



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

TERRA

Volumen 10

Enero-Junio 1992

Número 1

DIVISION I

INDICE

DIVISION II

Dvaluación y cartografía del riesgo a la degradación del suelo por erosión hídrica en el Estado de Tlaxcala.

RAFAEL ZARATE-ZARATE y
MANUEL ANAYA GARDUÑO

3

El molibdeno en los suelos de Cuba.

A. CARRERA N. COMPANONI,
A. SOBACHKIN y KOCHETOV

Evaluación de ocho conjuntos de normas DRIS para nogal pecanero.

MA. DEL CONSUELO MEDINA M. y
ENRIQUE DE J. MEDINA M.

23

Eficiencia de uso de agua en la asociación maíz-frijol.

MA. MAGDALENA VILLA C. y
ERNESTO A. CATALAN VALENCIA

33

Requerimientos agroclimáticos de la variedad de cartamo "G76" (*Carthamus tinctorius* L.).

MA. MAGDALENA VILLA C. y
ERNESTO A. CATALAN VALENCIA

37

Estudio para el establecimiento de vid con aguas de escurrimiento y acolchado de suelo.

ANGEL G. BRAVO L.

43

Comportamiento de los andosoles negros con respecto al agua en el Volcán Cofre de Perote (Ver.).

DIDIER DUBROEUQ,
ADOLFO CAMPOS y
DANIEL GEISSERT

51

Un sistema de información para el manejo de datos climáticos (Metodología de Cálculo).

GUILLERMO MEDINA G.,
LORENZO ACEVES N. y
GRACIELA BUENO DE A.

59

1992 10°

1992 30°

1994 15°

ANIVERSARIO DE TERRA
ANIVERSARIO DE LA SMCS
CONGRESO INTERNACIONAL DE LA
CIENCIA DEL SUELO

EDITORIAL

ARTICULOS CIENTIFICOS

COMISION EDITORA

DR. JORGE D. ETCHEVERS B., Editor
DR. ANDRES AGUILAR SANTELISES
M.C. ROBERTO QUINTERO LIZAOLA
SRA. CARELINA C. AALMERS DE AGUILAR

MESA DIRECTIVA 1990-1992

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

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

Volumen 10-1, enero-junio 1992.

ISSN 0187-5779

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

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

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

Teléfono: (595) 4-22-00, ext. 5237.

División I: Diagnóstico, Metodología y Evaluación del Recurso Suelo

- Evaluación y cartografía del riesgo a la degradación del suelo por erosión hídrica en el Estado de Tlaxcala. RAFAEL ZARATE-ZARATE y MANUEL ANAYA GARDUÑO. 3
- El molibdeno en los suelos de Cuba. A. CABRERA, N. COMPANIONI, A. SOBACHKIN y A. KOCHETOV. 15

División II: Relación Suelo-Clima-Biota

- Evaluación de ocho conjuntos de normas DRIS para nogal pecanero. MA. DEL CONSUELO MEDINA M. y ENRIQUE DE J. MEDINA M. 23
- Eficiencia de uso de agua en la asociación maíz-frijol. MA. MAGDALENA VILLA C. y ERNESTO A. CATALAN VALENCIA. 33
- Requerimientos agroclimáticos de la variedad de cártamo "Gila" (*Carthamus tinctorius* L.). MA. MAGDALENA VILLA C. y ERNESTO A. CATALAN VALENCIA. 37
- Estudio para el establecimiento de vid con aguas de escurrimiento y acolchado de suelo. ANGEL G. BRAVO L. 43
- Comportamiento de los andosoles negros con respecto al agua en el Volcán Cofre de Perote (Ver.). DIDIER DUBROEUCQ, ADOLFO CAMPOS y DANIEL GEISSERT. 51
- Un sistema de información para el manejo de datos climáticos (Metodología de Cálculo). GUILLERMO MEDINA G., LORENZO ACEVES N. y GRACIELA BUENÓ DE ARJONA . 59

División III: Aprovechamiento del Recurso Suelo

- Respuesta del maíz de temporal a tres sistemas de drenaje superficial en Quintana Roo. JORGE HUMBERTO RAMIREZ-SILVA y OCTAVIO PEREZ-ZAMORA. 66
- Efecto del encalado sobre el pH, saturación con aluminio y rendimiento de maíz en andosoles de Naolinco, Veracruz. JOSE LUIS AGUILAR ACUÑA y ROSALIO LOPEZ MORGADO. 75
- Uso de mezclas de abonos orgánicos y minerales en la asociación maíz-frijol de temporal. JUAN LUIS TIRADO TORRES, VICTOR VOLKE HALLER y SALVADOR ALCALDE BLANCO. . 84
- Rendimiento de maíz en tepetates roturados. MA. DE LA LUZ MARCELA ORTIZ SOLORIO y MANUEL ANAYA GARDUÑO. 94
- Producción de sorgo, girasol y maíz de humedad residual en suelos arcillosos del Estado de Quintana Roo. JORGE HUMBERTO RAMIREZ-SILVA y OCTAVIO PEREZ-ZAMORA. 106

División IV: Educación y Asistencia Técnica

- Características de una población de productores de la Huasteca Potosina. IGNACIO ORONA CASTILLO y JESUS MARTINEZ REDING. 115

SCIENTIFIC ARTICLES

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

Evaluation and cartography of risk soil degradation by water erosion in Tlaxcala State. RAFAEL ZARATE ZARATE and MANUEL ANAYA GARDUÑO. 3

Molybdenum in Cuban soils. A. CABRERA, N. COMPANIONI, A. SOBACHKIN y A. KOCHETOV. 15

Division II: Soil-Climata-Biota Relationship

Evaluation of eight sets of DRIS norms for pecan tree. MA. DEL CONSUELO MEDINA M. and ENRIQUE DE J. MEDINA M. 23

Water use efficiency in associated maize/bean system. MA. MAGDALENA VILLA C. and ERNESTO A. CATALAN VALENCIA. 33

Agroclimatic requirements of "Gila" safflower cultivar (*Carthamus tinctorius* L.). MA. MAGDALENA VILLA CASTORENA and ERNESTO ALONSO CATALAN VALENCIA. 37

Study for establishment of vines using overflowing water, and soil coverage materials. ANGEL G. BRAVO L. 43

Black andic soils and the water cycle in the "Cofre de Perote" Volcano (Ver.). DIDIER DUBROEUCQ, ADOLFO CAMPOS and DANIEL GEISSERT. 51

An information system for climatic data management (Estimating Methods). GUILLERMO MEDINA G., LORENZO ACEVES N. and GRACIELA BUENO DE ARJONA 59

Division III: Use of the Soil Resource

Rainfed maize yield on three soil surface drainage systems in Quintana Roo. JORGE HUMBERTO RAMIREZ-SILVA and OCTAVIO PEREZ-ZAMORA. 66

Liming effects on pH, aluminum saturation and maize yields on andosols de Naolinco, Veracruz. JOSE LUIS AGUILAR ACUÑA and ROSALIO LOPEZ MORGADO. 75

Use of mixtures of organic and mineral manure in corn-beans association. JUAN LUIS TIRADO TORRES, VICTOR VOLKE HALLER and SALVADOR ALCALDE BLANCO. 84

Corn yield obtained on degraded soils ("Tepetates"). MA. DELALUZ MARCELA ORTIZ SOLORIO and MANUEL ANAYA GARDUÑO. 94

Relationship between grain yield of sorghum, sunflower and maize with residual moisture on heavy clay soils of Quintana Roo. JORGE HUMBERTO RAMIREZ-SILVA and OCTAVIO PEREZ-ZAMORA. 106

Division IV: Education and Technical Assistance

Characteristics of a sample of agricultural producers from the Huasteca Potosina. IGNACIO ORONA CASTILLO y JESUS MARTINEZ REDING. 115

EDITORIAL BOARD

DR. JORGE D. ETCHEVERS B., Editor
 DR. ANDRES AGUILAR SANTELISES
 M.C. ROBERTO QUINTERO LIZAOLA
 SRA. CARELINA C. AALMERS DE AGUILAR

BOARD OF DIRECTORS 1990-1992

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

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

Volume 10-1, January-June 1992.

ISSN 0187-5779

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

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

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

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

EDITORIAL

Junio 1992. Con la aparición de este número TERRA entra en su primera década de existencia. Los que hemos participado en su creación, crecimiento y desarrollo nos sentimos orgullosos de la labor realizada.

Durante estos años hemos consolidado a nivel nacional, y con un alto estándar, un órgano de expresión propio que refleja el estado de la ciencia del suelo. Tenemos la certeza que TERRA es el espejo donde debemos mirarnos para iniciar los cambios que las circunstancias exigen. Si TERRA no tiene un mayor nivel es porque la ciencia del suelo en México no ha alcanzado el grado de madurez deseable. Sin embargo, tenemos igual convencimiento que estas etapas son necesarias. En los balbuceos del hoy está el asiento del habla sesuda del mañana. TERRA invita a todos los miembros de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo y a sus amigos a continuar enviándonos sus contribuciones; ellas son la única forma de asegurar la existencia futura de la revista y de cumplir los planes que nos hemos trazado. A este respecto, publicaremos pronto dos números especiales, uno referente a suelos volcánicos endurecidos (tepetates) y otro sobre captación de agua de lluvia. Estos números especiales aspiran a llenar la brecha informática sobre experiencias sobre la materia existentes en el país.

El editor.

DIVISIONES Y DISCIPLINAS

División I: Diagnóstico, Metodología y Evaluación del Recurso Suelo

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

División II: Relación Suelo-Clima-Biota

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

División III: Aprovechamiento del Recurso Suelo

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

División IV: Educación y Asistencia Técnica

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

EVALUACION Y CARTOGRAFIA DEL RIESGO A LA DEGRADACION DEL SUELO POR EROSION HIDRICA EN EL ESTADO DE TLAXCALA

Evaluation and Cartography of Risk Soil Degradation
by Water Erosion in Tlaxcala State

Rafael Zárate Zárate y Manuel Anaya Garduño

Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados
56230 Montecillo, Estado de México

Palabras clave: Erosividad, Riesgo, Degradación, Erosión hídrica.

Index words: Erosivity, Risk, Degradation, Water erosion.

RESUMEN

La importancia de conocer el riesgo de erosión de los suelos, recae en la necesidad de prevenir la posible pérdida de éste, ya sea causada por el uso actual o potencial de la tierra.

La presente investigación fue realizada durante el último semestre de 1990, con la finalidad de evaluar y cartografiar el riesgo de degradación de la tierra por erosión hídrica en Tlaxcala, usando un método compilado a partir de las metodologías FAO (1980), Coote (1988), y Shields y Coote (1989). Estas técnicas están basadas en la aplicación de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS) a pequeña escala.

Como primer paso en este método se utilizó una imagen ERTS/LANDSAT (escala 1: 250 000), en la que fueron delimitadas y

cartografiadas 128 unidades fisiográficas, que mostraban homogeneidad en sus características de drenaje y color. Posteriormente, se colocó este mapa sobre un correspondiente de pendientes, resultando delimitadas 249 unidades homogéneas para obtener un mapa base; además, mediante el uso de un banco de datos de precipitación total mensual elaborado con 46 estaciones meteorológicas se hicieron los mapas de erosividad para los períodos de mayo-octubre y de noviembre-abril y junto con los mapas topográficos y de suelos de INEGI (1981) fueron estimadas las componentes LS y K, de la EUPS. Con esta información fue evaluado y cartografiado el riesgo de degradación del suelo por erosión hídrica en el Estado de Tlaxcala.

Los resultados muestran que el índice de erosividad en Tlaxcala varió de 22.31 a 188.27, siendo mayor en la región suroeste y noreste. El riesgo de degradación del suelo por erosión hídrica está presente en toda la superficie de Tlaxcala, con riesgo moderado en el 58.94 %, riesgo bajo en el 18.73 %, riesgo severo en el 13.11 %, y extremo en el 9.04 %.

SUMMARY

In order to assess and map the risk of soil degradation by water erosion in Tlaxcala,

Recibido 3-91.

Mexico, this research was carried out during the last semester of 1990, using a compiled method from FAO (1980); Coote (1988); and Shields and Coote (1989) methods. These techniques are based on Universal Soil Loss Equation (USLE) applied to small scale.

Using an ERTS/LANDSAT image (scale 1:250 000) 128 physiographic units were delimited and mapped, showing homogeneity in drainage and colour features. With an overlay of this map with a slope map, 249 homogeneous units were delineated to obtain a new base map; and using a data base of monthly total precipitation from 46 meteorological stations, rain erosivity maps for two periods (May-October and November-April) were produced; together rain erosivity maps and topographic and soil maps from INEGI (1981), the components LS y K, of USLE were estimated. With this information the assessment and mapping of risk of soil degradation by water erosion was made possible in Tlaxcala State.

The results show that the erosivity index varies from 22.31 to 188.27, greatest in the southwestern and northeastern regions. Risk of soil degradation by water erosion is present in all the surface of Tlaxcala, with a moderate risk of 58.94 %, a low risk in 18.73 %, a severe risk of 13.11 %, and extreme risk of 9.04%.

INTRODUCCION

A la fecha se han elaborado diversas definiciones para el proceso de degradación (FAO, 1980; Dudal, 1982; Oldeman, 1988) y para el tipo de proceso de erosión (FAO, 1983; Fournier, 1975; SAG, 1975; SARH y C.P., 1977; Varela, 1979) cuya finalidad común es manifestar que estos procesos conducen a la pérdida del recurso, de la productividad de la tierra y de su capacidad para recuperarse después de que se le ha ejercido presión, ya sea por fuentes naturales o inducidas (Warren y Agnew, 1988).

Un parámetro inicial que se debe conocer para la prevención de la degradación es el

riesgo de los recursos a sufrir este proceso, por el cual se puede entender "el grado de desarrollo potencial de los procesos de degradación cuando los límites permisibles de variación en torno al equilibrio ecológico son excedidos en el transcurso del desarrollo y actividad humana" (Rozañov y Zonn, 1982). Así, la evaluación del riesgo a la erosión constituye una forma especializada de evaluación del recurso tierra, cuyo objetivo es identificar aquellas áreas donde la productividad sostenible de un uso específico de la tierra es amenazada por una pérdida de suelo excesiva (Morgan, 1986). En consecuencia un mapa de riesgo a la erosión no pretende mostrar la actividad del proceso o los efectos de éste, sino que describe el riesgo a la erosión o los componentes del riesgo e indica las áreas donde la erosión puede iniciar, la intensidad de la erosión que se puede esperar y la predicción de la cantidad de suelo que se puede perder (Bergsma, 1983).

En el área de estudio se han realizado algunos trabajos (Cruz, 1949; Subdirección de Agrología, 1979; y SARH, 1983) referentes a la erosión hídrica aunque ninguno se ha enfocado a lo denominado erosión potencial o riesgo a la erosión. En consecuencia es importante la consideración del riesgo en el estudio del proceso de degradación de la tierra, debido a que es esencial para integrar el conocimiento de este fenómeno que pudiera afectar a las tierras de interés. De tal forma que el riesgo en que se encuentra el recurso natural a la afectación de este proceso es un dato necesario para realizar el pronóstico del estado del recurso a cierto lapso de tiempo, considerando la utilidad que pudiera haber tenido si no se hubiera perdido.

Con la finalidad de contribuir al conocimiento de este aspecto de la erosión hídrica y de establecer las bases para la elaboración de alternativas futuras en la planeación del uso y manejo del suelo para Tlaxcala, la presente investigación se realizó durante el último semestre de 1990, persiguiendo los objetivos siguientes: (1) evaluar el riesgo de degradación de los suelos

del Estado de Tlaxcala por erosión hídrica y (2) realizar su cartografía.

MATERIALES Y METODOS

Descripción del área de estudio.

El Estado de Tlaxcala se encuentra ubicado entre las coordenadas 19°05'43" y 19°44'07" de latitud norte y los 97°37'07" y 98°42'51" de longitud oeste, con una altitud promedio de 2 600 msnm y una superficie de 4 060 km². El clima predominante es el templado subhúmedo, con lluvias en verano y seco en invierno (CEEMT, 1988). El suelo dominante es el Cambisol éutrico de textura fina con pendientes que varían de planas a suavemente onduladas (35.1 %) (Subdirección de Agrología, 1979). La superficie de cultivo representa el 63.8 % del área total, el resto lo ocupan el uso pecuario, forestal, frutícola y por asentamientos humanos (CEEMT, 1988). La densidad de población hasta 1987 era de 170.8 habitantes por km² (Banamex, 1987).

Banco de datos climatológicos.

La información necesaria para la elaboración del banco de datos se obtuvo de los registros históricos proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional, por la Delegación de la Comisión del Agua en el Estado de Tlaxcala y por el Departamento de Climatología de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). Se seleccionó un total de 46 estaciones meteorológicas, de éstas, tres son del Estado de Hidalgo, nueve del Estado de Puebla y el resto de Tlaxcala. Los datos recopilados se refieren a la precipitación total mensual de toda la serie de tiempo en cada estación.

Metodología.

La presente metodología es el resultado de la integración de diversos métodos existentes,

los cuales se han utilizado como guía para la realización de numerosos estudios a nivel mundial, nacional y regional, una simplificación de la utilizada en la presente investigación se presenta en la Figura 1.

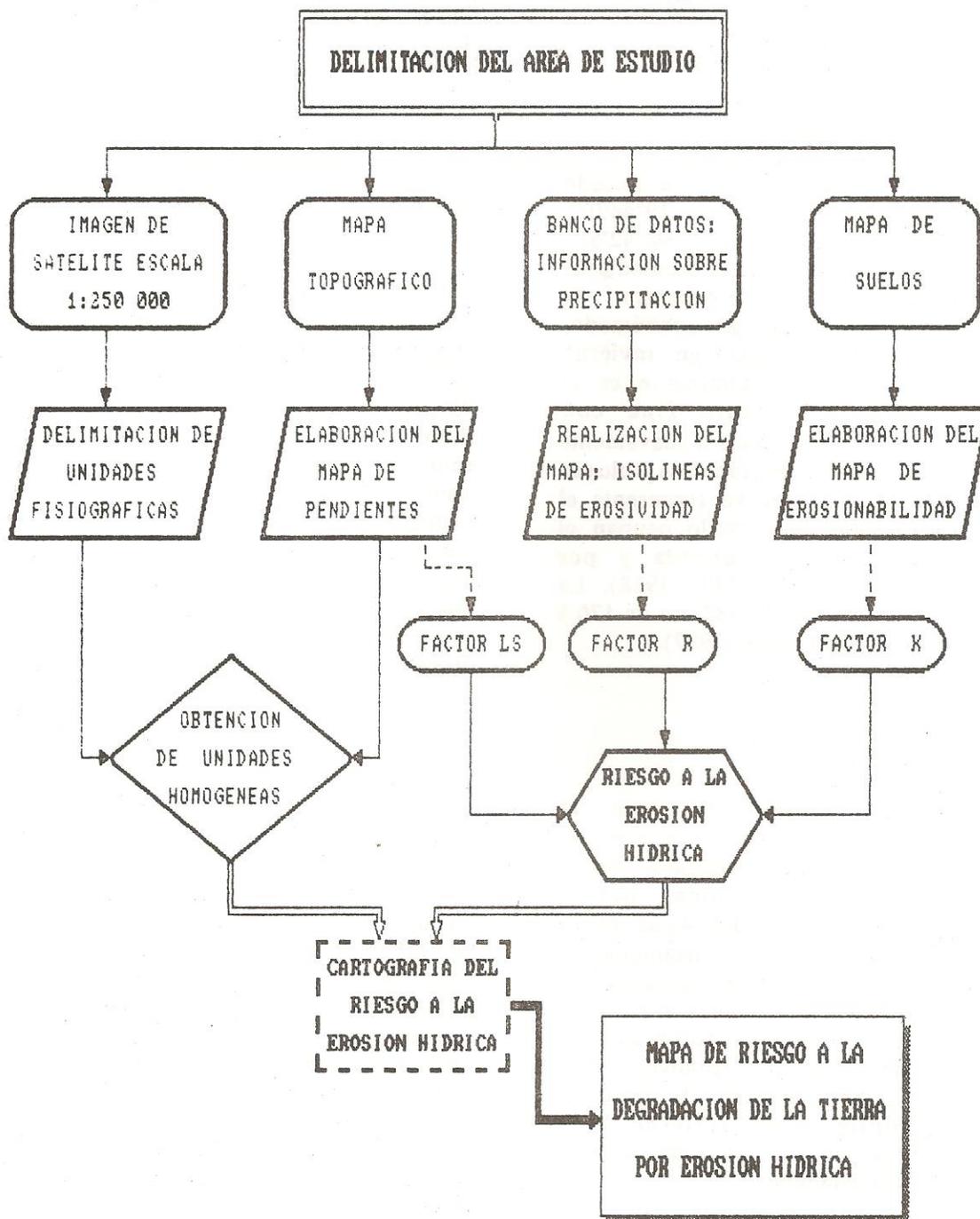
Delimitación de unidades fisiográficas base (UFB).

La delimitación de las unidades fisiográficas base (UFB) se realizó considerando el enfoque paisajista con base en la metodología de levantamiento fisiográfico (Ortiz y Cuanalo, 1984), dichas unidades fueron agrupadas a nivel sistema terrestre de acuerdo a las características de relieve, drenaje y color, considerando un área mínima cartografiable de 1 cm², lo cual representa una superficie de 625 ha por estudiar. Para lograr lo anterior se tomó como base una imagen de satélite ERTS/LANDSAT en "falso color", a escala 1:250 000, terminado este proceso se obtuvieron 128 UFB.

Evaluación del riesgo a la erosión hídrica.

Para el cálculo del riesgo a la erosión hídrica o erosión potencial del suelo provocada por el agua, se empleó la ecuación paramétrica conocida como Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS) aplicada a pequeña escala, con base en la metodología original de la FAO (1980) y la compilada por Coote (1988) y Shields y Coote (1989). Estas versiones se basan en la generación de los parámetros que componen el modelo original a nivel regional, utilizando para ello diversas aproximaciones, las cuales se especifican a continuación para el área de estudio.

Obtención del factor erosividad de la lluvia (R). La erosividad de la lluvia se puede entender como la agresividad que tiene la precipitación sobre el suelo para causar erosión.



Debido a las características de la información del banco de datos, se seleccionó la ecuación de Arnoldus (1980)(FAO, 1980), para la obtención del factor R de la EUPS, la cual es de la forma siguiente:

$$Ra = \sum_{i=1}^{12} \frac{p^2}{Pa}$$

donde: Ra = índice de erosividad anual (adimensional).

p^2 = precipitación total del i-ésimo mes del año (mm).

Pa = precipitación total anual (mm).

Con base en el análisis realizado para la distribución de la precipitación en el transcurso del año, se pudo apreciar que más del 80 % de la lluvia se presenta durante los meses de mayo a octubre, en tanto que menos del 20 % se presenta durante los meses de noviembre a abril; por tal motivo, se decidió separar el año en dos épocas, una húmeda y otra seca, para las cuales se calculó el valor del factor R, como R de mayo-octubre (R_{m-o}) y R de noviembre a abril (R_{n-a}). Para lograr la interpretación de los valores de R, para cada época del año, se utilizó la clasificación propuesta por FAO (1980).

Después de obtener los valores de los índices de erosividad, se procedió a la elaboración de los mapas de isolíneas de erosividad, utilizando para la interpolación de dichos valores, el método Kriging incluido en el programa SURFER (versión 4.01).

Obtención del factor erosionabilidad del suelo (K). La erosionabilidad de un suelo se puede entender como la susceptibilidad que tiene a erosionarse.

Como en la presente investigación no se dispuso de datos referentes al contenido de materia orgánica, estructura y permeabilidad del suelo, se consideró a la textura y a la unidad de suelo como parámetros para realizar la estimación del factor K. Dichos datos fueron obtenidos del mapa de suelos elaborado por INEGI (1981) y de los cuadros de valores de la FAO (1980). Para tal fin se emplearon las tres clases de texturas que se indican en el mapa de suelos:

- 1 textura gruesa (< 18 % de arcilla y > 65 % de arena)
- 2 textura media (< 35 % de arcilla y < 65 % de arena, o < 18 % de arcilla y < 82 % de arena)
- 3 textura fina (> 35 % de arcilla)

Los valores de las clases de erosionabilidad de las unidades de suelos de la FAO se presentan en el Cuadro 1.

Los valores de la clase de erosionabilidad para las unidades taxonómicas del mapa de suelos están dados en el Cuadro 2.

Cuando existieron dos o más unidades de suelo en una unidad homogénea, se le asignó el valor de K promedio de los valores de cada unidad de suelo.

Cuadro 1. Valores para las clases de erosionabilidad y de textura para las unidades taxonómicas de suelos de la FAO (FAO, 1980).

Clases erodabilidad	I ligera	II moderada	III alta	
Valoración	0.5	1.0	2.0	
Textura del suelo	1 gruesa	2 media	3 fina	fase pedregosa o guijarrosa
Valoración	0.2	0.3	0.1	0.5

Cuadro 2. Clasificación para las unidades de suelos de la FAO en tres clases de erosionabilidad (FAO, 1980).

A	II	E	I	K	II	P	III	V	III
f	I	F	I	h	II	f	III	c	III
g	II	a	I	k	II	g	III	p	III
h	I	h	I	l	II	h	II	W	III
c	II	o	I	L	II	l	II	d	III
p	III	p	I	a	III	o	III	e	III
B	II	r	I	c	II	p	III	h	II
c	II	x	I	f	I	Q	I	m	II
d	II	G	II	g	II	a	I	s	III
e	II	c	I	k	II	c	I	x	III
f	II	d	II	o	II	f	I	X	III
g	I	e	II	p	III	l	I	h	III
h	I	h	II	v	III	R	II	k	III
k	II	m	I	M	II	c	II	l	III
v	III	p	II	a	II	d	II	y	III
x	III	x	III	g	II	e	III	Y	III
C	I	H	I	N	I	x	III	h	III
g	I	c	I	d	I	S	III	k	III
h	I	g	I	e	I	g	III	l	III
k	I	h	I	h	I	m	II	y	III
l	I	i	I	O	I	o	III	t	III
D	III	I	I	d	I	T	II	Z	II
d	III	J	II	e	I	h	I	g	II
e	III	c	I	x	I	m	I	m	I
g	III	d	II		I	o	II	o	I
	III	e	II		I	v	II	t	III
	III	t	III		I	U	I		

Obtención del factor longitud-inclinación de la pendiente (LS). La consideración del factor L y S de la EUPS, aplicada a pequeña escala, se logró utilizando un mapa topográfico elaborado por INEGI (1981) a escala 1:250 000, para el que se elaboró una guía con la finalidad de segmentar las pendientes en longitudes de igual ángulo, de tal forma que se pudiera calcular un valor medio ponderado para el factor LS (Coote, 1988). Dicha guía se elaboró a partir de una relación simple de la forma siguiente:

$$a/100 = b/c$$

en donde a es el valor máximo del intervalo de la clase de pendiente con base en Coote (1988), b es la equidistancia entre curvas de nivel en el mapa topográfico y c es el valor en metros de la máxima distancia horizontal

entre curvas de nivel, que se transformó a centímetros para el trazo de la guía utilizando la escala de trabajo. Por ejemplo, al utilizar un mapa topográfico de escala 1:250 000 cuyas curvas de nivel se encuentran a una equidistancia de 100 m, el cálculo para un valor de pendiente igual a 3 %, es el siguiente:

$$3/100 = 100/c \quad c = 3333.333$$

y debido a que la escala es de 1:250 000, el valor x utilizado para la elaboración de la guía será igual a 1.33 cm, es decir 3333.33/2500, ya que 1 cm en el mapa es igual a 2 500 m en el terreno.

De la misma manera como se realizó anteriormente y utilizando los límites superiores de las clases de pendientes

Cuadro 3. Valores de x para el trazo de la guía utilizada en la elaboración del mapa de pendientes.

Clase de pendiente (%)	Clave	Máxima separación entre curvas de nivel (m)	Valor x (cm)
1 - 3	a	3333.33	1.33
4 - 9	b	1111.11	0.44
10 - 15	c	666.66	0.27
16 - 29	d	344.83	0.14
30 - 59	e	169.49	0.07
> 60	f	< 169.49	< 0.07

propuestas por Coote (1988), se procedió a obtener los valores de x (Cuadro 3) para el trazo de la guía (Figura 2).

Con esta guía se procedió a recorrer el mapa topográfico, delimitando superficies de igual clase de pendiente, con base en la agrupación de las curvas de nivel en los límites de cada intervalo en la guía.

Después de obtener el mapa de pendientes, éste se sobrepuso al mapa de UFB, de tal forma que se formaron 249 unidades homogéneas. Conocida la longitud de la pendiente se procedió a emplear el Cuadro 4, propuesto por Coote (1988), que proporciona un valor ponderado del factor LS.

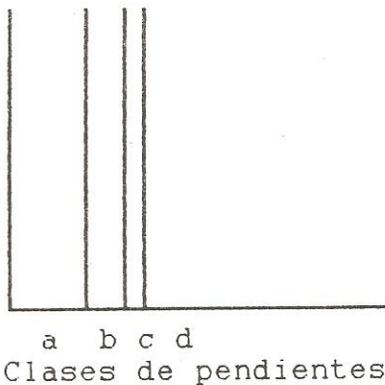


Figura 2. Guía para elaborar el mapa de pendientes.

Cuadro 4. Valores para el factor longitud-pendiente (LS).

Clase de pendiente		Longitud de la pendiente (m)
%	clave	> 300
- Factor LS -		
1 - 3	a	0.33
4 - 9	b	2.20
10 - 15	c	7.30
16 - 29	d	21.00
30 - 59	e	60.00
> 60	f	120.00

Clases de riesgo a la erosión hídrica. El producto de los cuatro factores, $R * K * L * S$, resulta en una estimación de la erosión media anual, de tipo laminar y en arroyuelos, esperada si un área de tierra es labrada continuamente hacia arriba y hacia abajo de la pendiente dominante y sin vegetación. En consecuencia, el valor del producto $R * K * L * S$, representa el potencial inherente de un suelo a la erosión laminar y en arroyuelos.

Como es conocido, en la presente investigación se dividió el año de acuerdo a la acumulación de la precipitación, de tal manera que también se obtuvo el valor del riesgo a la erosión de mayo a octubre y de noviembre a abril, siendo utilizadas las ecuaciones siguientes:

$$Ar_{m-o} = R_{m-o} * K * L * S \text{ y } Ar_{n-a} = R_{n-a} * K * L * S$$

De tal forma que el valor de Ar anual (en $\text{ton ha}^{-1} \text{año}^{-1}$), se obtuvo mediante la suma de los valores de pérdida de suelo respectivos para cada período propuesto, siendo representativo del riesgo anual de las tierras a la erosión hídrica. Para lograr la interpretación de los valores anuales de Ar se utilizó el Cuadro 5, que presenta la clasificación de las clases de riesgo a la degradación del suelo por erosión hídrica propuestas por Shields y Coote (1989).

Cartografía del riesgo a la degradación por erosión hídrica. La cartografía se realizó considerando el mapa base y representando en éste las clases de riesgo de la forma siguiente: Baja (B), áreas rellenas con puntos; Moderada (M), áreas rellenas con líneas inclinadas; Severa (S), áreas rellenas con líneas verticales y Extrema (E), áreas rellenas con líneas horizontales.

