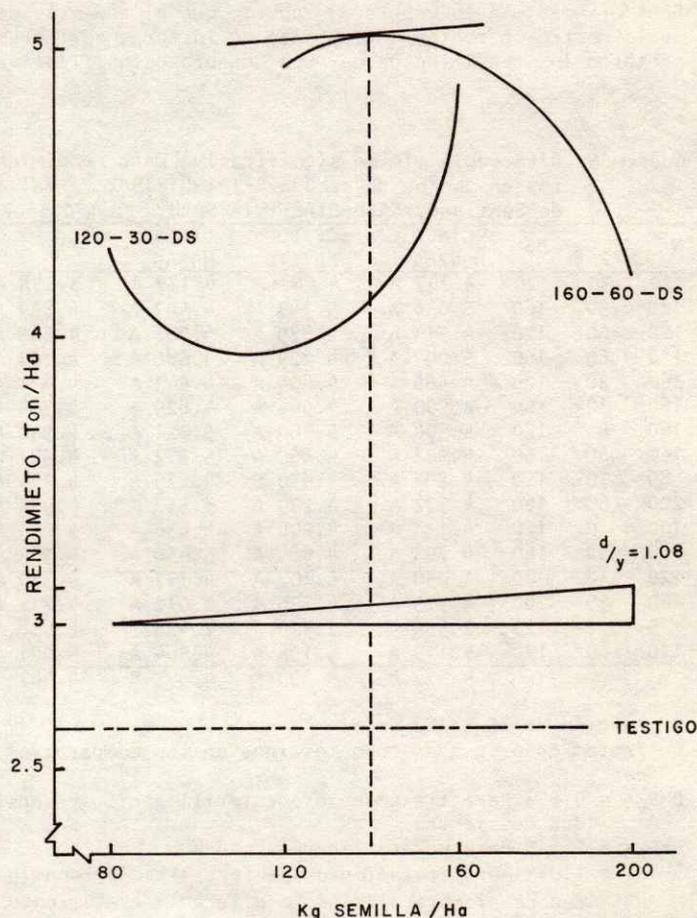


Figura 3. Respuesta de la cebada a la densidad de siembra en Valle de Santiago, Gto. CAEB-CIAB-INIA-SARH 1981-82.

Cuadro 7. Análisis de efectos factoriales para los rendimientos de cebada. Valle de Santiago Gto. 1981-82 CAEB CIAB-INIA-SARH

N	TRATAMIENTOS (kg/ha)		CODIGO DE YATES	RENDIMIENTOS TOTALES Ton/ha	I	II	EFT	EFM
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	DS						
120	30	120	i	47.371	105.714	217.914	448.513	4.672
120	30	160	d	58.343	112.200	230.599	15.029	0.313 *
120	60	120	p	55.714	111.543	11.744	13.999	0.292 *
120	60	160	dp	56.486	119.056	3.285	-12.513	-0.261 *
160	30	120	n	54.372	10.972	6.486	12.685	0.264 *
160	30	160	nd	57.171	0.772	7.513	- 8.459	-0.176 NS
160	60	120	np	59.285	2.799	-10.200	1.027	-0.021 NS
160	60	160	npd	59.771	0.486	- 2.313	7.887	0.164 NS

EMS<sub>10</sub> = 0.204 ton/ha

Cuadro 8. Análisis de efectos factoriales para altura de planta de cebada, Valle de Santiago, Gto. 1981 - 1982 CAEB-CIAB-INIA-SARH

N	TRATAMIENTOS (kg/ha)		CODIGO DE YATES	RENDIMIENTOS TOTALES Ton/ha	I	II	EFT	EFM
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	DS						
120	30	120	i	1004	2032	4148	8569	89.3
120	30	160	p	1028	2116	4421	89	1.9 NS
120	60	120	d	1049	2240	42	25	0.5 NS
120	60	160	dp	1067	2181	47	- 43	-0.9 NS
160	30	120	n	1099	24	84	273	5.7 *
160	30	160	nd	1141	18	- 59	5	0.1 NS
160	60	120	np	1088	42	- 6	-143	-3.0 *
160	60	160	npd	1093	5	- 37	- 31	-0.6 NS

EMS<sub>10</sub> = 2.2 cm

Cuadro 9. Análisis económico del experimento de fertilización en cebada. Valle de Santiago, Gto. 1981 - 1982 CAEB-CIAB-INIA-SARH

N	TRATAMIENTO KG/ha		Y TON/HA	CU \$/HA	IN+CF \$/HA	TON/HA	IN \$/HA	TRCV
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	DS						
120	30	120	3.948	1462.3	29332.1	1.310	8755.7	5.99
120	30	160	4.862	1790.3	36133.3	2.224	15556.9	8.69
120	60	120	4.643	1792.4	34423.0	2.005	13846.6	7.73
120	60	160	4.707	2120.4	34594.2	2.069	14017.8	6.61
160	30	120	4.531	1839.7	33502.1	1.893	12925.7	7.03
160	30	160	4.764	2167.7	34991.5	2.126	14415.1	6.65
160	60	120	4.940	2169.8	36362.2*	2.302	15785.8	7.28
160	60	160	4.981	2497.8	36354.0*	2.343	15777.6	6.32
80	30	120	4.229	1084.9	31901.3	1.591	11324.9	*10.44
200	60	160	4.936	2875.2	35625.6	2.298	15049.2	5.23
120	0	120	4.060	1132.2	30535.8	1.422	9959.4	8.80
160	90	160	4.969	2828.0	35930.2	2.331	15353.8	5.43
120	30	80	4.310	1134.3	32483.7	1.672	11907.3	*10.50
160	60	200	4.212	2825.8	30027.8	1.574	9451.4	3.34
0	0	120 <sup>x</sup>	2.638	-	20576.4	-	-	-
120	60	120 <sup>x</sup>	5.071	4236.8	35317.0	2.433	14740.6	3.48

<sup>x</sup> Adición de 25 kg/ha de zinc

Costos Unitarios

\$ 9.00 kg N

\$ 10.57 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

\$ 97.22 kg Zn

\$ 7.80 kg semilla (venta)

\$ 8.00 kg semilla (compra)

\$ 0.20 kg transporte

5. Los tratamientos óptimos económicos resultado de este trabajo son:

	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	DS	ton/ha
TEOCI	160	63	140	5.051
TEOCL (1)	120	30	80	4.310
TEOCL (2)	80	30	120	4.229

6. Los tres materiales probados rinden en forma semejante, teniendo las líneas experimentales una altura menor al testigo Cerro Prieto.

7. Estos mismos materiales tuvieron los mismos requerimientos nutricionales.

Cuadro 10. Porcentaje de proteína en grano de cebada\*. Valle de Santiago, Gto. CAEB-CIAB-INIA-SARH. 1981-1982

TRATAMIENTOS						
N	KG/HA		LINEA M9626A	CERRO PRIETO	LINEA M9665	$\bar{X}$
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	DS				
120	30	120	10.96	11.18	10.96	11.03
120	30	160	12.28	11.84	11.40	11.84
120	60	120	11.40	10.52	12.72	11.55
120	60	160	12.06	11.40	10.96	11.47
160	30	120	11.84	10.52	11.62	11.33
160	30	160	11.18	10.74	11.62	11.18
160	60	120	12.06	10.96	11.62	11.55
160	60	160	11.84	12.53	11.40	11.92
80	30	120	11.18	10.52	10.52	10.74
200	60	160	12.28	11.40	11.62	11.77
120	0	120	10.96	10.52	11.40	10.96
160	90	160	11.40	10.74	10.74	10.96
120	30	120	10.96	10.30	10.96	10.74
160	60	160	11.18	10.30	11.62	11.03
0	0	120 <sup>X</sup>	10.30	10.30	11.84	10.81
120	60	120 <sup>X</sup>	12.21	10.74	11.18	11.38
$\bar{X}$			11.51	10.91	11.39	11.27

<sup>X</sup> Adición de 25 kg/ha de zinc

\* Realizado por Laboratorio de Calidad del CAEB-CIAB-INIA-SARH.

#### LITERATURA CITADA

- Anónimo. 1979. Informe de labores ciclo invierno 1978-1979 del Programa Nacional de Cebada. INIA-SARH. México. pp. 115-120.
- Anónimo. 1976. Día del Agricultor. CIANO-INIA-SAG. Folleto. México. pp. 5.
- Association of Official Analytical Chemists. 1970. Methods of analysis 11th p. 858.
- Bole, J.B. y U.J.Pittman. 1980. Spring soil water, precipitation, and nitrogen fertilizer: Effect on barley grain protein content and nitrogen yield. Can. J. Soil Sci. 60: 471-477.
- Dev, G., N.S.Dhillon, A.S.Sidhu y J.S.Brar. 1980. Yield responses of rice, maize, pearl millet, barley and wheat to applied nitrogen, phosphorus and potassium as affected by level of these nutrients in an arid brown soil. Indian J. Agric. Sci. 50 (10)764-8.
- FAO. 1970. Amino acid content of food and biological data on proteins. By the Food Policy and Food Service Nutrition Division. FAO. Rome, Italy. No. 24.
- Gately, T.F. 1976. Effects of fertilizer N and number of years in tillage on the protein and non-protein content of feeding barley grain (CV. Nessa) and on N uptake and recovery. J. Agric. Sci. Camb. 1976. 87, 243-249.
- Krentos, V.D. y Orphanos, P.I. 1979. Nitrogen and phosphorus fertilizers for wheat and barley in a semi-arid region. J. Agric. Sci. Camb. (1979) 93, 711-717.
- Lindemann, M. 1937. Determinación rápida de nitrógeno con mezcla reactiva de selenio exenta de mercurio. Wachschrift fuer Brasserei (54):155.
- Navarro, F.M. 1978. La cebada en Sonora. CAEVY-CIANO-INIA-SARH, México. Desplegable CIANO No. 28.
- Orphanos, P.I. y V.D.Krentos. 1980. Concentration of N, P and K in leaves, straw and grain of wheat and barley as influenced by N and P fertilizers under semi-arid conditions. J. Agric. Ser. Camb. (1980) 94, 551-556.
- Pandey, S.L., A.K.Sinha y K.Murari. 1978. Effect of levels of nitrogen and phosphorus on the yield and water use efficiency of barley (Var. Jioti) under shallow water table conditions. Indian J. of Agronomy (1978) 23 (3) 252-254.
- Ramírez, P.F. 1980. Reseña y enfoques de investigación del programa de cebada en el Centro de Investigaciones Agrícolas de El Bajío. CAEB-CIAB-INIA-SARH. México.
- Schmidt, W.A. 1963. Influence of zinc on the performance of vegetables in the Bajío Region of Mexico. Caribbean Region, ASHS. 7: 17-27.
- Singh, K.N., G.Y.Mkamanga y B.N.Misra. 1978. Irrigation and fertility management of malt barley. Indian Journal of Agronomy (1978). 23 (3) 208-212.
- Turrent F., A. 1981. El método gráfico estadístico para la interpretación económica de experimentos conducidos con la matriz Plan Puebla I. Agrociencia No. 46. C.P. Chapingo, México. pp. 17-42.

## RESPUESTA DEL MAIZ DE TEMPORAL A SIETE FACTORES MODIFICABLES EN SUELOS NEGROS DE NAYARIT +

Trejo Sánchez, M. \*  
Turrent Fernández, A. \*\*

### RESUMEN

Se condujeron nueve experimentos de campo en suelos negros del estado de Nayarit, para estudiar la respuesta del maíz a (a) el material genético, (b) el control de malezas, (c) la fertilización nitrogenada y fosfórica, (d) la densidad de población, (e) el arreglo topológico, (f) época de fertilización y (g) el método de aplicar el fertilizante. Cada factor fue manejado a dos niveles en un experimento factorial  $2^7$  con media repetición, lotificada a un octavo. En cuatro de los nueve experimentos no se presentó respuesta a los tratamientos y por lo tanto el tratamiento de mayor ganancia correspondió al nivel bajo de cada factor estudiado, el cual fue maíz criollo con control mecánico de las malezas, fertilizado con el tratamiento 60-40-0, aplicado mateado en la primera labor de cultivo, con 40 000 plantas por hectárea, sembradas a razón de dos plantas por mata. En los cinco experimentos se presentó respuesta a los factores arreglo topológico, siendo mejor una que dos plantas por mata, oportunidad de fertilización, siendo mejor la fertilización dividida, y al método de fertilización, siendo mejor la aplicación en banda que la aplicación mateada.

### ABSTRACT

Nine field experiments were conducted on black soils of Nayarit state in order to study the effect of (a) genetic materials of maize, (b) weed control, (c) N and P fertilizer, (d) population density, (e) topological array of plants, (f) timing, and (g) method of fertilizer application on maize yields. Two rates of each factor were selected for a half replication of a  $2^7$  factorial in incomplete blocks of  $(1/8)^{th}$  size. Four of the nine experiments showed no response, so that the combination of the low rates of the seven factors was the most profitable treatment. This was (a) the local genetic material of maize with (b) mechanical weed control, (c) with the fertilizer treatment 60-40-0, (d) 40 thousand plants per ha, (e) two plants per hill, (f) fertilizer applied before the first cultivation, (g) hill application of fertilizer.

### INTRODUCCION

En la agricultura de Nayarit se diferencian dos ciclos agrícolas: 1) Primavera-Verano y 2) Otoño-Invierno. En el primer ciclo los principales cultivos son: maíz, sorgo y cacahuate; en el segundo ciclo los cultivos más importantes son: frijol, tabaco, hortalizas y sorgo.

El cultivo de maíz en Nayarit ocupa el primer lugar en superficie cosechada, con 134 172 ha, y el segundo lugar en valor de la producción con 661.9 millones de pesos en el año de 1978.

La producción de este cultivo en el área de temporal es afectada por la variación que presentan los siguientes factores: variedades, malezas, fertilización nitrofosfórica, densidad de población, distribución de plantas, época y formas de fertilización, según el CAESIN (1).

La investigación agrícola en Nayarit se inició en forma unifactorial, posteriormente se consideró necesario cam-

biar a la forma multifactorial, para generar tecnologías de producción más adecuadas.

En el presente trabajo se planteó una investigación multifactorial integrada, que se entiende como el estudio de más de un factor de la producción en un mismo experimento. Para lograr lo anterior se utilizó el esquema factorial  $2^7$ , que indica el estudio de siete factores a dos niveles cada uno.

La importancia de este tipo de experimentos radica en lo siguiente: 1) se determina si hay efecto de varios factores en la producción de un cultivo; 2) se conoce si hay interacción entre los factores en estudio; 3) las pruebas de hipótesis son más precisas, debido al efecto de repetición escondida; 4) el costo de la investigación es menor en relación a la investigación unifactorial.

Para el desarrollo del presente trabajo se establecieron nueve experimentos factoriales  $2^7$ , distribuidos en dos ciclos agrícolas en el sur de Nayarit.

+ Ponencia presentada en el XV Congreso Nacional de la S.M.C.S.

\* Encargado del Programa de Productividad del Campo Agrícola Experimental CAESIX, INIA.

\*\* Profesor Investigador Titular, Colegio de Postgraduados.

## HIPOTESIS Y SUPUESTOS

De acuerdo a los objetivos se consideró necesario probar las siguientes hipótesis.

1) La producción del maíz de temporal varía al modificar los niveles de: variedades, combate de malezas, fertilización nitrofosfórica, densidad, arreglo topológico, épocas y formas de fertilización.

2) Los factores en estudio interaccionan en cada uno de los sitios experimentales.

Para apoyar el trabajo experimental se enunciaron los siguientes supuestos:

1) Los factores que no intervienen en el estudio, se presentarán o serán aplicados en forma adecuada y suficiente.

2) Los sitios experimentales seleccionados son representativos del agrosistema en estudio.

## ANTECEDENTES

El personal científico del Campo Experimental "Santiago Ixcuintla" (CAESIX), ha obtenido recomendaciones agronómicas para el maíz de temporal, considerando la investigación en forma unifactorial. Posteriormente, se llegó a la conclusión de que se debía de estudiar más de un factor de la producción en un mismo experimento y dar las recomendaciones de acuerdo a una estratificación del ambiente denominada agrosistema.