RESULTADOS Y DISCUSION

Una forma de obtener la apreciación de los efectos provocados por la precipitación fue a través del empleo del índice climático de agresividad de la lluvia, que fue calculado por período de acumulación de la precipitación y cuya representación se muestra en forma de mapas de isolinias de erosividad; de tal forma que se logró mayor detalle en la estimación. En la representación esquemática de dicho índice para ambos períodos, se pudo observar que los valores de los índices de erosividad, oscilaron entre 22.31 y 62.35 para el período R_{n-a} y de 81.25 a 188.27 para el período R_{m-o} . Según la

Cuadro 5. Clases de riesgo a la degradación de la tierra por erosión hídrica.

Clase de riesgo	Símbolo cartográfico	Pérdida de suelo ($\text{ton ha}^{-1} \text{año}^{-1}$)
Nulo	N	< 2.0
Bajo	B	2.0 - 9.9
Moderado	M	10.0 - 49.9
Severo	S	50.0 - 199.9
Extremo	E	> 200.0

FAO (1980), el R_{n-a} , se clasifica como de ligero (0-50) a moderado (50-500) y el R_{m-o} como moderado.

La distribución espacial que presenta el R_{m-o} (Figura 3), indica que en la región sur y suroeste de Tlaxcala, el índice alcanza los valores mayores, siendo del orden de 182 y 190, respectivamente, los cuales se clasifican como moderados. Por otro lado, en la zona noreste y oeste del Estado, existe una tendencia al aumento del valor del índice alcanzando a llegar a 158 y 166, por lo que se clasifica como moderado. El valor de R_{m-o} tiende a disminuir hacia las partes este, oeste, centro y norte, llegando a tener valores menores a 130. En cuanto a la distribución espacial de R_{n-a} (Figura 4), se aprecia que existe una tendencia al aumento hacia las regiones sureste, norte, noroeste y noreste, ya que el índice alcanza valores del orden de 49 a 59, logrando clasificarse como moderados en la parte sureste y noroeste. En el resto del Estado, el índice no rebasa un valor mayor que 45, por lo que se clasifica como erosividad hídrica ligera.

En la entidad bajo estudio, existe la presencia de índices de erosividad máximos que llegan a alcanzar valores superiores a 300, los cuales son comparables a los obtenidos por Wegener (1978), quien utilizó el índice E^*I_{30} . Dicho autor encontró que los valores del índice empleado ascendían a aproximadamente 300, que clasificó como de medio a alto.

Como se puede apreciar en la Figura 5 (Mapa 1 de riesgo a la erosión hídrica), la clase de riesgo moderado se distribuye en la mayor parte de las llanuras, lomeríos y mesetas, ocupando la mayor parte del Estado de Tlaxcala. La clase de riesgo bajo se distribuye principalmente en la zona norte y oriente de la entidad. Las clases de riesgo severo y extremo se presentan en las regiones de lomeríos, mesetas y sierras, donde se encuentran los mayores índices de erosividad y las mayores inclinaciones de pendientes, dichas regiones se localizan en el norte, noreste, sureste, suroeste y oeste de Tlaxcala.

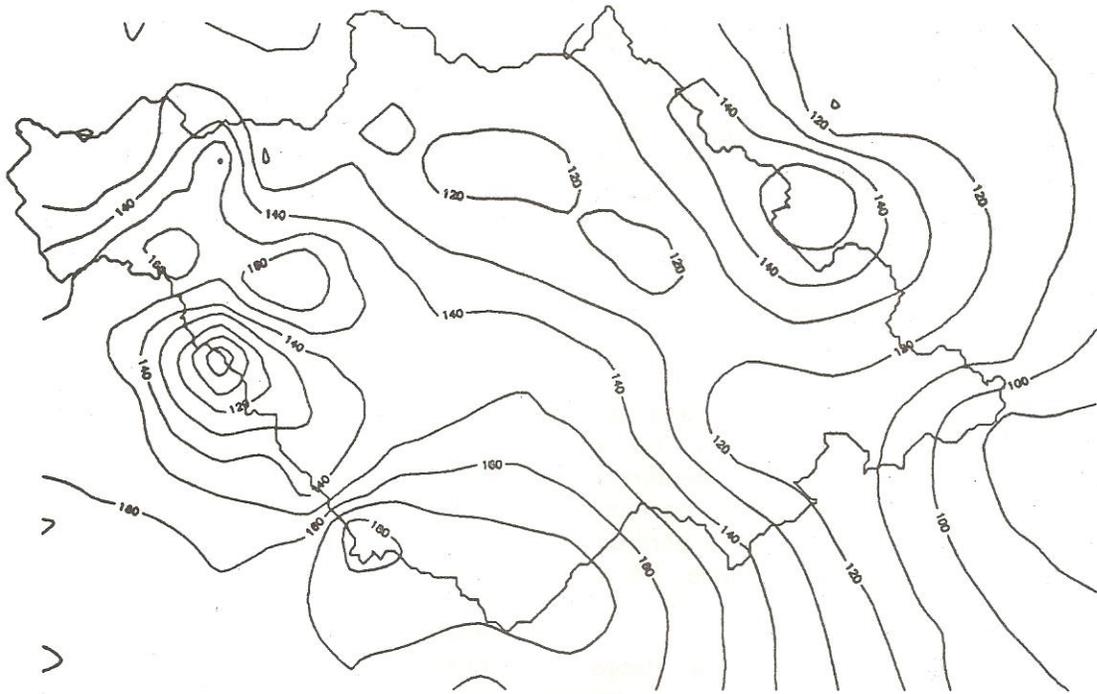


Figura 3. Isolíneas de erosividad para el período de mayo a octubre, en el Estado de Tlaxcala.



Figura 4. Isolíneas de erosividad para el período de noviembre a abril, en el Estado de Tlaxcala.

Es indispensable que en las zonas donde se indica la posibilidad de uso agrícola y pecuario (por el INEGI, 1981), se considere la magnitud del riesgo a la erosión que presentan, con la finalidad de realizar una planeación estratégica de desarrollo agrícola y pecuario adecuada, que incluya un uso y manejo integral de los suelos para evitar que se pierdan por este tipo de proceso de degradación de la tierra.

Con base en la evaluación realizada, el riesgo a la erosión hídrica varió de 1.4 a 203.1 ton ha⁻¹, para el período de noviembre a abril y de 5.6 a 756 ton ha⁻¹, para el período de mayo a octubre, en tanto que la pérdida potencial anual de suelo osciló entre 7.4 y 913.5 ton ha⁻¹ año⁻¹.

La cuantificación de las áreas con riesgo de erosión hídrica (Cuadro 6), se permitió concluir que no existe la presencia de una clase de riesgo nulo. Por otro lado, es notable la amplia dominancia del riesgo moderado, ya que ocupa más de la mitad de la superficie de la entidad (58.94 %). En orden de importancia continúa la clase de riesgo bajo (18.73 %), después la de severo (13.11 %) y por último la de riesgo extremo con el 9.04 %, del área total de la entidad. A pesar de que las clases riesgo severo y extremo suman cerca de un cuarto de la superficie (el 22.14 %) de Tlaxcala, el potencial de afectación lo adquieren si se

aprecia que entre estas clases se agrupa una variación mayor a 50 ton ha⁻¹ año⁻¹, de suelo que se puede perder. Siendo en el orden de 150 ton ha⁻¹ año⁻¹, para el caso de la primera clase y mayor a ésta, en el caso de la segunda clase.

CONCLUSIONES

Con base en la división del año en dos periodos, se encontró que el índice de erosividad en Tlaxcala varió de 22.31 a 62.35 para la época seca y de 81.25 a 188.27 para la época húmeda.

El Estado de Tlaxcala mostró en toda su extensión alguna clase de riesgo a la degradación por erosión hídrica, siendo dominante el riesgo moderado, ya que ocupó la mayor superficie de la entidad, con el 58.94 % del total.

Debido a que en la mayor parte de Tlaxcala se presenta un riesgo igual o mayor al moderado, se debe iniciar la elaboración de un plan de acción para lograr el uso y manejo integral del suelo con la finalidad de proyectar el desarrollo sostenido de la agricultura y de la ganadería en la entidad.

LITERATURA CITADA

ARNOLDUS, H.M.J. 1980. An approximation of the rainfall factor in the Universal Soil Loss Equation. pp. 127-132. In: M. De Boedt and D. Gabriels (ed). 1980. Assessment of erosion. John Wiley & Sons, London, Great Britain. 563 p.

BANAMEX. 1987. México social: indicadores seleccionados. Banamex, México, D.F. 441 p.

BERGSMA, E. 1983. Rainfall erosion surveys for conservation planning. ITC Journal 2: 166-174.

Cuadro 6. Riesgo a la degradación de la tierra por erosión hídrica en el Estado de Tlaxcala.

Clase de riesgo	Superficie afectada	
	ha	%
Nulo (N)	0.0	0.00
Bajo (B)	76 093.75	18.73
Moderado (M)	239 369.3	58.94
Severo (S)	53 218.75	13.11
Extremo (E)	36 697.5	9.04
Cuerpo de agua	716.0	0.17

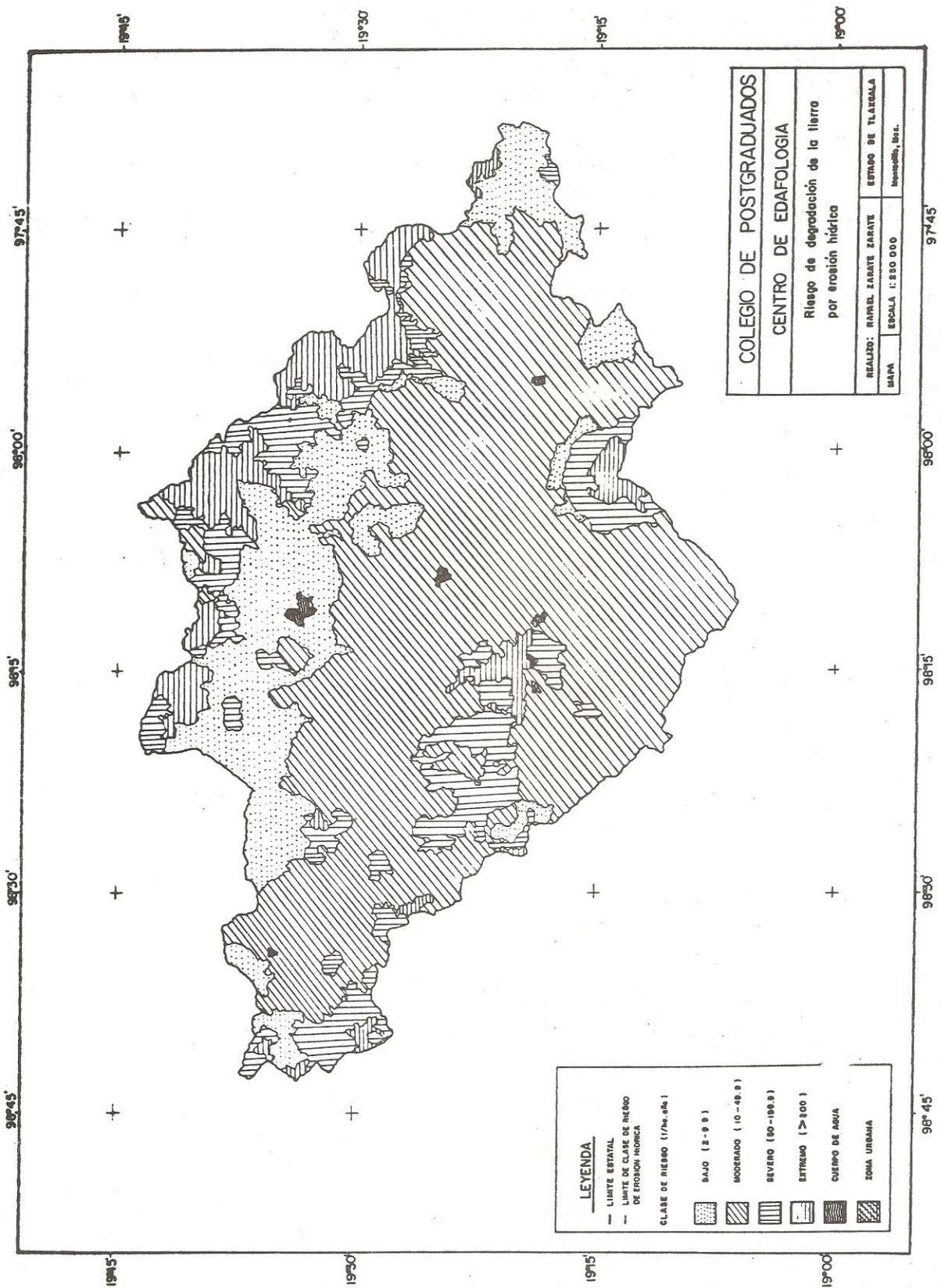


Figura 5. Mapa de riesgo de la erosión hídrica.

- CEEMT1988. Los municipios de Tlaxcala. Colección: Enciclopedia de los municipios de México. Centro Estatal de Estudios Municipales de Tlaxcala, Tlaxcala, México. 248 p.
- CRUZ, L.C. 1949. Estudio agrológico regional del Estado de Tlaxcala. Sobretiro de la revista "Ingeniería Hidráulica en México" de la SRH. México. 180 p.
- COOTE, D. R. (ed). 1988. SOTER procedures manual for small scale map and database compilation. Procedures for interpretation of soil degradation risk and rate assessment. GLASOD project. ISRIC, Wageningen, The Netherlands. 45 p.
- DUDAL, R. 1982. Land degradation in a world perspective. Journal of Soil and Water Conservation. 37(5): 245-249.
- FAO.1980. Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos. UNESCO/PNUMA, Roma, Italia. 86 p.
- FAO. 1983. Mantengamos viva la tierra: causas y remedios de la erosión del suelo. Boletín de suelos. FAO, Roma, Italia. 77 p.
- FOURNIER, F. 1975. Conservación de suelos. Consejo de Europa, Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 254 p.
- INEGI. 1981. Síntesis geográfica y anexo cartográfico del Estado de Tlaxcala. Secretaría de Programación y Presupuesto. México, D. F.
- MORGAN, R.P.C. 1986. Soil erosion and conservation. Longman Scientific and Technical, London, United Kingdom. 298 p.
- OLDEMAN L., R. (ed.). 1988. Guidelines for general assessment of the status of human-induced soil degradation. ISRIC, Wageningen, The Netherlands. 15 p.
- ORTIZ S., C.A. y H. CUANALO C. 1984. Metodología del levantamiento fisiográfico. 2a. ed. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 86 p.
- ROZANOV B., G. y I.S. ZONN. 1982. The definition, diagnosis and assessment of desertification in relation to experience in the USSR. Desertification Control 7: 13-17
- SAG. 1975. Conservación del suelo y del agua. Secretaría de Agricultura y Ganadería. México, D. F. 183 p.
- SARH Y C.P. 1977. Manual de conservación del suelo y del agua. Instructivo. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 248p.
- SARH.1983. Plano de erosión 1:250 000, Estado de Tlaxcala. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Subsecretaría de Agricultura y Operación, México, D. F.
- SHIELDS J., A. y D.R. COOTE (ed). 1989. SOTER: Procedures manual for small-scale map and database compilation and procedures for interpretation of soil degradation status and risk. ISRIC, Wageningen The Netherlands. 180 p.
- SUBDIRECCION DE AGROLOGIA. 1979. Aspectos físicos y agropecuarios del Estado de Tlaxcala. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México, D.F. 179 p.
- VARELA, J. 1979. Notas sobre problemas de erosión y su mapeo. Centro Interamericano de Fotointerpretación. Ministerio de Obras Públicas, Bogotá, Colombia. 42 p.
- WARREN A. y C. AGNEW. 1988. An assessment of desertification and land degradation in arid and semi-arid areas. International Institute for Environment and Development, London, United Kingdom. 72 p.
- WEGENER, H.R. 1978. Bodenerosion und ökologische Eigenschaften charakteristischer Böden im Becken von Puebla-Tlaxcala (Mexiko). Disertation zur erlangung des doktorgrades. Lahn- Giessen. 183 p.

EL MOLIBDENO EN LOS SUELOS DE CUBA

Molybdenum in Cuban Soils

A. Cabrera, N. Companioni, A. Sobachkin y A. Kochetov

INICA, Ave. Van Troi # 17 203, Boyeros, Ciudad Habana, Cuba

INIFAT, Santiago de las Vegas, Ciudad Habana, Cuba

VIUA, Moscú, URSS

DOKUCHAEV, Moscú, URSS

Palabras clave: Suelo, Molibdeno, Contenido total, Contenido asimilable.

Index words: Soil, Molybdenum, Total content, Available content.

RESUMEN

El contenido total de Mo en los suelos de Cuba varía entre 0.40 y 4.90 ppm, con un valor medio de 2.54 ppm, siendo este mayor en el horizonte húmico que en la corteza de meteorización. De acuerdo con los contenidos que se encuentran, los suelos se categorizan como Bajo, con menos de 1.00 ppm; Medio, entre 1.00 y 2.50 ppm; Alto, entre 2.60 y 4.00 ppm y Muy Alto, cuando son mayores a 4.00 ppm. Los suelos Ferralíticos Cuarcíticos y Ferralíticos Rojos lixiviados, se caracterizan por presentar bajos contenidos de Mo, aunque existen zonas donde son considerados como Medio. Los restantes suelos caen en las categorías Medio, Alto y Muy Alto. El Mo resulta asimilable hasta el 19% del contenido total, siendo el valor medio de 0.37 ppm, oscilando los valores entre 0.03 y 0.76 ppm. Los suelos Pardos con carbonatos presentan los

mayores contenidos de Mo asimilable y los Ferralíticos Cuarcíticos, los menores. En general, este elemento se acumula en los horizontes superiores o en la capa superficial del suelo y dicha acumulación, así como la distribución por el perfil, siguen determinadas leyes de comportamiento que dependen en gran medida de la saturación por bases, lixiviación, concrecionamiento, carbonatación y el lavado de los carbonatos.

SUMMARY

Total molybdenum content of the Cuban soils ranges from 0.40 to 4.90 ppm. The average value is 2.54 ppm. Total content in the humiferous horizon is larger than in the weathering crust. Soils are classified according to total molybdenum content in: Low, < 1.00 ppm; Medium, 1.00-2.50 ppm; High, 2.60-4.00 ppm and Very High, > 4.00 ppm. Quarcitic Ferralitic soils and lixiviated Red Ferralitic ones are classified by Low contents although both soils present Medium contents in several areas. Other soils are into the Medium, High and Very High categories.

Available molybdenum content represents up to 19% of total molybdenum being the average value 0.37 ppm; the values range from 0.03 to 0.76 ppm. The brown soils with carbonates

Recibido 1-91.

have the largest available molybdenum contents and Cuarcitic Ferralitic ones, the least. Molybdenum is accumulated generally in the surface horizon and that accumulation, as well as Mo distribution in the profile, follows certain behaviors that depend mainly on saturation by bases, lixiviation, concrecionation, carbonatation and leaching of the carbonates.

INTRODUCCION

El contenido total de Mo en los suelos varía en amplios rangos en dependencia de la roca madre, la materia orgánica, las condiciones climáticas y de otros procesos y factores que intervienen en la formación del suelo. Se ha reportado en el área tropical una variación de estos contenidos que van desde trazas hasta 17 ppm (Aubert y Pinta, 1977) encontrándose el contenido medio en los suelos del mundo entre 2 y 3 ppm (Vinogradov, 1957).

En los suelos de la URSS el contenido de Mo oscila entre 0.2 y 7.5 ppm (Peive, 1972); en Mali entre 0.44 y 0.75 ppm (Peive, 1963); en Argentina los límites encontrados son 0.2 y 2.4 (Trelles y Amato, 1950) y en Australia 2 y 12 ppm (Mc Kenzie, 1959, 1960; Giles *et al.*, 1962).

Una fracción relativamente pequeña del contenido total del Mo se considera asimilable para las plantas, del 2 al 30%. En general, las concentraciones de Mo asimilables en los suelos, raramente supera a 1 ppm (Adriano, 1986) y en los suelos tropicales también tienen amplias variaciones. Sobre ello influyen la magnitud del pH, la composición mecánica y mineralógica del suelo, el contenido de materia orgánica, el carácter de los procesos de formación del suelo y otros factores (Jones, 1957; Grigg, 1960; 1961; Gallego y Fernández, 1963; Sobachkin, 1975).

En los suelos de sabana de la República de Mali, se han encontrado valores entre 0.03 y 0.07 ppm (Peive, 1963); en los suelos de la India, desde 0.01 a 1.38 ppm (Chatterjee y

Dakeshinamurti, 1962; Reddy, 1964); en suelos Ferralíticos de Ivory Coast de 0.02 a 0.11 ppm (Aubert y Pinta, 1977).

En Cuba, los reportes sobre el régimen de Mo en los suelos son prácticamente inexistentes, pretendiéndose con este trabajo obtener y brindar la información básica necesaria al respecto.

MATERIALES Y METODOS

Se analizaron 418 muestras de suelos provenientes de 122 perfiles representativos, abiertos en los principales macizos cañeros del país y en zonas agrícolas dedicadas a cítricos y tabaco. Las muestras fueron secadas al aire y tamizadas por malla de 1 mm. La mineralización de las muestras para determinar el contenido total de Mo se realizó con ácidos sulfúrico y fluorhídrico de acuerdo con Dobritskaya (1969) y el Mo disponible se extrajo mediante la solución de Grigg según Dobritskaya (1961). La determinación del Mo se realizó colorimétricamente con la formación del complejo molibdeno-tiocianato (Dobritskaya, 1961). Se calcularon los coeficientes de distribución (Kd) y de contenido (Kc) del Mo (Companioni, 1982) mediante las siguientes ecuaciones:

$$Kd = Ch/Cci \dots \dots \dots (1)$$

Ch: Contenido del elemento en un horizonte dado.

Cci: Contenido del elemento en la corteza de intemperismo sobre la que se ha desarrollado el suelo estudiado (Guerasimov, 1972).

$$Kc = Cs/Cm \dots \dots \dots (2)$$

Cs: Contenido medio del elemento en un suelo dado.

Cm: Contenido medio del elemento de todos los suelos de Cuba.

El coeficiente Kd permite conocer la influencia de los procesos de formación del suelo y de la actividad de los seres vivos

sobre la distribución de los elementos por el perfil; mientras que el coeficiente Kc permite evaluar la magnitud del contenido de un elemento en el suelo.

RESULTADOS Y DISCUSION

Contenido total de Mo.

Los contenidos medios de Mo de los principales suelos de Cuba, considerando todos los horizontes genéticos, se presentan en el Cuadro 1.

Se manifiesta una variación del 32% oscilando los valores entre 0.4 y 4.9 ppm con un valor medio de 2.54 ppm, similar al reportado por Robinson y Alexander (1953) que trabajaron con muestras de suelos provenientes de diversas latitudes geográficas y es superior al reportado por Berrow and Reaves (1984), que estimaron una media de 1.5 ppm para los suelos del mundo. Los valores se corresponden con el rango de 2 a 5 ppm encontradas en las rocas de Cuba (Belikov et

al., 1981), lo que pone de manifiesto la influencia de la roca sobre la presencia de Mo en la masa del suelo. La variación más amplia se encuentra en los suelos Ferralíticos Cuarcítico, lo que pudiera estar dado por la influencia variable de los procesos y factores de formación del suelo, que permiten una mayor o menor acumulación y pérdida del Mo del perfil del suelo. En los restantes, la variación apenas supera al 30% en pocos casos.

Los valores límites que presentan los suelos cubanos resultan similares a los reportados para la India (Chatterjie y Dakeshinamurti, 1962; Reddy, 1964), son superiores a los encontrados en Mali (Peive, 1963) e inferiores a los contenidos de los suelos de Australia (Mc Kenzie, 1959, 1960; Giles et al., 1962).

Entre los suelos Ferralíticos se destacan los Amarillentos, por el mayor contenido de Mo y del valor Kc. En los suelos Pardos, los carbonatos se caracterizan por tener el menor valor, debido a la movilidad que adquiere este elemento en un medio con condiciones de neutralidad y basicidad. Similar

Cuadro 1. Contenido total de Mo en los principales suelos de Cuba.

Suelo	Contenido de Mo (ppm)				CV(%)	Kc
	n	x	min	max		
Ferralítico Rojo	24	2.20	0.96	3.40	29.5	0.87
típico	14	2.27	1.30	3.14	23.3	0.89
concrecionario	4	2.80	2.01	3.40	20.1	1.10
lixiviado	5	1.51	0.96	2.14	33.9	0.59
Ferralítico Amarillento	14	3.10	1.83	4.20	24.5	1.22
típico	5	2.91	1.83	4.03	30.1	1.15
concrecionario	5	3.12	2.56	3.49	23.1	1.23
lixiviado	4	3.33	2.26	4.20	24.4	1.31
Ferralítico Cuarcítico	5	0.82	0.40	2.05	84.0	0.32
Pardo	13	3.05	1.80	4.88	23.9	1.20
sin carbonatos	4	3.04	1.80	3.68	29.0	1.20
lavado	4	3.62	2.52	4.88	18.1	1.42
carbonatado	5	2.61	2.25	3.17	16.8	1.03
Oscuro plástico gleysoso	24	2.63	1.73	4.55	30.8	1.04
negro lavado	8	3.41	2.33	4.55	21.9	1.34
negro carbonatado	6	1.98	1.59	2.37	14.5	0.78
gris carbonatado	6	2.15	1.94	2.29	4.6	0.85
gris amarillento carbonatado	4	2.78	1.73	3.44	28.5	1.09
Todos los suelos	80	2.54	0.40	4.88	31.6	1.00

manifestación se observa en los Oscuros plásticos, en los que los negros lavados presentan los mayores contenidos; a medida que aumenta el grado de carbonatación, disminuye el contenido de Mo, aunque aún así, los valores resultan relativamente altos, debido a la reducida migración por el perfil dado el deficiente drenaje interno que presentan estos suelos. El valor del Kc en los suelos Pardos oscila entre 1.03 en los carbonatos y 1.42 en los carbonatados lavados; en los oscuros plásticos desde 0.78 en los negros carbonatados hasta 1.34 en los negros lavados. corresponde a los suelos Ferralíticos Cuarcíticos el menor contenido de Mo.

En el horizonte húmico de los suelos, el Mo alcanza niveles superiores a los encontrados en la corteza de intemperismo (Cuadro 2). En dicho horizonte, el mayor valor de Kd se presenta en los suelos Ferralíticos Cuarcíticos, donde resulta particularmente alto, lo que demuestra una mayor intensidad de la fijación del Mo en el horizonte superior.

Lo contrario sucede en los Oscuros plásticos negros donde se manifiesta una débil acumulación en el horizonte húmico.

Cuadro 2. Contenido total de Mo en el horizonte húmico y en la corteza de intemperismo de los principales suelos de Cuba.

Suelo	Contenido de Mo (ppm)		Kd
	Horizonte húmico	Corteza de intemperismo	
Ferralíticos	2.73	2.05	1.33
-Rojos	2.25	1.70	1.32
-Amarillentos	3.29	2.51	1.31
-Cuarcíticos	2.05	0.58	3.53
Pardos	3.68	2.25	1.63
-sin carbonato	3.67	1.80	2.04
-lavados	4.80	2.67	1.79
-carbonatados	3.09	2.27	1.36
Oscuros plásticos	3.07	2.59	1.18
-negros lavados	4.03	3.47	1.16
-negros carbonatados	2.24	2.13	1.05
-grises amarillentos	3.44	1.73	1.98

La presencia de carbonatos influye negativamente en la acumulación del Mo en el horizonte húmico de los suelos, observándose en los Pardos no carbonatos un Kd de 2.04, mientras que en los lavados el Kd disminuye a 1.79 y en los carbonatados alcanza tan sólo 1.36. Un cuadro similar lo muestran los suelos Oscuros plásticos negros al comparar los lavados con los carbonatados.

Considerando los resultados obtenidos y la frecuencia de ocurrencia de los diferentes valores de Mo, los suelos de Cuba se pueden categorizar en la siguiente forma:

Categoría	Mo, ppm
Bajo	< 1.0
Medio	1.0-2.5
Alto	2.6-4.0
Muy alto	>4.0

Distribución por el Perfil.

La distribución del Mo por el perfil se muestra en la Figura 1. En línea general, se destaca una acumulación del elemento en los horizontes superiores, atribuyéndose esto a la fijación por la materia orgánica y el humus (Aubert y Pinta, 1977), a la mayor meteorización de los constituyentes inorgánicos del suelo en la superficie, lo que posibilita una mayor adsorción del Mo (Adriano, 1986) y a la participación del elemento en el ciclo biológico de los cultivos. Puede observarse en la Figura 1-A que en los suelos Ferralíticos típicos es característica una distribución bastante uniforme por el perfil, manifestándose en los saturados por bases (Perfil 794) una cierta concentración en la capa inmediata inferior a la capa arable; en los desaturados (Perfil 142), la acumulación ocurre en la capa arable del suelo. En los Ferralíticos concrecionarios (Perfil 793) y lixiviados (Perfil 618), el Mo se concentra en aquellos horizontes donde ocurre con mayor intensidad la formación de concreciones y la acumulación de la arcilla lixiviada.

En los suelos Pardos (Figura 1-B) y Oscuros plásticos (Figura 1-C), el grado de carbonatación y el lavado desempeñan un rol importante sobre la distribución y acumulación de Mo en la masa del suelo. En los Pardos con carbonatos (Perfil 742) ocurre una débil acumulación en la parte superior del perfil; mientras que donde se han lavado los carbonatos (Perfil 790) y en aquellos sin carbonatos (Perfil 796) en los horizontes superiores se observa una gran acumulación.

En los Oscuros plásticos carbonatados (Perfil 520) existe una distribución uniforme por el perfil; donde ha ocurrido el lavado (Perfil 708 y Perfil 544) la menor concentración de Mo se encuentra en las profundidades donde se acumulan los carbonatos.

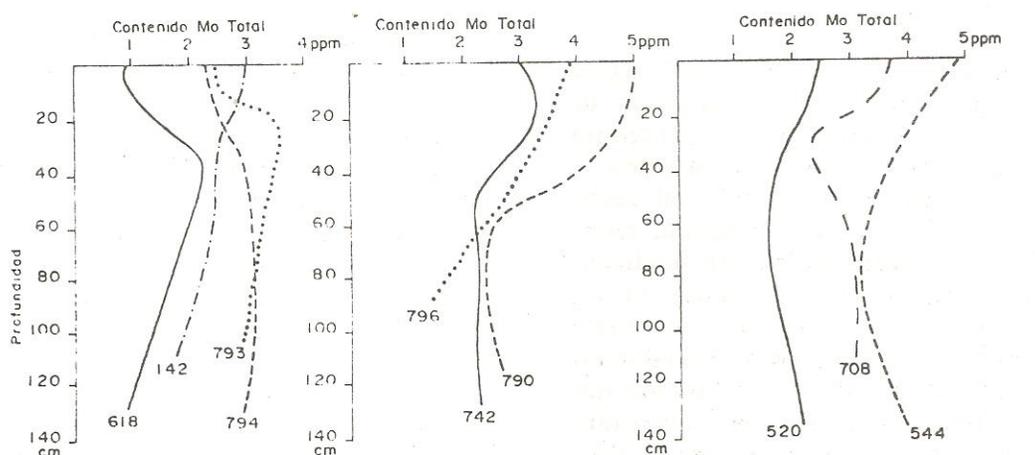
Molibdeno asimilable.

El contenido medio de Mo asimilable que se encuentra en el horizonte húmico de los suelos es 0.37 ppm, oscilando los valores entre 0.03 y 0.76 ppm (Cuadro 3). Estos límites resultan más amplios que los reportados para los suelos grises ferruginosos de Mali y Ferralíticos de Ivory Coast (Aubert y Pinta, 1977) y el máximo valor es superior al encontrado en los suelos

de sabana de la República de Mali (Peive, 1963). Los suelos Ferralíticos saturados por bases contienen más Mo que los desaturados; es notable la disminución observada en los concrecionarios y en los lixiviados. La fracción del Mo total que resulta asimilable en los Ferralíticos Rojos varía entre 9 y 15% y en los Ferralíticos Amarillentos desde 8 hasta 16%. Los suelos Pardos presentan la mayor disponibilidad de Mo. En los Pardos sin carbonatos y lavados, el Mo asimilable representa el 11 y 16% respectivamente de sus contenidos totales, llegando en los Pardos con carbonatos hasta 19%, reflejando una mayor movilidad del elemento a pH por encima del rango de acidez.

En los suelos Oscuros plásticos se encuentra un valor medio de Mo asimilable similar al de los Ferralíticos Amarillentos y ligeramente superior al de los Ferralíticos Rojos. En ellos, el Mo asimilable constituye desde el 12 hasta el 15% de su contenido total.

Corresponden a los Ferralíticos Cuarcíticos los menores tenores de Mo asimilable y representan el 8% de su contenido total, comparable sólo con los Ferralíticos Amarillentos lixiviados.



- (a) Suelos Ferralíticos
 -Rojo típico saturado, 794
 -Rojo típico desaturado, 142
 -Rojo lixiviado, 618
 -Amarillento concrecionario, 793

- (b) Suelos pardos
 -Pardo con carbonatos, 742
 -Pardo fuertemente lavado, 790
 -Pardo sin carbonatos, 796

- (c) Suelos oscuros plásticos
 -Negro carbonatado, 520
 -Negro débilmente lavado, 708
 -Negro fuertemente lavado, 544

Los números que acompañan a cada suelo se corresponden con el número del perfil.

Figura 1. Distribución del Mo por el perfil de los principales suelos cubanos.

Cuadro 3. Contenido de Mo asimilable en el horizonte húmico de los principales suelos de Cuba.

Suelo	Contenido de Mo (ppm)			Porcentaje resp. al total
	x	min	max	
Ferralítico Rojo	0.31	0.19	0.48	11.1
típico desaturado	0.24	0.19	0.31	9.0
típico saturado	0.40	0.28	0.48	14.6
concrecionario	0.28	0.19	0.35	9.6
Ferralítico Amarillento	0.38	0.20	0.56	12.9
típico saturado	0.35	0.20	0.55	14.3
concrecionario	0.30	0.19	0.56	16.4
lixiviado	0.29	0.26	0.34	8.1
Ferralítico Cuarcítico	0.14	0.03	0.17	8.3
Pardo	0.57	0.23	0.76	12.2
sin carbonatos	0.38	0.23	0.42	10.9
lavado	0.78	0.38	0.76	15.8
carbonatado	0.54	0.42	0.66	19.0
Oscuro plástico gleysoso	0.39	0.23	0.64	13.2
negro	0.49	0.41	0.64	15.2
gris carbonatado	0.26	0.23	0.30	12.0
gris amarillento carbonatado	0.42	0.25	0.49	12.3
Todos los suelos	0.37	0.03	0.76	14.5

Distribución por el Perfil.

En la línea general, el Mo asimilable se acumula en la capa superior del suelo, lo que denota su participación en el ciclo biológico de los cultivos (Figura 2).

En los suelos Ferralíticos (Figura 2-A), la saturación por bases y los procesos de lixiviación y formación de concreciones ferruginosas, influyen notablemente sobre la distribución del Mo por el perfil del suelo. Los desaturados (Perfil 142) presentan cierta uniformidad en la distribución, con tendencia a disminuir con la profundidad; en los saturados (Perfil 794, Perfil 780) se refleja un descenso brusco en el área donde predomina el sistema radical, debido a la extracción que realiza el cultivo, dada la mayor movilidad que presenta el Mo en estos suelos, aportándolo ulteriormente en la capa superficial. Donde ocurre la lixiviación (Perfil 787), el contenido de Mo se incrementa en el horizonte iluvial; donde se manifiesta el proceso de concrecionamiento (Perfil 793)

el contenido de Mo móvil disminuye donde es más intensa la formación de concreciones.

En los suelos con características sialíticas (Figura 2-B), la presencia de carbonatos y el lavado de los mismos ejercen gran influencia sobre la distribución del Mo por el perfil. Los Pardos sin carbonatos (Perfil 796), presentan contenidos menores de Mo a medida que se profundiza; en los Pardos con carbonatos (Perfil 742), es característica una disminución donde existe una mayor profusión del sistema radical; donde se han lavado los carbonatos (Perfil 544), el Mo es más móvil en los horizontes carbonatados.

CONCLUSIONES

- El contenido medio de Mo en los suelos de Cuba alcanza un valor de 2.54 ppm, oscilando los valores entre 0.4 y 4.9 ppm, siendo mayor en el horizonte húmico que en la corteza de meteorización. Resulta asimilable hasta el 19% del total, con un

valor medio de 0.37 ppm y límites de 0.03 y 0.76 ppm.

- Considerando el contenido total de Mo, los suelos se pueden categorizar como:

Bajo	<1.0
Medio	1.0-2.5
Alto	2.6-4.0
Muy Alto	>4.0

- Con la excepción de los suelos Ferralíticos Cuarcíticos y Ferralíticos Rojos lixiviados, donde se encuentran suelos con contenidos de Mo considerados Bajo y Medio, los restantes se agrupan en las categorías de Medio, Alto y Muy Alto.

- En línea general, este elemento se acumula en los horizontes superiores o en la capa superficial del suelo y su distribución por el perfil depende en gran medida de la saturación por bases, la lixiviación, el concrecionamiento, la carbonatación y el lavado de los carbonatos.

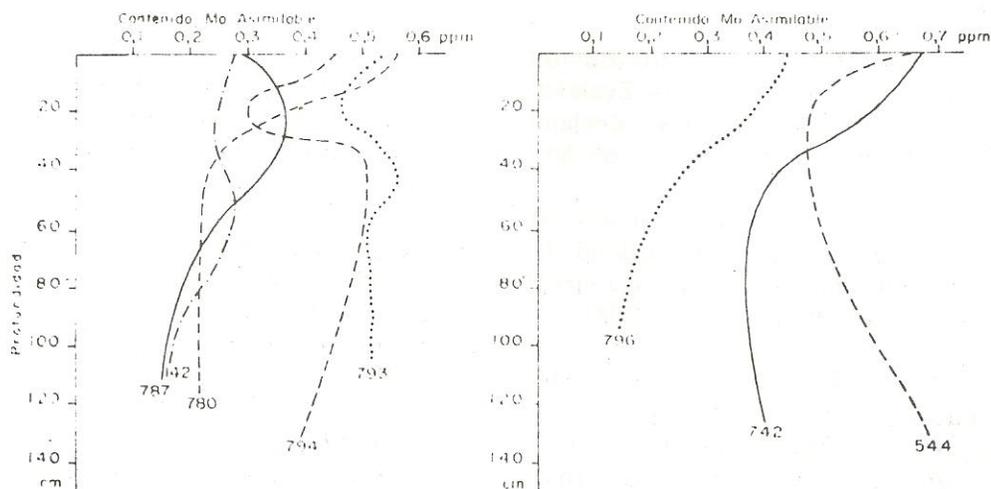
LITERATURA CITADA

ADRIANO, D.C. 1986. Trace elements in the terrestrial environment. Springer-Verlag, New York, 533 pp.

AUBERT, H. y M. PINTA. 1977. Trace elements in soils. Elsevier Scientific Publishing Company, 1st ed., 395 pp.

BELIKOV, B.P., D.P. KOUTIN, M.A. LITSARIEV, J. SKAPIS. 1981. Oblitsovochnie Kamni Kubi. Nauka, Moscú, pp. 272. (En ruso).

BERROW, M.L. y G.A. REAVES. 1984. In: Proc. Intl. Conf. Environ. Contamination, 333-340. CEP Consultants Ltd. Edinburgh, UK.



- (a) Suelos Ferralíticos
- Rojo típico desaturado, 142
 - Rojo típico saturado, 794
 - Amarillento gleysoso saturado, 780
 - Amarillento concrecionario, 793
 - Amarillento lixiviado, 787

- (b) Suelos pardos y vertisuelos
- Pardo sin carbonatos, 796
 - Pardo con carbonatos, 742
 - Oscuro plástico negro fuertemente lavado, 544

Los Números que acompañan a cada suelo se corresponden con el número del perfil.

Figura 2. Distribución del Mo. asimilable por el perfil de los principales suelos cubanos.

COMPANIONI, N. 1982. Formas de los compuestos de los microelementos en los suelos de las plantaciones cañeras de la República de Cuba. Tesis en opción al Grado de CDr. en Ciencias Agrícolas, VASJNIL-VIUA, Moscú, 215 pp. (En ruso).

CHATTERJIE, R.K. y C. DAKESHINA-MURTI. 1962. Available molybdenum status on some Indian soils. *J. Sci. Indust. Res.*, B 12.

DOBRITSKAYA, Yu. I. 1961. Opriedielienie dostupnovo molibdena v pochvaj, *Viestnik c/x Nauk, Moscú*, 6: 109-116. (En ruso).

DOBRITSKAYA, Yu. I. 1969. Opriedieliene V, Mo, Mn, Ti n Fe iz odnoi nabieski pochbi. *Pochvovedenie* 2: 35-47. (En ruso).

GALLEGO, R. y E. FERNANDEZ. 1963. Oligoelementos en los suelos de las Vegas Altas del Guadiana. *Edafol. Agricol.* 22.

GILES, G.B., R.M. McKENZIE and K.G. TILLER. 1962. Revised data of molybdenum in some Australian soils C.S.I.R.O. Div. Soils Rep. 12/61.

GRIGG, J.L. 1960. The distribution of molybdenum in the soils of New Zealand. I. Soils of the North Island. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 3(1): 69-86.

GRIGG, J.L. 1961. The distribution of molybdenum in the soils of New Zealand. II. Soils of the South Island. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 4(3,4): 300-308.

GUERASIMOV, I.P. 1972. Ensayo del enfoque genético a la clasificación de los suelos tropicales. Cortezas de intemperismo y productos de su redistribución. *Inst. Geografía. Acad. Cienc. URSS*, 25 pp. (En ruso).

JONES, L.H.P. 1957. Solubility of molybdenum in simplified systems and aqueous soil suspensions. *J. Soil Sci.*, 8: 313-327.

McKENZIE, R.M. 1959. Trace elements in some south Australian terra rossa and rendzina soils. *Aust. J. Agric. Rev.* 10, 1.

McKENZIE, R.M. 1960. Trace elements in some soils of the Todd river area, Central Australia. C.S.I.R.O. Soil Div. Rep. 6/60.

PEIVE, Ya. V. 1963. Sodierzhanie mickroelmentov v pochvaj zoni sabani pispublikli Mali. *Pochvovedenie*, 11. (En ruso).

PEIVE, Ya. V. 1972. Rol microelementov v jimisatsii siemliedielia. *Viestnik Akademii Nauk, URSS*, 5: 59-65. (En ruso).

REDDY, G.R. 1964. Molybdenum status of western Indian soils. *Ind. J. Agric. Sci.*, 34.

ROBINSON, W.D. y L.T. ALEXANDER. 1953. Molibdenum content of soils. *Soil Science* 75(4): 287-291.

SOBACHKIN, A.A. 1975. Sodiershanie mikroelementov v pochvaj y problema primienienia mikroudobrenii v tropikaj y subtropikaj. *Biologuicheskaya rol y practicheskie primenienie mikroelementov. Sinatne Riga*, 141 pp. (En ruso).

TRELLES, R.A. y S.D. AMATO. 1950. Arsenic, Vanadium and Molybdenum in the soils of certain strate of the Argentine Republic. *Anales Soc. Cient. Argentina*, 149(3).

VINOGRADOV, A.P. 1957. Gueojimia riedkix y rassieyannij jimicheskij elementov v pochvaj. *Akademii Nauk, Moscu, URSS*, 335 pp. (En ruso).

EVALUACION DE OCHO CONJUNTOS DE NORMAS DRIS PARA NOGAL PECANERO

Evaluation of Eight Sets of DRIS Norms for Pecan Tree

Ma. del Consuelo Medina M. y Enrique de J. Medina M.

CIFAP-Región Lagunera-INIFAP, Apartado postal No. 247,
27000 Torreón, Coahuila

Palabras clave: *Carya illinoensis*, DRIS, Nutrición, Normas.

Index words: *Carya illinoensis*, DRIS, Nutrition, Norms.

árboles de nogal pecanero de la Comarca Lagunera, determinado con los conjuntos de normas de 100 a 484 observaciones fue similar en todos los casos.

RESUMEN

En aquellos cultivos frutales que aún no cuentan con normas DRIS, es necesario definir el número mínimo de observaciones (análisis foliar y rendimiento) que se requiere para calcularlas en forma preliminar. Se desarrollaron ocho conjuntos de normas DRIS para nogal pecanero, con 64, 91, 100, 200, 297, 361, 393 y 484 observaciones hechas en la Comarca Lagunera y Norte de Coahuila. Se evaluó con dos experimentos la capacidad de estas normas para predecir los resultados. Con las normas DRIS de 100, 200, 297, 361, 393 y 484 observaciones fue posible predecir el comportamiento de los dos experimentos y por lo que se pueden utilizar para realizar diagnósticos nutrimentales en nogal pecanero; en cambio, con las normas de 64 y 91 observaciones no se logró lo anterior. El orden de requerimientos nutrimentales de

SUMMARY

In order to realize reliable nutrimental diagnostics, in fruit trees which do not count yet, with DRIS norms is necessary to define the minimum number of observations (foliar analysis and yield) that are required to develop preliminary norms, (while a great-why number of observations are gathered). Eight sets of DRIS norms were developed for pecan tree, with 64, 91, 100, 200, 297, 361, 393 and 484 observations, obtained from the Comarca Lagunera area and the northern area of the State of Coahuila. Such DRIS norms were tested in two experiments, in order to evaluate their capacity for result prediction. DRIS norms coming from 100, 200, 297, 361, 393 and 484 observations enabled to predict the nutrimental behavior of the pecan trees in both experiments; therefore they can be utilized or used for nutrimental diagnostics to pecan tree; however, DRIS norms developed with 64 and 91 observations did not predict the results. The order of requirements essential elements determined in pecan trees

Recibido 10-90.

growing in the Comarca Lagunera was similar when either of the six sets of DRIS norms were used.

INTRODUCCION

Para realizar diagnósticos nutrimentales con el Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (DRIS), se debe contar con normas o estándares de nutrimentos, las cuales se obtienen a partir de observaciones que se hacen en una población de altos rendimientos. Para desarrollar estas normas es necesario tener un gran número de datos de análisis foliar y rendimiento (varios miles) obtenidas al azar, deben incluir mediciones hechas en plantas de alto rendimiento (Letzsch y Sumner, 1984).

Algunos ejemplos de número de observaciones de normas DRIS que se han hecho en frutales para definir las son: naranjo con 3,161 (Beverly *et al.*, 1984); avellano con 624 (Alkoshab *et al.*, 1988); mango con 525 (Schaffer *et al.*, 1988); cerezo dulce con 475 (Davee *et al.*, 1986); aguacate con 175 (Núñez, 1987); piña con 70 (Langenegger y Smith, 1978); manzano con 274, 277 y 281 (Parent y Granger, 1989) y durazno con 71 (Chan *et al.*, 1985).

Walworth *et al.* (1986) compararon las normas DRIS de alfalfa del sureste (Georgia) generadas a partir de 3915 observaciones y del medio oeste de E.U.A. (1400 observaciones) y encontraron que los valores eran similares, excepto para Mg y B. Las normas generadas en Georgia, diagnosticaron correctamente requerimientos de nutrimentos en la región; pero las diferencias entre los dos conjuntos de normas indicaron alguna regionalidad en las normas DRIS para alfalfa.

Escano *et al.* (1981) también compararon dos conjuntos de normas DRIS en maíz, con 161 y más de 7500 observaciones, respectivamente. Los diagnósticos DRIS basados en un conjunto de datos "limitado" (161) fueron bastante comparables a los hechos con las normas basadas en un banco de datos grande. Parecería que si en un experimento se obtienen una respuesta suficiente a un

tratamiento nutrimental, particularmente con respecto a rendimiento y composición de tejido asociada, sería posible usar bancos de datos más pequeños para generar un conjunto de normas de diagnóstico preliminares (Grove y Sumner, 1982).

El banco de datos más pequeño para desarrollar normas DRIS, es el de piña, con 70 observaciones. Con esas normas se han realizado diagnósticos confiables en plantaciones comerciales (Langenegger y Smith, 1978). Sin embargo, el desarrollo de normas DRIS a partir de un banco de datos pequeño pueden presentar problemas como lo sugieren Letzsch y Sumner (1984), quienes desarrollaron 10 conjuntos de normas DRIS para maíz en función del nivel de rendimiento escogido para separar la población de altos rendimientos. Las normas derivadas con datos de South Africa (donde el rendimiento de maíz es más bajo que en E.U.A.): 1447 observaciones, 408 de alto rendimiento mayor de 4000 kg ha⁻¹, fueron diferentes a las derivadas en E.U.A., con 8445 observaciones de las cuales 965 eran de cultivos con alto rendimiento (mayor de 10000 kg ha⁻¹). Los autores señalados indican que este es el mejor conjunto de normas DRIS para maíz, ya que tiene un gran número de observaciones, un nivel alto de rendimiento como límite para bajos y altos rendimientos y al menos un 10% de observaciones de alto rendimiento.

El desarrollo de normas DRIS en frutales (cuando no se cuenta con un banco de datos de análisis foliar y rendimiento), requiere la realización de muestreos extensivos de huertas de la región para localizar árboles con alto rendimiento, en los cuales se basen las normas. Este muestreo implica la utilización de muchos recursos económicos, por lo que es necesario determinar el número mínimo de observaciones requeridas, mientras se reúne un número mayor de observaciones, para desarrollar normas DRIS preliminares, con las cuales se puedan hacer diagnósticos nutrimentales confiables.

Los objetivos de este trabajo son: 1) probar la capacidad de ocho conjuntos de

normas DRIS para predecir el comportamiento de dos experimentos y 2) comparar el orden de requerimientos de seis árboles de la Comarca Lagunera, con ocho conjuntos de normas DRIS.

MATERIALES Y METODOS

Las observaciones de análisis foliar y rendimiento que se hicieron en total fueron 484; 361 en huertas de la Comarca Lagunera y Norte de Coahuila y 123 en cinco experimentos: dos en Zaragoza (Norte de Coahuila), ensayos de respuesta al fósforo y al manganeso (Medina y Aguilar, 1989; 1989a) los cuales aportaron 27 observaciones y tres en la Comarca Lagunera, experimentos en que se observa el efecto de la aplicación al suelo de nitrógeno, fósforo y potasio (Chávez y Medina, 1989); de la aplicación foliar de potasio (Medina y Chávez, 1989) y de la aplicación foliar de cinc (Chávez y Medina, 1989a); los cuales aportaron 96 observaciones de análisis foliar (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mg, Zn, Cu y B) y rendimiento de nuez por árbol.

En el Cuadro 1 se presenta la fuente de datos y el número de observaciones con que se desarrollaron los ocho conjuntos de normas DRIS. El de 64 observaciones, fue de ocho huertas muestreadas al azar en el Norte de Coahuila, en 1988; para formar el de 91 observaciones, se agregaron 27 provenientes de dos experimentos en 1989. El conjunto de normas de 297 observaciones se integró con

datos de un muestreo al azar de 36 huertas en la Comarca Lagunera en 1987; de estos datos se desarrollaron otros dos conjuntos de normas: el de 100, con árboles de las 12 huertas con mayor rendimiento y el de 200, con las primeras 23 huertas del banco de datos de las 36 huertas. El de 361 observaciones, se formó con datos de dos muestreos ya realizados en 44 huertas: 297 en la Comarca Lagunera y 64 en el Norte de Coahuila. El de 393 observaciones se integró con 297 muestras obtenidas en 36 huertas en la Comarca Lagunera a las que se agregaron 96 de tres experimentos de 1989. Para el conjunto de las normas DRIS de 484 observaciones, se juntaron los datos de muestreos y experimentos de las dos regiones: 393 de la Comarca Lagunera y 91 del Norte de Coahuila. Sólo el conjunto de 100 observaciones fue de las huertas seleccionadas por su alto rendimiento, el resto fue de huertas muestreadas al azar, sin saber si tenían alto rendimiento y en el caso de los experimentos, se incluyeron todos los árboles.

Las normas DRIS se desarrollaron con la metodología propuesta por Beaufils (1973) y Sumner (1977). Además se utilizó un programa de computadora en lenguaje Fortran elaborado por Letzsch (1985) y generalizado por Sánchez (1988). El límite para separar la población de bajos y altos rendimientos fue de 50 kg árbol⁻¹, que es un rendimiento óptimo para nogales de 11 a 20 años, que fueron los que se muestrearon. Con 70 árboles ha⁻¹ (plantados a 12x12 m) el rendimiento sería de 3.5 ton ha⁻¹.

Cuadro 1. Descripción de ocho conjuntos de normas DRIS para nogal pecanero. CIFAP-Región Lagunera-INIFAP. 1989.

Normas DRIS	Número de observaciones	Años	Número de observaciones		Número de huertas	Fuente de datos
			Comarca Lagunera	Norte de Coah.		
1	64	1988	0	64	8	Muestreo
2	91	1988-89	0	91	10	Muestreo y experimentos
3	100	1987	100	0	12	Muestreo
4	200	1987	200	0	23	Muestreo
5	297	1987	297	0	36	Muestreo
6	361	1987-88	297	64	44	Muestreo
7	393	1987-89	393	0	38	Muestreo y experimentos
8	484	1987-88-89	393	91	48	Muestreo y experimentos

El potencial de este cultivo en la región es de 3.3 ton ha⁻¹, el rendimiento medio regional y nacional es de 1 ton ha⁻¹ y las mejores huertas producen de 2 a 2.5 ton ha⁻¹.

Las expresiones que fueron seleccionadas como productos (24), fueron aquellas que relacionaban el N, P, K, Zn, Cu y B con Ca, Mg, Fe y Mn. El resto de las expresiones (25) se seleccionó como cocientes. Para el caso N/P ó P/N se eligió la que tenía la relación de varianza mayor entre la población de bajos y altos rendimientos. El cálculo de los índices DRIS, del orden de requerimiento y del Índice de Desbalance Nutricional (IDN), se hizo con la metodología propuesta por Beaufils (1973) y Sumner (1986), mediante un programa de computadora Basic elaborado por Sánchez (1988a; 1988b), que simplifica los cálculos cuando se utilizan productos.

El muestreo foliar se hizo por árbol, con 80 folíolos, seleccionando los 2 centrales de una hoja compuesta ubicada en la parte media del brote fructífero. La fecha fue del 15 de junio al 30 de julio. Se analizó la concentración con base en peso seco de los siguientes nutrimentos: N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn y B. Los métodos fueron: N con el destilador Mikrokjeldahl, P con el método colorimétrico de molibdeno de amonio, B con colorimetría con curcumina, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn y Mn con Absorción atómica.

Los ocho conjuntos de normas DRIS se sometieron a prueba empleando la información de dos experimentos: 1) realizado en Georgia E.U.A., con aplicación de N-P-K en árboles en producción y donde hubo respuesta en rendimiento (Worley, 1974); y 2) realizado en Zaragoza, Coah., con aplicación de Mn en árboles en desarrollo y donde hubo respuesta en la concentración de Mn (Medina y Aguilar, 1986). Se calculó y luego comparó el IDN de los tratamientos de los experimentos con los ocho conjuntos de normas DRIS, así como el índice de los nutrimentos que se redujeron o se hicieron menos deficientes al aplicar los tratamientos, de acuerdo al diagnóstico de las normas DRIS. Se calculó el orden de requerimientos de seis árboles de la Comarca Lagunera, con los ocho conjuntos de normas DRIS y se compararon los resultados.

RESULTADOS Y DISCUSION

Se observó que al incrementar el número total de observaciones, que conforman los conjuntos para definir las normas DRIS, el porcentaje de árboles con alto rendimiento varió de aproximadamente 10 a 25%; excepto el conjunto con 100 observaciones, que por provenir de las mejores huertas, tienen el más alto porcentaje de alto rendimiento (34%) (Cuadro 2). Estos resultados satisfacen lo expresado por Letzsch y Sumner (1984), quienes sugieren que la población de altos rendimientos sea, al menos, un 10% de observaciones.

Cuadro 2. Número de observaciones con bajo y alto rendimiento, con ocho conjuntos de normas Dris en nogal pecanero.

Normas DRIS.	No. de observaciones		Observaciones con alto rendimiento		
	Bajo rend.	Alto rend.	(%)	kg árbol ⁻¹ (X)	C.V. (%)
64	56	8	12.5	98.87	21.06
91	83	8	8.8	98.87	21.06
100	66	34	34.0	58.94	21.41
200	172	28	14.0	61.84	14.81
297	259	38	12.8	61.17	14.32
361	315	46	12.7	67.73	27.19
393	293	100	25.4	61.45	14.43
484	376	108	22.3	64.22	21.92

El rendimiento medio de la población de alto rendimiento en los seis conjuntos con mayor número de observaciones, varió entre 58.9 y 67.7 kg árbol⁻¹, valor que se considera como una producción óptima. Los conjuntos que tuvieron un rendimiento mayor fueron los de 64 y 91 observaciones (98.8 kg árbol⁻¹), que corresponden a ocho árboles de la Región Norte de Coahuila. El coeficiente de variación, osciló entre 14.4 y 21.9%, con excepción del conjunto con 361 observaciones que tuvo el 27.1%. Estos valores no son muy altos, si se considera que fueron árboles de varias huertas con edad de 11 a 20 años y diferente manejo.

En el Cuadro 3 se presenta tres conjuntos de normas (X) con el número mínimo de observaciones (64), con el número máximo (484) y con observaciones de las mejores huertas (100). También se calcularon las normas con los datos de los conjuntos con 91, 200, 297, 361 y 393 observaciones, pero se tratan más adelante en esta discusión. La mayoría de las

expresiones resultaron iguales con los ocho conjuntos de normas, solamente algunas resultaron inversas a las de 64 observaciones: 5 en las de 100 y 4 en las de 484.

Al someter a prueba los ocho conjuntos de normas en el experimento de N-P-K, donde se había observado una respuesta en rendimiento (79 kg árbol⁻¹) al aplicar el K y N (tratamiento 3, 45-20-37) se observa que fue el K el elemento que había tenido el índice más negativo o deficiente en el testigo (-5 a -13). En los árboles tratados, el índice de K se hizo menos negativo con respecto al del testigo (9-10 unidades) y en aquellos que recibieron el tratamiento 3 éste se ubicó en un nivel de suficiencia (Cuadro 4). La respuesta a la aplicación de N fue menor que a K (aunque los dos contribuyeron al aumento del rendimiento). El índice de N fue negativo (-3 a -7) en el testigo, se incrementó ligeramente (-2 a -5) con el tratamiento 22-10-19 y con el

Cuadro 3. Normas DRIS (X) con 64, 100 y 484 observaciones, usadas para el cálculo de los índices DRIS en nogal pecanero cv Western. CIFAP-Región Lagunera-INIFAP. 1989.

Expresión nutrimentos	Normas DRIS ¹ . No. de observaciones			Expresión nutrimentos	Normas DRIS ¹ . No. de observaciones		
	64	100	484		64	100	484
P/K	9.34	10.40	0.10*	Ca.B	177.86	146.66	168.13
P.Ca	0.21	0.19	0.21	Ca.N	4.25	3.76	3.89
P.Mg	0.04	0.04	0.05	Fe/Mg	224.68	352.11	341.44
P.Fe	9.25	15.22	16.97	Mg/Mn	0.02	339.23*	285.40*
P.Mn	2.21	14.51	13.84	Mg.Zn	24.74	14.15	25.25
Zn/P	569.39	324.17	494.39	Mg.Cu	2.66	2.23	3.05
Cu/P	63.36	52.58	62.39	Mg.B	37.82	32.23	41.30
B/P	874.64	754.49	834.25	Mg.N	0.85	0.82	0.92
P/N	0.05	19.18*	0.05	Fe/Mn	5.53	1.14	1.75
K.Ca	1.97	2.04	2.14	Fe.Zn	5240.05	4937.60	9027.64
K.Mg	0.39	0.44	0.51	Fe.Cu	576.26	775.63	1046.01
K.Fe	85.67	156.39	175.69	Fe.B	8123.06	11307.02	14088.02
K.Mn	19.63	150.98	139.00	Fe.N	184.53	287.41	313.30
K/Zn	0.02	0.03	0.03	Mn.Zn	1175.42	4633.18	6466.03
K/Cu	0.17	0.20	0.18	Mn.Cu	134.79	743.06	837.05
B/K	86.05	74.74	80.87	Mn.B	1899.42	11442.82	10789.69
K/N	0.47	0.54	0.55	Mn.N	43.25	276.12	251.76
Mg/Ca	0.20	0.22	4.40*	Zn/Cu	10.37	6.54	8.29
Fe/Ca	44.29	76.76	81.09	B/Zn	2.15	0.50*	2.10
Ca/Mn	0.13	73.28*	0.02	N/Zn	0.04	0.06	0.05
Ca.Zn	124.89	64.98	104.72	B/Cu	15.06	0.07*	14.34
Ca.Cu	13.75	10.16	12.72	Cu/N	3.23	0.39	0.34*
				N/B	0.03	0.02	0.03

1. (X) de una población de altos rendimientos

* Relaciones inversas: K/P = P/K

tratamiento 3 fue más cercano a 0 (-1 a -3). Con respecto al P, el índice fue positivo en el testigo (20-30), lo que indica suficiencia y se incrementa con los tratamientos aplicados. En el tratamiento 3 es probable que el P esté en exceso, porque se aplicó sin estar deficiente, como lo estaban K y N.

El comportamiento de los índices DRIS de los tres nutrimentos fue similar cuando para su cálculo se emplearon las normas generadas a partir de 100, 200, 297, 391, 393 y 484 observaciones. Con todas fue posible predecir los resultados del experimento; en cambio con las normas provenientes de los conjuntos con 64 y 91 observaciones los índices DRIS fueron positivos en el testigo, lo cual indica suficiencia nutrimental. Estos índices se incrementaron al aplicar fertilizantes. Por lo tanto, estas últimas normas no predijeron los resultados del experimento.