Arvizu et al., citados por López (4), fueron los primeros en utilizar en México el enfoque de sistemas de producción (Agrosistemas), en un estudio de fertilización en trigo, realizado en 1955-1956 en el Valle del Yaqui, Sonora.

El Plan Puebla (9), desde su inicio en la investigación tomó el enfoque de agrosistemas en cada uno de sus programas.

Boul et al., citado por López (4), en la Sierra de Perú, trabajaron con papa en 73 sitios, y generaron recomendaciones para tres estratos edáficos (Agrosistemas).

## MATERIALES Y METODOS

### Factores en estudio

En el Cuadro 1 se presentan los factores y niveles en estudio, observándose que son siete factores a dos niveles cada uno, o sea un factorial  $2^7$ .

### Diseño de tratamientos

El diseño de tratamientos se denomina "factorial  $2^7$  con uso de media repetición y lotificación a  $1/8$ ". En total se generaron 128 tratamientos: de éstos, se utilizaron únicamente 64 (media repetición), en base al uso de la interacción de mayor orden como contraste de fraccionamiento, que separa en dos grupos a los 128 tratamientos, y se utilizó solamente uno de los grupos.

La lotificación a  $1/8$  indica que se utilizaron tres contrastes de lotificación (los factores b, d, f), cada uno de los cuales separa a los 64 tratamientos (media repetición) en dos grupos, pero se utilizan ambos grupos en los tres casos. Lo anterior implica que se formaron ocho grupos de tratamientos (subbloques), con ocho tratamientos cada uno. Lo anterior, se ejemplifica en el Cuadro 2 para los primeros diez tratamientos.

Cuadro 1. Relación de factores y niveles en estudio.

Identificación	Factores	Niveles	Unidades
a	Genotipos	Criollo - Híbrido	
b	Combate de malezas	Mecánico - Químico	
c	Fertilización (N-P)	60 + 40 - 90 + 60	kg/ha
d	Densidad	40 - 50	m p h*
e	Arreglo topológico	2:1 - 1:1	**
f	Epoca de fertilización	T 1° L - 1/3 S, 2/3 2°L	***
g	Método de fert.	Mateado - En banda	

\* m p h = miles de plantas por hectárea.  
 \*\* 2:1, 1:1 = secuencia de número de plantas por mata.  
 \*\*\* T 1°L = aplicación total del fertilizante en la primera labor.  
 1/3 S, 2/3 2°L = aplicación fraccionada del nitrógeno, 1/3 en la siembra, 2/3 en la segunda labor.

### Diseño experimental

En el Campo los subbloques fueron distribuidos al azar, y dentro de éstos se distribuyeron al azar los grupos de ocho tratamientos. Lo anterior generó un diseño en parce las divididas.

### Número de sitios experimentales

Se establecieron doce experimentos en un período de dos años, y muestreando un agrosistema del sur de Nayarit.

Cuadro 2. Relación de tratamientos, uso de media repetición y lotificación a  $1/8$ .

Tratamiento	Identificación	T-U*	C-L**			Subbloques									
			b	d	f	1	2	3	4	5	6	7	8		
1	(1)	1	1	1	1										8
2	g														
3	f														
4	fg	2	1	1	2										7
5	e														
6	eg	3	1	1	1										8
7	ef	4	1	1	2										7
8	efg														
9	d														
10	dg	5	1	2	1									5	

\* Tratamiento utilizado.

\*\* Contrastes de lotificación.

Análisis de varianza

De acuerdo al diseño experimental utilizado (parcelas divididas), tenemos efecto en parcela grande y efectos en parcela chica. En ambos casos se utilizó el "Método de Automático de Yates" para calcular los efectos factoriales (EF), y los efectos factoriales medios (EFM); estos últimos se comparan contra un efecto mínimo significativo (EMS), que se calcula de diferente manera, según sea para los efectos en parcela grande o chica.

$$EMS - G = T_{\alpha} \text{ , g l e } \times \sqrt{\frac{CME - G}{n-2} \cdot \frac{1}{2 \times R}}$$

$$EMS - C = T_{\alpha} \text{ , g l e } \times \sqrt{\frac{CME - C}{n-2} \cdot \frac{1}{2 \times R}}$$

En donde: EMS-G= Efecto mínimo significativo para parcela grande.

$T_{\alpha}$  , g l e = Valor de la tabla de t-Student al 5% y con 4 grados de libertad

$$CME-G = \frac{SC}{4} = \frac{(\sum \text{de EF de (BD)}^2 + (\text{BF})^2 + (\text{DF})^2 + (\text{BDF})^2)}{4 \times 64}$$

n= Número de factores en estudio (7)

R= Número de repeticiones (1/2).

EMS-C= Efecto mínimo significativo para parcela chica.

$T_{\alpha}$  g l e= Valor de la tabla de t-Student al 5% y con 34 grados de libertad.

$$CME-C = \frac{SC}{34} = \frac{(\sum \text{de (EF de 3 y 4 letras)}^2)}{64}$$

Los EFM que se comparan, son los que no intervienen en los CME; y en ambos casos, cuando el valor absoluto del EFM es mayor que el EMS respectivo, entonces el EFM es significativo al 5% de probabilidad.

Estimación de rendimientos

Esta estimación la ejemplificamos suponiendo que en un experimento resultaron significativos los efectos factoriales A y AB, o sea, el efecto principal de A y la interacción A x B; esto nos indica que los factores A y B afectaron el rendimiento; entonces, se procede a hacer una relación de tratamientos con estos factores, y obtenemos 4 tratamientos. El rendimiento de cada uno de estos tratamientos se obtiene de la siguiente manera:

$$a_i \text{ , } b_j = M + 1/2 (\pm A \pm AB)$$

En donde  $a_i$  Se refiere al factor (a), el índice indica el nivel alto o bajo del factor.

$b_j$  Se refiere al factor (b), el índice indica el nivel alto o bajo del factor.

M Es el rendimiento medio

A Es el valor del EF con su signo

AB Es el valor del EF con su signo.

El signo (+) que antecede a los EF, se utiliza cuando en el tratamiento aparece la letra (a) o (ab); si sucede lo contrario se utiliza el signo (-).

Análisis económico

El tratamiento que se consideró el más adecuado económicamente, fue aquel en el que se obtuvo el mayor ingreso neto (IN) que fue calculado de la siguiente manera:

$$IN = (RE \times 3.8) - CV$$

En donde: IN = Ingreso neto

RE = Rendimiento estimado

3.8 = Valor estimado (\$), de un kg de maíz en el campo.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 3 se presentan los factores que afectaron el rendimiento en los suelos negros; observándose que únicamente en el 66% del número de experimentos hay factores que afectan el rendimiento; siendo en los sitios 10, 13, 19 y 21 donde más del 50% del número de factores en estudio, afectaron el rendimiento.

En el Cuadro 4 se presentan los tratamientos óptimos en cada experimento de los suelos negros; observándose que hay variación en los tratamientos óptimos e ingresos netos de un experimento a otro.

Cuadro 3. Relación de factores que afectaron el rendimiento en cada uno de los experimentos de los suelos negros.

Experimento	Factores	Experimento	Factores
10	g, cm, d, t, e	15	
11		19	g, f, t, e
12	f, e, m	20	g, t, e
13	g, f, e, m	21	g, cm, d, m
14			

Cuadro 4. Relación de tratamientos óptimos en los suelos negros.

Experimento	Tratamientos óptimos	IN \$/ha	Rendimiento kg/ha
10	ef	14,884	3,695
11	(1)	12,023	3,530
12	(1)	11,407	4,060
13	c	5,941	3,513
14	(1)	14,063	4,238
15	(1)	9,804	3,246
19	e	13,052	4,056
20	f	11,351	3,902
21	g	21,429	5,298

De acuerdo al análisis de los resultados en los suelos -negros, el tratamiento (1) del experimento 12 reúne las condiciones de mayor representatividad a nivel de sitio, por lo que se considera el económicamente recomendable en este agrosistema; e indica el uso de los niveles bajos de todos los factores en estudio.

#### CONCLUSIONES

1) La hipótesis nula de la primera hipótesis se rechaza, debido a que los factores en estudio sí afectaron el rendimiento del maíz.

2) La segunda hipótesis nula también es rechazada ya que sí se presentaron interacciones significativas de los factores en estudio.

3) La recomendación obtenida es económicamente adecuada para ser utilizada por los productores, pero esto depende de otros factores como organización y comercialización que agronómicamente no pueden ser resueltos.

4) Con un mayor número de años de estudio, se podría determinar con mayor precisión los factores que más influyen en el rendimiento y a qué niveles; así como también muestreando un mayor número de sitios.

#### LITERATURA CITADA

1. CAESIN. 1976. Guía para la Asistencia Técnica Agrícola, área de influencia del Campo Agrícola Experimental "Santiago Ixcuintla". SARH-INIA. CIAS-CAESIN. México, D.F.
2. Cochran, W.C. y G.M.Cox. 1974. Diseños experimentales. Tercera impresión, Ed. Trillas, S.A., México.
3. Kempthorne, O. 1952. The design and analysis of experiments. John Wiley and Sons, Nueva York.
4. López L., F. 1980. Generación de tecnología agrícola para maíz de temporal en la región sur de Nayarit. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados Chapingo, México.
5. Sokal, R. y Seneath, P. H.A. 1963. Principles of numerical taxonomy. Ed. W.H.Freemant and Co., San Francisco.
6. Trejo S., M. 1979. Metodología de la investigación agrícola en Nayarit. X Reunión de la ALCA, Aca-pulco, México.
7. Turrent F., A. 1976. Notas del curso "Metodología de la investigación en productividad de agrosistemas". ENA. Chapingo, México.
8. Turrent F., A. 1978. Evidencias sobre la necesidad de desarrollar una investigación tecnológica multifactorial integrada, para la agricultura de temporal. Escritos sobre la metodología de la investigación en productividad de agrosistemas, No. 4. Departamento de Editorial. Rama de Suelos, Colegio de Postgraduados. Chapingo. México.
9. Volke H., V. 1977. Generación de tecnología para agricultura de temporal y subsistencia: El caso del maíz en la región del Plan Puebla. Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
10. Yates, F. 1937. The design and analysis of factorial experiments. Imp. Bur. Soil Sci. Techn. Comm.35.

**GENERACION DE RECOMENDACIONES SOBRE PRACTICAS DE PRODUCCION PARA MAIZ DE TEMPORAL EN UNA REGION DEL ESTADO DE HIDALGO +**

Rodríguez Jasso, J.R. \*  
Turrent Fernández, A. \*\*

**RESUMEN**

Se realizaron 21 experimentos de maíz de temporal durante un período de cuatro años (1978-1981), en la región agrícola de temporal que se localiza en los municipios de Atotonilco el Gde., Huasca de O., y Omitlán de J. en el centro-norte del Estado de Hidalgo. Los objetivos de este trabajo fueron: 1) determinar los factores controlables que limitan la producción y el efecto de éstos sobre el rendimiento del maíz de temporal; 2) determinar los niveles óptimos de los factores controlables de la producción en estudio y para las diferentes condiciones inmodificables de la producción; 3) definir los agrosistemas de producción.

Los resultados de este análisis mostraron que: 1) no existe diferencia significativa entre las variedades utilizadas (criollo y VS-22); 2) los factores controlables de la producción: dosis de nitrógeno, de fósforo y de densidad de población, están limitando la producción del maíz de temporal; 3) los factores de sitio (incontrolables), fecha de siembra y profundidad del suelo se asociaron con los parámetros agronómicos rendimiento promedio y las dosis óptimas económicas de capital ilimitado de nitrógeno, fósforo y densidad de población. En base a estos dos factores incontrolables de la producción (fecha de siembra y profundidad del suelo), se definieron cuatro agrosistemas de producción en el área de estudio, para los cuales se determinaron los niveles óptimos económicos de nitrógeno, fósforo y densidad de población.

Estos niveles son:

(a) Profundidad del suelo	(b) Fecha de siembra	N kg/ha	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	DP miles planta/ha
Somera	Temprana	60	40	40
Somera	Tardía	60	20	40
Profunda	Temprana	80	40	45
Profunda	Tardía	80	20	45

(a) Usando 70 cm como límite entre categorías.

(b) Considerando el 22 de mayo como límite entre fechas de siembra temprana y tardía.

**ABSTRACT**

Twenty-one field experiments were conducted from 1978 to 1981 in the north-central area of the Hidalgo State, to generate maize production technological packages for the different agrosystems of the region.

Four agrosystems were identified in terms of soil depth (shallow and deep, more than 70 cm) and planting time (early and late, after May 22).

The technical package was given in terms of nitrogen and phosphorus application and planting density. It was recommended to apply 60 kg of N/ha for shallow soils and 80 for deep soils, 40 kg of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha for early planting and 20 for late planting, and 40 000 plants/ha for shallow soils and 45 000 for deep soils.

**INTRODUCCION**

El cultivo del maíz bajo condiciones de temporal es muy importante en el estado de Hidalgo, pues comprende el 65 % de la superficie dedicada a los cultivos anuales (11). Sin embargo, la evolución, el desarrollo y producción de este cultivo se ve limitado por los problemas característicos de la agricultura tradicional, que se describe como aquella: (a) que es practicada por productores en ex-

tensiones pequeñas de superficie, (b) que utilizan muy limitadamente las nuevas tecnologías de producción, (c) que consumen la mayor parte de la producción en su granja, (d) que reciben ingresos agrícolas muy reducidos (4). Esta agricultura se caracteriza por niveles bajos de productividad de la tierra y de mano de obra, así como niveles altos de desempleo durante ciertas estaciones del año.

+ Ponencia presentada en el XVI Congreso Nacional de la SMCS.

\* Investigador del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.

\*\* Profesor-Investigador, Colegio de Postgraduados, Chapíngo, Méx.

El objetivo de esta investigación es buscar una tecnología mejorada de producción para el maíz de temporal que permita elevar la productividad de las tierras en la región de estudio.

Este objetivo general puede ser dividido en tres objetivos específicos: 1) determinar los factores controlables que limitan la producción y el efecto de éstos sobre el rendimiento del maíz de temporal; 2) determinar los niveles óptimos de los factores controlables de la producción en estudio y para las diferentes condiciones inmodificables de la producción; 3) definir los agrosistemas de producción.

Para cumplir con los objetivos, la investigación realizada mediante trabajos de campo se dividió en dos etapas consecutivas: 1) determinación de los factores controlables que limitan la producción y el efecto de éstos sobre el rendimiento; y 2) determinación de los niveles óptimos de un número selecto de factores controlables de la producción.

## REVISIÓN DE LITERATURA

1. Respuesta del maíz a la aplicación de elementos nutritivos, densidad de población, fuentes de nutrimentos, oportunidad de aplicación y control de malezas en algunas regiones de México.

### a) Elementos Nutritivos.

En investigaciones realizadas para observar la respuesta del maíz a la aplicación de elementos nutritivos en forma de fertilizantes químicos, Laird (5), en el Bajío en 1964 y 1965; Ramírez (10) en Chiautla, Puebla en 1980; y Caballero *et al* (2) en el área de influencia del Plan Puebla, encontraron respuesta estadísticamente significativa a aplicaciones de nitrógeno en diferentes cantidades por ha, tal es el caso que para el Bajío la respuesta fue a aplicaciones desde 40 a 120 kg/ha de N, logrando incrementos en el rendimiento del cultivo desde 0.80 a 2.46 ton/ha, en comparación con el testigo (sin aplicación de fertilizantes químicos). En el caso de Chiautla, Puebla, se encontró que el efecto del nitrógeno en el rendimiento fue claro aumentando éste hasta la dosis de 70 kg/ha de N. La respuesta encontrada en la investigación realizada en el Plan Puebla, fue que se logró incrementar en el rendimiento del cultivo de 2,423 kg/ha en comparación con el testigo, con la aplicación de la dosis 120-40-00 kg/ha de nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente. Por otro lado, se observó en otras regiones, que la respuesta del cultivo al nitrógeno fue hasta la dosis de 60 kg/ha de N. en algunos sitios y de 100 kg/ha de N en otros.