El IDN de los tratamientos determinado mediante el uso de los seis conjuntos de normas que predijeron acertadamente el

comportamiento del experimento, tiende a reducirse al aplicar a los tratamientos fertilizantes y a el rendimiento a aumentar hasta el tratamiento 3, intervalo en que hubo respuesta. Estos resultados coinciden con los de Davee *et al.*, (1986). Con las normas del conjunto de 64 observaciones también ocurre algo similar, pero los IDN determinados con estas normas son mucho más grandes que con las de los otros seis conjuntos (Cuadro 5).

En el experimento de Mn, hubo respuesta al tratamiento 2000 ppm de Mn. Con las normas de los conjuntos de 100, 200, 297, 361, 393 y 484 observaciones, el índice del Mn fue más negativo o deficiente en el testigo pero se redujo al aumentar la dosis de Mn aplicado. Es decir la nutrición mangánica se hizo menos deficiente al aumentar la dosis. La concentración de Mn en las hojas se incrementó de 36 ppm en el testigo hasta 107 ppm (el intervalo de suficiencia es de 100 -1000 ppm). En cambio, cuando se emplearon para el diagnóstico las normas provenientes de los

Cuadro 4. Efecto de N-P-K en el rendimiento e índices Dris, con 8 conjuntos de normas DRIS, en nogal pecanero cv Stuart. CIFAP-Región Lagunera-INIFAP. 1989.

Trat. N -	kg ha ⁻¹ P -	kg ha ⁻¹ K	Rend. kg árbol ⁻¹	Índice DRIS de potasio (K)								
				Normas DRIS. Número de observaciones								
				64	91	100	200	297	361	393	484	
0	0	0	55 A	16	16	-8	-5	-8	-8	-13	-13	
22	10	19	54 A	20	20	-6	-4	-6	-7	-11	-11	
45	20	37	79 B	35	35	1	3	1	1	-4	-3	
90	39	74	65 AB	49	49	5	9	6	4	1	1	
134	59	112	66 AB	58	58	7	12	8	6	1	1	
				Índice DRIS de nitrógeno (N)								
0	0	0	55 A	11	10	-4	-5	-3	-5	-6	-7	
22	10	19	54 A	13	12	-3	-4	-2	-3	-4	-5	
45	20	37	79 B	17	16	-1	-2	-1	-2	-2	-3	
90	39	74	65 AB	25	24	3	2	3	1	1	-1	
134	59	112	66 AB	30	29	1	1	2	-1	-2	-3	
				Índice DRIS de fósforo (P)								
0	0	0	55 A	51	52	29	30	28	25	21	20	
22	10	19	54 A	50	51	30	30	28	25	21	20	
45	20	37	79 B	60	61	37	38	35	31	26	26	
90	39	74	65 AB	59	60	30	31	29	25	21	20	
134	59	112	66 AB	81	82	41	43	39	34	30	28	

Cuadro 5. Efecto de N-P-K en el rendimiento e índice de desbalance (IDN), con ocho conjuntos de normas DRIS, en nogal pecanero cv Stuart CIFAP-Región Lagunera-INIFAP. 1989.

Trat. kg ha ⁻¹ N - P - K	Rend. kg árbol ⁻¹	Índice de desbalance nutricional							
		Normas DRIS. Número de observaciones							
		64	91	100	200	297	361	393	484
0 - 0 - 0	55 A	736	420	126	138	127	115	125	110
22 - 10 - 19	54 A	679	393	110	122	111	101	110	97
45 - 20 - 37	79 B	675	407	100	117	102	90	96	83
90 - 39 - 74	65 AB	981	572	152	174	157	130	133	110
134 - 59 - 112	66 AB	1360	779	224	251	231	190	197	166

Cuadro 6. Efecto de manganeso en la concentración foliar e índice DRIS de Mn, con ocho conjuntos de normas DRIS, en nogal pecanero cv Western de 6 años. CIFAP-Región Lagunera-INIFAP. 1989.

Tratamiento Mn (ppm)	Concentración Mn (ppm)	Índice DRIS de Manganeso (Mn)							
		Normas DRIS. Número de observaciones							
		64	91	100	200	297	361	393	484
0	36 C	11	1	-100	-99	-102	-62	-112	-81
500	56 B	28	11	-59	-59	-60	-36	-61	-49
1000	70 B	50	23	-32	-31	-33	-19	-39	-28
1500	91 A	64	31	-23	-21	-23	-12	-29	-21
2000	107 A	86	42	-13	-11	-12	-6	-18	-13

conjuntos con 64 y 91 observaciones, los índices del Mn fueron positivos, lo que indica suficiencia, y tendieron a aumentar al aplicar dosis crecientes de este elemento (Cuadro 6). El rendimiento no se evaluó porque son árboles todavía en desarrollo y apenas inician la producción de nuez.

Con las normas de los conjuntos de 64 y 91 observaciones, el IDN aumentó al aplicar los tratamientos de Mn, en cambio con el resto de las normas, se redujo. El menor IDN fue el del tratamiento 5, donde hubo respuesta en la concentración de Mn (Cuadro 7). Con las normas de los conjuntos de 100, 200, 297, 361, 393 y 484 observaciones se predijo el comportamiento de los dos experimentos, por lo tanto se pueden utilizar para realizar

diagnósticos nutrimentales en nogal pecanero, en cambio, con las normas de 64 y 91 observaciones no se logró lo anterior.

Con las normas de 100, 200, 297, 361, 393 y 484 observaciones, el orden de requerimientos fue similar en seis árboles de huertas de la Comarca Lagunera. Los diagnósticos con las normas de 100 observaciones fueron comparables con los de las de 484 observaciones, que es el banco de datos más grande. Ello coincide con lo reportado por Escano *et al.* (1981) en maíz (Cuadro 8). En forma general, el orden de requerimientos con las normas de los conjuntos de 64 y 91 observaciones, fue diferente al del resto de las normas, lo cual confirma que no es posible utilizarlas para diagnósticos nutrimentales.

Cuadro 7. Efecto de manganeso (Mn) en la concentración foliar e Índice de desbalance nutrimental con ocho conjuntos de normas DRIS en nogal pecanero cv Western de 6 años. CIFAP-Región-Lagunera-INIFAP. 1989.

Tratamiento Mn (ppm)	Concentración Mn (ppm)	Índice de desbalance nutrimental							
		Normas DRIS. Número de observaciones							
		64	91	100	200	297	361	393	484
0	36 C	353	332	288	288	291	215	341	287
500	56 B	404	370	226	225	228	176	270	230
1000	70 B	437	384	176	175	176	147	196	183
1500	91 A	467	402	161	160	161	135	188	176
2000	107 A	502	415	147	149	146	130	182	174

Cuadro 8. Orden de requerimientos en árboles de la Comarca Lagunera, con 8 conjuntos de normas DRIS, en nogal pecanero cv Western. CIFAP-Región Lagunera-INIFAP. 1989.

Normas DRIS	Orden de requerimientos					
	Arbol - 1	Arbol - 2	Arbol - 3	Arbol - 4	Arbol - 5	Arbol - 6
64	Mg>Cu>Ca>P>B>Zn>N>K>Mn>Fe	Mg>Zn>Ca>Fe>P>N>Cu>B>K>Mn	Zn>Mg>Ca>Fe>Cu>P>B>N>K>Mn	Mg>Ca>Zn>B>Cu>N>Fe>P>K>Mn	Zn>Mg>Ca>Fe>Cu>N>P>K>B>Mn	Zn>Ca>Mg>P>Cu>N>Mn>K>Fe>B
91	Mg>Cu>Ca>P>B>Zn>N>Mn>K>Fe	Zn>Mg>Ca>Fe>P>N>Cu>B>K>Mn	Zn>Mg>Ca>Fe>Cu>P>B>N>K>Mn	Mg>Zn>Ca>B>Cu>N>Fe>P>K>Mn	Zn>Mg>Ca>Fe>Cu>N>P>K>B>Mn	Zn>Ca>Mg>P>Cu>N>Mn>K>Fe>B
100	Mn>B>Cu>P>K>N>Fe>Mg>Ca>Zn	Mg>Fe>Zn>P>B>Mn>K>N>Cu>Ca	Zn>Fe>Mg>Cu>Mn>B>P>Ca>K>N	B>Mg>Fe>Mn>N>Cu>K>Ca>P>Zn	Zn>Fe>K>Cu>N>Mg>P>Ca>Mn>B	Mn>Zn>P>Ca>K>Cu>N>B>Fe>Mg
200	Mn>B>Cu>P>K>N>Fe>Mg>Ca>Zn	Mg>Fe>Zn>P>B>Mn>K>N>Cu>Ca	Zn>Fe>Mg>Cu>P>Mn>B>Ca>K>N	B>Mg>Fe>Mn>N>Cu>Ca>K>P>Zn	Zn>Fe>K>Cu>N>P>Ca>Mn>B	Mn>Zn>P>Ca>K>Cu>N>B>Fe>Mg
297	Mn>B>Cu>P>K>N>Fe>Mg>Ca>Zn	Mg>Zn>Fe>P>B>Mn>K>Cu>N>Ca	Zn>Fe>Mg>Cu>P>Mn>B>Ca>K>N	B>Mg>Fe>Mn>N>Cu>Ca>K>P>Zn	Zn>Fe>K>Cu>Mg>N>P>Ca>Mn>B	Mn>Zn>P>K>Cu>Ca>N>B>Fe>Mg
361	Mn>B>Cu>P>K>N>Mg>Fe>Ca>Zn	Mg>Zn>Fe>P>B>Mn>K>Cu>N	Zn>Fe>Mg>Cu>P>Ca>B>Mn>K>N	B>Mg>Fe>Mn>N>Cu>Mn>Ca>K>Zn>P	Fe>Zn>Cu>K>Mg>Ca>N>P>Mn>B	Mn>Zn>Ca>P>K>Cu>N>B>Fe>Mg
393	Mn>B>Cu>K>P>Mg>N>Fe>Zn>Ca	Mg>Zn>Fe>Mn>B>Cu>P>K>Ca>N	Zn>Fe>Cu>Mg>Mn>B>Ca>P>K>N	B>Mg>Fe>Mn>Cu>N>Zn>Ca>K>P	Fe>Zn>Cu>K>Mg>Ca>N>P>Mn>B	Mn>Zn>Cu>K>Ca>P>N>B>Fe>Mg
484	Mn>Cu>B>P>K>Mg>N>Fe>Ca>Zn	Mg>Zn>Fe>B>Mn>Cu>P>Ca>K>N	Zn>Fe>Cu>Mg>Ca>B>Mn>P>K>N	B>Mg>Cu>Fe>Mn>Ca>N>Zn>K>P	Zn>Fe>Cu>K>Mg>Ca>N>P>Mn>B	Mn>Zn>Ca>Cu>K>P>N>B>Fe>Mg

Cada árbol requiere la adición de distintos nutrimentos, según el diagnóstico. Ello se debe a que provienen de diferentes huertas de la región, que tienen manejo y fertilización específicos. Para un diagnóstico nutrimental completo se debe realizar un muestreo foliar en toda huerta y no de un sólo árbol.

Los resultados de este trabajo coinciden con los de Grover y Sumner (1982), quienes sugieren que si en un experimento se obtiene una respuesta en rendimiento y composición de

tejido es posible usar bancos de datos más pequeños (en este caso con 100 observaciones) para generar un conjunto de normas DRIS preliminares.

Las normas que se recomienda utilizar en nogal pecanero, son las que se generaron con el mayor número de observaciones (484). Con ellas se realizan diagnósticos con mayor precisión, sin embargo, los resultados de este trabajo están indicando que es posible reducir

los costos y el tiempo para obtener normas preliminares para especies frutales que aún no cuentan con ellas, siempre y cuando se realice un muestreo dirigido en huertas productivas de una región, donde se seleccionaron árboles de alta producción y obtener así un porcentaje elevado de observaciones de alto rendimiento. De esta manera se pueden realizar diagnósticos nutrimentales confiables, mientras se reúne un mayor número de datos para generar las normas DRIS definitivas.

CONCLUSIONES

Las normas DRIS generadas a partir de conjuntos con 64 y 91 observaciones no predijeron el comportamiento de dos experimentos, porque fueron pocas observaciones, de otra región y de huertas muestreadas al azar (no de alto rendimiento), con un bajo número y porcentaje de observaciones de alto rendimiento; por lo tanto no se pueden utilizar para diagnósticos nutrimentales en nogal pecanero.

Por el contrario las normas DRIS provenientes de conjuntos de 100, 200, 297, 361, 393 y 484 observaciones, sí predijeron el comportamiento de los dos experimentos de referencia, por lo tanto, se pueden utilizar para diagnósticos nutrimentales en nogal pecanero.

El orden de requerimientos de árboles de la Comarca Lagunera, determinado con las normas de 64 y 91 observaciones fue diferente al del resto de las normas; en cambio cuando éste se determinó con las normas DRIS provenientes de los conjuntos con 100, 200, 297, 361, 393 y 484 observaciones, el resultado fue similar.

LITERATURA CITADA

ALKOSHAB O., T.L. RIGHETTI y A.R. DIXON. 1988. Evaluation of DRIS for judging the nutritional status of Hazelnuts. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 113(4): 643-647.

BEAUFILS E., R. 1973. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). A general scheme for experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition. *Soil Sci. Bull.* No. 1, University of Natal, South Africa.

BEVERLY R., B., J.C. STARK, J.C. OJALA y T.W. EMBLETON. 1984. Nutrient diagnosis of 'Valencia' oranges by DRIS. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 109(5): 649-654.

CHAN C., J.L., R.D. VALDEZ C. y M.H. PEREZ B. 1985. Normas de diagnóstico foliar para duraznero en condiciones de riego. XVIII Congreso de la Ciencia del Suelo. La Paz, B.C.

CHAVEZ G., J.F.J. y M.D.C. MEDINA M. 1989. Respuesta del nogal pecanero a fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio aplicados al suelo. Informe de investigación. Programa de suelos y Fruticultura. CIFAP-Región Lagunera-INIFAP. En prensa.

CHAVEZ G., J.F.J. y M.D.C. MEDINA M. 1989a. Respuesta del nogal cvs Western y Wichita, a varios programas de aplicaciones foliares de Zinc. Informe de investigación de Suelos y Fruticultura. CIFAP-Región Lagunera-INIFAP. En prensa.

DAVEE D., E., T.L. RIGHETTI, E. FALLAHI, y S. ROBBINS. 1986. An evaluation of the DRIS approach for identifying mineral limitations on yield in 'Napolean' sweet cherry. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111(6): 988-993.

ESCANO C., R., C.A. JONES y G. VEHARA. 1981. Nutrient diagnosis in corn grown on hydric distrandeps. 11. Comparison of two systems of tissue diagnosis. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45: 1140-1144.

GROVER J., H. y M.E. SUMNER. 1982. Yield and leaf composition of sunflower in relation to N, P, K and lime treatments. *Fertilizer Research.* 3: 367-378.

- LANGENEGER, W. y B.L. SMITH. 1978. An evaluation of the DRIS system as applied to pineapple leaf analysis. Plant Nutrition Procc. of the 8th International Colloquium on Plant Nutrition and Fertilizer Problems. 1: 263-273.
- LETZSCH W., S. 1985. Compute program for selection of norms used in the diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). Commun. In Soil Sci. Plant Anal. 16: 339-347.
- LETZSCH W., S. y M.E. SUMNER. 1984. Effect of population size and yield level in selection of Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) norms. Commun. in Soil Sci. Plant Anal. 15(9): 997-1006.
- MEDINA M., M.D.C. y J.F.J. CHAVEZ G. 1989. Efecto de diferentes niveles de potasio en el follaje, sobre la calidad de nuez y rendimiento del nogal pecanero. Informe de Investigación de Suelos y Fruticultura. CIFAP-Región Lagunera-INIFAP. En prensa.
- MEDINA M., E.D.J. y J.H. AGUILAR P. 1986. Prueba de respuesta a Manganeso en nogal pecanero (*Carya illinoensis*) en el Norte de Coahuila. Informe de Investigación de Suelos y Fruticultura. CAEZAR-CIAN-INIFAP. En prensa.
- MEDINA M., E.D.J. y J.H. AGUILAR P. 1989. Curva de respuesta a fósforo en nogal pecanero en el Norte de Coahuila. Informe de Investigación de Suelos y Fruticultura. CEZAR-CIFAP-Coahuila-INIFAP. En prensa.
- MEDINA M., E.D.J. y J.H. AGUILAR P. 1989a. Curva de respuesta a manganeso en nogal pecanero en el Norte de Coahuila. Informe de Investigación de Suelos y Fruticultura. CEZAR-CIFAP-Coahuila-INIFAP. En prensa.
- NUÑEZ M., J.H. 1987. Evaluación del método Dris para la determinación del estado nutrimental del cultivo del aguacate (*Persea americana* Mill) cv Fuerte. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México.
- PARENT L., E. y L. GRANGER. 1989. Derivation of Dris norms from a high-density apple orchard established in the Quebec Appalachian mountains. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114(6): 915-919.
- SANCHEZ V., L.R. 1988. Programa Fortran generalizado para el cálculo de las normas DRIS. Informe de Investigación de Cómputo y Estadística. CIFAP-Región Lagunera-INIFAP. En prensa.
- SANCHEZ V., L.R. 1988a. Programa Basic para calcular los índices DRIS. Informe de Investigación de Cómputo y Estadística. CIFAP-Región Lagunera-INIFAP. En prensa.
- SANCHEZ V., L.R. 1988b. El cálculo de las normas e índices DRIS, un análisis matemático. Informe de investigación de Cómputo y Estadística. CIFAP-Región Lagunera-INIFAP. En prensa.
- SCHAFFER, B., K.D. LARSON, G.H. SNYDER y CH. A. SANCHEZ. 1988. Identification of mineral deficiencies associated with mango Decline by Dris. HortScience 23(3): 617-619.
- SUMNER M., E. 1977. Preliminary N, P and K foliar diagnostic norms for soybeans. Agronomy Journal. Vol. 69: 226-230.
- SUMNER M., E. 1986. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) as a guide to orchard fertilization. Food and Fertilizer Technology Center. Extension bull. No. 231.
- WALWORTH J., L., M.E. SUMNER, R.A. ISAAC y C.O. PLANK. 1986. Preliminary DRIS norms for alfalfa in the southeastern united states and a comparison with midwestern norms. Agronomy Journal. 78: 1046-1052.
- WORLEY R., E. 1974. Effect of N, P, K, and lime of yield, nut quality tree growth, and leaf analysis of pecan (*Carya illinoensis* W.). J. Amer. Soc. Hort. Sci. 99(1): 49-57.

EFICIENCIA DE USO DE AGUA EN LA ASOCIACION MAIZ-FRIJOL

Water Use Efficiency Associated Maize/Bean

Ma. Magdalena Villa C. y Ernesto A. Catalán Valencia

CENID-RASPA INIFAP-SARH, Apartado Postal No. 41,
35150 Cd. Lerdo, Dgo.

Palabras clave: Cultivos asociados,
Monocultivos.

Index words: Associated cropping systems,
Monocrop.

the associated system. The results indicated that water use efficiency and net income in the three associated system variants were higher than in the traditional systems (when maize or bean is cropped).

RESUMEN

Se evaluó la eficiencia del uso de agua del sistema de cultivos asociados maíz-frijol. El trabajo se desarrolló en el Campo Experimental del CENID-RASPA, ubicado en Gómez Palacio, Dgo. Se evaluaron tres densidades de población en el sistema asociado. Los resultados muestran la superioridad de la asociación con respecto al maíz y frijol en monocultivo, tanto en eficiencia de uso de agua como en ingreso neto.

SUMMARY

In order to evaluate the water use efficiency in the associated maize/bean system a field experiment was carried out at the CENID-RASPA in Gómez Palacio, Durango. Three planting densities were evaluated for

Recibido 12-90.

INTRODUCCION

La Región Lagunera tiene una superficie agrícola potencial de 324 mil ha, de las cuales se aprovechan únicamente el 65% siendo el agua el principal recurso limitante. Los 33 mil usuarios del sector ejidal que cuentan con servicio de riego reciben dotaciones individuales de agua para regar alrededor de 2.0 ha, de las cuales utilizan 1.5 ha para el cultivo de algodón y 0.5 ha para los cultivos de frijol y/o maíz. La producción de estos dos últimos cultivos es destinada principalmente al autoconsumo.

Considerando la situación anterior, resulta necesario definir estrategias para incrementar la productividad de los recursos escasos con que cuenta el pequeño agricultor, para lo cual se planteó este trabajo con el objetivo de evaluar la eficiencia de tres variantes del sistema de cultivo maíz-frijol asociado, bajo la hipótesis de que mediante el uso de este

sistema de producción es posible incrementar dicha eficiencia.

Existe poca información acerca del uso de agua en las asociaciones de cultivos; sin embargo, en la mayoría de los trabajos realizados con la asociación maíz-frijol se encuentra que con este sistema de producción se logran algunos beneficios como: ingresos económicos por unidad de superficie desde un 10% hasta un 35% más que con el maíz y frijol en unicultivo, reducción en la aplicación de agroquímicos, mejor aprovechamiento de la superficie de cultivo, etc. (Francis *et al.*, 1976; Francis, 1978; Villa, 1982). Willey (1979) menciona que probablemente el mejor uso del agua sea el factor común en las ventajas obtenidas con la utilización de sistemas de cultivo asociados en las zonas tropicales semi-áridas, por ser el agua el recurso más limitado en estas áreas.

Uno de los factores más importantes en el estudio de los cultivos asociados es la densidad de población por especie. Existen evidencias de que en la asociación maíz-frijol se obtiene la mejor respuesta al sembrar el 50% de la población de maíz como unicultivos con altas poblaciones de frijol (García y Pinchinat, 1976; Villa, 1982).

MATERIALES Y METODOS

El presente estudio se desarrolló en el Campo Experimental del CENID-RASPA ubicado en Gómez Palacio, Dgo. Se estudiaron tres variantes del sistema de asociación maíz-frijol: 1) 113 600 plantas ha⁻¹ de frijol - 25 000 plantas ha⁻¹ de maíz; 2) 142 000 plantas ha⁻¹ de frijol - 25 000 plantas ha⁻¹ de maíz y 3) 170 400 plantas ha⁻¹ de frijol - 25 000 plantas ha⁻¹ de maíz; además se sembraron los testigos de ambas especies, 142 000 plantas ha⁻¹ de frijol y 50 000 plantas ha⁻¹ de maíz. El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con tres repeticiones; el tamaño de la parcela experimental fue de 6.4 m x 15 m. La textura del suelo es franco arcilloso.

La siembra se realizó en forma mecánica, en húmedo, mezclando la semilla de ambas especies; las variedades utilizadas fueron las recomendadas para la región; de maíz la V-415 de ciclo precoz y de frijol la Pinto Laguna 80. La dosis de fertilización aplicada fue de 120-40-00 y el método de riego de melga.

Se aplicaron cuatro riegos, uno de presiembra y tres de auxilio tal y como lo hace el agricultor; la cantidad de agua aplicada en cada riego se determinó mediante un muestreo de humedad en el perfil del suelo; a partir del cual se calculó el agua necesaria para reponer la humedad hasta capacidad de campo en los primeros 90 cm de profundidad del mismo (Cuadro 1). La estimación del contenido de humedad en el suelo se hizo mediante el método gravimétrico.

Cuadro 1. Calendario de riegos y cantidad de agua aplicada.

		Totales			
Riegos	P ^z	1	2	3	4
^y Intervalo	-	29	20	24	73
Lámina de riego (cm)	13	13	13	11	50

^yDías
^zPresiembra

Los sistemas de cultivo fueron evaluados con base en el rendimiento de grano, el ingreso neto relativo y la eficiencia de uso de agua (EUA), la cual fue determinada en forma análoga al parámetro razón de superficie equivalente (RSE) desarrollado por el Instituto Internacional de Investigación en Arroz (Paperdick *et al.*, 1979). La RSE ayuda a juzgar si una serie de cultivos deben sembrarse de manera asociada o bien en monocultivo, debido a que se componen de la suma de las proporciones del rendimiento unitario (rendimiento por unidad de recurso) de cada componente de la asociación, con respecto al rendimiento unitario del mismo componente en monocultivo y por lo tanto, en este caso se tiene:

$$EUA = \frac{EUAFa}{EUAFm} + \frac{EUAMa}{EUAMm}$$

EUAFa = Rendimiento de frijol obtenido en el sistema asociado por unidad de agua aplicada en éste (kg/m^3).

EUAFm = Rendimiento de frijol obtenido en unicultivo por unidad de agua aplicada (kg/m^3).

EUAMa = Rendimiento de maíz obtenido en el sistema asociado por unidad de agua aplicada en éste (kg/m^3).

EUAMm = Rendimiento de maíz obtenido en unicultivo por unidad de agua aplicada (kg/m^3).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados de rendimiento promedio de maíz y frijol se presentan en el Cuadro 2. El análisis de varianza de estos resultados indicó que hubo diferencia estadística entre los tratamientos estudiados (incluyendo testigos). La comparación de medias señala que los tratamientos asociados fueron estadísticamente iguales ($\alpha = 0.05$) pero diferentes al maíz y frijol en monocultivo ya que éstos superaron a la asociación hasta en un 44% en el caso de frijol y en un 32% en el maíz.

La variable ingreso neto relativo al testigo de mayor ingreso, en este caso maíz,

Cuadro 2. Rendimiento de maíz y frijol en grano (kg ha^{-1}) promedio de tres repeticiones.

Trata- miento	Plantas por ha		Rendimiento kg ha^{-1}	
	Maíz	Frijol	Maíz	Frijol
1	25 000	113 600	3 721 b ^z	910 b ^z
2	25 000	142 000	4 427 b	1 066 b
3	25 000	170 400	4 226 b	839 b
F	-	142 000	-	1 501 a
M	50 000	-	5 479 a	-

^zMedias seguidas por la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha = 0.05$).

se presenta en el Cuadro 3. En él se observa que con el sistema de cultivos asociados se logra desde un 5% hasta un 40% más de ingreso neto con respecto a maíz solo, esto representa un beneficio considerable para la economía de los pequeños agricultores.

Cuadro 3. Ingreso neto relativo al testigo de mayor ingreso (actualizado al 3 de noviembre de 1990).

Trata- miento	Plantas por ha		Ingreso neto
	Maíz	Frijol	Relativo al ingreso de maíz
1	25 000	113 600	1.05 b ^z
2	25 000	142 000	1.40 a
3	25 000	170 400	1.17 b
F	-	142 000	0.62 c
M	50 000	-	1.00 b

^zMedias seguidas por la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha = 0.05$).

De acuerdo a la eficiencia de uso de agua (Cuadro 4), se puede decir que con el sistema de asociación maíz-frijol se logra mayor productividad del agua, ya que todos los tratamientos asociados fueron más eficientes en el uso del agua que los cultivos maíz y frijol solos; esto es de gran relevancia ya que como se mencionó el agua es el factor limitante de la producción en esta región y muchas regiones del país, por lo que resulta interesante poner más atención en este sistema productivo. La más alta eficiencia se logró con 25 000 plantas por ha de maíz asociadas con 142 000 plantas por ha de frijol.

Cuadro 4. Eficiencias de uso de agua (EUA) en los tratamientos estudiados.

Trata- miento	Plantas por ha		EUA
	Maíz	Frijol	
1	25 000	113 600	1.26 ab ^z
2	25 000	142 000	1.46 a
3	25 000	170 400	1.29 ab
F	-	142 000	1.00 c
M	50 000	-	1.00 c

^zMedias seguidas por la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha = 0.05$).

CONCLUSIONES

El sistema de asociación de cultivos maíz-frijol constituye una alternativa de producción viable para los ejidatarios de la Región Lagunera y en general el potencial de los cultivos asociados es considerable, sobre todo en zonas donde el agua es un recurso limitado.

LITERATURA CITADA

- FRANCIS, C.A. 1978. Multiple cropping potentials of bean and maize. *Horts-Science* Vol. 12(1): 12-17.
- FRANCIS, C.A., A.C. FLOR y M. PRAGER. 1976. Agronomic and Economic Contrasts Between Monocrop Maize and Associated maize/Bean Systems. VII Andean Zone Maize Work Shop. Guayaquil, Ecuador. 23 pp.
- GARCIA, J.M. y A.M. PINCHINAT. 1976. Producción asociada de maíz y soya a diferentes densidades de siembra. *Turrialba* Vol. 26(4): 409-411.
- PAPERDICK CLAIRMAN, R.I., P.A. SANCHEZ, G.B. TRIPLETT. (eds). 1979. Multiple Cropping ASA Special Publication Number 27. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin. pp. 7-42.
- VILLA, C.M. 1982. Asociación maíz-frijol adaptada al calendario de riegos del algodónero en la Comarca Lagunera. Tesis Ing. Agr. de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Saltillo, Coah. México.
- WILLEY, D.W. 1979. Intercropping. It's importance and research needs. Part I. Competition and yield advantages. *Field Crop Abstracts* Vol. 32(1): 1-10.

**REQUERIMIENTOS AGROCLIMATICOS DE LA VARIEDAD DE CARTAMO "GILA"
(*Carthamus tinctorius* L.)**

Agroclimatic Requirements of "Gila" Safflower Cultivar
(*Carthamus tinctorius* L.)

Ma. Magdalena Villa Castorena y Ernesto Alonso Catalán Valencia

CENID-RASPA-INIFAP, Apartado Postal 41,
35150 Cd. Lerdo, Dgo.

Palabras clave: Grados día, Unidades heliotérmicas, Unidades fototérmicas, Humedad del suelo, Fases de desarrollo del cultivo.

Index words: Degree days, Heliothermal units, Photothermal units, Soil moisture, Development phase.

de desarrollo y los años de estudio. Los resultados señalan que los requerimientos agroclimáticos fueron estadísticamente iguales en los tres años de estudio independientemente del índice considerado; las unidades térmicas resultaron ser el mejor índice debido a que mostraron menor variación, además de ser el de más fácil obtención.

RESUMEN

Se determinaron los requerimientos agroclimáticos para la variedad de cártamo Gila mediante el análisis de datos fenológicos e índices agroclimáticos obtenidos en tres años. Se consideraron seis fases de desarrollo y los índices siguientes: unidades térmicas, unidades heliotérmicas, unidades fototérmicas, unidades termo-humedad del suelo, unidades heliotérmicas-humedad del suelo, unidades fototérmicas humedad del suelo. Los requerimientos agroclimáticos de las diversas etapas de desarrollo del cultivo expresados por los distintos índices agroclimáticos fueron determinados mediante la suma acumulada de éstos a través de cada etapa considerada. También se analizó la variabilidad de los requerimientos agroclimáticos a través de las diversas fases

SUMMARY

In order to determine the agroclimatic requirements for safflower (var. Gila), phenological data and agroclimatic indexes obtained in three years were analysed. Six developmental phases were considered. The following agroclimatic indexes were used: thermal units, heliothermal units, photothermal units, soil moisture-thermal units, soil moisture-heliothermal units, soil moisture-photothermal units. Daily accumulation of the six different thermal units was calculated in order to determine the phase. The variability of agroclimatic requirements was analysed through phenological phases and study years. The year to year variability of the indexes used was not statistically significant. Thermal units were the best index due/to since they showed less variation and they were was obtained with less difficulty.

Recibido 12-90.

INTRODUCCION

El conocimiento de los requerimientos agroclimáticos de las diferentes etapas fenológicas de los cultivos permite ubicarlos geográficamente en los sitios más adecuados para su desarrollo y productividad. Asimismo con este conocimiento es posible predecir los estados de desarrollo de las plantas y programar con base en ésto las labores de cultivo en una forma más eficiente.

En México son pocos los trabajos que se han desarrollado en este tópico, de tal manera que cuando se requiere de esta información se recurre a la literatura internacional, de la cual, por lo general, se obtiene información a nivel especie y no a nivel variedad o híbrido de un cultivo específico, que es lo ideal para obtener resultados satisfactorios.

El cultivo de cártamo contribuye considerablemente a la producción de aceite comestible, a la vez que presenta algunas ventajas como son: gran adaptabilidad a zonas con precipitación escasa, debido a que sus requerimientos hídricos son bajos; se adapta también a diferentes tipos de suelo; tiene costos de producción bajos; y, gran demanda en el mercado. Por otra parte, no existe información acerca de sus requerimientos climáticos y el dato que normalmente se maneja es el ciclo promedio del cultivo expresado en días desde la siembra hasta la cosecha lo cual es posible que varíe en tiempo y espacio.

El objetivo del presente trabajo es determinar los requerimientos agroclimáticos de la variedad de cártamo Gila en seis etapas de su desarrollo.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se desarrolló en 1988 en el campo experimental del CENID-RASPA-INIFAP ubicado en Gómez Palacio, Dgo. Se estableció un experimento de campo con cártamo variedad Gila con el fin de recabar información fenológica de esta variedad. También se utilizó información de los trabajos

realizados por Inzunza (1983) e Inzunza (1984).

Las fases de desarrollo consideradas fueron las siguientes:

Etapa

- E₁ Siembra a inicio de ramificación
- E₂ Inicio de ramificación a inicio de formación de capítulos
- E₃ Inicio de formación de capítulos a inicio de floración
- E₄ Inicio de floración a inicio de llenado de grano
- E₅ Inicio de llenado de grano a madurez fisiológica
- E₆ Cosecha a madurez fisiológica

Los elementos agroclimáticos considerados fueron: temperatura, insolación, fotoperíodo y humedad del suelo expresados en los índices unidades térmicas (UT), unidades heliotérmicas (UH), unidades fototérmicas (UF), unidades termo-humedad del suelo (UTHS), unidades heliotérmicas-humedad del suelo (UHHS), unidades fototérmicas-humedad del suelo (UFHS). Estos índices fueron calculados a nivel diario de la forma siguiente:

Unidades térmicas (UT). La determinación de este índice involucra el cálculo del área comprendida entre las temperaturas máxima y mínima de crecimiento bajo la curva de temperatura de cada día. Para estimar estas unidades se utilizó la metodología curva seno modificada propuesta por Allen (1976) mediante un programa de cómputo en BASIC que considera como variables de entrada a las temperaturas máxima y mínima diaria y los límites de crecimiento (35 y 5°C).

Unidades heliotérmicas (UH). Fueron calculadas mediante el producto de las UT y las horas de insolación registradas con el heliógrafo de Campbell Stokes (Sastry and Chakravarty, 1982; Villalpando, 1984).

$$UH = \frac{UT * \text{horas de insolación}}{10} \quad (1)$$

Unidades fototérmicas. El cálculo de estas unidades se hizo mediante la siguiente ecuación (Villalpando, 1984):

$$UF = \frac{UT * \text{fotoperíodo}}{10} \quad (2)$$

El fotoperíodo (N) fue determinado a nivel diario mediante las siguientes relaciones descritas por Torres (1986).

$$N = \frac{2w}{15} \quad (3)$$

$$w = \text{Arc cos} (- \tan \phi \tan \delta) \quad (4)$$

$$\delta = 23.45^\circ \text{Sen} (0.9856 N^*) \quad (5)$$

donde:

w = ángulo horario

ϕ = latitud geográfica del lugar

δ = declinación solar

N* = día juliano

Unidades termo-humedad del suelo (UTHS).

Estas unidades fueron calculadas de acuerdo a las expresiones siguientes (Kish y Ogle, 1980):

$$UTHS = UT (\tau/\tau_0) \quad \text{si } \tau < \tau_0 \quad (6)$$

$$UTHS = UT \quad \text{si } \tau \geq \tau_0 \quad (7)$$

donde:

τ = potencial de humedad del suelo (atm)

τ_0 = potencial de humedad del suelo óptimo para el desarrollo del cultivo (atm).

El potencial de humedad del suelo fue ponderado por el consumo de agua en la profundidad de 0-90 cm. El potencial τ_0 tomó dos valores: 4 atm para el período de siembra a inicio de formación de capítulos y 12 atm para el período de inicio de formación de capítulos a madurez fisiológica (Inzunza, 1983 y 1984).

Unidades heliotérmicas-humedad del suelo (UHHS). Estas unidades fueron calculadas de manera análoga a las UTHS:

$$UHHS = UH (\tau/\tau_0) \quad \text{si } \tau < \tau_0 \quad (8)$$

$$UHHS = UH \quad \text{si } \tau \geq \tau_0 \quad (9)$$

Unidades fototérmicas-humedad del suelo (UFHS). Fueron determinadas de la forma siguiente:

$$UFHS = UF (\tau/\tau_0) \quad \text{si } \tau < \tau_0 \quad (10)$$

$$UFHS = UF \quad \text{si } \tau \geq \tau_0 \quad (11)$$

Los requerimientos agroclimáticos de las diversas etapas de desarrollo del cultivo expresados por los distintos índices agroclimáticos, fueron determinados mediante la suma acumulada de éstos a través de cada etapa considerada. También se analizó la variabilidad de los requerimientos agroclimáticos a través de las diversas fases de desarrollo y los años de estudio; para lo cual se adaptó la información a un diseño experimental de bloques al azar con parcelas divididas, donde los años de estudio se asignaron a las repeticiones, las etapas fenológicas al factor A y los índices agroclimáticos al factor B.

La variedad utilizada fue la Gila que tiene un ciclo de 160 días a la maduración; es espinosa y de flores amarillas, con un contenido de aceite en su semilla de 35% (CAELALA-INIA-SARH, 1984). La dosis de fertilización aplicada fue de 50-00-00.

La duración de cada fase de desarrollo fue determinada mediante muestreo de 25 plantas al azar dentro de las parcelas experimentales; la finalización de una fase e inicio de la siguiente se determinó cuando al menos cinco de las plantas muestreadas presentaron cambio en su estado de desarrollo.

Los datos de temperaturas máxima y mínima diaria, así como el número de horas de brillo solar fueron tomados de la estación agroclimatológica del CENID-RASPA

localizada a 200 m de las parcelas experimentales.

Los datos de contenido de humedad del suelo (Θ), fueron obtenidos mediante muestreo gravimétrico para el caso de los años 1982 y 1983; mientras que en 1988 fueron obtenidos con un aspersor de neutrones previamente calibrado para el lote experimental. Con estos datos de humedad se determinó el potencial mátrico existente en cada estrato de suelo (τ) mediante las relaciones Θ vs τ (Cuadro 1). Los muestreos se hicieron dos veces a la semana y en algunas ocasiones cada 48 horas; a partir de cuya tendencia se interpoló para estimar los valores del potencial a nivel diario necesarios para el cálculo de los índices respectivos.

El número de riegos y la cantidad de agua aplicada al cultivo en los tres años de estudio se indican en el Cuadro 2.

Cuadro 1. Ecuaciones de las curvas de retención de humedad del suelo.

Profundidad	Ecuaciones
(cm)	
0 - 30	$\tau = 30\ 169\ 820\ \Theta^{-5.3434}$
30 - 60	$\tau = 203\ 671\ 022\ \Theta^{-6.037}$
60 - 90	$\tau = 485\ 310\ 499\ \Theta^{-6.354}$
90 - 120	$\tau = 630\ 873\ 783\ \Theta^{-6.483}$

τ = atm
 Θ = porcentaje de humedad del suelo con base en peso.

Cuadro 2. Número de riegos y cantidad de agua aplicada al cultivo de cártamo.

Año	NR	IR	Lr		Total
			1	2	
1982	2	99	13	14	27
1983	1	-	14	-	14
1988	2	64	13	10	23

NR = número de riego
 IR = intervalo de riego (días)
 Lr = lámina de riego aplicada (cm)

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 3 se presentan las fechas de inicio de las fases de desarrollo consideradas en los tres años de estudio. En el Cuadro 4

Cuadro 3. Fechas de inicio de los estados de desarrollo del cultivo de cártamo en tres años de estudio en Gómez Palacio, Dgo.

Etapa fenológica	Año		
	1982	1983	1988
E ₁	7 Ene	12 Ene	9 Ene
E ₂	21 Feb	2 Mar	8 Mar
E ₃	23 Mar	31 Mar	5 Abr
E ₄	12 Abr	22 Abr	27 Abr
E ₅	12 May	18 May	23 May
E ₆	16 Jun	30 Jun	21 Jun

Cuadro 4. Índices agroclimáticos acumulados en seis etapas fenológicas del cultivo de cártamo, en Gómez Palacio, Dgo.

Etapa	Año	UT	UH	UF	UTHS	UHHS	UFHS
E ₁	1982	431	364	466	474	409	515
	1983	418	377	449	428	384	461
	1988	573	428	631	573	428	631
	Media	474	390	515	492	407	536
	CV(%)	18.2	8.7	19.2	15.1	5.5	16.2
E ₂	1982	417	408	486	924	908	1081
	1983	340	338	405	589	591	704
	1988	375	325	449	391	338	469
	Media	377	357	447	635	612	751
	CV(%)	10.2	12.5	9.1	42.4	46.6	41.0
E ₃	1982	347	333	425	347	333	425
	1983	320	340	401	346	369	435
	1988	335	274	424	335	274	424
	Media	334	316	417	343	326	428
	CV(%)	4.0	11.4	3.3	2.0	14.7	1.4
E ₄	1982	519	394	666	534	403	687
	1983	486	559	635	486	559	635
	1988	508	524	668	568	590	748
	Media	504	492	658	530	517	690
	CV(%)	3.3	17.7	2.8	7.8	19.4	8.2
E ₅	1982	745	792	1000	902	958	1210
	1983	872	945	1178	1051	1140	1420
	1988	772	702	963	717	683	969
	Media	797	813	1047	890	927	1199
	CV(%)	8.4	15.1	11.0	18.7	24.8	18.8
E ₆	1982	2459	2292	3044	3181	3010	3917
	1983	2436	2560	3068	2901	3043	3655
	1988	2563	2254	3136	2585	2313	3243
	Media	2486	2368	3083	2889	2789	3605
	CV(%)	1.4	7.0	1.6	10.3	14.8	9.4
CV promedio:		7.6	12.1	7.9	16.0	12.0	15.8

se señalan los valores de los índices acumulados en cada fase de desarrollo. El análisis de varianza de estos datos muestra que los requerimientos agroclimáticos independientemente del índice utilizado fueron estadísticamente iguales en los tres años de estudio ($\alpha = 0.285$), lo cual reafirma la consistencia de tales requerimientos. También se encontró diferencia altamente significativa entre etapas fenológicas ($\alpha = 0.001$) lo que se explica por la diferente acumulación de unidades agroclimáticas para pasar de un estado de desarrollo a otro (Cuadro 4). Asimismo se detectó diferencia altamente significativa entre los índices agroclimáticos ($\alpha = 0.001$) ya que éstos varían de acuerdo a los variables consideradas (temperatura, horas de insolación, fotoperíodo, humedad del suelo).

Los índices considerados presentaron distintos niveles de variabilidad a través de los años de estudio y de las etapas fenológicas estudiadas (Cuadro 4), resultando con menor variación las UT y UF con coeficientes de variación promedio de 7.6% y 7.9%, respectivamente. De estos dos índices las UT son de más fácil determinación.

El modelo fenológico resultante de la relación entre las unidades térmicas y el desarrollo del cultivo fue:

$$Y = 0.3447 + 0.001985 X \quad (12)$$

$$R^2 = 0.967$$

donde Y es el número de la etapa fenológica y X son las unidades térmicas acumuladas desde la siembra (Figura 1).

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos se concluye que los requerimientos agroclimáticos del cultivar estudiado fueron consistentes en los tres años analizados; las unidades térmicas resultaron ser las de menor variación a través de los años de estudio y etapas fenológicas consideradas.

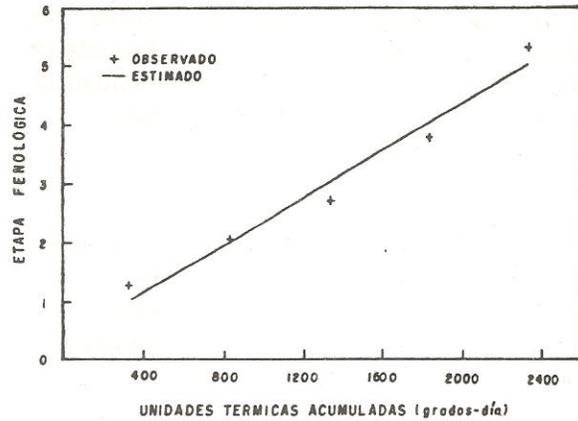


Figura 1. Relación entre unidades térmicas y etapas fenológicas del cultivo de cártamo.

Los requerimientos térmicos de cada etapa fenológica fueron los siguientes:

<u>Etapa fenológica</u>	<u>Unidades térmicas</u>
E ₁	474
E ₂	377
E ₃	334
E ₄	504
E ₅	797
E ₆	2486

Debido a que sólo se tuvieron tres años de estudio, esta información puede ser utilizada de manera preliminar con propósitos de programar fechas de siembra y labores de cultivo para esta variedad en diferentes sitios geográficos.

LITERATURA CITADA

ALLEN, J.C. 1976. A modified sine wave method for calculating degree days. *Env. ent.* Vol. 5(3): 388-396.

CAELALA-INIA-SARH. 1984. Guía para la Asistencia Técnica Agrícola de la Comarca Lagunera. 4a. Edición, Matamoros, Coah., México.

INZUNZA I., M.A. 1983. Programa de riego y función de producción en el cultivo del cártamo (*Carthamus tinctorius* L.). Escuela de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora, México. (Tesis Ing. Agrónomo).

INZUNZA I., M.A. 1984. Programa de riego en el cultivo de cártamo en base a etapas fenológicas. Informe de actividades 1982-1983. Centro Nacional de Métodos Avanzados de Riego, Gómez Palacio, Dgo., México.

KISH, A.J. y W.L. OGLE. 1980. Improving the heat unit system in predicting maturity date of snap beans. Hortscience. 15: 140-141.

ROBLES, S.R. 1980. Producción de oleaginosas y textiles. Editorial Limusa, México. pp. 334-335, 339.

SASTRY, P.S.N. y N.V.K. CHAKRAVARTY. 1982. Energy summations indices for wheat crop in India. Agricultural Meteorology 27: 45-48.

TORRES R., E. 1986. Agrometeorología. 3a. Impresión. Editorial Diana, México. pp. 39-80.

VILLALPANDO I., J.F. 1984. Metodología de investigación en agroclimatología. Curso de orientación para aspirantes a investigadores del INIP, INIF e INIA-SARH. Consejo directivo de la investigación agrícola, pecuaria y forestal. México. pp. 48-60.

ESTUDIO PARA EL ESTABLECIMIENTO DE VID CON AGUAS DE ESCURRIMIENTO Y ACOLCHADO DE SUELO

Study for Establishment of Vines using Overflowing Water,
and Soil Coverage Materials

Angel G. Bravo L.

Campo Experimental de Zacatecas, CIFAP-ZACATECAS,
Apartado Postal 18, 98500 Calera de V.R., Zacatecas

Palabras clave: Captación de lluvia,
Conservación de humedad, Escorrentía, Vid.

Index words: Water harvesting, Water
conservation, Runoff vine yard.

RESUMEN

En 1975 se estableció un experimento con vid con el objeto de evaluar la posibilidad de manejarlo únicamente con aguas de escurrimiento de la subcuenca hidrológica de Morelos, Zacatecas, y probar además seis materiales de cobertura de suelo para la conservación de la humedad durante el período de sequía. Los resultados obtenidos de 1975 a 1978 muestran la factibilidad de establecer el cultivo de la vid bajo este esquema de producción e indican que los mejores tratamientos aplicados al suelo, evaluados con respecto a la conservación de la humedad en el suelo y a la producción de materia seca fueron: el polietileno negro, la piedra laja y el cartón asfaltado.

Recibido 1-91.

SUMMARY

In 1975, an experiment was established with vines to evaluate their handling using only overflowing water from the hydrological area of Morelos, Zacatecas, and also to test six materials for soil coverage to maintain soil moisture during drought. The results, obtained from 1975 to 1978, showed the feasibility of establishing vineyards under this production system and indicated that the best soil treatments according to soil moisture conservation and dry matter production were: black polyethylene, flat stones and asphalted carton.

INTRODUCCION

Las investigaciones realizadas en materia de captación y conservación del agua de lluvia han demostrado que es posible incrementar la productividad de los cultivos en forma considerable; sin embargo, raras veces resulta económico la aplicación de las técnicas desarrolladas, por lo complicada de las mismas. Por lo tanto, es necesario pensar en cultivos altamente remunerativos, capaces de responder económicamente a la aplicación de estas técnicas y poder ofrecer una consistente

fuentes de ingresos al agricultor en las zonas temporales.

El acolchado, empajado o mullido, han sido técnicas practicadas por los agricultores desde hace muchos años con la finalidad de proteger los cultivos y el suelo de la acción de los agentes atmosféricos, los cuales, entre otros efectos, producen la desecación del suelo, deterioran la calidad de los frutos, enfrían la tierra y lavan la misma, arrastrando los elementos nutritivos tan necesarios para el desarrollo vegetativo de las plantas.

Para disminuir la acción de estos agentes los agricultores colocan sobre la superficie del terreno una capa protectora formada por materiales de origen vegetal (paja, cañas y hojas secas) u otros de origen mineral (arena). Esta capa actúa como barrera de separación entre el suelo y el ambiente (atmósfera), la cual amortigua sensiblemente los efectos anteriores. Ahora bien, según su naturaleza estos materiales ofrecen, además, otras ventajas: la opacidad a la luz solar impide el desarrollo de malas hierbas; la absorción del calor y su restitución durante la noche constituye un medio de defensa para la planta contra las bajas temperaturas nocturnas, influyendo considerablemente en el aumento de rendimiento y en una mayor precocidad en la recolección de los frutos y además se obtiene una reducción de la evaporación de la superficie del suelo de 10 a 30% al limitar los efectos de la velocidad del viento (FAO, 1971; Robledo y Martín, 1980).

El presente trabajo tuvo como objetivo estudiar la posibilidad de establecer y manejar árboles frutales aplicando y conservando láminas de agua provenientes de los escurrimientos originados por las tormentas ocurridas en la región. Para lo que se evaluó diferentes coberturas aplicadas a la superficie del suelo que buscaban una mayor retención de humedad.

Investigadores de la Escuela Superior de Agricultura "Antonio Narro", establecieron árboles de durazno en microcuencas de 72, 76 y

120 m²/árbol en dos sitios diferentes y encontraron que con una precipitación anual de 295 y 403 mm, la eficiencia del escurrimiento varió de 28% al 61% según el área de escurrimiento, la textura del suelo, la rugosidad del mismo y la lámina total del mismo. Además, resultó estadísticamente igual el desarrollo evaluado en crecimiento y en diámetro del tallo, de los árboles de temporal y los de riego (Martínez y Cepeda, 1970).

En los alrededores de la ciudad de Teraan, para el riego de especies forestales se probó un método para concentrar el agua de precipitación que cae fuera de donde se encuentra la vegetación, para luego distribuirla en pequeñas áreas donde se encuentran las plantas en crecimiento. Se cosechó porciones de esta precipitación aplicando coberturas de asfalto a dichas áreas. Este principio fue probado en un área de escurrimiento de 2 m de ancho y 10 m de largo, estudiándose las variaciones de humedad en función de la edad del asfalto y la intensidad de la precipitación. En la membrana de asfalto envejecida la eficiencia de la escurrimiento decreció, puesto que en un principio esta eficiencia fue de 75% y disminuyó en un 25% después de cuatro años. La membrana fue buena hasta los cinco años de duración (Mehdizadeh *et al.*, 1978).

En relación con la evaporación de la superficie del suelo, se puede decir que ésta representa una considerable pérdida de agua, pero se puede disminuir cubriendo el suelo con cubiertas o capas protectoras. En muchos casos las cubiertas tienen funciones complementarias tales como impedir la invasión del desierto o la promoción de la agricultura de derramamiento. Algunas cubiertas para la superficie del suelo son hechas de materiales poco o no porosos semejantes al papel, asfalto, latex, aceites, películas de plástico y laminillas metálicas, o capas de material poroso de 2 a 25 mm de grueso, las que reducen substancialmente la evaporación. El agua y el vapor de agua se mueven lentamente a través del suelo seco y los materiales porosos retienen la humedad del suelo. En la práctica se instalan materiales porosos como residuos

de plantas semejantes a la paja, aserrín, corteza de madera, desechos del algodón, grava, arena o cenizas (Nat. Acad. of Sciences, 1974).

En Australia, Israel, India, Estados Unidos de América, Brasil y otros países se han desarrollado algunos métodos de captación y aprovechamiento del agua de lluvia. Asimismo, mediante la cobertura del suelo con rastrojo al suelo se ha tratado de optimizar el aprovechamiento del agua de lluvia en zonas áridas y semiáridas. La aplicación de residuos de cosecha como cobertura efecto positivamente la conservación de la humedad del suelo y hace posible reducir el riesgo de las sequías, favorece una mejor disponibilidad de la humedad del suelo durante el desarrollo del cultivo y, por ende, incrementa el rendimiento del cultivo. En un trabajo realizado en la Escuela Nacional de Agricultura en Chapingo, México, donde se probaron tres coberturas de rastrojo de maíz 0.0, 0.5 y 1.0 kg de rastrojo/m², la cantidad de 1.0 kg/m² incrementó los rendimientos en el cultivo del maíz en un 18% con respecto al testigo sin cobertura, ya que se incrementó en un 11% el contenido de humedad aprovechable en el suelo con el mismo tratamiento (Terrazas *et al.*, 1979).

También se han realizado pruebas con algunas coberturas en el estado de México. En un suelo franco arenoso, establecieron cinco tratamientos polietileno, paja vegetal (1 kg/m²), tierra compactada (T.C.), T.C. tratada con diesel (250 ml/m²) y T.C. tratada con diesel (125 ml/m²). Estos tratamientos se combinaron con un 25, 50 y 75% de cobertura del área total, en un cultivo de rábano variedad Long Pink. Se obtuvo lecturas de humedad de 0-10 centímetros de profundidad cada tercer día. No se encontró diferencias significativas en el contenido de humedad en el suelo, ni en el rendimiento de rábano entre tratamientos, existiendo sólo leves diferencias que favorecen al polietileno. El mayor porcentaje de superficie cubierta fue el tratamiento el que produjo más. La técnica se encontró económicamente viable para este cultivo (Anaya y Tovar, 1974).

Unger (1975) probó la aplicación de cantidades de 0 a 12 ton ha⁻¹ de residuos de cosecha en la superficie del suelo para definir el efecto sobre la acumulación de humedad en dos suelos: uno arcilloso y otro arenoso. Encontró que mientras mayor era la cantidad de residuos de cosecha en la superficie del suelo, mayor era el porcentaje de humedad en el suelo. Los resultados en los dos tipos de suelo fueron muy similares, aparentemente porque el flujo característico del líquido y vapor en los dos tipos de suelo, con altos contenidos de humedad fue similar, aunque los niveles de las curvas características de humedad difieren marcadamente.

En la zona de las Planicies Altas de los Estados Unidos, se probó algunas alternativas para la producción de algodón (*Gossypium hirsutum* L.), consistentes en tres tipos de plantación y cuatro valores de acolchado del suelo (0.0, 5.6, 11.2 y 22.4 ton ha⁻¹ de residuos del despepite de la semilla del algodón). Se midió el efecto sobre la humedad del suelo hasta una profundidad de 3.0 m por el método de dispersión de neutrones. Los porcentajes de humedad en el suelo fueron mayores para el acolchado con 22.4 ton ha⁻¹ y los menores para el tratamiento sin acolchar. La eficiencia en el uso de la precipitación fue de 46, 48 y 80% para 34.0 cm de lluvia en 1968 y de 36, 47 y 66% para 34.4 cm en 1969 para los tratamientos de 0.0, 11.2 y 22.4 ton ha⁻¹ de acolchado, respectivamente. En 1967 la producción de algodón fue similar en los tratamientos de 0.0 y 5.6 ton ha⁻¹ de acolchado pero fue menor que el de 11.2 y 22.4 ton ha⁻¹. En 1968 y 1969, fue similar para los tratamientos de 11.2 y 22.4, pero significativamente mayor que los de 0.0 y 5.6 ton ha⁻¹ de acolchado (Koshi y Donald, 1970).

Una película de plástico transparente y una cobertura de petróleo fueron usadas en suelos arcillosos tipo Austin y Houston Black y evaluados sus efectos en la temperatura del suelo, el crecimiento, desarrollo y rendimiento del maíz (*Zea mays* L.) y sorgo para grano (*Sorghum bicolor* L.) (Moench). Los

acolchados tuvieron un efecto altamente significativo en la temperatura promedio del suelo a 7.6 cm de profundidad. La temperatura del suelo bajo la película de plástico transparente después de tres semanas de la plantación tuvo incrementos de 2.6, 2.2 y 1.8°C a profundidades de 30, 61 y 91 cm, respectivamente. El plástico transparente aceleró la velocidad del crecimiento y el desarrollo morfológico obteniéndose el 50% de floración de 8 a 10 días más temprano para los dos cultivos.

El acolchado con plástico transparente incrementó significativamente la producción del sorgo, no así la del maíz (Adams, 1970).

MATERIALES Y METODOS

El Campo Agrícola Experimental de Zacatecas (INIFAP-Zacatecas), lugar donde se realizó el presente trabajo, se localiza a 22°53'30" latitud norte y a 102°39'33" de longitud oeste y a 2197 msnm. Las temperaturas máximas promedio son de 21.36°C y las mínimas promedio de 5.4°C con una temperatura media de 12.63°C y una precipitación anual de 382.80 mm. El clima se define como BSwbk según la clasificación de Köppen, o sea semidesértico de estepa. La textura del suelo es migajón arcillo arenoso.

Durante los meses de febrero y marzo de 1975, se estableció un experimento con vid (*Vitis vinifera*) variedad Palomino, bajo un sistema de aplicación de agua condicionado a la presencia de escurrimiento que proviene de la subcuenca hidrológica de Morelos, Zacatecas, el cual concluyó en 1978.

El experimento se condujo con un diseño de bloque al azar donde se probaron seis tratamientos de cobertura de suelo con cuatro repeticiones y cuatro plantas por repetición.

Descripción del Sistema de Aplicación del Agua de Escurrimiento.

Se construyó una represa en el arroyo con el objeto de elevar el nivel de las aguas de

escurrimiento de tal manera que permitiera derivar del mismo el gasto necesario para aplicar una lámina de agua suficiente para cargar el perfil del suelo a su capacidad de campo. Una vez extraída el agua del arroyo, fue conducida hacia el área experimental donde las parras fueron previamente plantadas en curvas a nivel. La conducción se realizó a través de un canal revestido, el cual posee en forma permanente contras de piedras a la altura de la curva correspondiente que permite a su vez la entrada de una parte del agua en la curva y deja pasar la mayor parte que es retenida y dividida nuevamente en la siguiente curva y así sucesivamente, hasta el final donde existe un retorno del excedente al cauce del arroyo.

Trazo del Experimento.

Se trazaron curvas a nivel y se construyeron bordos de 40 a 50 cm de alto sobre la curva, la distancia entre bordos fue de 4 m y entre plantas de 2 m. El desnivel que se tuvo entre curvas fue de 7 cm.

El momento de instalación de los materiales de cobertura, fue una vez brotadas las parras. Antes de las lluvias se realizaron mediciones de la humedad del suelo mediante el uso de bloques de yeso y el método gravimétrico, con el objeto de evaluar el control de la evaporación de los materiales de cobertura.

Durante los primeros días de marzo se plantaron los sarmientos de la variedad Palomino dentro de bolsas de polietileno en una mezcla de 50% de tierra y 50% de arena. El día 9 de junio se transplantaron a su lugar definitivo dentro de las curvas a nivel, previamente trazadas y construidas. Se les aplicó agua con una manguera para su establecimiento, esta maniobra se puede suprimir transplantando la vid una vez establecido el régimen de lluvias. Los riegos con manguera se dieron con frecuencia de 8 días durante un mes a razón de 40 l por parra, lo cual significa que se aplicaron aproximadamente 160 l planta⁻¹.

Aplicación de los Materiales de Cobertura.

En el año de 1975, una vez trasplantadas las parras, se procedió a aplicar los materiales de cobertura del suelo, para el control de la evaporación directa. Polietileno negro. Se tendió sobre el suelo, después de afinar la superficie del suelo con un rastrillo de mano, eliminando malezas y piedras, en una pieza de 8.30 m x 2.30 m con perforaciones en cruz, cada dos metros, en los puntos correspondientes a cada planta, enterrándose 15 cm a cada lado para anclarlo.

Para favorecer la penetración uniforme del agua a través de la película de polietileno, se hicieron, previamente a la instalación de ésta, hoyos de 10 cm de diámetro y 30 cm de profundidad entre planta y planta los cuales fueron rellenados con grava y a su vez se perforó varias veces la película en el punto correspondiente, además, a lo largo de la película se hicieron dos hileras de perforaciones en ésta cada 40 cm, con un clavo, colocándose después una piedra para conducir el agua hacia el punto perforado. Posteriormente se cubrió de tierra el plástico para protegerlo del intemperismo.

Rastrojo. Se aplicó el rastrojo de maíz entero a razón de 6.6 toneladas por hectárea cultivada, lo que representa una densidad de 20 toneladas por unidad de superficie, y posteriormente se cubrió con tierra.

En el segundo año se vio la necesidad de cambiar el rastrojo entero por picado al observarse una mayor retención de humedad en este último.

En el tercer año se hizo otra aplicación de rastrojo picado ya que el anterior se había incorporado al suelo y ya no retenía mayor humedad que el testigo de suelo desnudo.

Grava suelta. Se aplicó una capa de 5 cm de grava suelta sin seleccionar, es decir, con partículas de diámetros diversos.

En el tercer año se aplicó otra capa de grava, debido a que las avenidas habían arrastrado la capa inicial.

Piedra laja. Este tratamiento se incluyó por ser material regional. Las piedras fueron acomodadas a mano tratando de dejar los menores espacios desnudos posibles.

Cartón asfaltado. Este tratamiento sustituyó al de asfalto vaciado, por su menor costo de aplicación y mantenimiento. Este material es de cartón de desecho rociado con una mezcla de asfalto y diesel, la cual actúa como preservativo contra la acción de la humedad, sobre el cartón; después de aplicado sobre la superficie se cubrió con tierra.

RESULTADOS Y DISCUSION

Durante los cuatro años que duró el estudio, los efectos de los escurrimientos que fueron aprovechados por las plantas, demuestran que sí es factible el establecimiento y manejo de el cultivo de la vid utilizando esta tecnología, ya que a pesar de utilizar una variedad que no se adaptó adecuadamente a la zona se tuvo un buen desarrollo del cultivo, sobre todo, en las parcelas con los tratamientos de cobertura del suelo más sobresalientes.