En relación a la respuesta del cultivo al fertilizante fosforado, Caballero *et al* (2) observó respuesta del orden de 3,000 kg/ha en algunos casos. En otros, la respuesta fue de 800 kg/ha, y en algunos otros no hubo respuesta. Por otro lado Laird (5) encontró que con aplicaciones de 30 y 60 kg/dé  $P_2O_5$ , se logró un incremento en el rendimiento de 0.68 y 0.86 ton/ha.

### b) Densidad de Población.

Caballero *et al*. (2) en investigaciones realizadas en el área de influencia del Plan Puebla, y que fueron divididas por zonas, encontraron en la zona V que la respuesta del cultivo a la densidad de población solamente en un sitio se requirió una cantidad de 75,000 plantas/ha, con la cual se obtuvo la mayor producción. En las demás localidades esto se logró con 45,000 plantas/ha. En las zonas I y II encontraron que los rendimientos promedios fueron de 1,721 kg/ha cuando la densidad de población fue

de 45,000 plantas/ha, y de 1,956 kg/ha cuando la densidad de población fue de 60,000 plantas/ha, y de 2,181 kg/ha cuando la densidad de población fue de 75,000 plantas/ha.

### c) Fuentes de Nutrimentos.

Pineda (8), probó el efecto de diferentes fuentes de nitrógeno en el rendimiento de grano y rastrojo en maíz, y no encontró diferencias en rendimiento de grano entre las tres fuentes utilizadas.

Caballero *et al* (2) al probar la respuesta del maíz a diferentes fuentes de fertilizantes nitrogenados y fosforados encontró que en ninguna localidad la urea superó al sulfato de amonio. También observó que no existió diferencia significativa entre el superfosfato de calcio simple y el superfosfato de calcio triple, como fuentes de fósforo.

### d) Oportunidad de Aplicación.

En los años de 1968 y 1969, en el área del Plan Puebla, Turrent (14), realizó cuatro experimentos de campo en maíz sobre dosis y oportunidad de aplicación de fertilizante nitrogenado. Encontró que la aplicación del fertilizante nitrogenado en la 2a. labor superó a la aplicación realizada en la siembra, cuando se contó con buena humedad durante el desarrollo vegetativo del maíz, mientras que cuando el maíz no contó con buena humedad durante el desarrollo vegetativo, pero sí tuvo buena humedad en la floración, la aplicación del fertilizante nitrogenado en la siembra superó a la aplicación realizada en la 2a. labor.

Pineda, (8) en un experimento realizado en Chapingo observó al comparar diferentes oportunidades de aplicación de fertilizante nitrogenado en el rendimiento de grano de maíz, que el mismo rendimiento en grano con las oportunidades de aplicación: Todo a la siembra; 1/2 en la siembra y 1/2 a los 30 días; y 1/2 a la siembra y 1/2 a los 50 días, siendo este rendimiento superior al obtenido con las oportunidades de aplicación: todo a los 30 días y todo a los 50 días.

### e) Control de Malezas.

Caballero, *et al* (2), comparó el control de malezas tradicional contra el tradicional más una eliminación de hierbas realizado posteriormente a la segunda labor de cultivo, con herbicida 2-4D aplicado tan pronto como la hierba de hoja ancha alcanzara una altura aproximada de 5 cm. Encontró que tal práctica se asocia con un aumento promedio de 425 kg de grano comercial/ha en las ocho localidades estudiadas.

Turrent (12), reporta que se compararon dos tecnologías de control de malezas (tradicional y la Plan Puebla). Encontró que el rendimiento obtenido de malezas fue igual con las dos tecnologías realizándose las dos labores culturales tradicionales. Pero si además de éstas se realiza en forma normal un control más de malezas, el rendimiento de maíz es mayor y la población de malezas menor con la tecnología del Plan Puebla.

## II. Métodos y comparación de métodos para la obtención de óptimos económicos.

Existen en la actualidad varios métodos o procedimientos que se utilizan para la obtención de óptimos económicos, para diferentes criterios de capital. Entre los cuales se tienen:

Método Económico propuesto por Perrin *et al* (9); Método Gráfico desarrollado por Turrent y Laird (13); Método Estadístico propuesto por Turrent (15); Método de Kempthorne citado por Turrent (17); entre otros.

Algunos investigadores se han preocupado en comparar la precisión de los métodos para la obtención de óptimos económicos de factores controlables de la producción, principalmente de fertilización y densidad de población, encontrando que la precisión de la estimación de los óptimos económicos es mayor utilizando el método gráfico-estadístico, superando a los métodos económico de Perrin *et al.* gráfico modificado por Laird, matemático, estadístico matemático de Martínez Garza y regresión no lineal. Ortíz (6), Estrada Ligorría (3), Aveldaño y Volke (1).

III. Métodos y Comparación de métodos para postular sistemas de producción o Agrosistemas.

Los métodos: clasificación de agrosistemas siguiendo un criterio agronómico; Agrupación Indiscriminada; Ecuaciones Empíricas Generalizadas; Levantamiento Fisiográfico; y Método CP; son algunos de los métodos existentes que se manejan para postular Sistemas de Producción o Agrosistemas.

Existe una gran cantidad de trabajos realizados en los cuales comparan la precisión de diversos métodos para diseñar agrosistemas de producción. Ortíz en 1983, (7), realizó una revisión de trabajos en los cuales se comparan diferentes métodos para el diseño de agrosistemas. Esta revisión constó de aproximadamente un total de 500 experimentos con una superficie total de 2,000,000 de ha. y encontró que en la mayoría de los casos los enfoques del método CP y levantamiento fisiográfico superaron en precisión a los demás enfoques con los cuales se compararon (análisis de suelos, criterio agronómico, ecuaciones empíricas generalizadas, agrupación indiscriminada, extrapolación de recomendaciones, y otras).

#### MATERIALES Y METODOS

El área donde se realizó este estudio, se localiza en la región centro-norte del estado de Hidalgo, entre los meridianos 98° 27' y 93° 49' al oeste del meridiano de Greenwich, y los paralelos 20° 60' y 20° 26' al norte del Ecuador. Cubre una superficie total de 842.9 km<sup>2</sup>. La precipitación promedio anual es de 844 mm, y temperatura media anual de 14.8°C.

La estrategia seguida en la investigación, fue seleccionar de un número amplio de factores que habrían de ser explotados en la primera fase (1978). En los siguientes años (1979-1981) se seleccionó el subconjunto de factores asociados con la mayor variación en el rendimiento para su optimización. De tal forma que se siguieran dos metodologías diferentes, una en los ensayos de campo de 1978, y otra en los ensayos de campo de 1979 a 1981.

En los ensayos de campo de 1978 se estudiaron 11 factores controlables de la producción: 1) nitrógeno; 2) fósforo; 3) potasio; 4) densidad de población; 5) control de malezas; 6) magnesio; 7) fierro; 8) zinc; 9) manganeso; 10) calcio y 11) oportunidad de aplicación. Para generar los tratamientos se utilizó la matriz "Baconiana". de "un solo factor a la vez". Y un diseño experimental de bloques al azar con cinco repeticiones.

En los ensayos de campo de 1979 a 1981 se estudiaron 4 factores controlables de la producción: 1) nitrógeno; 2) fósforo; 3) densidad de población y 4) variedades (criollo y VS-22). Para ordenar los tratamientos se siguió el esquema de una matriz mixta (Plan Puebla I-Baconiana). Y se estudiaron mediante un diseño experimental de parcelas divididas, en la cual la parcela grande comprende al factor variedades, y la parcela chica a los 14 tratamien-

tos ordenados mediante la Matriz Plan Puebla I con 4 repeticiones.

Los ensayos de campo de 1978 se establecieron en 5 localidades, mientras que los ensayos de campo de 1979-1981 se establecieron en 12 localidades o sitios.

La metodología seguida en el análisis de la información fue la siguiente: 1) con los rendimientos de grano o por parcela en kg/ha obtenidos en la cosecha de los experimentos, se multiplicaron por el factor de corrección 0.8 con el fin de expresarlos a un nivel comercial; 2) se realizó un análisis global a los experimentos del año 1978 y otro con los experimentos de 1979-1981; 3) se realizó un análisis económico para determinar el o los tratamientos óptimos económicos de capital ilimitado para las variables en estudio, utilizando para este análisis la relación de precios insumo/producto vigente al mes de febrero de 1983; por último 4) se definieron agrosistemas mediante el Método CP.

#### RESULTADOS Y DISCUSION

a) De los experimentos establecidos en 1978.

Los resultados que se obtuvieron del análisis global efectuado a los experimentos de la primera fase del trabajo (1978), muestran significancia al 1 y 5% de cometer error tipo I de las fuentes de variación; experimentos, tratamientos y la interacción experimentos por tratamientos, Cuadros 1 y 2.

Cuadro 1. Resultados de anova de un análisis global en el ciclo agrícola P-V 1978 con maíz de temporal en el Estado de Hidalgo.

Experimento No. 1						
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F <sub>C</sub>	5% F <sub>t</sub>	1%
Exp.	4	350347822	87586955.50	139.96**	2.87	4.43
Error a <sup>1</sup>	20	12515499	625774.94			
Tratamiento	17	12011088	706534.59	3.35*	1.69	4.09
Trat. X						
Exp.	68	46794448	688153.65	3.26*	1.35	1.53
Error b <sup>2</sup>	280	58997742	210706.22			

<sup>1</sup> son los grados de libertad de R/S/

<sup>2</sup> son los grados de libertad de R/S/xt.

Cuadro 2. Resultados de anova de un análisis global en el ciclo agrícola P-V 1978 con maíz de temporal en el Estado de Hidalgo.

Experimento No. 2						
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F <sub>C</sub>	5% F <sub>t</sub>	1%
Exp.	3	94597982	31532661	31.52**	3.24	5.29
Error a <sup>1</sup>	16	16007326	1000457.9			
Tratamiento	17	13620621	801213	2.68*	1.69	2.09
Exp. X						
Trat.	51	32883542	644775.33	2.16*	1.42	1.62
Error b <sup>2</sup>	252	75196152	298397.43			

<sup>1</sup> son los grados de libertad de R/S/

<sup>2</sup> son los grados de libertad de R/S/xt

La significancia de experimentos indica que existe diferencia entre sitios en el rendimiento total. Esto se observa en los cuadros 3 y 4, en los cuales se aprecia que la diferencia en el rendimiento promedio obtenido en el sitio experimental No. 5 y la del sitio No. 4 es de 2,157 kg/ha, en el Cuadro No. 3. Mientras que la diferencia en el rendimiento promedio obtenido en el sitio experimental No. 2 y el sitio experimental No. 3 es de 1,362 kg/ha, en el Cuadro No. 4.

La significancia de tratamientos indica que existe diferencia entre tratamientos en el rendimiento total, tal y como se observa en el cuadro No. 3, donde la diferencia en rendimiento promedio global es de 625 kg/ha, entre el tratamiento No. 8 y el tratamiento No. 11. En el cuadro No. 4 esta diferencia es de 708 kg/ha, entre el tratamiento No. 9 y el tratamiento No. 8.

La significancia de la interacción tratamientos por experimentos indica que las respuestas a tratamientos variaron entre sitios. Esto se observa en los cuadros 3 y 4, en los cuales se aprecia que el rendimiento promedio obtenido en cada sitio experimental es diferente, tomando como ejemplo al tratamiento No. 1 en ambos experimentos.

Por otro lado, al comparar los rendimientos promedio totales obtenidos con los tratamientos de cada factor, entre el rendimiento más alto contra el rendimiento más bajo, se observa en las figs. 1, 2 y 3 que existe diferencia significativa sólo para los casos de los factores fósforo, potasio, densidad de población, elementos menores y secundarios, y oportunidad de aplicación. La diferencia en rendimiento en cada uno de los casos fue superior a las DMS calculadas con valores de 255 kg y 339 kg. Sin embargo sólo se continuó la investigación en los años de 1979 a 1981 con los factores nitrógeno, fósforo y densidad de población, por la siguiente razón: 1) se tomó en cuenta al nitrógeno porque es palpable la diferencia existente en los rendimientos del maíz fertilizado contra el maíz sin fertilizar del agricultor; 2) el factor potasio no se tomó en cuenta porque el máximo rendimiento se obtuvo con cero kg/ha; 3) los elementos menores y secundarios no se tomaron en cuenta porque la diferencia

encontrada entre el rendimiento más alto obtenido con manganeso no es diferente estadísticamente al rendimiento obtenido sin la aplicación de elementos menores y secundarios; y 4) la oportunidad de aplicación con la cual se obtuvo el máximo rendimiento se adoptó definitivamente para utilizarla en los siguientes experimentos. La oportunidad de aplicación es de aplicar 1/3 de nitrógeno y todo el fósforo en la siembra, y 2/3 de nitrógeno en la segunda labor.

b) De los experimentos establecidos en el período 1979 - 1981.

En el cuadro No. 5, donde se presentan los resultados del análisis global efectuado con los resultados de los experimentos establecidos en el período de 1979-1981. Se observa significancia del 1 y 5% en algunos casos y del 5% en otros de cometer error tipo I de las siguientes fuentes de variación: años A, sitios dentro de años (S/A) sitios dentro de años por parcela grande (S/A)G, parcela chica C, parcela chica por años CXA, sitios dentro de años por parcela chica (S/A)C, y parcela chica por parcela grande por años CXGXA.

La enorme significancia de años A, indica que las características climáticas variantes en cada año, influyeron globalmente en el rendimiento del cultivo, siendo éstos diferentes en por lo menos dos de los tres años. Esto se observa en el Cuadro No. 6 donde la diferencia en rendimiento existente entre el año 1979 y el año 1980 es de 2,781 kg/ha, lo cual es superior al valor de la DMS calculada, que es igual a 249 kg.

La significancia de la interacción sitios dentro de años (S/A) indica que además de la influencia ejercida en el rendimiento del maíz de temporal por los factores climáticos de los años, también existe variación detectable por efecto de factores de suelo, entre los sitios de cada uno de los años y entre años. Esto se observa en el Cuadro No. 6 donde el rendimiento promedio obtenido en cada uno de los sitios del año 1979 es diferente en por lo menos dos de los sitios, y esto es diferente en 1980 y 1981.

Cuadro 3. Medias de rendimiento de los 18 tratamientos del experimento No.1 por sitio experimental establecidos en 1978. Hidalgo.

Num.	N	Kg/ha		Miles ptas/ha DP	1/ C.M.	RENDIMIENTOS MEDIOS POR SITIO EXPERIMENTAL KG/HA					Promedio
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O			1	2	3	4	5	
						Velazco (1)	Velazco (2)	San José Ocotillos Tezahuapan		Los Reyes Tepezala	
18 <sup>2/</sup>	100	30	0	40	M	2101	2416	579	259	2345	1540
1	20	30	0	40	M	2259	1641	436	234	2383	1391
2	60	30	0	40	M	2237	1868	335	231	3000	1534
4	140	30	0	40	M	1973	2828	857	277	1987	1584
5	100	0	0	40	M	2817	1954	579	183	2304	1567
7	100	60	0	40	M	1703	2571	542	269	2540	1525
8	100	90	0	40	M	3063	2496	795	252	2370	1795
10	100	30	30	40	M	1088	2474	457	193	3404	1523
11	100	30	60	40	M	1615	1809	667	220	1539	1170
12	100	30	60	30	M	1999	2315	217	201	1958	1338
14	100	30	0	50	M	2035	3008	434	242	1925	1529
15	100	30	0	60	M	3206	2060	240	222	2890	1724
17	100	30	0	40	Q	2212	1915	356	201	2736	1484
PROMEDIOS						2156	2302	522	238	2395	1523
DMS						761	638	294	143	804	255

1/ Control de malezas: M (mecánico) y Q (Químico)

2/ Tratamientos de referencia o testigo.

Cuadro 4. Medias de rendimiento de los 18 tratamientos del experimento No. 2 por sitio experimental establecidos en 1978. Hidalgo.

Num.	TRATAMIENTOS					1/ Fuentes de Nutrimentos	2/ Oport. de Aplicación	RENDIMIENTOS				Promedio	
	Kg/ha							1	2	3	4		
	Ca	Mn	Fe	Zn	Mg			Velazco (1)	Velazco (2)	San José Ocotillos	Los Reyes Tepezala		
16 <sup>3/</sup>	0	0	0	0	0	SA+SS	a	2708	2933	1593	1782	2254	
1	250	0	0	0	0	"	a	2549	3053	1225	1848	2169	
4	0	0	0	0	0	"	b	2127	3297	1487	1495	2102	
5	0	0	0	0	0	"	c	1816	2498	1424	2336	2019	
6	0	0	0	0	0	"	d	2276	3465	1826	2349	2479	
8	0	0	0	0	0	"	e	1732	2447	1155	2191	1881	
9	0	0	0	0	0	"	f	2681	3417	1977	2282	2589	
11	0	250	0	0	0	"	a	3167	3208	1580	2226	2545	
13	0	0	20	0	0	"	a	2667	2163	1583	2315	2182	
15	0	0	0	15	0	"	a	2737	2626	1270	1926	2140	
17	0	0	0	0	20	"	a	2164	2684	1450	1501	1950	
18	0	0	0	0	0	NA+ST	a	2446	2846	1596	1835	2181	
PROMEDIOS									2518	2902	1540	1932	2223
DMS									793	499	647	812	339

1/ SA (Sulfato de amonio);SS (Super simple);NA (Nitrato de amonio);ST (Super triple)

2/ a (1/2 N todo el P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> siembra y 1/2N 2a.labor

b (todo el N y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en la siembra)

c (todo N y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en la 1er. labor)

d (1/2 N y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en la siembra y 1/2 N 1er. labor)

e (1/2 N y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en la 1er. labor y 1/2 N 2da. labor)

f (1/3 N y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> siembra y 2/3N 2da.labor)

3/ Tratamiento de referencia o testigo.

La significancia de la interacción sitios dentro de años por parcela grande (S/A)G, indica que en algunos sitios una variedad superó a la otra, en tanto que en otros sitios no. Sin embargo globalmente no hay diferencia signi

ficativa entre los promedios globales. Esto se observa claramente en el Cuadro No. 7, donde la diferencia en el rendimiento obtenido entre las dos variedades (115 kg) es menos al valor de la DMS calculada (118 kg).

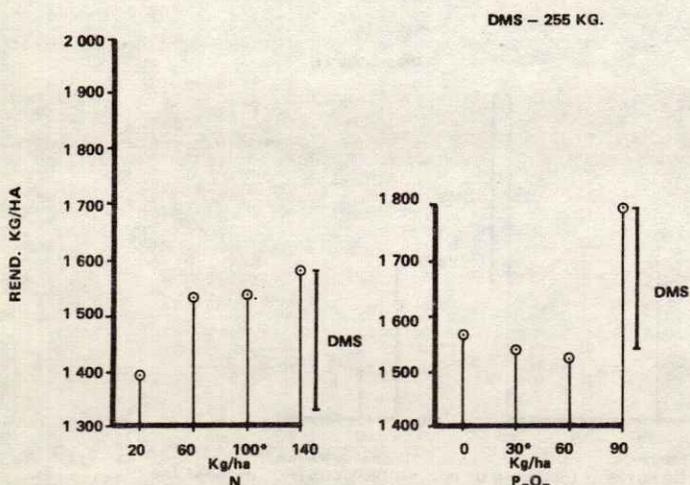


FIG. 1 RESPUESTA GRAFICA DEL MAIZ DE TEMPORAL A DOSIFICACIONES DE NITROGENO Y FOSFORO. Expto. 1, 1978.

La significancia de parcela chica C y de la interacción parcela chica por años CXA, indican que existe variación en el rendimiento del maíz de temporal por efecto de por lo menos dos de los 14 tratamientos de la parcela chica, y que esto también sucede en cada uno de los tres años. Esto se observa en el Cuadro No. 8, donde se aprecia que los rendimientos obtenidos con cada uno de los tratamientos, en 1979 por ejemplo, es diferente, existiendo una diferencia de 412 kg/ha entre los tratamientos, en 1979 por ejemplo, es diferente, existiendo una diferencia de 412 kg/ha entre los tratamientos con rendimiento más alto y más bajo. Esta diferencia es superior al valor de la DMS calculada, que es de 263 kg. Esta diferencia entre tratamientos del año de 1979, es diferente en 1980 y 1981.

La significancia de la interacción sitios dentro de años por parcela chica (S/A)C, indica que las características de suelo de los sitios experimentales en cada año influyen de diferente manera en la respuesta del maíz de temporal a los tratamientos de parcela chica. Esto se observa en el Cuadro No. 9 en el cual se aprecia que los rendimientos obtenidos por cada uno de los tratamientos es diferente en cada sitio experimental, y que esta diferencia varía también entre años.

Cuadro 5. Resultados del anova del análisis global de 12 experimentos de maíz de temporal en tres años (1979, 1980 y 1981)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F <sub>C</sub>	F <sub>t</sub>		Signifi- cancia
					5%	1%	
A	2	1787320093	893660047	268.4	3.26	5.25	+++
(S/A)	9	250912506	27879167	8.28	2.15	2.94	+++
Error a	36	121197520	3366598				
G	1	4381587	4381587	3.91	4.11	7.39	NS
GxA	2	6686582	3343291	2.98	3.26	5.25	NS
(S/A)G	9	41183943	4575994	4.08	2.15	2.94	+++
Error b	36	40354163	1120949				
C	13	47501135	3653934	12.66	1.76	2.20	+++
CxA	26	23495123	903659	3.13	1.53	1.81	+++
(S/A)C	117	45159060	385975	1.34	1.26	1.38	++
CxG	13	5081501	390885	1.35	1.76	2.20	NS
CxGxA	26	11679389	449207	1.56	1.53	1.81	++
(S/A)GxC	117	32787349	280234	0.97	1.26	1.38	NS
Error c	936	270110340	288579				
Total	1343						

\* Significativo al 5%.  
\*\* Significativo al 1%.

Cuadro 6. Sitios dentro de años

SITIOS	AÑOS		
	1979	1980	1981
1	1228.88		
2	1170.36		
3	378.47		
4	186.06		
5		3884.25	
6		4095.35	
7		3320.89	
8		2787.80	
9			2270.37
10			2660.83
11			2310.57
12			2983.59
Promedio	740.94	3522.07	2556.34

DMS entre años = 249 kg

Cuadro 7. Sitios dentro de años por parcela grande (S/A)G

Sitios	Trat. Parcela Grande (G)		Promedio
	Criollo	VS-22	
1	1667	791	1229
2	1234	1106	1170
3	378	379	379
4	236	136	186
5	3638	4130	3884
6	4019	4178	4099
7	3469	3173	3321
8	2833	2746	2789
9	2407	2134	2271
10	2825	2497	2661
11	2555	2066	2311
12	2715	3252	2984
Promedio	2331	2216	2274

DMS global G = 118 kg  
DMS (S/A)G = 287 kg.

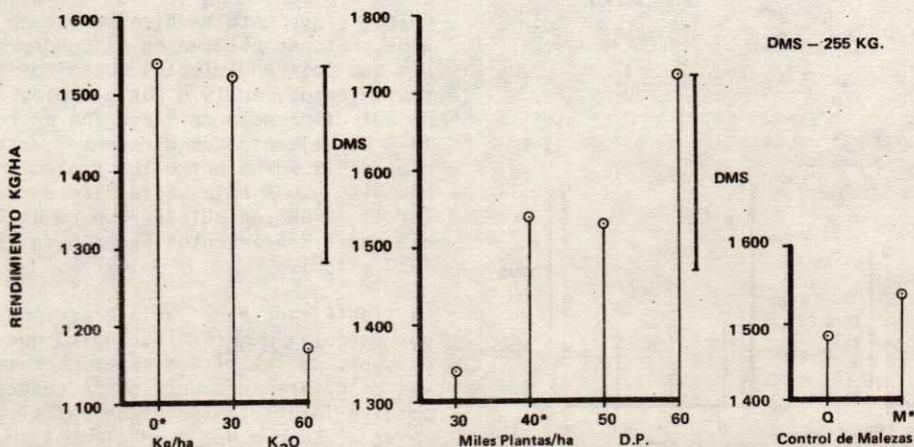


FIG. 2 RESPUESTA GRAFICA DEL MAIZ DE TEMPORAL A DOSIFICACIONES DE POTASIO, DENSIDAD DE POBLACION Y CONTROL DE MALEZAS Expto. 1, 1978.

\* Dosificaciones del tratamiento de referencia.

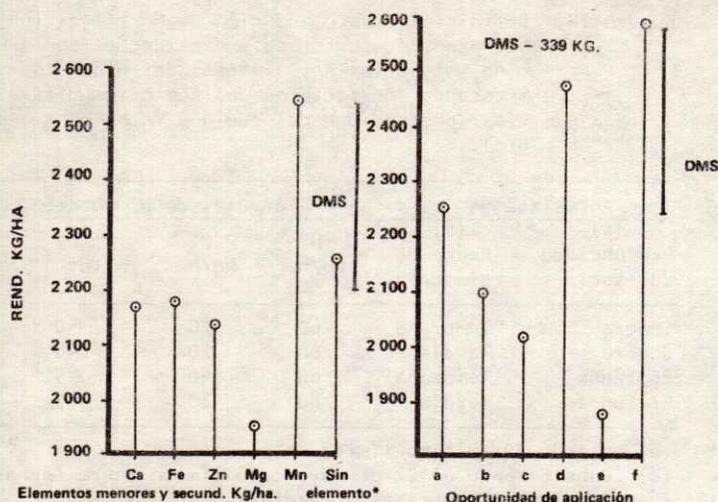


Figura 3. Respuesta gráfica del maíz de temporal a los elementos menores y la oportunidad de aplicación. Expto 2, 1978.

Cuadro 8. Parcela chica por años.CXA.

TRAT. PARCELA CHICA (C)	AÑOS			PROMEDIO
	1979	1980	1981	
1	807	3242	2429	2159
2	590	3309	2436	2112
3	807	3375	2405	2196
4	941	3743	2399	2361
5	529	3451	2626	2202
6	739	3735	2618	2364
7	692	3871	2898	2487
8	911	3724	2762	2465
9	593	3122	2205	1973
10	863	3654	2815	2444
11	553	3220	2200	1991
12	928	4176	2711	2605
13	732	3065	2512	2103
14	687	3634	2773	2365
Promedio	741	3523	2556	2273

DMS años = 249 kg  
DMS Tratamientos = 263 kg

Por último, la significancia de la interacción parcela chica por parcela grande por años CXGXA, indica que la variación existente en el rendimiento de los tratamientos de parcela chica, es por efecto de las características climatológicas de los años.

Dosis Optimas Económicas de Capital Ilimitado.

La significancia de la interacción sitios dentro de años por parcela chica (S/A)C, mostró la necesidad de calcular el tratamiento óptimo económico de los factores en estudio por sitio experimental, utilizándose para ello el método gráfico (13), mediante el cual se obtuvo los resultados que aparecen en el Cuadro No. 10. En este cuadro se observa que el promedio general de las dosis ópti

mas económicas calculadas es de 71 kg/ha de nitrógeno, 34 kg/ha de fósforo, y 41,000 plantas/ha de densidad de población. Esta fórmula de producción difiere ligeramente de la fórmula de producción de 60 kg/ha de nitrógeno y 40 kg/ha de fósforo, manejada por los agricultores que cuentan con los recursos necesarios para la compra de estos insumos.

Estratificación de Agrosistemas.

Para el diseño de agrosistemas y recomendaciones se utilizó el Método CP (16), utilizando para su estudio cuatro parámetros agronómicos y 11 factores de la producción usados a manera de hipótesis como asociados con los parámetros agronómicos, Cuadro No. 11.

Cuadro 9. Sitios dentro de años por parcela chica, (S/A) C.

AÑO	(S/A)	Tratamientos parcela chica (C)														Promedio
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1979	1	1106	999	1233	1229	995	1233	1401	1542	1120	1351	1092	1548	1156	1199	1229
	2	1326	914	1476	1450	998	1089	963	1615	871	1265	736	1484	908	1291	1170
	3	572	253	353	830	0	447	248	335	264	675	194	455	672	0	379
	4	224	194	165	255	124	189	158	151	117	160	189	223	198	258	186
1980	5	3549	3538	3628	3950	3847	4084	4488	4221	3356	3010	3464	4500	3325	4120	3884
	6	3774	3625	3686	4505	3980	5038	4745	4546	3623	3924	3558	4852	3378	4144	4099
	7	2923	3530	3401	3716	3209	3077	3228	3240	3268	3336	3415	3936	2780	3434	3321
	8	2724	2543	2784	2799	2769	2742	3025	2887	2242	3046	2446	3414	2776	2839	2788
1981	9	2340	2103	2256	2243	2289	2432	2472	2238	1999	2291	2039	2320	2028	2735	2271
	10	2436	2855	2121	2277	2595	2663	3150	3331	2136	2832	2295	2895	2829	2836	2661
	11	2245	2173	2211	1991	2653	2328	2560	2442	2044	2880	1884	2418	2744	2277	2311
	12	2697	2613	3033	3086	2970	3050	3410	3035	2639	3257	2581	3210	2948	3244	2984
Promedio		2159	2112	2196	2361	2202	2364	2487	2465	1973	2444	1991	2605	2103	2365	2274

Cuadro 10. Dosis óptimas económicas de capital ilimitado por sitio experimental, según relación de costos insumo/producto vigente al mes de febrero de 1983 (100 %).

No. de experimento	Dosis óptima económica		
	kg N/ha	kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha	miles plantas/ha
810148	75	36	50
810151	73	40	50
810149	60	17	30
810152	36	0	35
810212	97.5	60	40
810215	64.5	20	40
810213	60	60	40
810214	60	60	40
05	54	16.5	40
02	90	40	50
03	120	37	40
04	60	20	40
Promedios	71	34	41

Los resultados del análisis mostraron que el factor sitio fecha de siembra se asoció con los parámetros agronómicos rendimiento promedio y dosis óptima económica de fósforo. Y el factor de sitio profundidad del suelo con los parámetros agronómicos dosis óptima económica de nitrógeno y densidad de población óptima económica. En ba-

Cuadro 12. Definición y recomendación de fertilización nitrogenada, fosfórica y densidad de población, según los agrosistemas definidos considerando los factores del suelo inmodificables (profundidad del suelo y fecha de siembra).

Agrosistemas		Fórmulas de producción		
(a)	(b)	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	DP
Profundidad del suelo	Fecha de siembra	kg/ha	kg/ha	Miles pl/ha
Somera	Temprana	60	40	40
Somera	Tardía	60	20	40
Profunda	Temprana	80	40	45
Profunda	Tardía	80	20	45

- (a) Usando 70 cm como límite entre categorías.  
 (b) Considerando el 22 de mayo como límite entre fechas de siembra tempranas y tardías.

se a estos dos factores incontrolables de la producción (fecha de siembra y profundidad del suelo) se definieron cuatro agrosistemas de producción en el área de estudio, para los cuales se determinaron los niveles óptimos económicos de nitrógeno, fósforo y densidad de población, según se aprecia en el Cuadro No. 12. En este cuadro se observa que la recomendación de nitrógeno por ha difiere sólo en 20 kg/ha más, cuando la profundidad del suelo es mayor de 70 cm. En relación al factor fósforo, la recomendación de aplicación por ha es de 20 kg más cuando la siembra se realiza antes del 22 de mayo. Y se requieren 5,000 plantas por ha más, cuando la profundidad del suelo es mayor de los 70 cm.