Peso de Madera Podada.

En los años que se evaluó el peso de la madera podada (1975, 1977 y 1978) sobresalió el polietileno negro obteniéndose, en promedio, un 77% más de ésta que en el testigo sin cubrir (suelo desnudo). Le siguieron los tratamientos de piedra laja, cartón asfaltado, grava suelta y rastrojo de maíz con un promedio de 63, 53, 38 y 37% más de peso de madera podada que en el testigo. Lo anterior indica que las coberturas de suelo proporcionan mejores condiciones para el desarrollo de la planta. Lo anterior se ilustra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Peso de madera podada (gr/planta) en el experimento de vid con aguas de escorrentía, bajo diferentes coberturas de suelo, para 3 años de estudio. INIFAP-Zacatecas.

Tratamientos	1975	1977	1978
Poliétileno negro	41 a	125.80 a	449.00 a
Piedra laja	24 b	84.60 ab	255.07 b
Cartón asfaltado	16 bc	80.20 ab	203.00 bc
Grava suelta	14 c	51.60 ab	158.00 bc
Rastrojo de maíz	11 c	68.80 ab	140.00 bc
Suelo desnudo	9 c	41.80 b	65.00 c
C.V. = 36%	C.V. = 75%	C.V. = 60%	
DUNCAN DMS = 8	DMS = 74	DMS = 169	

Retención de Humedad (Estrato de 0-30 cm).

En los resultados de 1975, se encontró que los mejores tratamientos, desde el punto de vista conservación de humedad, fueron hasta esa fecha el cartón asfaltado y el polietileno negro conteniendo un 20% más humedad que el testigo (suelo desnudo); siguiéndoles los tratamientos de rastrojo de maíz, grava suelta y piedra laja con un 10, 8 y 6%, respectivamente.

En el año de 1977 el mejor tratamiento de cobertura de suelo fue el polietileno negro con un 26% más de contenido de humedad en el suelo, siguiéndole los tratamientos de piedra laja con 16% cartón asfaltado y grava suelta con 11% y rastrojo de maíz con un 5%.

En el año de 1978 el tratamiento de polietileno negro volvió a ser el que conserva mayor humedad en el suelo ya que tuvo un 43% más de humedad, siguiéndole los tratamientos de grava suelta 30%, rastrojo de maíz 24%, piedra laja y cartón asfaltado con 20%. En este mismo año se encontró algunas diferencias significativas en el contenido de humedad en el estrato de 30 a 60 cm favoreciendo a la cobertura de polietileno negro siendo igual el tratamiento de grava suelta con un 19% más contenido de humedad y siguiéndoles los tratamientos restantes con un 12%. Los resultados de contenido de humedad se aprecian en los Cuadros 2 y 3.

Revisión de los Materiales de Cobertura.

En el año de 1977 se realizó una revisión de las coberturas utilizadas, para conocer su durabilidad obteniéndose los siguientes resultados:

Poliétileno negro. Se concluyó que aún se encontraba en muy buenas condiciones y no era necesario cambio alguno, esta cobertura funcionó adecuadamente los cuatro años de estudio ya que su efecto en la conservación de humedad no disminuyó.

Rastrojo de maíz. Se encontró que la mayor parte del rastrojo se había incorporado al suelo y se sustituyó con rastrojo picado a

Cuadro 2. Porcentaje de humedad del suelo con base en peso bajo diferentes coberturas de suelo en vid. 1977.

Tratamiento	1977									
	0-30		0-30		0-30		0-30		0-30	
Poliétileno negro	20.0	a	19.7	ab	15.2	a	13.00	a	13.25	a
Piedra laja	21.0	a	20.0	a	13.2	ab	11.25	ab	8.50	c
Cartón asfaltado	15.74	abc	18.7	abc	13.5	abc	10.25	b	9.92	bc
Grava suelta	15.00	c	16.7	bc	14.2	a	12.25	ab	9.50	bc
Rastrojo de maíz	19.0	ab	17.0	bc	12.7	ab	6.00	c	11.00	b
Suelo desnudo	17.25	abc	16.2	c	10.7	b	9.75	b	7.50	d
C.V. = 11%	C.V. = 10%				C.V. = 12%				C.V. = 15%	
C.V. = 11%	DMS = 2.919				DMS = 3.58				DMS = 3.95	
DMS = 3.231										
DMS = 2.51										

Cuadro 3. Porcentaje de humedad del suelo con base en peso bajo diferentes coberturas de suelo en vid. 1978.

Tratamientos	1978							
	0-30		0-30		0-30		0-30	
Poliétileno negro	12.50	a	10.32	a	13.25	a	13.37	b
Piedra laja	6.79	b	6.59	b	8.75	b	13.47	b
Cartón asfaltado	8.34	b	5.71	b	9.25	b	11.88	b
Grava suelta	7.67	b	6.80	b	10.75	a	16.43	a
Rastrojo de maíz	8.26	b	7.28	b	8.50	b	13.22	b
Suelo desnudo	5.68	b	4.64	b	7.50	c	10.89	b
C.V. = 21%	C.V. = 19%		C.V. = 10%		C.V. = 11%			
DMS = 2.663	DMS = 2.016		DMS = 1.523		DMS = 2.365			

razón de 12 kg por metro cuadrado y se cubrió con una capa de tierra; se considera que esta cobertura tiene una durabilidad máxima de dos años, debido a que su efecto de conservación de humedad disminuyó en ese lapso. En 1975 tuvo un 10% más de humedad que el testigo y en 1977 sólo un 5%.

Grava suelta. Se observó que mucha de esta grava se había esparcido, debido a la fuerza de las avenidas que entraban por el canal y se le aplicó otra capa de grava de diámetro diverso aumentando considerablemente su efecto en la retención de humedad, de 11% más que el testigo en 1977, a un 30% en 1978.

Piedra laja. Este tratamiento, por su misma naturaleza, no ha sufrido cambios en los cuatro años de estudio y se encuentra en perfectas condiciones.

Cartón asfaltado. Se observó que impide la evaporación directa del agua en las capas superficiales suponiendo que se ha estado incorporando al suelo, por lo que se estima que la durabilidad de ésta no es mayor de cuatro años.

CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos en estos cuatro años de estudio se puede concluir lo siguiente:

1. Es factible el establecimiento y manejo de la vid con aguas de escorrentía utilizando la metodología descrita y aplicando cobertura a la superficie del suelo.
2. La cobertura de polietileno negro proporcionó las mejores condiciones para un mayor desarrollo de la planta.
3. La cobertura de polietileno negro fue la que conservó mayor contenido de humedad en el estrato de 0-30 cm.
4. Después del polietileno negro los tratamientos que se comportaron mejor, tanto en la conservación de la humedad como en la producción de madera y durabilidad, fueron la piedra laja y el cartón asfaltado.
5. Las coberturas con mayor durabilidad fueron el polietileno negro y la piedra laja.

LITERATURA CITADA

ADAMS E.J. 1970. Effect of mulches and bed configuration II. Soil temperature and growth and yield response of grain sorghum, and corn. Agron. J. 62: 785-790.

ANAYA G., M. y J. TOVAR S. 1974. Different soil treatments for harvesting water for radish production in the Mexico Valley. Agricultural Research Service U.S. Department of Agriculture. Proceeding of the water harvesting symposium. Phoenix, Arizona, March 26-28, 1974.

FAO 1971. Tillage and seeding practices and machines of crop production in semiarid areas. FAO Agricultural Development Paper No. 92. Rome, Italia.

KOSHI, T.P. y W.F. DONALD. 1970. Effect of seedbed configuration and cotton bur mulch on lint cotton yield, soil water, and water use. Agron. J. 63: 817-822.

MARTINEZ M., L. y V.S. CEPEDA. 1970. Aprovechamientos de aguas de escurrimiento y producción de cosechas de suelos de laderas aluviales de la zona árida del municipio de Saltillo, Coah. Boletín Técnico de la Escuela Superior de Agricultura "Antonio Narro". Universidad de Coahuila.

MEHDIZADEH, P., A. KOWSAR, E. VAZIRI y L. BOERSMA. 1978. Water harvesting for afforestation: I. Efficiency and life span of asphalt cover. Soil Sci. Soc. Am. J. H2: 644-649.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. 1974. More water for arid lands. Washington, D.C. 87-89.

ROBLEDO de P.F. y V.L. MARTIN. 1980. Aplicación de los plásticos en la agricultura. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.

TERRAZAS J., A., M. ANAYA G., J. TOVAR S., A. MARTINEZ, G. 1979. Influencia de la captación *in situ* de Agua de Lluvia, cobertura de rastrojo y fechas de siembra en la producción de maíz de temporal. AGROCIENCIA 36: 179-189.

UNGER W.P. 1975. Surface residue, water application and soil texture effects on water accumulation. Soil Sci. Soc. Am. J. 40: 298-300.

COMPORTAMIENTO DE LOS ANDOSOLES NEGROS CON RESPECTO AL AGUA EN EL VOLCAN COFRE DE PEROTE (VER.)

Black Andic Soils and the Water Cycle in the
"Cofre de Perote" Volcano (Ver.)

Didier Dubroeuq, Adolfo Campos y Daniel Geissert

Instituto de Ecología A.C., Apartado Postal 63,
91000 Xalapa, Ver.

Palabras clave: Andosoles negros, Retención de humedad, Porosidad.

Index words: Black andic soils, Soil moisture content, Porosity.

RESUMEN

Los andosoles son suelos de origen volcánico que deben sus propiedades específicas a la presencia de abundantes minerales amorfos con aspecto de geles. Los andosoles negros presentan una capa superior muy orgánica que puede variar de 0.5 hasta 3 m de espesor. Aquellos suelos se encuentran en las laderas húmedas del Cofre de Perote, entre 2000 y 3500 metros de altitud sobre el nivel de mar (msnm).

De un estudio de las propiedades hidrodinámicas de los andosoles negros del cofre de Perote destacan cuatro resultados importantes: los horizontes negros se diferencian de los otros materiales por una densidad aparente muy baja, una porosidad muy elevada sobre todo en la parte inferior del suelo, un contenido de agua total elevado (533

litros m^{-3} hasta 1.50 m de profundidad) y una disponibilidad de 133 litros m^{-3} de agua útil para la vegetación, sin variación notable durante el año. Estos resultados destacan el papel de los suelos para almacenar y regular las aguas superficiales. También subrayan que son muy sensibles a la compactación, fenómeno que disminuye la humedad total del suelo, y también a la desecación, que reduce irreversiblemente en un 60% la retención de la humedad a bajas tensiones. Por eso se recomienda la conservación integral de los andosoles negros en su ambiente natural.

SUMMARY

Andic soils are originated from volcanic materials and their specific properties are due to abundant amorphous minerals with aspect of gels. Black andic soils show an upper organic layer whose thickness may vary from 0.5 to 3 meters. These soils are found on the humid slopes of the "Cofre de Perote" volcano, between altitudes of 2000 and 3500 meters above sea level.

The study of the hydrodynamic properties of black andic soils from the "Cofre de Perote" volcano leads to four major results: the black organic upper horizon shows a field density

Recibido 2-91.

lower than other andic horizons; the porosity of the black material is very abundant and increases to the bottom of the soil; the total soil water content is very high and reaches 533 liters m^{-3} up to 1.50 m deep; the soils store 133 liters m^{-3} up to 1.50 m deep of available water for plant growth and without much variation during the year. These results emphasize the importance of black andic soils in the storage and regulation of subsurface waters. They also prove that soil compactation lowers the total water content, and soil dehydration reduces irreversibly soil moisture retention at low tensions in 60%. Consequently, the integral conservation of black andic soils in their natural environment is recommended.

INTRODUCCION

El abastecimiento de agua para la región de Xalapa depende en gran parte de los arroyos que nacen en las laderas del Cofre de Perote. Este volcán constituye un reservorio natural, pero el proceso de almacenamiento de las precipitaciones no ha sido claramente explicado hasta la fecha. En particular, entre los factores ecológicos que contribuyen a regular el escurrimiento de las aguas superficiales, el suelo ha sido uno de los menos estudiados.

Los suelos del Cofre de Perote, originados en materiales volcánicos y bajo condiciones climáticas húmedas y templadas de altitud, se llaman andosoles. Las características mineralógicas de los andosoles son muy distintas de las de otros suelos que comúnmente se encuentran en las tierras bajas. En lugar de arcillas con estructuras cristalinas laminares la fracción fina está dominada por complejos organo-minerales estables, muy higroscópicos y con aspecto de gel. Estos complejos amorfos son aluminosilicatos (alófanos, imogolita, hisingerita) asociados con ácidos húmicos, óxidos y arcillas del grupo de la haloisita).

Tal composición mineralógica muy específica se refleja en las propiedades físicas del

suelo y particularmente en el comportamiento con el agua. Este último fue estudiado en andosoles de Japón y Antillas (Warkentin, 1972; Warkentin y Maeda, 1974). Entre varias características el punto de liquidez, porcentaje de agua que ocasiona que el material se convierta de pastoso a líquido, se alcanza con 160 a 250% de agua en estos suelos, mientras que en los materiales ferralíticos se logra con 100% de agua solamente (Wesley, 1973). Una porosidad total de 55% hasta 70-80% en volumen se midió en andosoles desarrollados sobre cenizas en la Sierra Nevada de México (Miehlich, 1984), así como un contenido de agua relativamente elevado de 22 a 40% en volumen a 0.3 bars de tensión y de 7 a 18% en volumen a 15 bars.

Para interpretar estas propiedades físicas algunos autores se basan en la organización microestructural muy específica de aquellos suelos (González de Vallejo *et al.*, 1981). Otros confirman que los minerales amorfos, con su alta superficie específica de absorción, son responsables de los altos contenidos de agua retenida (Warkentin, 1972). La elevada porosidad también se puede explicar por la intensa exportación de minerales producto de la intemperización en los horizontes inferiores de los perfiles, similar a una erosión interna (Miehlich, 1984). En los andosoles que, además presentan altos contenidos de materia orgánica, se incrementa la aptitud para retener el agua (Maeda *et al.*, 1976).

En las laderas del volcán Cofre de Perote los andosoles negros se caracterizan por poseer gruesos horizontes que pueden alcanzar hasta 3 m de espesor, de color muy negro, con alto contenido de materia orgánica. En los suelos negros se inician ejes de drenaje, cuya densidad es mayor a la de cualquier otro tipo de suelo del Cofre de Perote. Por estas razones, se estudiaron en ellos las propiedades físicas en relación con el agua, con el fin de determinar su papel en la retención y el almacenamiento de las aguas superficiales.

MATERIALES Y METODOS

Los suelos negros se localizan esencialmente en las vertientes húmedas Sur y Este del Cofre de Perote (Rossignol *et al.*, 1987) entre 2000 y 3500 msnm, sobre materiales volcánicos no consolidados, tales como: cenizas o flujos lávicos de bloques andesíticos envueltos en una matriz fina de ceniza. Es evidente que los andosoles de esta zona no se reducen solamente a varios horizontes negros sino comprenden también horizontes inferiores de color pardo que provienen directamente de la alteración de los materiales volcánicos no consolidados. Su disposición en la topografía siempre corresponde a valles colgados, cubetas o hondonadas con pendientes más suave que la pendiente general, en donde se acumulan las aguas de drenaje. Dichos suelos cubren alrededor de 12500 ha en la zona cartografiada. La vegetación climax consta de un estrato de pinos (*P. patula*, *P. montezumae*) y una cubierta densa de zacatón (*Stipa spp*), que desarrolla una espesa alfombra de raíces enmarañadas.

Los suelos estudiados se localizan en la vertiente Sur del Cofre de Perote, a 19° 25'N y 97° 11'W, entre 2900 m y 3100 m de altitud, al Norte del poblado San José de Aguazuelas. Los andosoles fueron divididos en tres categorías de acuerdo a la importancia de los horizontes negros: (1) el andosol negro profundo, enteramente constituido por un material negro hasta 1.50 m de profundidad o más; (2) el andosol negro poco profundo, con una capa negra de aproximadamente 1 m de espesor; y (3) el andosol pardo, con una capa negra no mayor de 0.5 m de profundidad.

Sin entrar en los detalles de las clasificaciones, en la Soil Taxonomy estos suelos se reportan como "Hydrandepts", o "Andisoles" en el nuevo orden que ha sido creado ultimamente (Icomand, 1988). En la clasificación francesa se llaman "Andosoles húmicos".

El andosol negro poco profundo es el más representativo. Consta de tres horizontes principales: (1) de 0 a 1 metro: negro, limoso, muy friable, con fuerte reacción al NaF; (2) de 1 a 1.50 metro: pardo oscuro, restos de ceniza muy alterada arcilloso, pegajoso, reacción débil con NaF; y (3) de 1.50 a 2.50 metros: pardo verdusco, flujo de bloques con matriz fina muy meteorizada, arcilloso, pastoso, muy poroso, agregados finos poliédricos.

En cada horizonte de 17 perfiles incluyendo a los tres tipos de andosoles negros, se colectó suelo no perturbado con el método del cilindro y muestras perturbadas, que se conservaron con la humedad de campo. El primer muestreo se realizó en abril de 1990, al final del periodo seco, el segundo en noviembre de 1990, al final del periodo húmedo. Las determinaciones efectuadas son las siguientes: humedad de campo (cilindro); densidad aparente (cilindro); densidad real (picnómetro); retención de agua con cinco presiones (0.3, 1, 5, 10, 15 bares) en muestras conservadas con la humedad de campo; retención de agua en muestras secadas de modo irreversible (5 días a 40°C). Por agua disponible se entiende el agua útil para la vegetación, o sea extractable entre las presiones de 0.1 y 15 bares. El agua total es la que se extrae del suelo a 105°C.

RESULTADOS Y DISCUSION

En condiciones de campo, bajo vegetación natural, el horizonte negro de los diferentes andosoles observados presenta siempre una densidad aparente muy baja, entre 0.3 y 0.6 g cm⁻³. Los horizontes más arcillosos y de color pardo que se encuentran en la parte inferior de los perfiles muestran una densidad aparente significativamente más alta alrededor de 1 g cm⁻³ (Figura 1).

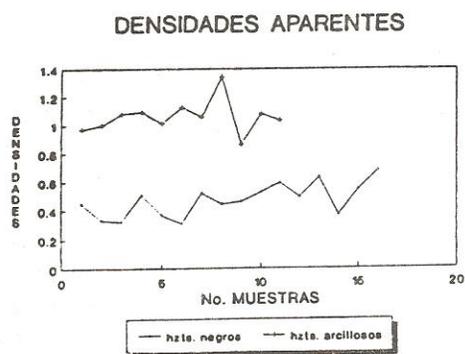


Figura 1. Los horizontes negros se diferencian de los otros materiales más arcillosos por una densidad aparente muy baja.

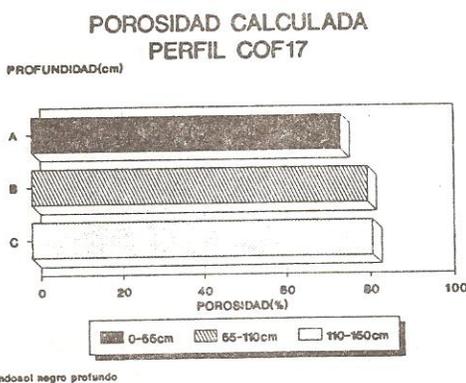


Figura 2. La porosidad de los andosoles negros rebasa el 75% del volumen del suelo y aumenta hasta 80% en los horizontes profundos.

La porosidad del suelo, calculada a partir de la densidad aparente (cilindro) y de la densidad real (picnómetro) se expresa como porcentaje del volumen total del suelo en condiciones de campo. En términos generales los andosoles registran una elevada porosidad bajo vegetación natural, que supera el 70% (Figura 2) y aumenta hacia los horizontes inferiores del perfil, cerca del material de alteración. Los andosoles negros profundos presentan las mismas características, pero la parte inferior, más porosa, se localizó en la base del material negro, con más de 80% del volumen disponible para aire o agua (Figura 2). La variación de la porosidad en los varios horizontes negros se explica por el cambio de estructura del mismo material. En la parte superior se observa exclusivamente una estructura micronodular dejando espacios intersticiales muy finos de 0.02 mm (Figura 3). En la parte inferior del material negro aparece en lugar de los micronódulos, una estructura masiva, compuesta de agregados muy opacos atravesados por canales de 0.2 mm a 0.5 mm de diámetro (Figura 4). Tal distribución permite un mayor volumen de los vacíos que facilita la circulación de los líquidos en los horizontes inferiores, mientras que la parte superior del suelo presenta una porosidad fina que facilita los intercambios con el aire.

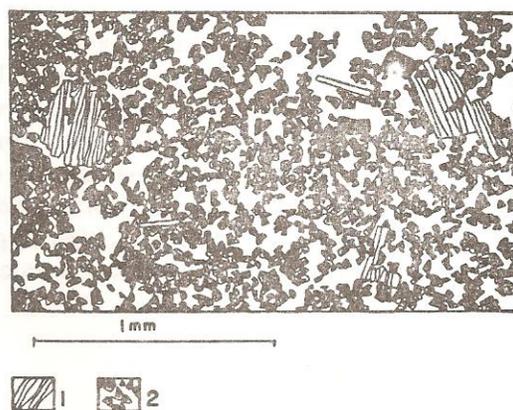


Figura 3. Micro-estructura de la parte superior del horizonte negro. 1 = fragmentos de pómez. 2 = micronódulos de materia orgánica.

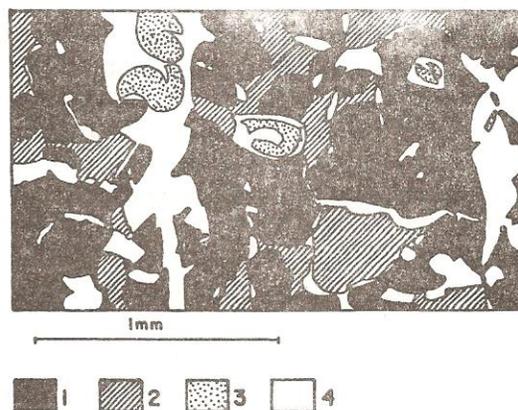


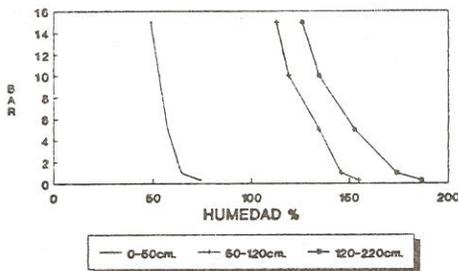
Figura 4. Micro-estructura de la parte inferior del horizonte negro. 1 = geles opacos con materia orgánica. 2 = agregados de materia orgánica de color pardo rojizo. 3 = rellenos biológicos. 4 = vacíos.

Las curvas de retención de humedad no alcanzan su punto de inflexión entre 0.3 y 15 bares y permanecen ascendentes arriba de 15 bares. Esto significa que aún permanece una alta reserva de agua en el suelo a tensiones elevadas, pero no disponible para la mayoría de las plantas, tampoco para abastecer a los ejes de drenaje.

El andosol negro profundo muestra los valores de retención de humedad más elevados, sobre todo en la parte inferior del material negro: cerca de 200% de agua a tensiones bajas, con relación al peso de tierra seca (Figura 5). Los perfiles de andosoles poco profundos muestran valores inferiores entre 50 y 100% (Figura 6); el andosol pardo contiene todavía menos agua (Figura 7). Asimismo, las reservas de agua disponible se relacionan directamente con el espesor del horizonte negro.

Para una mejor evaluación del agua almacenada en estos suelos, se calcularon las cantidades en litros dentro de una columna de suelo de 1 m² de superficie por 1.5 m de profundidad. El andosol negro profundo es el suelo que presenta los valores de agua total más elevados: cerca de 800 litros, de los cuales el agua disponible representa solamente

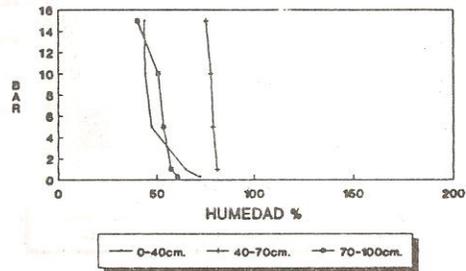
RETENCION DE HUMEDAD
PERFIL COF18



andosol negro profundo

Figura 5. En el andosol negro profundo las curvas de retención de humedad indican que cerca del 200% de agua está retenida a baja tensión (0.4 b.) y grandes cantidades de agua permanecen en el suelo a tensiones elevadas (15 b.).

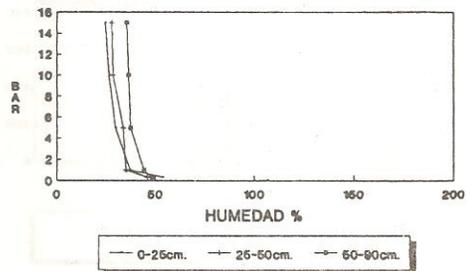
RETENCION DE HUMEDAD
PERFIL COF16



andosol negro poco profundo

Figura 6. El andosol negro poco profundo puede retener hasta el 80% de agua a baja tensión (0.4 b.) y las cantidades que permanecen en el suelo a tensiones altas superan el 50% del peso de tierra seca.

RETENCION DE HUMEDAD
PERFIL COF7

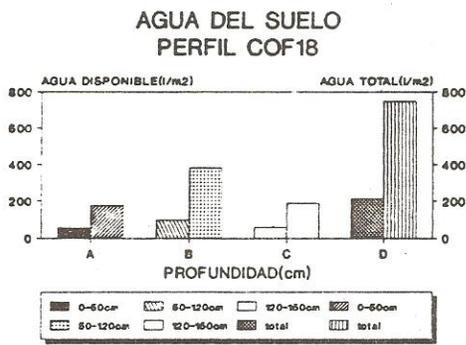


andosol pardo

Figura 7. El andosol pardo puede retener hasta 50% de agua a tensiones bajas (0.4 b.) y cantidades levemente inferiores a tensiones elevadas (15 b.).

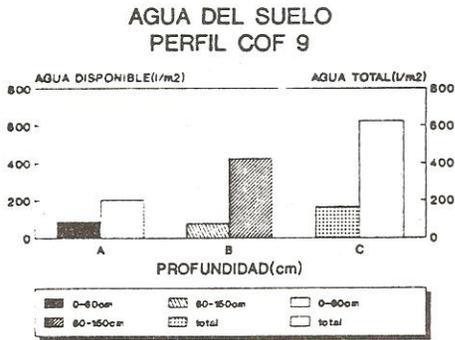
200 litros (Figura 8). El andosol pardo contiene cantidades de agua total inferiores: 620 litros. Pero el agua disponible alcanza valores similares a las del suelo negro profundo (Figura 9).

Los resultados anteriores destacan la importancia del volumen de agua almacenada en estos suelos, el cual alcanza 800 litros para 1.5 m³ de suelo en los andosoles negros profundos, con 200 litros disponibles para la vegetación y los escurrimientos. En estas condiciones, el agua se considera como el componente mayor del suelo. Tal constitución



andosol negro profundo

Figura 8. En 1 m² de superficie y hasta 1.50 m de profundidad, el andosol negro profundo contiene 800 litros de agua total de la cual 200 litros son disponibles para las plantas.



and. al pardo

Figura 9. En 1 m² de superficie y hasta 1.50 m de profundidad, el andosol pardo contiene 600 litros de agua total de la cual 185 litros son disponibles para las plantas.

se debe a la presencia de sustancias altamente higroscópicas, principalmente geles organo-minerales.

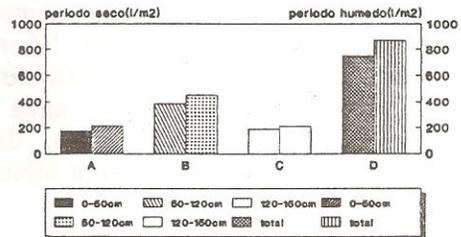
En la gráfica de la retención de humedad (Figura 5) se observa que las mayores cantidades de agua están retenidas en los horizontes inferiores y, particularmente, en el último horizonte negro, de 120 a 220 cm de profundidad.

Se supone que este horizonte debe contener una mayor cantidad de sustancias amorfas.

El agua disponible ocupa aproximadamente la cuarta parte del agua total del suelo, o sea 200 litros para 1.5 m³ de suelo (Figura 8, Figura 9). Esto significa que la mayor parte del agua se encuentra retenida a tensiones muy altas, es decir en poros sumamente finos.

Las cantidades de agua total medidas durante el período húmedo y durante el periodo seco no revelan mucha diferencia (Figura 10, Figura 11). Esto significa que la reserva de agua almacenada en el suelo se mantiene relativamente constante durante el año y lo mismo para el agua disponible. En consecuencia, además de actuar como reservorios de agua, los andosoles negros juegan también un papel en la regulación de los escurrimientos.

AGUA TOTAL DEL SUELO VARIACION ESTACIONAL PERFIL COF18



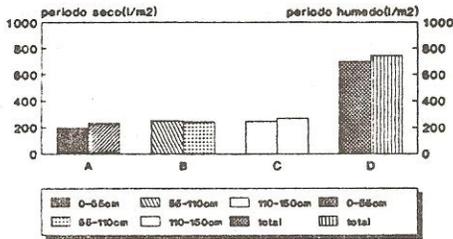
andosol negro profundo

Figura 10. El perfil COF18 de andosol negro profundo resalta que la diferencia en el contenido de agua total entre la estación seca (770 litros) y la estación húmeda (820 litros) es solamente de 50 litros.

CONCLUSIONES

Las características físicas definidas anteriormente se refieren a varios aspectos de un mismo material, altamente higroscópico, en su mayoría orgánico, esencialmente compuesto de minerales amorfos, con ausencia o poca cantidad de arcillas mineralógicas. La alteración de una característica modifica las otras. Por lo tanto, al disminuir la

AGUA TOTAL DEL SUELO
VARIACION ESTACIONAL
PERFIL COF 17

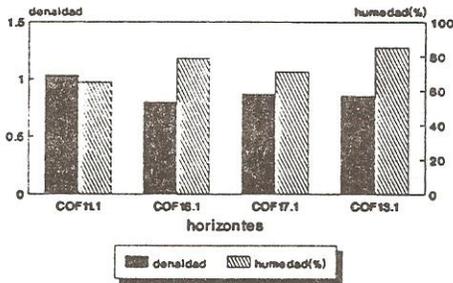


andosol negro profundo

Figura 11. El perfil COF17 de andosol negro profundo resalta que existen solamente 20 litros de diferencia en agua total entre el periodo húmedo (770 litros) y el periodo seco (750 litros).

porosidad por compactación superficial bajo el efecto del pisoteo, se reduce la cantidad de agua total del suelo. En la gráfica (Figura 12) el perfil 11 presenta una leve compactación superficial en comparación con los otros perfiles. Aquella se traduce en un aumento de la densidad aparente (hasta 1 g cm⁻³) y también de la humedad de campo que, al inverso, disminuye del 85% al 65%. Así comprobamos que la compactación altera y reduce las aptitudes del suelo para captar agua.