Cuadro 11. Parámetro agronómico, factores de sitio y variación, unidades de medición y de los parámetros de doce sitios experimentales.

Variabes	Ambito de medición	Unidades de medición
Parámetro agronómico		
Rendimiento promedio	0.65 - 1.75	ton/ha
Dosis óptima de nitrógeno	36 - 120	kg/ha
Dosis óptima de fósforo	00 - 60	kg/ha
Dosis óptima de densidad de población	30 - 50	miles pl./ha
Factores de sitio		
Fecha de siembra	0 - 52	días
Profundidad del suelo	45 - 90	cm
pH	5.41 - 7.41	
Materia orgánica	0.86 - 1.86	%
Potasio	685 - 1888	ppm
Calcio	787 - 3453	ppm
Magnesio	329 - 1085	ppm
Arena	18 - 56	%
Limo	6 - 37	%
Arcilla	28 - 51	%
Nitrógeno total	0.060 - 0.141	%

## CONCLUSIONES

- 1) Los factores controlables de la producción nitrógeno fósforo y densidad de población, son los que más afectan al rendimiento del cultivo del maíz de temporal.
- 2) Los resultados del análisis global realizado con la información de campo generada de los experimentos establecidos en el período de 1979-1981, nos indicaron que no existe diferencia significativa entre las variedades utilizadas (criollo\* y VS-22).
- 3) Los factores de sitio incontrolables de la producción fecha de siembra y profundidad del suelo, se asociaron con los parámetros agronómicos rendimiento promedio, dosis óptima económica de nitrógeno, fósforo y densidad de población, definiéndose cuatro agrosistemas de producción a los cuales se les calcularon los niveles óptimos económicos de nitrógeno, fósforo y densidad de población.

\* El criollo usado por cada agricultor, no es un solo criollo en todos los sitios; sí es una sola variedad VS-22.

## LITERATURA CITADA

1. Aveldaño, S.R. y Volke, H.V. 1977. Comparación de cuatro métodos para estimar dosis óptimas económicas de fertilizantes y densidad de población. Documento presentado en el X Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. México, D.F.
2. Caballero, R. et al. 1978. Informe Anual del Programa de Investigaciones del Plan Puebla Ciclo Agrícola 1976. Rama de Suelos. SARH, Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.
3. Estrada, L.A. 1977. El agrosistema, un método práctico y preciso para diseñar tecnología de producción para el cultivo del maíz bajo condiciones de temporal en la parte sur del estado de Tlaxcala, México. Tesis de Maestro en Ciencias, Colegio de Postgraduados. ENA. Chapingo, Méx.
4. Laird, R.J. 1977. Investigación agronómica para el desarrollo de la agricultura tradicional. Colegio de Postgraduados. ENA. Chapingo, Méx.
5. Laird, R.J., et al. Análisis combinado de resultados de experimentos con fertilizantes y obtención de una ecuación general que permite estimar recomendaciones específicas para prácticas de fertilización, Chapingo, Méx.
6. Ortíz, D.H.R. 1977. Aplicación práctica del enfoque de agrosistema para estratificar diferentes condiciones de producción de cultivos con el objeto de diseñar recomendaciones para la aplicación de temporal en Totonecapan, Guatemala. Tesis de Maestro en Ciencia. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.
7. Ortíz, S.C. 1983. Uso del levantamiento fisiográfico en la generación de tecnología. Trabajo aún no publicado. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.
8. Pineda, M.J.R. 1980. La dinámica del nitrógeno en el suelo-planta bajo cultivo de maíz (*Zea Mays*) Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.
9. Perrin, et al 1979. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Un manual metodológico de evaluación económica. CIMMYT. Apartado Postal No. 6-641. México 6, D.F.
10. Ramírez, J.R. 1982. Efecto de diferentes métodos de labranza y dosis de nitrógeno sobre el rendimiento de maíz en la región de Chiautla, Puebla Tesis de Maestro en Ciencias. CEDAF. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.
11. SRH. 1979. Información agropecuaria y forestal. Subsecretaría de Agricultura y Operación. Dirección General de Economía Agrícola. México 18, D.F.
12. Turrent, F.A. 1974. Tecnología de Producción. Mimeografiado.
13. Turrent, F.A. y Laird, R.J. 1975. La matriz experimental Plan Puebla para ensayos sobre prácticas de producción de cultivos. Num. 1. Rama de Suelos. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.
14. Turrent, F.A. 1978. Evidencia sobre la necesidad de desarrollar una investigación tecnológica multifactorial-integrada, para la agricultura de temporal. Escrito sobre la metodología de la investigación en productividad de agrosistemas. Núm. 4. Rama de Suelos. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.
15. Turrent, F.A. 1978. El Método Gráfico - estadístico para la interpretación económica de experimentos conducidos con la Matriz Plan Puebla I. No. 5. Rama de Suelos. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.
16. Turrent, F.A. 1979. El Método CP para el diseño de agrosistemas. Escritos sobre la metodología de la investigación en productividad de agrosistemas. No. 8. Rama de Suelos, Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.
17. Turrent, F.A. 1981. Notas del curso SUE-635. Metodología de la investigación en productividad de agrosistemas II. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.

## DETERMINACION DE LA DOSIS OPTIMA ECONOMICA DE FERTILIZACION Y POBLACION DE PLANTAS/HA PARA MAIZ CAJETE EN LA MIXTECA OAXAQUEÑA +

Campos de Jesús, S.\*

### RESUMEN

En el área templada de la Mixteca Oaxaqueña anualmente se siembran 10 000 ha, con maíz de humedad o de "cajete", el cual, en promedio produce 1 300 kg/ha. El maíz con este sistema de siembra tiene menos riesgo para llegar a la cosecha aun en años con escasa precipitación; esto es debido a que las variedades criollas son de ciclo tardío (nueve meses), lo que les permite aprovechar en las primeras etapas fenológicas la humedad residual y completar su ciclo con las lluvias de temporal.

El objetivo de este trabajo es determinar en primera instancia la respuesta a la fertilización y encontrar la dosis óptima de fertilizantes nitrofosfóricos y la población de plantas/ha en base a la distancia entre matas de maíz. Los trabajos se realizaron de 1977 a 1979 con un total de nueve experimentos. Se usaron diseños experimentales de bloques al azar y el arreglo de tratamientos como un Plan Puebla I y San Cristóbal.

Los resultados mostraron que el maíz respondió significativamente al fósforo en tres experimentos, al nitrógeno en uno solo, a la interacción NP en dos de ellos, en uno a ND, NP y NPD y solamente uno fue significativo a la distancia entre matas. Sólo un ensayo no mostró diferencia significativa. Los tratamientos óptimos fisiológicos obtenidos gráficamente fueron variables, siendo éstos para nitrógeno, de 60-100 kg/ha, para fósforo de 30-60 kg/ha y para el espaciamiento entre matas de 1.25 a 1.55 m. Los tratamientos óptimos económicos variaron para cada localidad, siendo estos niveles los siguientes: para nitrógeno, de 45-80 kg/ha, para fósforo, de 30-60 y el espaciamiento entre matas de maíz varió de 1.25-1.55 m.

### ABSTRACT

About 10 000 ha are planted annually under residual moisture: "maiz cajete" in the temperate region of the Mixteca Oaxaqueña. Yields normally average about 1 300 kg/ha. Maize grown under this system becomes more tolerant to droughty years due to the long growing season of the local varieties (9 months from planting to maturity), that use the residual soil moisture in the early periods of plant development and rely on rainfall for completing its cycle. Nine field experiments on this system were conducted in the period 1977 to 1979, involving N and P fertilizers and population density. The experimental matrices used were Plan Puebla I and San Cristobal, on complete randomized blocks. Maize responded to phosphorus fertilizer in three locations, to nitrogen fertilizer in one location, and to several two-factor interactions in the rest. Economic optimum rates of N fertilizer varied from 45 to 80 kg/ha, in the case of P fertilizer 30 to 60 kg/ha and in the case of spacing between hills 1.25 to 1.55 m.

### INTRODUCCION

En la región Mixteca el maíz de humedad o "cajete" se cultiva en la subregión de la Mixteca Alta en los distritos políticos de Tlaxiaco, Teposcolula y Nochixtlán; existen siembras aisladas también en Coixtlahuaca. Anualmente se estima que se siembran 20 000 ha pero dado que la mayoría de estas superficies se hacen alternadamente "año y vez", la superficie se reduce a 10 000 ha anuales. Su rendimiento medio es variable y depende en gran medida de la humedad almacenada al año precedente a su siembra y también a las condiciones de fertilidad del suelo donde se siembra. En general se reporta un rendimiento de 1 600 kg/ha, rendimiento que se antoja aceptable si se compara con los que se obtienen en condiciones de temporal. Aunque el ci-

clo de esta variedad de maíz es bastante largo (9 meses), su cosecha es más segura aún en condiciones limitantes de agua, ya que su ciclo le permite aprovechar la humedad residual y las lluvias de temporal que aunado a las condiciones de baja permeabilidad de los suelos donde se siembra, generalmente con alto contenido de arcilla, aseguran que haya cosecha y que este sistema agrícola perdure a pesar del alto costo que implica su siembra.

La producción de maíz de humedad se ve limitada principalmente por la irregularidad de las lluvias, la baja fertilidad general de los suelos, la preparación deficiente del suelo para aprovechar mejor el agua de lluvia y desconocimiento de algunas prácticas de manejo del cultivo que permitan realizar siembras todos los años.

+ Ponencia presentada en el XVI Congreso Nacional de la S.M.C.S.

\* Investigador del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. SARH.

En esta serie de trabajos se estudió la fertilización nitrófosfórica y el espaciado entre matas ya que se considera que mediante la fertilización y la densidad de siembra es la forma más rápida de incrementar los rendimientos unitarios actuales que coadyuvan a elevar la situación apremiante del campesino mixteco que depende en gran medida de este cultivo.

#### REVISION DE LITERATURA

En diferentes localidades del estado de Tlaxcala se ha podido determinar de varios estudios que para 1975 la fertilización con N y P óptima es la 60-40-00; esta misma recomendación fue modificada por Mejía *et al*, en 1971, al incluir el concepto de capital limitado para diferentes fórmulas de producción. Ellos recomiendan aplicar de 60-160 kg/ha de N, de 20-40 kg/ha de  $P_2O_5$  y densidades variables de 40 000 a 60 000 plantas/ha.

Vázquez en 1977 (6) para la parte oeste del mismo estado determinó las dosis óptimas para capital limitado, siendo estas variables de 20 a 60 kg/ha de  $P_2O_5$  y de 40 000 a 50 000 plantas por hectárea.

Para el noreste del estado de México (3) también para determinar la fertilización nitrófosfórica y densidades de población pero para maíz de humedad residual se determinó para capital ilimitado respecto al nitrógeno fertilizar con 70 a 120 kg/ha, para fósforo de 30 a 90 kg/ha de  $P_2O_5$  y densidad variable de 50 000 a 70 000 plantas/ha. Para el Valle de Tlaxcala, Oaxaca, las recomendaciones para el cultivo único de maíz respecto a la fertilización son de 25 kg/ha de N, 15 kg/ha de fósforo y 35 000 plantas/ha, mientras que para el resto de los Valles Centrales de Oaxaca (4), se recomienda fertilizar con 40 kg/ha de nitrógeno; 15 kg/ha de fósforo y usar una población de 40 000 plantas/ha. Aquí mismo, al detallar aún más las recomendaciones sobre fertilización, se señala que el grado de sequía influye directamente en la determinación de la dosis óptima económica, ya que a mayor se veridad en la sequía, menor es el nivel de fertilización requerido. Los niveles para nitrógeno van de 7 a 47 kg/ha y para fósforo de 1.6 a 12.4 kg/ha; la densidad se mantuvo inalterable en 33 000 plantas/ha.

En el Plan Mixteca de Cárdenas el uso intensivo de factores como la fertilización nitrófosfórica y mayor población de plantas/ha, en los predios agrícolas donde se cultiva maíz de humedad en la zona de Tlaxiaco (1), se estableció, bajo el criterio de capital limitado las recomendaciones siguientes: a) sistema con condiciones de suelo café rojizo y gris oscuro, de suelos someros y profundos, fertilizar con 85 a 100 kg/ha de N, 15 kg/ha de  $P_2O_5$  y usar de 40 000 a 50 000 plantas/ha; b) suelos profundos de color gris claro, usar de 85 a 100 kg/ha de N, 15 kg/ha de fósforo y las mismas densidades que el anterior; c) suelos someros de color gris claro fertilizar con 40 kg/ha de N, y las mismas cantidades de fósforo y de plantas/ha que las dos anteriores recomendaciones.

El mismo Plan Mixteca de Cárdenas para la zona cálida subhúmeda (5) al analizar la respuesta a la fertilización en agrosistemas de maíz solo y asociado, se determinó un aumento del 181% respecto al testigo de 1270 kg/ha por fertilizar y usar el número adecuado de plantas/ha; sin embargo se resalta el hecho de que los incrementos producidos en el rendimiento aumentan los ingresos netos del campesino, por lo que deben considerarse desde el punto de vista económico para justificar el uso de insumos.

#### MATERIALES Y METODOS

Los experimentos se establecieron en la región templada subhúmeda de la Mixteca Alta de Oaxaca en las localidades de San Miguel Tixtá, Teposcolula pertenecientes al distrito político de Teposcolula; Xacañí, Yanhuitlán y San Mateo Yuçucuy del distrito de Nochixtlán. Los primeros dos sitios quedan ubicados a los 17°38' de latitud norte y de 97°34' longitud oeste, los restantes sitios se ubican a los 17°30' y a los 97°20'.

En todos los casos el clima que corresponde a los sitios experimentales es el templado subhúmedo; intermedio en cuanto a humedad se refiere su representación climática es la  $C(w'')$  (w) big.

La precipitación promedio para los primeros sitios es de 765 mm, mientras que para los restantes es de 663 mm.

Las características de los suelos de los sitios experimentales aparecen en el Cuadro 1, donde se aprecia que en los sitios ubicados en el distrito de Teposcolula poseen una textura arcillo-limosa. Esto se explica por la ubicación que guardan los dos sitios, los cuales están al margen del río San Juan (Vega de río) y periódicamente están sujetos a inundaciones. El resto son arcillosos. En cuanto al contenido de materia orgánica, en general tienen un contenido moderado, poseen un pobre contenido en nitrógeno y fósforo, son medianamente ricos en potasio, poseen alto contenido de calcio y magnesio y un pH alcalino; no tienen problemas de sales.

En todos los experimentos se utilizó el diseño experimental de Bloques al azar con cuatro repeticiones para cada combinación de tratamientos; el arreglo de tratamientos se hizo de acuerdo al Plan Puebla I. El número de experimentos, diseño y niveles usados se presenta en el Cuadro 2.

En todos los casos la preparación del suelo se hizo conjunta, siendo ésta mediante dos barbechos superficiales y cruzados, un barbecho corto (hace las veces de rastra) y el rayado o surcado.

El tamaño de la parcela varió de 42 a 50.4 m<sup>2</sup>. La fecha de siembra también fue variable en cuanto a días, aunque coincidió en cuanto al mes, siendo ésta en marzo.

Se utilizó semilla de la variedad criolla regionalmente conocida como "cajete". La cantidad de semilla usada fue variable por ser la distancia entre matas (densidad de plantas/ha) objeto de estudio.

Se usaron como fuente de fertilización nitrogenada urea al 46% de N y para fósforo, superfosfato triple de calcio al 46% de  $P_2O_5$ . La aplicación fosfatada se hizo al momento de la siembra en forma localizada. A la misma profundidad de la siembra y a un lado de la semilla.

La fecha de cosecha fue variable para cada sitio, siendo ésta en los meses de octubre, noviembre y diciembre. El tamaño de la parcela útil fue variable ya que sólo se cosecharon matas completas con competencia completa.

El rendimiento de grano se analizó estadísticamente de acuerdo al diseño experimental y al arreglo de tratamientos mediante el método automático propuesto por Yates. También se realizó el análisis gráfico y económico de los datos correspondientes, agrupando los rendimientos para cada distrito político (Teposcolula y Nochixtlán). En el análisis se usó el criterio de capital limitado, relacionando como tratamientos óptimos económicos aquellos con un retorno al capital mayor del 50%.

Cuadro 1. Propiedades físicas y químicas de los sitios experimentales. CAEMOAX, 1983.

Localidad	pH	Textura	Elementos Mayores					CO <sub>3</sub> % Insolubles
			N Total %	P ppm	K ppm	Ca ppm	Mg ppm	
San Miguel Tixaá	8.56	Arcillo Limoso	0.066	2.25	414	1514	1703	22
Teposcolula	8.00	Migajón Arcilloso	0.070	3.40	240	4000	180	--
Xacañí	8.65	Arcilla	0.084	8.0	430	1468	1353	24
Yanhuitlán	8.76	Arcilla	0.097	6.3	592	1481	1238	24
San Mateo Yucucuy	9.20	Migajón Arcilloso	0.042	1.0	378	1478	1113	24

Cuadro 2. Relación de experimentos por localidad y metodología experimental.

Número progresivo	Localidad y Año	Diseño Usado		Niveles kg/ha		Distancia entre matas
		Experimental	Tratamiento	kg/ha		
				N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
	1977					
	San Pedro y San Pablo	Bloques al azar	Plan Puebla I	0, 60, 80, 100 y 120	0, 40, 60, 80 y 100	1.25,
	Teposcolula					1.40,
	San Miguel Tixaá					1.55,
	Xacañí					y 1.70
	1978					
	San Miguel Tixaá	Bloques al azar	Plan Puebla I	0, 45, 60 y 90	0, 30, 45 y 60	1.25,
	Xacañí					1.40,
	Yanhuitlán					1.55,
	San Mateo Yucucuy					1.70 y 2.00

## RESULTADOS Y DISCUSION

La discusión de los resultados se hará para cada grupo de experimentos de acuerdo a la ubicación por distrito político.

### Análisis Estadístico

El análisis de varianza para los ensayos ubicados en el distrito político de Teposcolula para 1977, mostraron diferencias significativas a las interacciones NP para dos ensayos y en uno solo a la interacción NPDm para el ensayo establecido en 1978, el análisis de varianza mostró diferencia significativa sólo para el fósforo.

Los rendimientos promedio para este grupo de experimentos se presentan en el Cuadro 3 y 3a.

En estos Cuadros, se aprecia que los rendimientos en 1977 fueron mejores que en el 78, debido principalmente a la cantidad de lluvia que ocurrió en el año anterior a la siembra; que fue de 830 mm, mientras que en el año de siembra fue inferior a esta última.

Respecto a la agrupación de experimentos de Nochixtlán en 1977 (en Xacañí), el análisis de varianza respectivo mostró diferencias significativas para los tratamientos estudiados, estas diferencias fueron causadas por el efecto de la interacción N x Dm. Para los ensayos de 1978 (Xacañí, Yanhuitlán y San Mateo), los análisis de varian

za mostraron diferencias significativas para todos los ensayos; el análisis de efectos dentro del monocubo de 'NPDm' mediante el método de Yates, mostró diferencias significativas para P y Dm.

Los rendimientos obtenidos para este grupo de experimentos aparecen en el Cuadro 4 y 4a donde se aprecia que al igual que en Teposcolula los rendimientos obtenidos en 1977 fueron superiores a los obtenidos en 1978, atribuido principalmente al régimen pluvial antes y durante la experimentación; en 1976 llovieron 800 mm, mientras que en 1977 y 1978 llovieron 520 y 550 mm, respectivamente.

### Análisis gráfico

Agrupación Nochixtlán. El análisis gráfico para el grupo de experimentos ubicados en Nochixtlán aparecen en las Figuras 1, 2 y 3, donde se aprecia la respuesta a N, P y Dm. Para 1977 en Nochixtlán en la Figura 1 se aprecia la respuesta del maíz por efecto de la aplicación de N, notándose para este año que los rendimientos más altos se obtienen con el nivel de 100 kg/ha decreciendo los rendimientos al aumentar el nivel de fósforo de 60 a 80 kg/ha. Para 1978 en la misma figura se aprecia que la respuesta a los factores estudiados fue menor, notándose que el mayor rendimiento se obtuvo con el nivel de 90 kg/ha de N, y que la tendencia de respuesta es que a dosis mayores el rendimiento decrece.

Cuadro 3. Rendimiento de grano de maíz obtenido en 1977 en Teposcolula, Oax. CAEMOAX, 1983.

No. Trat.	kg/ha N - P - Dm	Rendimiento en kg/ha		Promedio
		San Miguel Tixaá	San Pedro y San Pablo Teposcolula	
1	80- 60-1.40 m	3.116	5.585	4.350
2	80- 60-1.55 m	3.567	4.995	4.281
3	80- 80-1.40 m	2.851	4.166	3.508
4	80- 80-1.55 m	2.163	4.478	3.320
5	100- 60-1.40 m	2.703	4.593	3.648
6	100- 60-1.55 m	2.281	5.062	3.671
7	100- 80-1.40 m	3.201	4.894	4.097
8	100- 80-1.55 m	2.945	4.812	3.878
9	60- 60-1.40 m	2.875	5.229	4.052
10	120- 80-1.55 m	3.324	4.680	4.002
11	80- 40-1.40 m	3.159	4.183	3.671
12	100-100-1.55 m	2.433	4.229	3.331
13	80- 60-1.25 m	2.455	5.578	4.016
14	100- 80-1.70 m	2.939	4.076	3.507
15	0- 0-1.25 m	2.367	5.780	4.073

Cuadro 4. Rendimiento de grano de maíz obtenido en 1977 en Nochixtlán, Oax. 1983.

No. Prog.	kg/ha		Distancia entre Mata Dm	Rendimiento kg/ha	
	N	P		Xacañí	Promedio
1	80	60	1.40 m	3.753	3.753
2	80	60	1.55 m	2.440	3.440
3	80	60	1.40 m	3.673	3.673
4	80	80	1.55 m	3.965	3.965
5	100	60	1.40 m	3.558	3.558
6	100	60	1.55 m	4.401	4.401
7	100	80	1.40 m	2.793	2.793
8	100	80	1.55 m	2.452	2.452
9	60	60	1.40 m	3.280	3.280
10	120	80	1.55 m	2.643	2.643
11	80	40	1.40 m	3.089	3.089
12	100	100	1.55 m	3.687	3.678
13	80	60	1.25 m	3.492	3.492
14	100	80	1.70 m	1.862	1.862
15	0	0	1.25 m	1.900	1.900

D.M.S. 5% 1.120

C.V. 16%

Cuadro 3a. Rendimiento de grano de maíz obtenido en 1978 en Teposcolula, Oax. CAEMOAX, 1983.

No. Prog.	kg/ha		Distancia entre Mata Dm.	Rendimiento kg/ha San Miguel Tixaá
	N	P		
1	60	30	1.40	1.799
2	60	30	1.55	1.765
3	60	45	1.40	2.199
4	60	45	1.55	1.910
5	90	30	1.40	1.921
6	90	30	1.55	1.770
7	90	45	1.40	1.997
8	90	45	1.55	2.065
9	45	30	1.40	1.732
10	90	45	1.55	1.917
11	75	60	1.55	1.991
12	75	60	1.70	1.327
13	75	30	1.40	1.532
14	75	45	1.55	1.935
15	0	0	2.00	0.664

D.M.S. 5% .530  
C.V. 19%

La Figura 2 muestra la respuesta del maíz por efecto de la aplicación de fósforo; en la parte superior de la figura 2, se observa que para 1977 el máximo rendimiento se obtuvo con el nivel de 60 kg/ha de  $P_2O_5$  y que el aumento de este factor reduce el rendimiento. Para 1978 en la parte inferior de la misma figura se aprecia que el aumento en el nivel del fósforo de 30 a 45 kg/ha no produjo incrementos sustanciales en el rendimiento y prácticamente son iguales. La Figura 3 muestra la respuesta del cultivo por efecto de la distancia entre matas observándose que tanto en 1977 y 1978 el aumento en esta variable incrementó el rendimiento de 3.5 a 4.5 ton/ha de grano para 1977; mientras que para 1978 el aumento fue de 1.6 a 2.0 ton/ha; las distancias entre matas mayores (menor población), aparentemente reducen el rendimiento (parte superior de la Figura).

El tratamiento óptimo fisiológico para este grupo de experimentos fueron los siguientes:

Año	N	P	Dm	Localidades
1977	100	60	1.55	Xacañí
1978	90	45	1.55	Yanhuitlán, Xacañí, Sn. M. Yucucuy

Cuadro 4a. Rendimiento de grano de maíz obtenido en 1978 en Nochixtlán, Oax. CAEMOAX, 1983.

No. Prog.	kg/ha		Distancia entre Mata Dm	San Mateo Yucucuy	Yanhuitlán	Xacañí	Promedio
	N	P					
1	60	30	1.40 m	1.582	1.128	2.865	1.789
2	60	30	1.55	1.900	1.215	3.057	2.018
3	60	45	1.40	1.818	1.375	2.083	1.769
4	60	45	1.55	1.515	1.854	2.602	1.871
5	90	30	1.40	1.469	1.273	2.497	1.677
6	90	30	1.55	1.780	1.478	2.865	1.975
7	90	45	1.40	1.594	1.477	2.343	1.752
8	90	45	1.55	2.038	1.584	2.645	2.076
9	45	30	1.40	1.661	1.216	2.328	1.716
10	90	45	1.55	1.824	1.578	3.422	2.162
11	75	60	1.55	1.648	0.835	2.893	1.756
12	75	60	1.70	1.839	1.342	2.574	1.898
13	75	30	1.40	0.998	1.115	2.566	1.419
14	75	45	1.55	2.029	1.400	2.445	1.975
15	0	0	2.00	1.644	1.137	1.290	1.428
D.M.S. 5%				NO SIGNIFICATIVO	384	744	
C.V.				21	35	16	

Agrupación Teposcolula. El análisis gráfico se presenta en las Figuras 4, 5 y 6 donde se observa la respuesta al N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y Dm, en la Figura 4 donde se presentará la respuesta al nitrógeno, se observa para 1978 (parte superior de la Figura), que el aumento en el nivel de nitrógeno de 60 a 80 kg/ha produjo un incremento en el rendimiento del orden de 400 kg/ha en combinación con el nivel de 60 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y densidades de 28 000 y 30 000 plantas/ha (1.40 y 1.55).

En esta misma Figura pero en la parte inferior, se aprecia que el máximo rendimiento se obtuvo con el nivel de 60 kg/ha de N y que niveles superiores a éste abaten el rendimiento; este efecto se explica por la ubicación de los lotes experimentales, que periódicamente están expuestos al anegamiento y deposición de limos conteniendo materia orgánica (M.O.) que lo confirma el contenido de M.O. en el análisis de suelo respectivo.

La Figura 5, muestra la respuesta del maíz por efecto de la aplicación de fósforo apreciándose en la parte superior de la figura que los rendimientos en 1977, fueron crecientes desde el nivel de 40 kg/ha hasta el de 60 kg/ha decreciendo hacia niveles más altos que este último. En la parte inferior de la misma figura se aprecia que para 1978 los rendimientos fueron más bajos y la tendencia de respuesta es la misma que en el caso anterior, lográndose el mayor rendimiento en el nivel de 45 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y este es de 2.5 ton/ha de grano; aunque no se exploró para el fósforo arriba del nivel anteriormente señalado, se espera en base a la respuesta fisiológica del año anterior que ésta se encuentre a los 60 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> que el óptimo económico fluctue entre los niveles de 45 a 60 kg/ha.

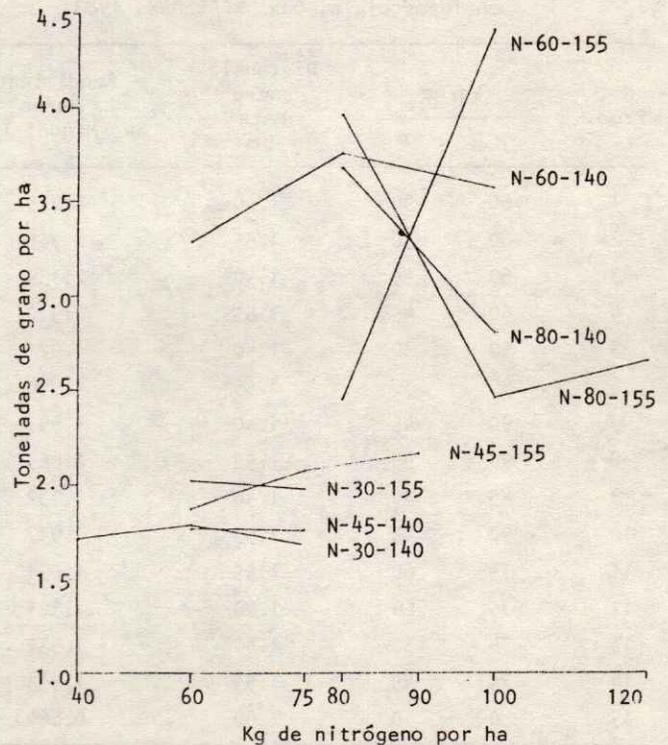


Figura 1. Respuesta del maíz cajete por efecto del nitrógeno en Nochixtlán, Oaxaca. CAEMOAX 1983.

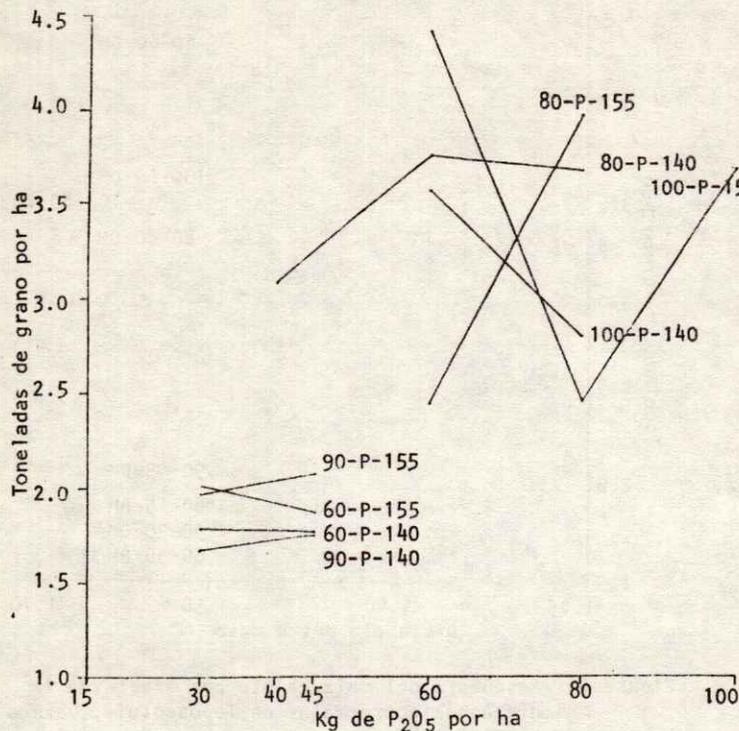


Figura 2. Respuesta del maíz cajete por efecto del fósforo en Nochixtlán, Oaxaca. CAEMOAX 1983.