COMPACTACION SUPERFICIAL
densidad / humedad en campo



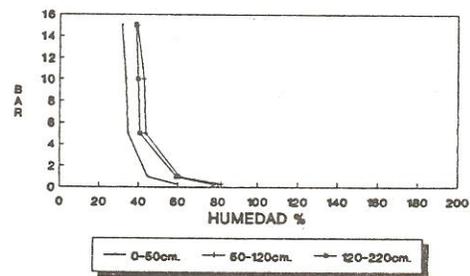
metodo del cilindro

Figura 12. El perfil COF11 es levemente compactado en superficie. Muestra una densidad de 1.0 superior a los otros perfiles. Paralelamente la humedad global se reduce del 85% al 65% en comparación con los suelos no compactados.

Una alta disponibilidad del agua en estos suelos significa también una susceptibilidad a la evaporación. Estas condiciones se generan cuando se remueve la cobertura vegetal natural para fines de cultivo. La composición de estos materiales los hace más sensibles a la desecación. Comprobamos que no se obtienen las mismas características hidrodinámicas cuando el suelo ha sido sometido a una desecación (Figura 13). Si se comparan las curvas del mismo suelo en condiciones de campo (Figura 5), se nota que el andosol negro profundo pierde definitivamente el 60% de su capacidad de retención de agua después de haber sido desecado. Paralelamente, el andosol negro poco profundo (Figura 14) pierde definitivamente el 30% de su capacidad de retención. El deterioro de la capacidad para almacenar agua, además de ser irreversible, afecta de manera más intensa a los suelos negros con mayor espesor.

Debido a la importancia de los andosoles negros en la economía del agua del macizo Cofre de Perote y también debido a la fragilidad de los mismos en condiciones de uso, se recomiendan medidas de conservación en las áreas ocupadas por estos suelos.

RETEN. HUMEDAD SUELO SECO
PERFIL COF18



andosol negro profundo

Figura 13. El andosol negro profundo, secado artificialmente, no puede retener más del 80% de humedad a tensiones bajas.

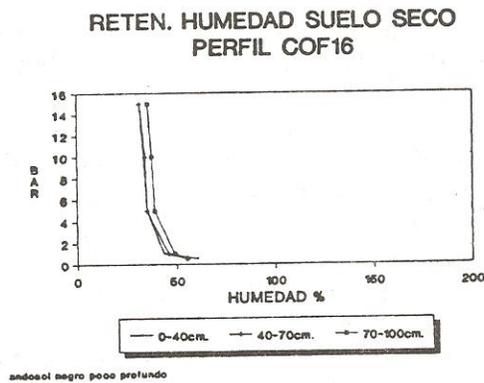


Figura 14. El andosol negro poco profundo, secado artificialmente, no puede retener más del 60% de humedad a tensiones bajas.

LITERATURA CITADA

- GONZALEZ DE VALLEJO L.I., J.A. JIMENEZ S., S. LEGUEY J. 1981. Engineering geology of the tropical volcanic soils of La Laguna, Tenerife. Eng. Geol., 17: 1-17.
- ICOMAND, Circular letter n 10, 29 February 1988. Soil Bureau, DSIR, New Zealand.
- MAEDA T., SOMA K., SASAKI S. 1976. Studies on the relationship between physical properties and organic matter content of soils. Trans. JSIDRE, 61: 9-17.
- MIEHLICH G. 1984. Chronosequenzen und anthropogene Veränderungen andesitischer Vulkanascheböden in drei Klimastufen eines rantropischen Gebirges (Sierra Nevada de México). Tesis doc., Univers. Hamburgo, Rep. Fed. Alem., 367 p.
- QUANTIN, P. 1988. Documento preliminar al capítulo de los Andosoles. Proyecto de Clasificación Francesa de los Suelos. ORSTOM, Paris.
- ROSSIGNOL J.P., D. GEISSERT, A. CAMPOS, J. KILIAN. 1987. Mapa de Unidades morfoedafológicas al 1/75000 del Area Xalapa-Coatepec. INIREB-ORSTOM, Instituto de Ecología A.C., Xalapa, Ver., México.
- WARKENTIN B.P. 1972. Use of the liquid limit in characterizing clay soils. Can. J. Soil Sci., 52(2): 457-464.
- WARKENTIN B.P., T. MAEDA. 1974. Physical properties of allophane soils from the West Indies and Japan. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 38(2): 372-377.
- WESLEY L.D. 1973. Some basic engineering properties of halloysite and allophane clays in Java, Indonesia. Géotechnique, 23(4): 471-494.

UN SISTEMA DE INFORMACION PARA EL MANEJO DE DATOS CLIMATICOS (METODOLOGIA DE CALCULO)

An Information System For Climatic Data Management
(Estimating Methods)

Guillermo Medina G., Lorenzo Aceves N. y Graciela Bueno de A.

CIFAP-Zacatecas, Apartado Postal 18, 98500 Calera de V.R., Zac.
Centros de Edafología y Estadística, Colegio de Postgraduados
56230 Chapingo, México

Palabras clave: Sistema de información, Clima, Índices agroclimáticos, Probabilidades.

Index words: Information system, Weather, Agroclimatic index, Probabilities.

functions of the system are: 1) evaluation of agroclimatic indexes, goodness of fit tests, calculation of the probability for rainfall data, data searching, and basic statistics 2) data base maintenance and 3) import and export of files.

RESUMEN

Se presenta la metodología de cálculo para el manejo de datos climáticos de un sistema de información. El sistema se desarrolló para microcomputadoras IBM-PC y compatibles. Las principales funciones del sistema son: 1) cálculo de índices agroclimáticos, pruebas de bondad de ajuste, probabilidades de lluvia y heladas, búsquedas de datos bajo ciertas condiciones, y estadísticas básicas; 2) mantenimiento de la base de datos y 3) importación y exportación de archivos.

SUMMARY

An estimating method for weather data use of an information system is presented. The system was developed for IBM-PC and compatible microcomputers. The main

INTRODUCCION

El avance impresionante de la computación en los últimos años, se debe en gran parte a la aparición de equipos cada vez más pequeños en tamaño pero con mayor capacidad de almacenamiento y velocidad de proceso. Entre estos equipos se encuentran las computadoras personales o microcomputadoras.

Con la aparición de las microcomputadoras se ha extendido el uso de los sistemas de información computarizados aplicables a cualquier tipo de actividad (administrativa, educativa, científica, etc.).

En el área agrícola es indudable que el clima es uno de los componentes principales que afectan el desarrollo de los cultivos; esta relación agricultura-clima es estudiada por la agroclimatología.

La agroclimatología involucra diferentes áreas de estudio como pueden ser el análisis

Recibido 2-91.

de recursos climáticos, análisis del clima y su relación con programas operativos y la modificación artificial del microclima (Villalpando, 1985).

Este mismo autor señala que algunas de las aplicaciones de los elementos del clima en la agrometeorología son: cálculo de unidades calor y frío, determinación del período de crecimiento, probabilidades de lluvia y heladas, balance hídrico, entre otros.

Sin embargo, los datos climáticos representan un gran volumen de información y su análisis consume una gran cantidad de tiempo y además resulta bastante tedioso.

El objetivo de este trabajo fue desarrollar un sistema de información que permita crear una base de datos climáticos a partir de la cual se puedan realizar búsquedas de datos bajo ciertas condiciones, obtener diversos índices agroclimáticos, estadísticas básicas, probabilidades de lluvia, pruebas de bondad de ajuste, etc. Con la posibilidad de poder seleccionar cualquier período de trabajo dentro de cada uno de los años que forman la serie climática.

En este artículo se describe el método de cálculo de los diversos índices o parámetros agroclimáticos, pruebas estadísticas, y estadísticas básicas.

MATERIALES Y METODOS

El sistema de información para el manejo de datos climáticos fue desarrollado con el lenguaje de programación de Turbo Pascal versión 4.0 (Borland International, 1987) en una microcomputadora compatible con IBM-PC con memoria de 640 kbytes y disco duro de 20 Megabytes. Fue liberado con el nombre de SICA (Sistema de Información para Caracterizaciones Agroclimáticas).

Variables Climáticas.

Las estaciones meteorológicas del país cuentan con un formato muy completo para

registrar las variables del clima. Sin embargo, en la mayoría de las estaciones, no todas las variables de este formato son registradas.

Como las variables climáticas registradas varían de estación a estación se decidió trabajar en SICA con las variables que estuvieron registradas en la mayoría de los casos.

Las variables que se incluyeron para formar parte del registro diario de clima fueron:

Temperatura máxima
Temperatura mínima
Precipitación
Evaporación
Nubosidad
Granizo

Indices Agroclimáticos.

Los índices agroclimáticos calculados por SICA son los siguientes:

a) Unidades térmicas (UT). Para el cálculo de las unidades térmicas diarias se empleó la fórmula de grados día de desarrollo (GDD) reportada por Robertson (1983), cuyas variantes de solución son propuestas por Snyder (1985), para lo cual se requiere la temperatura máxima restrictiva (MaxR) y la temperatura mínima restrictiva (MinR). Durante el cálculo se pueden presentar las siguientes cuatro condiciones:

1) Si $Min \geq MinR$ y $Max \leq MaxR$

$$UT_1 = \frac{Max + Min}{2} - MinR$$

donde:

Max = temperatura máxima
Min = temperatura mínima

2) Si $\text{Min} \geq \text{MinR}$ y $\text{Max} > \text{MaxR}$

$$UT_2 = UT_1 - \frac{\text{Max} + \text{Min}}{2} * N$$

donde:

$$N = 0.994 - 1.71 * R + 0.71 * R * R$$

$$R = \frac{\text{MaxR} - \text{Min}}{\text{Max} - \text{Min}}$$

3) Si $\text{Min} < \text{MinR}$ y $\text{Max} \geq \text{MaxR}$

$$UT_3 = \frac{\text{Max} + \text{Min}}{2} * N$$

donde:

$$N = 0.994 - 1.71 * R + 0.71 * R * R$$

$$R = \frac{\text{MinR} - \text{Min}}{\text{Max} - \text{Min}}$$

4) Si $\text{Min} < \text{MinR}$ y $\text{Max} > \text{MaxR}$

$$U_4 = UT_3 - UT_2$$

b) Unidades fototérmicas (UF). Las unidades fototérmicas se calcularon como:

$$UF = UT * \text{Fotoperiodo}$$

y donde el fotoperiodo es calculado a partir de la latitud del lugar (Robertson, 1983).

c) Horas frío (HF). Para el cálculo de las HF se utilizó un método derivado a partir de la ecuación senoidal propuesta por Snyder (1985), mediante el cual se puede calcular el número de horas por día en que la temperatura es menor a una temperatura base (T_b) dada. La manera como se hace la estimación es la siguiente:

$$A = \frac{T_b - \frac{\text{Max} + \text{Min}}{2}}{\frac{\text{Max} - \text{Min}}{2}}$$

$$B = \text{Arctan} \left[\frac{A}{1 - A^2} \right] * 3.8197097$$

$$HF = (B + 6) * 2$$

d) Probabilidad de heladas. Para el cálculo de probabilidad de heladas se siguió la metodología propuesta por Ortiz (1987), mediante la cual la fecha de la primera y última heladas es codificada como 1 para la primera ocurrencia; la segunda ocurrencia se codifica como fecha codificada de la primera ocurrencia más el número de días entre la primera y segunda ocurrencia, etc.

Los datos codificados se ajustan o se supone que tienen una distribución normal y a partir del estadístico Z se determina la fecha de ocurrencia como

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma} \quad \text{y} \quad x = Z + \mu$$

donde:

x = fecha codificada

μ = media

σ = desviación estándar

A partir de la primera y última heladas se puede obtener el período libre de heladas.

e) Probabilidades de lluvia. La estimación de probabilidades de lluvia se realizó mediante cuatro distribuciones: gamma incompleta, normal, galton y acumulativa.

i. Distribución gamma incompleta. Para el cálculo de probabilidades con la distribución

gamma incompleta se usó la aproximación numérica reportada por Abramowitz y Stegun (1970).

ii. Distribución normal. En esta distribución a partir del estadístico Z se determina la probabilidad de lluvia como:

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma} \quad \text{y} \quad x = Z + \mu$$

donde:

x = lluvia

μ = media

σ = desviación estándar

iii. Distribución Galton. La distribución de Galton se aplica comúnmente a datos asimétricos usando una Z que se calcula de la siguiente manera según el método reportado por Ortiz (1987):

$$Z = \frac{\text{Log } \frac{x}{G}}{\text{Log Gg}}$$

donde:

x = datos originales (lluvia)

G = media geométrica

Gg = desviación geométrica

$$\text{Log G} = \frac{1}{n} \sum \text{Log } x_i$$

$$\text{Log Gg} = \frac{\sqrt{\sum (\text{log } x_i - \text{Log G})^2}}{n}$$

iv. Distribución acumulativa. La probabilidad de la distribución acumulativa se obtiene mediante la fórmula propuesta por Weibull citado por Ortiz (1987).

$$F = \frac{m}{n + 1}$$

donde m es el número de orden y n el número de observaciones. F es la probabilidad de ocurrencia de una cantidad de lluvia mayor o igual a un valor establecido $P(X \geq X_0)$.

f) Prueba de homogeneidad. Para esta prueba se utilizó el método reportado por Ortiz (1987) mediante el cual, después de haber calculado la media y con los datos ordenados cronológicamente, se hace un conteo del número de veces en que la serie cambia de valores superiores a la media, a inferiores a la media y viceversa. El número total de cambios se compara con los límites de la distribución normal que se obtienen como sigue:

$$\begin{aligned} &1 + 1.1 (n/2) \quad \text{Límite superior} \\ &-1 + 0.9 (n/2) \quad \text{Límite inferior} \end{aligned}$$

donde: n es el número de años u observaciones

Cuando el número total de cambios está entre los límites se considera que la muestra es homogénea, con lo cual puede hacerse un análisis de probabilidad normal.

g) Prueba de bondad de ajuste. La prueba de bondad de ajuste realizada fue la de Smirnov y Dinin-Barkowskij (1979), mediante la cual se estima el estadístico no paramétrico siguiente:

$$nW^2 = \frac{1}{12n} + \sum_{i=1}^{12} \left[F(x)_i - \frac{2i - 1}{2n} \right]^2$$

donde:

n = número de observaciones

$F(x)_i$ = probabilidad de la distribución deseada de la observación i.

h) Estadísticas básicas. Como estadísticas básicas se consideraron a los valores totales o acumulados y a la media en el período de trabajo especificado correspondiente a la variable o variables especificadas. Estos valores se calcularon empleando la metodología propuesta por Infante y Zárate (1984).

Los totales se estimaron como:

$$\sum_{i=1}^n X_i$$

donde:

n = número de observaciones de la variable X

y los valores medios como:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

donde:

n = número de observaciones de la variable X

\bar{X} = media aritmética

RESULTADOS Y DISCUSION

Con base en el método descrito, la estructuración de los datos en el archivo, el lenguaje de programación y la interfase con el usuario basada en menús de opciones, se obtuvo un sistema de información interactivo, de fácil manejo y muy rápido en su ejecución.

Para su uso se requiere de una microcomputadora IBM-PC o compatible con un mínimo de memoria de 512 kbytes y de preferencia con disco duro o diskettes de alta densidad.

Las opciones del menú principal son:

a) "Datos". Con esta podemos dar mantenimiento a la base de datos (entrada de datos, correcciones, eliminaciones).

b) "Impo/Expo". Aquí se puede importar y exportar archivos, esto es, transformar un archivo de datos tipo texto o ASCII a un archivo tipo SICA y a la inversa, para poder manejar los datos con diferentes programas de computadora.

c) "Cálculos". En esta parte se pueden realizar búsquedas de datos bajo ciertas condiciones, obtener diversos índices agroclimáticos, probabilidades, etc. En el Cuadro 1 se listan las opciones que pueden seleccionarse en este apartado.

En ese cuadro se presentan los nombres de las opciones tal como aparecen en los menús, pero al mismo tiempo una descripción más amplia de cada una de ellas es presentada en la parte baja de la pantalla, como se muestra en las Figuras 1 y 2.

En la Figura 1 se muestra la pantalla que aparece al seleccionar la opción "Estación". Esto se debe hacer siempre antes de realizar

Cuadro 1. Opciones que se derivan de la opción "Cálculos" del menú principal.

Estación	
Agro	Temperatura U. Térmicas U. Fototérmicas U. Frío Heladas Precipitación Ajuste Homogeneidad Probabilidades Gamma Normal Galton Acumulativa
Clima	Temperatura Máxima > valor Mínima < valor Máxima media Mínima media Media Max. y Min. Abs. Precip-Evap. Precip. > valor Precip. total Período húmedo Período seco Evapor. > valor Evapor. total Nubo-Granizo Despejados Medio nublados Granizo Promedios Originales

CALCULOS	DATOS	IMPO/EXPO	TERMINAR
ESTACION			
NOMBRE DEL ARCHIVO DE DATOS			
INICIO DE LOS DATOS DD/MM/AA			
FIN DE LOS DATOS DD/MM/AA			
AÑO INICIAL DEL ANALISIS			
AÑO FINAL DEL ANALISIS			
PERIODO	DIA	MES	DESEA DIVISIONES DENTRO DEL PERIODO
DE			
A			
DIVISION MENSUAL, DECENAL, SEMANAL, OTRO			
SELECCIONAR EL ARCHIVO DE DATOS Y PERIODO A TRABAJAR			

Figura 1. Formato para la selección del archivo de datos y periodo de trabajo.

CALCULOS	DATOS	IMPO/EXPO	TERMINAR
ESTACION			
AGRO			
1 TEMPERATURA			
2 PRECIPITACION			
1 AJUSTE			
2 HOMOGENEIDAD			
3 PROBABILIDADES			
1 GAMMA			
2 NORMAL			
3 GALTON			
4 ACUMULATIVA PRINCIPAL			
PROBABILIDAD DE LLUVIA CON DISTRIBUCION GAMM INCOMPLET			

Figura 2. Menú para el cálculo de probabilidades de lluvia.

cualquier cálculo, ya que aquí se define el archivo de datos para trabajar, se especifica el año inicial y final del análisis, el período dentro de cada año y si se desea dividir ese período en subperíodos.

Una vez que se tiene un archivo con datos diarios de clima de una serie de años, se puede trabajar en cualquier número de años y dentro de cada año cualquier período de tiempo. Por ejemplo se puede especificar del 15 de junio al 31 de octubre y al mismo tiempo obtener resultados por decena dentro de este período para cada año. Hecho lo anterior se puede seleccionar cualquier opción de cálculo como se muestra en la Figura 2.

Los resultados se pueden tener en pantalla, impresora o crear un archivo con ellos. En el Cuadro 2 se presentan los resultados obtenidos al seleccionar la opción "U. Térmicas", con un período de trabajo definido para los seis primeros meses del año de 1980 y con resultados por decena.

En el Cuadro 3 se muestran los resultados del cálculo de probabilidades de lluvia con la distribución gamma incompleta para la segunda decena de octubre en una serie de 20 años con datos de clima. Después de dar estos resultados, el programa permite obtener la probabilidad de ocurrencia para una cantidad de lluvia dada y la cantidad de lluvia que se

puede esperar con una probabilidad determinada.

Los cuadros de resultados aquí presentados se obtuvieron con una computadora IBM/PS2 modelo 50. Los del Cuadro 2 tomaron un tiempo de tres segundos y los del Cuadro 3 un tiempo de ocho segundos. Estos tiempos de respuesta indican claramente la conveniencia de utilizar este sistema y no hacer estos cálculos manualmente.

Cuadro 2. Resultado del cálculo de unidades térmicas por decena en un periodo de seis meses en un sólo año.

Período de análisis: 01/01			30/06
Dec	Mes	Año	Unidades térmicas
1	01	80	54.6
2	01	80	61.4
3	01	80	43.1
1	02	80	66.3
2	02	80	63.1
3	02	80	54.3
1	03	80	77.9
2	03	80	93.9
3	03	80	101.5
1	04	80	106.9
2	04	80	99.4
3	04	80	100.5
1	05	80	109.1
2	05	80	122.0
3	05	80	146.0
1	06	80	141.7
2	06	80	142.9
3	06	80	136.6

Cuadro 3. Resultados del cálculo de probabilidades con la distribución gamma incompleta para la precipitación ocurrida en la segunda decena de octubre en una serie de 20 años.

Período: 11/10 20/10	
Distribución Gamma-Incompleta	
Precipitación	P(X >= Xi)
78.0	0.139
73.0	0.156
67.0	0.179
66.0	0.183
64.0	0.191
51.0	0.259
46.0	0.291
46.0	0.291
39.0	0.343
38.0	0.351
37.0	0.360
32.0	0.406
22.0	0.520
20.0	0.547
12.0	0.675
9.0	0.733
2.0	0.912
1.0	0.949
0.5	0.970
0.1	0.991
Observaciones = 20	Media = 35.2
Desviación estándar = 26.1	
Alfa = 0.8	Beta = 45.1

Así como estos resultados, se puede tener fácilmente cualquier otro, sólo se define el periodo de trabajo, que puede ser el mismo, y se selecciona la opción deseada.

CONCLUSIONES

Se construyó un sistema de información para el manejo de datos de clima que permite la obtención de diversos índices agroclimáticos.

Este programa resultó muy fácil de utilizar ya que se maneja con menús de opciones de una manera interactiva, por lo que se requiere un mínimo de conocimientos de computación para usarlo.

En la estructuración del archivo de datos se empleó la técnica de crear un archivo índice, con lo que se puede realizar cálculos de cualquier año y de cualquier periodo de una

manera muy rápida, puesto que con el archivo índice no se tiene que buscar en toda la serie de datos sino que se va directamente a las fechas seleccionadas.

LITERATURA CITADA

ABRAMOWITZ, M. y I.A. STEGUN. (Editors). 1970. Handbook of mathematical functions: with formulas, graphs and mathematical tables. New York, Dover. 1046 p.

BORLAND INTERNATIONAL. 1987. Turbo pascal. Owner's Handbook. Borland International, Scotts Valley, Ca. 654 p.

INFANTE G., S. y G.P. ZARATE. 1984. Métodos estadísticos. Editorial Trillas, México, D.F. 643 p.

ORTIZ S., C.A. 1987. Elementos de agrometeorología cuantitativa. 3a. Ed. Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México, 327 p.

ROBERTSON, G.W. 1983. Weather-based mathematical models for estimating development ripening of crops. Technical Note No. 180. WMO, Geneva, Switzerland. 99 p.

SMIRNOV, N.V. y I.V. DININ-BARKOWSKIJ. 1979. Cálculo de probabilidades y estadística matemática. Editorial Paraninfo, Madrid, España.

SNYDER, R.L. 1985. Hand calculating degree days. Agric. for Meteorol. 35: 353-358.

VILLALPANDO I., J.F. 1985. Metodología de investigación en agroclimatología. Curso de orientación para aspirantes a investigador del INIP, INIF, e INIA (Tronco común). Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Consejo directivo de la investigación agrícola, pecuaria y forestal, México, D.F. 155 p.

RESPUESTA DEL MAIZ DE TEMPORAL A TRES SISTEMAS DE DRENAJE SUPERFICIAL EN QUINTANA ROO

Rainfed Maize Yield on Three Soil Surface Drainage Systems in Quintana Roo

Jorge Humberto Ramírez-Silva y Octavio Pérez-Zamora

INIFAP-Quintana Roo, Apartado Postal 250, 77000 Chetumal, Q. Roo
INIFAP-Colima, Apartado Postal 104, 28000 Colima, Col.

Palabras clave: Planchés, Camellones, Camas meloneras, Modelado de suelo.

Index words: Planches, Camellones, Broad bed, Soil surface drainage.

RESUMEN

Las condiciones de inundación durante la temporada de lluvias afectan la producción de granos básicos en Vertisoles gleycos del estado de Quintana Roo. Esta situación ocasiona que por excesos de humedad se pierda del 83% al 100% de las siembras de maíz. Para reducir estas pérdidas se evaluó, durante el ciclo de primavera-verano de 1985, tres sistemas de drenaje superficial del suelo: camas meloneras (CM), planchés (P) y camellones (C). La capacidad productiva de dichos sistemas de drenaje se comparó con la del suelo de mayor potencial productivo (80.0%) de la región (Luvisol crómico), el cual fue considerado como el testigo (T).

Debido al patrón climatológico atípicos ocurrido en el verano de 1985, el sistema de drenaje superficial no pudo evaluarse en las

Recibido 4-91.

condiciones de exceso de humedad que se había previsto. La precipitación pluvial durante el ciclo de cultivo fue sólo de 464 mm, la cual resultó 63% por debajo de la precipitación normal esperada al 90% de probabilidad. Bajo estas condiciones los rendimientos de maíz fueron de 2.60, 2.16, 1.09 y 0.82 ton ha⁻¹ en CM, T, C y P, respectivamente. Las diferencias de rendimiento entre tratamientos resultaron altamente significativas (0.01). El rendimiento relativo con respecto al testigo (100%), fue de 120%, 50% y 37% para CM, C y P, respectivamente. Las diferencias de rendimiento se relacionaron principalmente con los contenidos de humedad observados en cada uno de los sistemas de drenaje superficial durante el período seco. Además en P y C los rendimientos de maíz se relacionaron con la reducción en el contenido de fósforo asimilable, problema intrínseco asociado con la cantidad del suelo removido al invertir la capa arable y conformar los sistemas de drenaje, lo que ocasionó la exposición de subsuelo con altos contenidos de CaCO₃. El peso de grano/mazorca también mostró diferencias estadísticamente significativas (0.01) entre los sistemas de drenaje, los pesos en mazorca fueron de 153.1, 91.1, 56.1 y 147.1 g/mazorca en CM, C, P y T, respectivamente.

SUMMARY

Staple food production is restricted by waterlogging condition in heavy clay soils of Quintana Roo, Mexico. This situation causes yield losses of 83 to 100% of maize planted during the summer season. The objective of the present work was to reduce these losses by establishing a soil surface drainage system: broad beds (CM) planchés (P) and camellones (C); these treatments were compared with reference soil (Chromic Luvisol), characterized by good internal and external drainage.

Maize yields were 2.60, 2.16, 1.09 and 0.82 ton ha⁻¹ in CM, T, C, and P, respectively. Relative yields for these treatments were 100% for control, and 120.0, 50.0 and 37.0% for CM, C y P. Differences in yield treatment were related to soil moisture at a dry period. Also, soil phosphorous availability may have had an effect on yield of C and P treatments. Low phosphorous availability and water stress were of great consideration in P and C, because considerable amount of subsoil was brought to surface during the installation of the drainage systems. Grain yield of each cob showed statistical (0.01) differences among treatments; grain yield was 153.1, 91.1, 56.1 and 147.1 g/cob for CM, C, P, and T, respectively.

INTRODUCCION

El 80.0% de los suelos arables con que cuenta Q. Roo para la agricultura (432,600 ha) se clasifica como Vertisoles gleycos (F. López M., 1985, Comunicación personal). Estos suelos se caracterizan por su alto contenido de arcilla montmorillonita (> 60%), poseen drenaje pobre a muy pobre, lo cual ocasiona condiciones de reducción muy severas (Mengel y Kirby, 1978). Es de esperar que esta condición limite la producción de cultivos básicos, como maíz, ya que dicho cereal carece de un mecanismo fisiológico que le permita transportar oxígeno de la parte aérea a las raíces. Esta condición ocasiona que debido al exceso de humedad se pierda del 83 al 100% de las siembras de maíz de temporal que se

realizan en el estado (Nava, 1986); los rendimientos de maíz de temporal en suelos Vertisoles gleycos planos son del orden de 300 a 500 kg ha⁻¹ (Pérez, 1983); dichas pérdidas se asocian con exceso de humedad durante los primeros 50 a 60 días después de la emergencia (ANAGSA, 1986).

No obstante que el arroz se adapta a condiciones de suelos y climas de la región (Armstrong, 1970), los balances hídricos estimados en el estado (Pérez, 1987), según la metodología de Hargreaves (1975), le son desfavorables; dichos análisis muestran que la disponibilidad hídrica es de moderada a ligeramente deficiente durante las fases vegetativas y reproductivas (CAECHET, 1985), lo que ocasiona que a causa de la sequía el arroz se siniestre hasta en un 100% (ANAGSA, 1986). En consecuencia, esta situación hace que se incremente la superficie siniestral en Q. Roo, tanto de maíz como de arroz, situación que conduce a la "subutilización" de los Vertisoles gleycos del estado de Q. Roo.

Dadas las circunstancias anteriores, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP), a través del Proyecto de Suelos de Lento Drenaje (Pérez, 1983) evaluó a partir de 1983 alternativas de aprovechamiento de los suelos arcillosos del estado. Entre estas alternativas, el mejoramiento del drenaje superficial, mediante diferentes sistemas (menor y mayor), fue una de las líneas de estudio consideradas. En el presente trabajo se reporta la evaluación de tres sistemas de drenaje superficial para producir maíz de temporal en el estado de Q. Roo.

MATERIALES Y METODOS

Localización del Sitio de Estudio.

El estudio se realizó en el ejido Juan Sarabia del Municipio Othón P. Blanco, Q. Roo, que se ubica entre los 18 grados y 19 grados latitud norte y 88 y 89 grados longitud oeste; el clima de la región es AW2; la temperatura

media anual es de 26°C y la precipitación anual de 1200 mm; los suelos del área se clasifican como Vertisoles gleycos (Pérez, 1983), y localmente se les denomina Ak'alchés. Los contenidos de arcilla del suelo son del 60% o mayor; el drenaje interno y superficial es pobre; el suelo descansa sobre roca caliza suave; el pH es alcalino (CAECHET, 1981); la capacidad de campo y punto de marchitez permanente es de 50% y 29%, respectivamente (Nava, 1986). La superficie total del suelo de referencia (Luvisol) es en el estado limitada (menos del 8% de los suelos arables); mientras que los Vertisoles gleycos ocupan el 80% del área (432,600 ha).

Sistema de Drenaje Superficial.

Los sistemas de drenaje superficial evaluados fueron camas meloneras (CM), planchés (P) y camellones (C); se consideró a las CM como drenaje menor, ya que en su construcción se requirió de un movimiento de tierra de 600 m³ o menor; a los P y C, por requerir movimientos de tierra superiores a 1125 m³ y 793 m³ por unidad, respectivamente, se les denominó drenaje mayor. Los sistemas de drenaje utilizados en el presente estudio se muestran en la Figura 1.