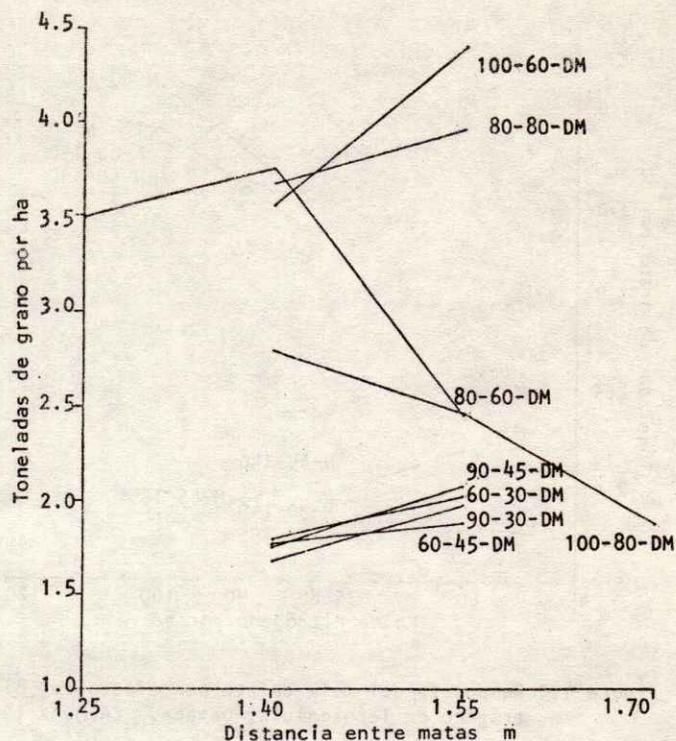


Figura 3. Respuesta del maíz cajete por efecto de la distancia entre matas en Nochixtlán, Oaxaca. CAEMOAX 1983.

Por lo que se refiere a la respuesta del maíz a causa de las distancias entre matas, ésta se aprecia en la Figura 6, en ella se puede observar que para los dos años de estudio, el óptimo fisiológico se obtiene con la distancia entre matas de 1.40 m, que equivale a una población de 30 000 plantas/ha, los rendimientos para 1977 fueron del orden de 4.5 ton/ha mientras que en 1978 se redujeron considerablemente siendo éste de 2.3 ton/ha con la población de plantas antes señalada. Los óptimos fisiológicos obtenidos para los dos años de estudio en Teposcolula fueron como sigue:

Año	N	P	Dm	Localidades
1977	80	60	1.40 m	San Pedro y San Pablo y San Miguel Tixaá
1978	60	45	1.40 m	San Miguel Tixaá

**Análisis Económico**

Se calcularon los costos fijos y los costos variables en base a los que prevalecen en 1983, seleccionando para cada sitio a aquellos con retorno al capital mayor del 50%. Para el grupo de ensayos de Nochixtlán, los óptimos económicos aparecen en el Cuadro 5.

De este grupo de experimentos se seleccionaron sólo dos tratamientos uno para 1977 (año húmedo) y otro para 1978 (año seco), considerando tanto la respuesta fisiológica

como el posible ingreso al capital al usar estos tratamientos y la posible aceptación del agricultor, ya que a pesar de que ha visto la bondad de la fertilización, la poca capacidad adquisitiva hace que ajuste las recomendaciones de acuerdo a su economía.

Cuadro 5. Óptimos económicos obtenidos considerando costos fijos y variables. CAEMOAX, 1983.

Año	Tratamiento Óptimo Económico N P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Dm	Ganancia Neta \$	Costos Totales \$	Retorno al Capital
1977	100 - 60 - 1.55 m	71,773	23,261	3.08
1977	80 - 60 - 1.40 m	58,305	22,830	2.55
1977	60 - 60 - 1.40 m	48,798	22,050	2.21
1977	80 - 40 - 1.40 m	44,707	22,010	2.03 Selec.
1977	0 - 0 - 1.25 m	25,236	15,804	1.59
1978	90 - 45 - 1.55 m	24,421	22,262	1.09
1978	60 - 30 - 1.55 m	23,371	20,471	1.14 Selec.
1978	45 - 30 - 1.40 m	16,809	20,235	.83
1978	0 - 0 - 2.00 m	15,219	15,615	.97

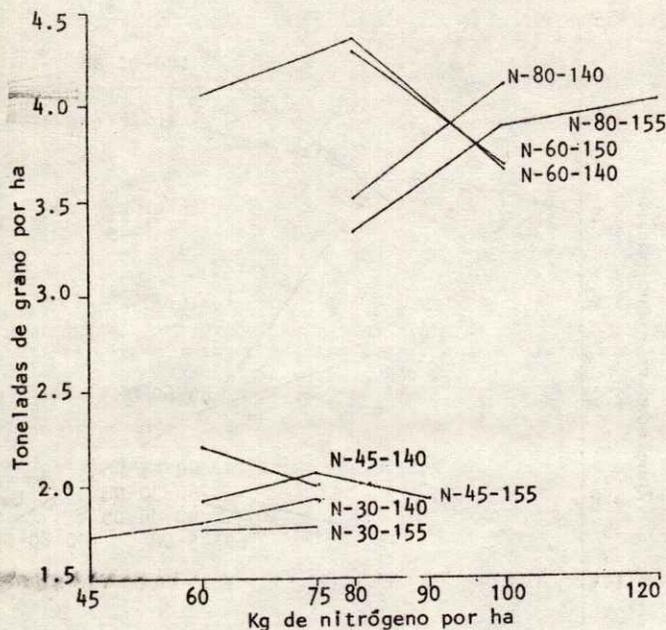


Figura 4. Respuesta del maíz cajete por efecto del nitrógeno en Teposcolula, Oaxaca. CAEMOAX 1983.

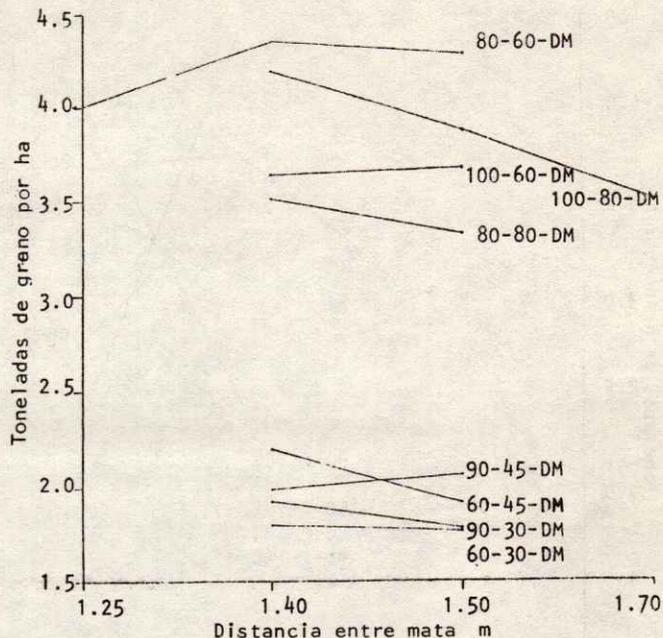


Figura 6. Respuesta del maíz cajete por efecto de la distancia entre matas en Teposcolula, Oaxaca. CAEMOAX 1983.

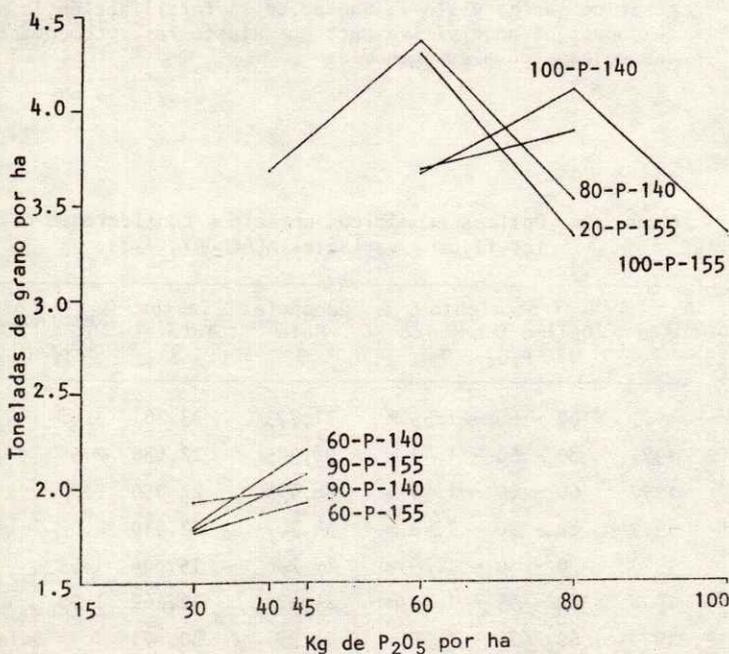


Figura 5. Respuesta del maíz cajete por efecto del fósforo en Teposcolula, Oaxaca. CAEMOAX 1983.

Grupo de ensayos Teposcolula. Los tratamientos óptimos económicos T.O.E. para este grupo de ensayos se presentan en el Cuadro 6.

En este cuadro se aprecia que para 1977 la fertilización no resultó económica, ya que la sola reducción en el espaciamiento entre matas (aumento en densidad) y un año bueno en húmedo (880 mm), produjo lo suficiente para obtener un retorno al capital de 4.14, que se considera alta dada la poca inversión que se realiza. Por otra parte, en los sitios cercanos al margen del río, la fertilización debe ser baja por las inundaciones y enriquecimiento de estos suelos, que periódicamente ocurre en esta área.

Cuadro 6. Óptimos económicos obtenidos considerando costos fijos y variables. CAEMOAX, 1983.

Año	Tratamiento Óptimo económico N P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Dm	Ganancia Neta \$	Costos Totales \$	Retorno al Capital
1977	0 - 0 - 1.25 m	70,458	17,004	4.14
1978	60 - 45 - 1.40 m	26,048	21,435	1.21 Selec.
1978	60 - 45 - 1.55 m	20,464	21,092	.97
1978	60 - 30 - 1.40 m	18,033	20,820	.86
1978	60 - 30 - 1.55 m	17,647	20,477	.86
1978	45 - 30 - 1.40 m	17,160	20,335	.84
1978	0 - 0 - 2.00 m	522	13,815	.03

Para 1978, se seleccionó como T.O.E. la combinación 60-45-1.40 m como niveles de N, P y distancia entre matas, la cual tuvo un retorno al capital de 1.21, que aunque para nitrógeno puede ser alto, el ciclo del cultivo justifica tal nivel; por otra parte a pesar del enriquecimiento periódico del que se hace alusión, el análisis respectivo de estos suelos indica el bajo contenido de nitrógeno, por lo que se espera responda satisfactoriamente el cultivo a esta dosis.

#### CONCLUSIONES

Los experimentos mostraron principalmente respuesta a la fertilización con P y algunas interacciones con N y distancia entre matas.

La precipitación ocurrida durante el ciclo anterior a la siembra tiene una alta relación sobre el rendimiento, así

mismo limita los rendimientos y la respuesta a la fertilización.

Las dosis óptimas económicas para Nochixtlán bajo condiciones de buena humedad fue de 80-40 con 1.40 m de espaciamiento entre matas y tres plantas por mata. Para un año típicamente seco resultó como T.O.E. fertilizar con 60 kg/ha de N y 30 kg/ha de  $P_2O_5$  y una distancia entre matas de 1.55 m con tres plantas por mata.

Las dosis óptimas económicas para Teposcolula, en 1977 no resultaron económicas. En 1978 la dosis óptima económica resultó al fertilizar con 60 kg/ha de N y 45 kg/ha de  $P_2O_5$ . Una distancia entre matas de 1.40 m con tres plantas por mata.

Se considera necesario conjugar esta información con la de probabilidad de lluvia y establecer recomendaciones de fertilización y densidad de plantas/ha, considerando este criterio.

#### LITERATURA CITADA

- Castañeda, P.A. 1980. Generación de Tecnología en el cultivo único de maíz en hileras, en el Plan Mixteca Alta, Oax. Comparación de tres métodos de diagnóstico. Tesis C.P. Chapingo, Méx.
- González, E.D. 1975. Predicción de la respuesta del maíz a la fertilización fosfatada en el Estado de Tlaxcala, basada en la disponibilidad del fósforo del suelo y otras variables de sitio. Tesis, C.P. ENA, Chapingo, Méx.
- Mejía, H. et al. 1971. Resultados de la Investigación Agronómica desarrollada durante 1971 en el área del Plan Tlaxcala. Informe CIMMYT. 107 p.
- Rojo, S.J. 1980. Evaluación de cinco metodologías sobre la generación de recomendaciones sobre fertilización y densidad de población en maíz de temporal en los Valles Centrales de Oaxaca. Tesis, C.P. Chapingo, México.
- Valdéz, D.L. 1981. Generación de tecnología agrícola para cuatro agrosistemas de la región Mixteca de Cárdenas, Oax. Tesis, C.P. Chapingo, Méx.
- Vázquez, A.J. 1977. Respuesta del maíz a los fertilizantes y a la densidad de población en la parte oeste del estado de Tlaxcala para el ciclo agrícola de 1976. (Utilización del análisis gráfico modificado en experimentos con 3 y 4 factores controlables de la producción agrícola). Tesis, E.N.A. Chapingo, México.

## INDICE DE AUTORES

- Alcalde B., S. 164  
 Arellano V., J.L. 197  
 Arellano Vázquez J.L. 197
- Basurto O., G. 71  
 Becerra M., A. 65  
 Briones S., G. 144
- Campos de Jesús, S. 93, 224  
 Cárcamo, M.A. 38  
 Castañeda H., E. 84  
 Castañeda P., A. 84, 103, 172  
 Cisneros I., R. 38, 48  
 Cortés B., J.J. 190
- Chávez H., Y. 7  
 Chizón S., E. 48
- Delgado I., R. 45  
 Díaz de Leon T., J.G. 204
- Elizondo S., A. 144  
 Escalante E., J.A.S. 26
- Figuroa S., B. 132, 164  
 Fonseca, M. 121, 126  
 Ford F., I.N. 139
- Gandoy B., W. 121, 126  
 García G., L. 103  
 Garza C., M.de la 154  
 Godoy A., C. 55  
 González C., F.V. 132  
 Guajardo V., R. 3  
 Gutiérrez R., N. 172
- Inzunza I., M.A. 32
- Jasso Ch., C. 132  
 Jiménez A., J.L. 93
- López C., I. 151  
 Luévanos A., A. 93
- Llerena V., F.A. 65
- Márquez C., F. 151  
 Martínez E., R. 65  
 Martínez M., E. 154  
 Méndez G., T. 3  
 Mendoza M., S.J. 80  
 Mera Olvera, F. 197
- Pastrana A., L. 151  
 Peña O., B. 172
- Ramírez R., J. 164, 172  
 Rico-Ferrat, G. 22, 160  
 Rodríguez H., R. 116  
 Rodríguez J., J.R. 215
- Salinas G., J.R. 15  
 Sámano G., I. 26  
 Serrano, V. 22
- Trejo S., M. 111, 211  
 Turrent F., A. 164, 211, 215
- Valero G., J. 177, 183  
 Vargas S., V.M. 84  
 Vidal Lezama, E. 197

## NORMAS PARA PUBLICACION DE ARTICULOS EN LA REVISTA TERRA

La revista TERRA acepta trabajos, en lengua española, sobre temas relacionados con la Ciencia del Suelo. Estos pueden ser Artículos Científicos, Notas de Investigación, Ensayos o Revisiones Bibliográficas, Comentarios y Cartas al Editor y Reseña de Libros. Se entiende por Artículo Científico aquel basado en un trabajo de investigación en que se ha aplicado en forma rigurosa el método científico y se ha estudiado el efecto que tienen diferentes tratamientos sobre la respuesta medible de un sistema, como metodología para comprobar o rechazar una hipótesis claramente establecida como objetivo del trabajo. Las Notas de Investigación son artículos basados en trabajos experimentales que presentan aspectos metodológicos novedosos, o resultados que el autor quisiera publicar antes que finalice la investigación. Los Ensayos o Revisiones Bibliográficas son artículos basados en una recopilación de artículos científicos o de investigaciones existentes, en que el autor aporta su opinión personal sobre el tema tratado y ha establecido conclusiones respecto del estado actual del conocimiento del tema.

TERRA publicará las cartas con opiniones o comentarios debidamente argumentados, que reciba. Esta sección tiene por objeto fomentar la discusión sobre temas publicados en sus páginas o de interés para la comunidad científica nacional. La Reseña de Libros es una sección destinada a dar a conocer la obra, particularmente de autores mexicanos e iberoamericanos, que son de interés para los científicos del suelo.

La Revista TERRA acepta colaboraciones de todos los miembros de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, así como de individuos que deseen publicar sus trabajos en ella, pero no tengan esta calidad. Los trabajos que se envíen deberán ceñirse a estas Normas de Publicación y estarán sujetos a revisión por el Comité Editorial o por quien éste designe, antes de su publicación.

Los Artículos Científicos y las Notas Científicas que se presenten deberán constar de las siguientes partes: (a) Título; (b) Autor(es); (c) Institución(es) responsable(s) del trabajo y dirección de los autores; (d) Resumen; (e) Palabras claves; (f) Summary; (g) Index words; (h) Introducción, que aparte de la motivación, importancia de los objetivos, deberá incluir aquellos aspectos más importantes, relativos del tema central, de la revisión bibliográfica; (i) Materiales y Métodos, donde se indique claramente el o los método(s) experimental(es) empleados para dar respuesta a las hipótesis del trabajo; (j) Resultados y Discusión; (k) Conclusiones y (l) Literatura Citada. El Comité Editorial podrá aceptar algunas modificaciones de esta estructura, cuando el tenor del texto así lo aconseje.

Los Ensayos o Revisiones Bibliográficas tendrán un formato con las siguientes partes: (a) Título; (b) Autor

(es); (c) Institución donde se desarrolló el trabajo; (d) Resumen; (e) Palabras Claves; (f) Summary; (g) Index Words; (h) Introducción; (i) Desarrollo del tema, con los subtítulos que se estimen convenientes; (j) Discusión, donde fuere procedente; (k) Conclusiones y (l) Literatura Citada.

Las Cartas al Editor y las Reseñas de Libros no tienen un formato definido, pero no deberán ser de más de dos cuartillas a máquina, doble espacio.

Los trabajos deben enviarse mecanografiados en papel tamaño carta a doble espacio dejando márgenes en los cuatro costados de 3.5 cm y con las líneas numeradas. Las páginas, incluyendo los Cuadros y Figuras, se numerarán correlativamente. El texto no deberá exceder de 20 páginas, siendo 15 el largo ideal para un Artículo Científico y 8 para una Nota Científica. Cada Cuadro o Figura se incluirá en una hoja aparte con su correspondiente número con lápiz de grafito suave en el reverso. Las leyendas correspondientes se mecanografiarán en hojas apartes (una hoja para cada Cuadro o Figura). Los Cuadros y Figuras contendrán sólo la información esencial y en ningún caso repetir los datos que se presente en otra forma. Las unidades que se empleen serán las del Sistema Métrico Decimal. Se insta a los escritores a incluir las unidades SI entre paréntesis.

**Título.** El título se escribirá con mayúsculas, al centro de la página, y se colocará también traducido al inglés, inmediatamente abajo del título en español. El título en inglés se escribirá con minúsculas, excepto las primeras letras de cada palabra, dos espacios sencillos abajo del anterior. El título deberá ser breve e indicar en forma precisa la naturaleza y contenido del artículo. Un título largo no es necesariamente el mejor. Así por ejemplo "Fijación de Fósforo en un Andosol de Colima" es mejor que "Determinación de la Cantidad de Fósforo Fijado en los Horizontes A y B de un Perfil Alterado en un Suelo Andosol del Estado de Colima".

**Autores.** Se incluirá el nombre del autor o autores en la forma en que acostumbran a escribirlo en sus publicaciones. Se sugiere adoptar una forma para toda la vida, que sea breve. Ejemplo: Roberto Núñez E., J.H. Miranda P. o R. Ferrera-Cerrato. Esto ayuda a no crear confusión y a identificar fácilmente a los autores. No se usarán títulos ni grados. La primera letra del nombre y apellidos se escribirán con mayúsculas. Los nombres de los autores se separarán por comas y se centrarán en la página. Se escribirán cuatro espacios debajo del título en inglés.

**Institución(es) patrocinante(s)** y dirección de los autores. El objetivo de esta parte del artículo es dar el crédito respectivo a la institución que patrocinó el trabajo y que los lectores puedan contactar a los autores

en caso necesario; la dirección postal debe quedar claramente especificada. Ejemplo: Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx." o "CAEVAMEX, CIAMEC, INIA, Chapingo, México". Esta identificación se escribirá con minúsculas, excepto las siglas, dos espacios sencillos debajo de los autores.

Pies de página. Se podrán utilizar cuando sea necesario para identificar información adicional; se numerarán correlativamente a través de todo el texto. Deberán emplearse al mínimo y sólo cuando sea imprescindible.

De la forma de titular. Los títulos tienen diversos órdenes y ellos señalan automáticamente la posición de una parte del artículo dentro de éste.

Título de primer orden. Es el título principal del artículo y siempre se escribe con mayúsculas, centrado al inicio del artículo.

Títulos de segundo orden. A este tipo corresponden las diferentes partes del artículo: Resumen, Summary, Introducción, etc. Se escriben con minúsculas, excepto las primeras letras de cada palabra. Se ubican tres espacios simples abajo del último renglón escrito. El texto se comenzará a escribir a dos espacios simples después del título.

Títulos de tercer orden. Se escriben al margen izquierdo, con minúsculas, excepto la primera letra de las palabras. Se subrayan. Se ubican dos espacios sencillos bajo el último escrito. El texto comienza a escribirse dos espacios sencillos después del título.

Títulos de cuarto orden. Se escriben al margen izquierdo con minúsculas, excepto la primera letra. Van subrayados y con punto final sin dejar sangría, como en el presente párrafo. Si hubiera necesidad de títulos de mayor orden se seguirán las normas recién indicadas, pero éstos se localarán con una sangría de cinco espacios contados a partir del margen izquierdo, para el de quinto orden, y mayor, para el de sexto orden.

Resumen. Esta sección debe sintetizar, en no más de 250-300 palabras, los aspectos más importantes del trabajo, esto es, su motivación, importancia, método experimental (cuando corresponda) y las conclusiones más importantes. Se titula con un título de segundo orden.

Palabras claves. Dos espacios sencillos abajo del texto anterior se colocan al margen izquierdo y con minúsculas: Palabras claves, seguido de dos puntos, y a continuación las palabras que el autor considere clave para su trabajo, las que deberán ser distintas de las empleadas en el título.

Summary. Se siguen las mismas normas que para el resumen en español. Esta sección es básica para darle difusión internacional a la revista. Se titula también con segundo orden.

Index words. Se seguirán las instrucciones dadas para Palabras claves, pero estas últimas se colocarán en inglés.

Introducción. En esta sección se indica la motivación, la importancia y los objetivos del trabajo que llevan implícito las hipótesis del trabajo. Contienen, además, los

aspectos más relevantes del tema, tratados por otros autores e identificados en la revisión de la literatura. La Introducción no debe exceder de tres cuartillas a doble espacio. Se titula con segundo orden.

Materiales y Métodos. Esta sección debe describir las características relevantes de los materiales usados en el estudio y los métodos experimentales empleados. A la descripción del método experimental utilizado para lograr los objetivos planteados se le debe dar particular importancia. Debe mostrar concordancia plena con las hipótesis. Así por ejemplo, si el propósito de un trabajo es determinar el efecto de la adición de estiércol vacuno en la mineralización del nitrógeno del suelo, deberá describirse el experimento que permitió medir este efecto. Los revisores tendrán muy en cuenta la concordancia entre objetivos planteados y los métodos experimentales empleados. Se titula con segundo orden.

Resultados y Discusión. Bajo este título se incluyen los resultados obtenidos en la investigación. Estos se presentarán en forma de cuadros, figuras, fotografías, etc. y no deberán duplicar la información que se da en el texto. La información presentada en Cuadros y Figuras no deberá duplicarse, así como tampoco incluir resultados que puedan ser fácilmente calculables. Ejemplo: presentar en una columna el rendimiento en g/m<sup>2</sup> y en otra en kg/ha. En la discusión se harán resaltar los principios más importantes y las relaciones causa-efecto derivados del análisis de los resultados. Además, deberá explicar, en función de las observaciones hechas, el por qué de lo observado. Los resultados obtenidos se compararán con los de otros investigadores, señalando las divergencias y las semejanzas. Los resultados y la discusión deben tener los mismos subtítulos, si es que los hay, de la sección de Materiales y Métodos. Se titula con segundo orden.

Conclusiones. Las primeras conclusiones que se presenten deben ser aquellas correspondientes a los objetivos planteados. Se pueden incluir, además, otras conclusiones relevantes y recomendaciones que emanen del trabajo. Se titula con segundo orden.

Citas en el texto. Las citas en el texto se harán de acuerdo con la forma en que participan éstas en la oración. Se seguirán las siguientes reglas: (a) se citará el apellido principal del autor(es) y el año, cuando se trate de uno o dos autores y el apellido principal del primer autor seguido de "et al.", y el año, cuando se trate de tres o más autores; (b) las citas, cuando más de una, se colocarán en orden alfabético; (c) cuando el nombre del autor(es) participa en la oración se colocará el apellido principal seguido del año entre paréntesis; ejemplo: Martínez (1982) observó que...; Carrasco (1983) y Merino (1984) encontraron gran diferencia...; (d) cuando la cita se agrega al final de la oración los nombres de los autores y el año se colocarán entre paréntesis, separado por una coma; ejemplo: ... al final de la cosecha (Martínez, 1982) o (Carrasco, 1983; Merino, 1984) o (Bravo et al., 1979); (e) cuando el autor tiene más de una publicación en un año se adiciona a éste a, b, c,; ejemplo (Moreno 1984a) o (Moreno 1984b) según sea el caso; (f) las comunicaciones personales se citarán sólo en el texto; ejemplo: (R. Núñez E. 1984. Comunicación personal); (g) las citas que no aparezcan en la Literatura Citada, por ser documentos de circulación restringida y no sean comunicaciones personales, se colocarán con pie de página, siguiendo la numeración correlativa correspondiente.

Literatura citada. Para confeccionar la lista de citas de la Literatura Citada se seguirán las normas que se detallan a continuación con ejemplos:

(1) Caso de artículos en revistas seriadas; ejemplo: NÚÑEZ E., R., A. TRINIDAD S., J.J. MARTINEZ H. 1984. Efecto de estiércol de vacuno en la producción de maíz. *Agropecuaria Técnica* 54: 385-388.

Obsérvese que la inicial del primer nombre se ha trasladado al final de éste sólo para el caso del primer autor, y que se ha mantenido la inicial del segundo apellido y del nombre propio en el lugar que corresponde en el resto de los casos. Es común que los nombres ingleses se escriban con dos nombres personales y un apellido; ejemplo: L.J. Brown, el cual se citará en caso de ser primer autor como Brown, L. J. y como L.J. Brown en todos los demás. Los portugueses y brasileños acostumbran colocar el apellido paterno en segundo lugar y éste es el que se debe citar; ejemplo Antonio Amaro Filho, es Filho, A.A. o A.A. Filho según sea el primer autor o acompañante. Para el caso de los nombres árabes, orientales e hindúes se deberá consultar una guía para citas bibliográficas, como las del Council of Biological Editors o las normas del IICA para citas bibliográficas.

(2) Caso de artículos en una publicación colectiva no periódica con o sin editor; ejemplo:

(i) con editor.

TURRENT F., A. 1984. Los agrosistemas del trópico, pp. 315-328. In: E. Hernández X. (ed.), *Los sistemas agrícolas de México*. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.

(ii) sin editor

CORTES F., J. I. 1984. El manejo de los frutales en zonas frías, pp. 181-192. In: *La fruta y su perspectiva en México*. CONAFRUT, SARH, México, 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., 1971. Efecto de la pendiente en la pérdida de suelo por erosión hídrica. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. (Tesis de Maestría).

La lista de citas se confeccionará en orden alfabético. Sólo se indicarán en ella los trabajos citados en el texto.

Otros aspectos del manuscrito. A continuación se dan algunas indicaciones acerca de los cuidados y consideraciones que hay que tener para la elaboración de las figuras, cuadros, mapas, etc. Los cuadros y figuras se emplean para reemplazar al texto, cuando el contenido de éstos no pueda expresarse claramente con palabras o su uso contribuya a un ahorro importante de espacio. Los cuadros y figuras deben ser claros, simples y concisos. Para ello es necesario seleccionar los datos de modo que se presenten sólo aquellos que se emplearán para hacer énfasis en algún aspecto o que expliquen otros. Los datos deben ordenarse en una forma tal que sean fáciles de interpretar.

En los pies de cuadro se incluirán las llamadas que sean pertinentes. Los asteriscos se reservarán para indicar significancia al 5 (\*) y al 1 (\*\*), respectivamente. Se recomienda el uso de numerales correlativos para las llamadas.

Los cuadros deben tener tres líneas horizontales sólidas: al inicio del cuadro, al inicio del campo del cuadro y al final de éste. No se permitirá el uso de líneas verticales. El encabezamiento del cuadro dará entrada a las columnas y a las líneas. Las unidades correspondientes a las columnas irán en el campo del cuadro, no en el encabezamiento. El campo y el encabezamiento de las columnas se pueden dividir a conveniencia del autor.

Los encabezamientos de columnas y líneas se escribirán con minúsculas excepto la primera letra.

Se emplearán sólo el número de cifras significativas necesarias para destacar el punto que se desea. No tiene sentido hablar de 4314.3 kg de maíz, probablemente 4.3 ó 4.31 ton/ha es suficiente.

Los cuadros no podrán ser mayores de 1 página tamaño carta, considerando los márgenes antes dichos.

Los mapas y figuras deben dibujarse en tinta china sobre papel vegetal o papel dibujo de buena calidad. No deben exceder las dimensiones de una página tamaño carta. La leyenda debe ser con letras y número de tamaño lo suficiente grande, como para que puedan leerse al reducirse, al igual que el grosor de los ejes y líneas interiores. Para un gráfico del tamaño de una página carta se requieren letras y número de 0.8 a 1.0 cm de altura. Recuerde que en una figura lo que interesa destacar es el contenido y no los ejes. Consecuentemente el grosor de estos últimos tiene que ser menor que el de las líneas interiores. Los puntos experimentales deben marcarse visiblemente. Para dimensionar los ejes se deben escoger módulos constantes para cada uno.

Los mosaicos fotográficos deben entregarse montados en hojas de papel, totalmente terminados, con leyenda y numeración. El aumento de las microfotografías debe indicarse en la leyenda.

Agradecimientos. Podrán incluirse cuando sea necesario al final del texto, esto es, después de las Conclusiones y antes de la Literatura Citada.

Comparación del efecto de dos tipos de drenaje subterráneo en suelo salino	<b>J. VALERO G.</b>	177
Análisis del comportamiento de un suelo salino con drenaje subterráneo por bombeo de norias.	<b>J. VALERO G.</b>	183
Determinación de las condiciones actuales de salinidad y drenaje en una área experimental localizada en el ejido de Parras, Coah.	<b>J.J CORTES B.</b>	190
Efecto de la fórmula de fertilización sobre las componentes de rendimiento de maíz	<b>L.E. VIDAL, O. F. MERA Y J.L. ARELLANO V.</b>	197
Influencia de la fertilización nitrogenada y fosfórica así como la densidad de siembra sobre el cultivo de cebada en la región Bajío	<b>J.G. DIAZ DE LEON T.</b>	204
Respuesta del maíz de temporal a siete factores modificables en suelos negros de Nayarit	<b>M. TREJO S. Y A. TURRENT F.</b>	211
Generación de recomendaciones sobre prácticas de producción para maíz de temporal en una región del estado de Hidalgo	<b>J. R. RODRIGUEZ J. Y A. TURRENT F.</b>	215
Determinación de la dosis óptima económica de fertilización y población de plantas/ha para maíz cajete en la Mixteca Oaxaqueña	<b>S. CAMPOS DE JESUS</b>	224
Normas para publicación de artículos en la Revista Tierra		233