Dimensiones. El ancho de CM fue de 1.7 (de surco a surco) y 0.20 m de alto; las camas se

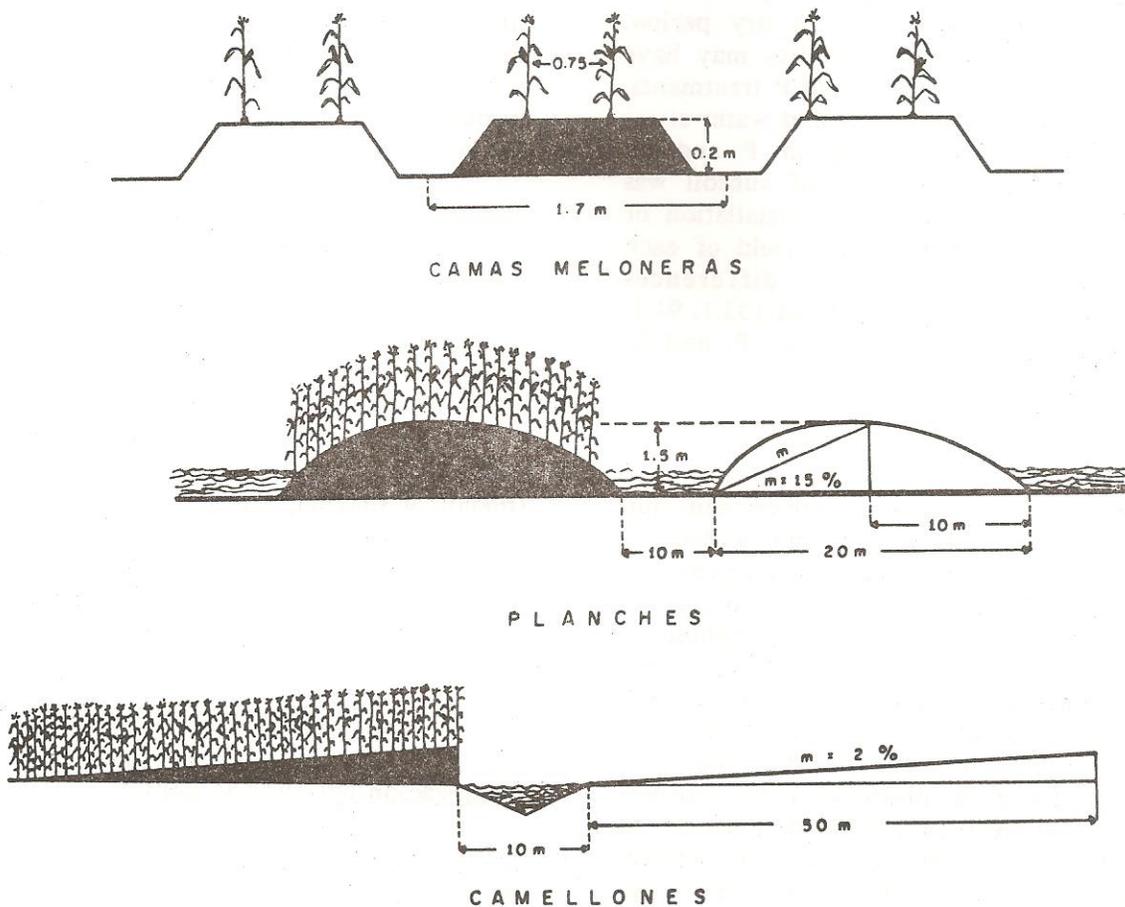


Figura 1. Representación esquemática de tres sistemas de drenaje superficial de suelo. Las estructuras no están a escala.

trazaron perpendiculares a la pendiente natural del terreno y con una pendiente (para drenaje de la cama) de 0.6%. La longitud de los P fue de 180 m y el ancho de 20 m; la pendiente longitudinal y transversal fue de 0.05% y 15%, respectivamente. Los C tuvieron una longitud de 180 m y 40 m de ancho, los cuales se trazaron con una pendiente longitudinal de 0.05% y transversal del 2%, respectivamente. En la Figura 1 se muestra la estructura de los drenajes superficiales utilizados en el estudio.

Prácticas de cultivo. Como cultivo se utilizó maíz híbrido H-507, el cual se sembró el 1 de julio durante la temporada de lluvias (primavera-verano 1985) y se cosechó el 2 de octubre de 1985. Para la apertura de surcos se usó arado de tracción animal; la siembra se efectuó a tapapié a tierra venida; la distancia entre plantas fue 0.5 m y se dejaron dos plantas por mata. El número de hileras de maíz fue de 2, 20 y 40 para CM, P y C, respectivamente; se utilizó una fórmula constante de fertilización (40-100-00) para todos los sistemas. La única plaga de consideración que se presentó fue el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) la que se combatió con Lorsban 480E de acuerdo a las recomendaciones técnicas del Centro de Investigaciones Agrícolas de la Península de Yucatán (CAECHET, 1984).

Diseño y tratamientos experimentales. Los tratamientos experimentales consistieron en sistemas de drenaje superficial: (1) CM, (2) C, (3) P y (4) T. Para estudiar el comportamiento del cultivo en cada sistema se determinó el rendimiento de maíz en ton ha^{-1} y peso de grano/mazorca en cada uno de los tratamientos; se efectuó análisis de varianza del diseño utilizado (bloques al azar), donde cada tratamiento se repitió cuatro veces. Los rendimientos obtenidos en los diferentes sistemas de drenaje se compararon con los obtenidos en un suelo referencia (Luvisol crómico) o testigo, dotado con drenaje natural moderado, buen nivel de fertilidad y condiciones físicas favorables para el cultivo del maíz; esto se hizo con la finalidad de establecer el potencial de producción

(potencial de sitio) de los sistemas de drenaje superficial con respecto al testigo; los rendimientos en este suelo se tomaron como referencia (100%) y se utilizaron para estimar el rendimiento relativo de los sistemas en estudio.

Mediciones. La humedad del suelo se midió en cada sistema de drenaje a la profundidad de 0-15 cm durante los periodos secos y húmedos del ciclo agrícola con el método gravimétrico; estas observaciones se relacionaron con el rendimiento (ton ha^{-1}) y g/mazorca y mediante análisis de regresión simple.

Dado que durante el proceso de movimiento de tierra, parte del horizonte subsuperficial (de mayor alcalinidad) se sobrepuso sobre la capa arable, se consideró conveniente efectuar análisis de carbonatos de calcio y fósforo asimilable por método Olsen (Cajuste, 1977).

Condiciones climatológicas durante el ciclo. Es de consignar que durante el ciclo agrícola (junio-octubre) de 1985 la precipitación pluvial fue sólo 464 mm, es decir, 63% de la precipitación normal esperada al 90% de probabilidad, según la información disponible de un periodo de datos de 20 años. En consecuencia, esta situación resultó atípica, por lo que los sistemas de drenaje superficial no pudieron ser evaluados en condiciones de exceso de humedad como eran los objetivos del estudio. Desafortunadamente esta clase de estudios se discontinuó por razones presupuestales de la Institución (INIFAP).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos serán presentados y discutidos en el siguiente orden: rendimientos en los sistemas de drenaje superficial del suelo y su relación con: humedad y contenido de fósforo asimilable en el suelo.

Sistema de Drenaje Superficial y Rendimiento.

En el Cuadro 1 se muestran los rendimientos de maíz de temporal (12% de humedad) obtenido en CM, C, P y T. El rendimiento de grano (ton ha⁻¹) resultó mayor en CM (2.6 ton ha⁻¹) que el obtenido en C, P y testigo (1.09, 0.82 y 2.16 ton ha⁻¹, respectivamente). Las diferencias observadas entre tratamientos fueron altamente significativas (0.01). Como era de esperar, debido a lo atípico del año de cultivo, los tratamientos C y P resultaron severamente afectados por el exceso de escurrimiento y, no almacenaron la suficiente humedad en el suelo; sin embargo, un punto de referencia que puede ser de utilidad, aún en estas circunstancias, es que en los Vertisoles gleycos sin modificación de drenaje, el rendimiento de maíz es de 300 a 500 kg ha⁻¹ (Pérez, 1983).

Cuadro 1. Rendimiento de maíz de temporal (12% de humedad) en diferentes modelados del suelo. Ejido: Juan Sarabia, Quintana Roo, 1985.

Tratamiento	Rendimiento (ton ha ⁻¹)	Rendimiento ¹⁾ relativo (%)	Peso g/mazorca
1) Camas meloneras	2.60	120	153.1
2) Camellones	1.09	50	95.1
3) Planchés	0.82	37	56.1
4) Suelo referencia	2.16	100	147.1
Tratamientos	(0.01)		(0.01)
Bloques	NS		(0.01)
C.M.E.	2772		574.3

- 1) Rendimiento con respecto al testigo (Luvisol crómico.
2) Luvisol crómico (testigo).

Como se ha mencionado, se comparó los rendimientos con los obtenidos en un Luvisol crómico, que se caracteriza por ser un suelo con buen drenaje e índice de productividad de sitio mayor (80%) que el de los arcillosos (30%). Los rendimientos relativos en cada sistema de drenaje cuando se tomó como referencia la producción del Luvisol crómico (2.16 ton ha⁻¹), fueron 120% para CM, mientras que en los modelados mayores C y P fueron 50% y 37% de los obtenidos en el suelo testigo.

En CM el incremento en rendimiento fue de 0.5 ton ha⁻¹ con respecto al testigo. Esta diferencia se puede relacionar con la mayor capacidad de retención de humedad (24% humedad aprovechable, HA) en Vertisoles que en el testigo (16% HA), lo cual tendió a atenuar los efectos de la escasez de agua de lluvia en el ciclo; ésta, como se indicó con antelación, fue de sólo 464 mm para el período de junio a octubre e inferior en 37% a la precipitación esperada al 90% de probabilidad. En consecuencia sería de interés conocer el comportamiento de los tratamientos de drenaje superficial en condiciones típicas de precipitación para las cuales fue planteado el trabajo.

Al analizar el componente del rendimiento de grano/mazorca se observó la misma tendencia que para rendimiento de maíz; en CM se obtuvo 153.1 g/mazorca, mientras que en C, P y T este fue de 95.1, 56.1 y 147.1 g/mazorca, respectivamente. Con base en la experiencia propia y en los registros en la literatura, el peso de las mazorcas se consideró aceptable para el caso del maíz establecido en el T y CM, lo cual indica que en dichos tratamientos las condiciones de estrés de humedad no fueron tan marcadas como en P y C (estructuras construidas para desalojar los excesos de humedad con mayor rapidez que en CM); esta situación pudo ocasionar que la lámina de agua almacenada se abatiera con mayor rapidez en P y C. En el caso de T, suelos relativamente planos y con buena permeabilidad e infiltración, el agua almacenada en el perfil pudo ser suficiente para producir mazorcas de buen tamaño (> 120 g/mazorca). El análisis de varianza de este componente de rendimiento mostró diferencias estadísticamente significativas (0.01) entre tratamientos, con un cuadrado medio del error de 574.28 y un coeficiente de variación del 21.2%.

Relación entre rendimiento y humedad del suelo.

Dadas las condiciones climatológicas atípicas que se tuvo en 1985, que no permitieron un análisis más profundo, se

relacionó el sistema de drenaje con el periodo más húmedo y más seco del ciclo del cultivo.

En el Cuadro 2 se muestran los contenidos de humedad en la profundidad 0 a 15 cm, en cada uno de los tratamientos. Como puede observarse, P mostró los contenidos de humedad más bajos durante el periodo seco (24%), los cuales se encuentran cercanos al punto de marchitez permanente. En las mismas condiciones (periodo seco) C y CM mostraron contenidos de humedad del orden del 36% y 41%, respectivamente, valores que se encontraron dentro del rango de humedad aprovechable (50 y 28%); sin embargo, de estos dos sistemas de drenaje el menos afectado por la falta de humedad durante el periodo seco fue CM; en el caso de T (Luvisol crómico) el porcentaje de humedad fue del 31%, valor cercano al de capacidad de campo para dichos suelos. En este periodo seco (del 30 julio al 15 de agosto), las diferencias entre los porcentajes de humedad de los tratamientos resultaron altamente significativas.

Cuadro 2. Contenido de humedad (%) en el periodo más seco y más húmedo del ciclo agrícola y a la profundidad de 0-15 cm y su relación con el modelado del suelo.

Tratamiento	Humedad periodo seco ¹⁾	Humedad periodo húmedo ²⁾
Camas meloneras	41.4	58.0
Camellones	36.0	59.0
Planchés	24.0	50.0
Luvisol crómico	31.0	50.0

1) Periodo seco comprende del 30 julio al 15 de agosto

2) Periodo húmedo comprende del 30 de agosto al 30 de septiembre.

Si se considera el "periodo húmedo" del ciclo se observa que P mostró mayor porcentaje de humedad de agua (50%) que C y CM, sin embargo, no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos de humedad para el periodo en cuestión. Es de notar que CM tuvo exceso de humedad (58%) durante este periodo.

El análisis de las diferencias de humedad entre el periodo húmedo y seco, en cada uno de los tratamientos, muestra (Figura 2) que estas fueron 26, 23, 16.6 y 19% en P, C, CM y T, respectivamente. Las fluctuaciones de humedad entre periodo seco y húmedo fueron menores en CM y testigo y mayores en P y C. El mayor abatimiento se observó en P lo cual se asoció con la pendiente (15%) de la construcción del sistema de drenaje, lo cual favoreció el escurrimiento de agua.

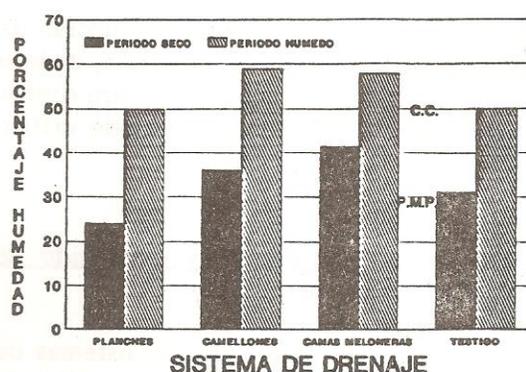


Figura 2. Contenido de humedad (%) en los periodos secos y húmedo a la profundidad de 15 cm ciclo primavera-verano. Chetumal, Q. Roo.

Teniendo presente que el análisis de los resultados es simplista, se efectuó un análisis de regresión entre rendimiento de grano (ton ha^{-1}) y también peso de grano (g/mazorca), y los porcentajes de humedad para el periodo seco y húmedo globales (tomando en consideración a todos los sistemas de drenaje en conjunto) del ciclo vegetativo. En el Cuadro 3 se muestra que los porcentajes de humedad en el periodo seco se relacionan en un 67% y 88%, con rendimiento y peso de grano/mazorca, respectivamente.

La ecuación de regresión no explica los rendimientos y el peso g/mazorca durante el periodo húmedo, lo cual indica que el periodo crítico para la producción de maíz resultó ser la variable disponibilidad de agua durante el periodo de menor disponibilidad. Por ello

Cuadro 3. Análisis de regresión simple entre rendimiento (ton ha^{-1}), peso de grano (g/mazorca) y porcentaje de humedad durante el período seco y húmedo.

Variable de- pendiente (Y)	Variable inde- pendiente (X)	Ecuación de re- gresión	R^2
Ton ha^{-1}	Período seco	$Y_i = 1.5 + 0.09 (X)$	0.67
G/mazorca	Período seco	$Y_i = 73.9 + 5.2 (X)$	0.88
Ton ha^{-1}	Período húmedo	$Y_i = 4.3 + 0.1 (X)$	0.28
G/mazorca	Período húmedo	$Y_i = 306.7 + 7.3 (X)$	0.54

X_i es el contenido de humedad observada en los sistemas de drenaje superficial a 15 cm de profundidad del suelo en camas meloneras, planchés y camellones.

pueden resultar críticos para la producción de maíz los años con problemas de sequía, dada la naturaleza del sistema y su diseño para drenar con mayor o menor rapidez el período crítico seco y sus niveles de humedad.

Relación entre Rendimiento y Contenido de Fósforo Asimilable en el Suelo.

La naturaleza ingenieril de los sistemas de drenaje implica la necesidad imprescindible de efectuar movimientos de tierra, lo que conlleva inversiones del suelo y subsuelo; este manejo puede introducir cambios en la disponibilidad nutricional de algunos elementos esenciales para las plantas. Un caso drástico se presentó en el sistema de drenaje mayor (C y P), ya que en la construcción se sobrepuso a la capa superficial arable, la capa del subsuelo, que se caracteriza por un bajo nivel nutricional y alto contenido de carbonatos de calcio (Pérez, 1983).

Es de suponer que lo anterior trajo como consecuencia que, al liberarse Ca^{2+} por disolución del carbonato de calcio, éste reaccionara con el fósforo para formar hidroxiapatitas ($(\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{OH})_2$) (Bohn *et al.*, 1979); como resultado de esta reacción disminuyó el contenido de fósforo asimilable. En el Cuadro 4 se muestran los contenidos de CaCO_3 y fósforo asimilable en P y C en dos profundidades del suelo.

Cuadro 4. Relación entre el contenido de fósforo asimilable (ppm) CaCO_3 (%) y sistema de drenaje. Laboratorio de Suelo-Agua-Planta. Residencia Regional de Agrología. Campeche, Camp.

Tratamiento	P		CaCO_3 (%)	
	0-10 prof. cm	10-20 Prof. cm	0-10 Prof. cm	10-20 Prof. cm
	- - - ppm - - -		- - - % - - -	
Planchés	12.55	12.75	13.35	13.50
Camellones	22.80	27.10	4.50	13.50

Los P (estructuras con mayor movimiento de tierra) contenían 13.3 y 13.5% de CaCO_3 , en las profundidades 0 a 10 y 10 a 20 cm, respectivamente, mientras que en C (estructura con menor movimiento de tierra) se observa sólo 4.5% y 3.9% de CaCO_3 , a las dos profundidades indicadas. En P se obtuvieron los valores más bajos de fósforo asimilable (12.6 ppm y 12.8 ppm a 0 a 10 y 10 a 20 cm, respectivamente). En contraste, en C los contenidos de fósforo asimilable resultaron más altos que en los P con 22.8 y 27.1 ppm en las dos profundidades.

En consecuencia es de esperar que los menores rendimientos (0.82 ton ha^{-1}) de maíz obtenidos en P con respecto a C (1.09 ton ha^{-1}), se deban tanto a la baja disponibilidad de humedad como a los bajos contenidos de fósforo asimilable en la capa superficial (0-20 cm).

CONCLUSIONES

En el experimento de modelado de la superficie para drenar superficialmente el suelo bajo las condiciones climatológicas atípicas prevalecientes durante el ciclo agrícola 1985, se obtuvo información que permite concluir lo siguiente:

1. La precipitación del ciclo de cultivo P-V 1985 fue de 464 mm, la cual fue sólo 63% de precipitación esperada para un período de 20 años de registro al 90% de probabilidad.

2. El sistema de drenaje superficial que requiere menos movimientos de tierra, camas meloneras, resultó más productivo que el drenaje mayor, ya que los rendimientos obtenidos en las primeras rebasaron en 20% a los obtenidos en el suelo de referencia (Luvisol crómico).
3. Los rendimientos más bajos se obtuvieron en los sistemas de drenaje mayor: en planchés fueron 37% de la producción de maíz que se obtuvo en el suelo de referencia (testigo).
4. Los planchés, por ser el que tiene mayor capacidad de drenaje, mostró contenidos de humedad por abajo del punto de marchitez permanente durante la etapa de sequía, lo que explica en parte los bajos rendimientos obtenidos.
5. Las camas meloneras, aun en períodos críticos, compiten con los suelos bien drenados y acondicionados físicamente, por lo que pueden constituir una alternativa viable a las condiciones de exceso de humedad.
6. Los bajos rendimientos de maíz obtenidos en planchés parecen tener también relación con el contenido de fósforo asimilable, en virtud de que a mayor movimiento de tierra la exposición de carbonatos de calcio fue mayor, lo cual disminuyó la actividad de fósforo asimilable de la capa arable.
7. Es importante mencionar que en todos los sistemas de drenaje se produjo maíz, lo cual no es posible hacer en Vertisoles gleycos planos de la región donde sólo se obtienen de 300 a 500 kg ha⁻¹, por lo que se recomienda no limitar las investigaciones futuras de estudio.

LITERATURA CITADA

ARMSTRONG, W. 1970. Rhizosphere oxidation in rice and other species: A mathematical model based on the oxygen flux component physiol. Plant 23: 623-630.

ANAGSA. 1986. Aseguradora Nacional Agrícola y Ganadera. Reunión Convocada por Anagsa para indicar la situación de siniestro en el cultivo de arroz. Anagsa Chetumal, Q. Roo. Enero 1986. DDRI # 01 SARH, Q. Roo, México.

BOHN, H.L., B.L. TAC NEAL y G.A. O'DONNOR. 1979. Soil chemistry. John Wiley and sons, Inc. New York p. 178.

CAECHET. 1981. Marco de referencia para la planeación y evaluación de la investigación agrícola en el estado de Quintana Roo. SARH-INIA-CIAPY. p. 14. Miméografo.

CAECHET. 1984. Guía para la asistencia técnica agrícola. Area de influencia del Campo Agrícola Experimental de Chetumal, Q. Roo. México, SARH-INIA-CIAPY.

CAECHET. 1985. Informe técnico de labores 1985, del proyecto suelos de drenaje lento (Vertisoles gleycos) del estado de Quintana Roo. O. Pérez Z. SARH-INIA-CIAPY.

CAJUSTE, L.J. 1977. Química de suelos, con un enfoque agrícola. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx. p. 225.

HARGREAVES, G.H. 1975. Water requirements manual for irrigated crops and rainfed agriculture. EMBRAPA and Utah State University Publication. 75 D-158. 40 p.

MENGEL, K. y E.A. KIRBY. 1978. Principles of plant nutrition. International Potash Institute. der bund Ag. Bern/Switzerland. p. (47-50).

NAVA PADILLA, R. 1986. Drenaje superficial de los suelos vertisoles gleycos para la producción de maíz en el estado de Quintana Roo. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.

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

PEREZ Z., O. 1987. El uso de camas elevadas para la producción de granos básicos y oleaginosos en suelos con drenaje pobre en el estado de Quintana Roo, Folleto Técnico # 87. INIFAP-SARH. México, 26 p.

EFFECTO DEL ENCALADO SOBRE EL pH, SATURACION CON ALUMINIO Y RENDIMIENTO DE MAIZ EN ANDOSOLS DE NAOLINCO, VERACRUZ

Liming Effects on pH, Aluminum Saturation and Maize Yields on Andosols From Naolinco, Veracruz

José Luis Aguilar Acuña y Rosalío López Morgado

Campo Experimental Xalapa, INIFAP, Apartado Postal 540, Xalapa, Ver.

Palabras clave: Acidez, Productividad.

Index words: Acidity, Productivity.

RESUMEN

Los suelos de Ando en la zona de Naolinco, Ver., son ácidos y con porcentajes de saturación con aluminio de hasta 47, que causa toxicidad en cultivos e interferencia en la disponibilidad del fósforo principalmente.

Con el objeto de elevar el pH del suelo, reducir el porcentaje de saturación con aluminio y elevar el rendimiento de maíz se incorporó cal, como carbonato de calcio en seis sitios experimentales.

Se observó que el pH se correlacionó estrechamente ($r = -0.984$) con el porcentaje de saturación con aluminio en el suelo en un modelo cuadrático positivo.

La incorporación de cal al suelo, en promedio, no tuvo efecto significativo sobre el rendimiento de maíz, ni tampoco modificó el pH original. Sin embargo, el encalado sí

repercutió en la reducción del porcentaje de saturación con aluminio en el suelo, asociándose fuertemente ($r = -0.817$) el rendimiento del maíz con el contenido de aluminio.

SUMMARY

The ando soils in the zone of Naolinco, Ver. are acid with up to 47% aluminum saturation which causes toxicity to the crops, and limited phosphorus uptake. Six field experiments were carried out applying CaCO_3 to increase soil pH and maize yield and to reduce the Al saturation percentage.

Results showed a high correlation ($r = -0.984$) between pH and Al saturation percentage, according to a positive quadratic model.

On the average, liming did not effect maize yields neither modified original soil pH. However, it is reduce Al saturation or which highly correlated ($r = -0.817$) with maize yields.

Recibido 6-89.

INTRODUCCION

En México, los suelos ácidos ocupan una superficie de 13'128,300 ha de las cuales 8'373,000 son ocupadas por Andosoles, (Dirección General de Agrología, 1973).

En el área de influencia del Distrito de Desarrollo Rural 004 del Estado de Veracruz, los suelos de ando se distribuyen en 230,759 ha, que representan el 62% de la superficie Distrital. Como parte del mismo Distrito, la zona de Naolinco comprende 27,018 ha con Andosoles húmicos que representan el 68% de dicha zona. Estos suelos son ácidos, con niveles altos de materia orgánica y con porcentaje de saturación con aluminio que varía de 0 a 47%.

La acidez de los suelos se origina principalmente en regiones de alta precipitación pluvial que desplaza los radicales básicos Ca, Mg, Na y K tanto del complejo de intercambio como de la solución del suelo y su sustitución por iones hidrógeno o aluminio, provocando con ello toxicidades en cultivos por concentraciones altas de aluminio y manganeso. El aluminio, además, interfiere en la disponibilidad del fósforo en el suelo y en la movilidad del calcio en la planta. El manganeso en ocasiones origina deficiencia de hierro por antagonismo recíproco entre ambos nutrimentos (Núñez, 1985).

La actividad microbiológica también se reduce, ya que se restringe la mineralización de la materia orgánica y por lo tanto la aprovechabilidad para las plantas de los nutrimentos contenidos en ella.

De acuerdo con Abruña *et al.* (1975), el rendimiento relativo del maíz es positivo o negativo cuando se incrementa el pH o el porcentaje de saturación con aluminio en el suelo.

Núñez (1985) ha clasificado a varios cultivos en función de su diferente tolerancia al porcentaje de saturación con aluminio, en donde el maíz lo cataloga como intermedio.

Por otra parte, Miramontes y Ortega (1972) mostraron una tendencia lineal y positiva cuando el pH se modificó de 5.2 a 6.5 al aplicar 32 meq de CaCO_3 , 100 g^{-1} de suelo, sin embargo no indican en que periodo de tiempo logran mantener el pH más alto sin que éste varíe.

Sánchez y Salinas (1981) presentan una ecuación para predecir el requerimiento de cal en función del aluminio intercambiable:

$$\text{CaCO}_3 \text{ eq ton}^{-1} \text{ suelo} = 1.65 \times \text{meq Al intercambiable} \\ 100 \text{ g}^{-1} \text{ de suelo}$$

Las aplicaciones de cal basadas en esta fórmula usualmente neutraliza la mayoría del aluminio intercambiable y eleva el pH a un rango de 5.2-5.5. Sin embargo, también sugieren que en la mayoría de los casos el porcentaje de saturación con aluminio debería ser considerado primero, ya que cuando los suelos poseen el mismo nivel de aluminio intercambiable pero diferentes grados de saturación con aluminio, los cultivos tendrían diferente respuesta al encalado con la misma dosis de cal.

Los mismos autores citan un trabajo de Cochrane y colaboradores, quienes desarrollaron una fórmula para determinar la cantidad de cal necesaria para reducir el nivel de saturación con aluminio en los primeros 20 cm del suelo:

$$\text{CaCO}_3 \text{ eq ton ha}^{-1} = 1.8 [\text{A-PCSA1 (Al+Ca+Mg)}] 100^{-1}$$

donde:

PCSA1 es el porcentaje crítico de saturación con aluminio requerido por un cultivo particular, variedad o patrón de cultivo para sobrellevar la toxicidad de aluminio, y Al, Ca y Mg son los niveles intercambiables de esos cationes expresados en meq 100^{-1} g de suelo.

Sánchez y Pérez (1959) efectuaron pruebas de respuesta del maíz a fertilizantes nitrogenados fosfóricos y potásicos, así como encalado, en suelos derivados de cenizas volcánicas de la Sierra Michoacana. Estos

suelos son ricos en elementos nutritivos, con excepción del fósforo, además de ácidos y con buenas características físicas. El cultivo de maíz no tuvo respuesta significativa a la aplicación del nitrógeno y fósforo por separado, sin embargo, cuando se les acompañó con dos toneladas de cal la respuesta fue positiva. El mejor tratamiento fue 80-60-2000 (kg ha^{-1} de N, P_2O_5 y cal, respectivamente). Por otra parte, los mismos autores indican la necesidad de efectuar estudios más detallados con relación a la costeabilidad de los encalados respecto a la fertilización en el cultivo de maíz en este tipo de suelos.

Navarro *et al.* (1962) llevaron a cabo un estudio sobre problemas de fertilidad de suelos volcánicos de la Sierra Tarasca, donde registraron que la adición de nitrógeno aumenta los rendimientos entre 0.57 ton ha^{-1} y 1.89 ton ha^{-1} , el fósforo los incrementó entre 0.75 ton ha^{-1} y 1.75 ton ha^{-1} y la aplicación de calcio (200 kg ha^{-1} de hidróxido de calcio) en la mayor parte de los experimentos produjo un ligero aumento en los rendimientos, pero en ninguno de los casos fue significativo.

En el presente estudio se planteó el objetivo de elevar el pH del suelo hasta 6.2, mediante la aplicación de carbonato de calcio, y relacionar ese parámetro con el rendimiento de maíz y el porcentaje de saturación con aluminio del suelo.

Para cumplir con el objetivo se establecieron las siguientes hipótesis:

- 1) la adición de cal agrícola (cantidad estimada mediante el método de una titulación neutralizante) al suelo incrementará el pH hasta 6.2 por lo menos durante los dos primeros años, y
- 2) la cal agrícola inactivará al aluminio intercambiable, reduciendo su porcentaje de saturación en el suelo y con ello se incrementará el rendimiento de maíz.

MATERIALES Y METODOS

La región de Naolinco, Ver., se caracteriza por poseer suelos derivados de cenizas volcánicas del tipo andosol en un ámbito altitudinal de 1600 a 2200 msnm y un clima c(fm) que corresponde a un templado húmedo con lluvias todo el año.

En diciembre de 1982 se efectuaron muestreos de suelos en zig-zag en seis localidades, obteniéndose en cada una 20 muestras simples o submuestras a 20 cm de profundidad y tomados con una barrena helicoidal; dichas muestras se mezclaron homogéneamente para tomar una muestra compuesta de 2 kg de suelo en cada localidad. El número de submuestras es el indicado por Turrent (1976) y Etchevers (1985).

Las muestras de suelo fueron enviadas al laboratorio del Campo Experimental "Cotaxtla" para su análisis físico-químico, así como para cuantificar los requerimientos de cal para elevar el pH hasta 6.2. Los métodos de los análisis fueron los siguientes: la textura fue obtenida por el método de Bouyoucos. La materia orgánica se determinó por el método de Walkley y Black, (Walkley, 1947). El pH se obtuvo mediante el método del potenciómetro en una relación suelo-agua de 1:2: el nitrógeno total se cuantificó por el método de Kjeldahl (Association of Official Agricultural Chemists, 1965). Para la determinación de fósforo se siguió el método de Bray 1 (Bray y Kurtz, 1945). Los nutrimentos potasio, calcio y magnesio se cuantificaron por medio del espectrofotómetro de absorción atómica.

En 1984, empleando el mismo procedimiento de campo y se repitieron las determinaciones en el laboratorio de Fertilidad del Colegio de Postgraduados, previo a la siembra.

Los requerimientos de cal se determinaron por medio de una titulación neutralizante (Cajuste, 1987).

La cal agrícola que se utiliza en la región se caracterizó en el laboratorio de Fertilidad del Colegio de Postgraduados, Cuadro 1, y se

Cuadro 1. Caracterización físico-químico de la cal utilizada.

Determinación	Valor	Reactividad	Eficiencia
Química			
Valor Neutralizante (% CaCO ₃)	99.9		
Calcio (%)	52.8		
Magnesio (%)	0.0		
Granulometría			
Material que pasa tamiz < 60 (%)	67.9	100	67.86
Material que pasa tamiz 20-60(%)	25.56	60	15.32
Material que pasa tamiz 10-20(%)	5.88	20	1.17
Material que pasa tamiz > 10 (%)	0.63	0	0
			84.35

encontró que tiene una relativa alta pureza, no contiene magnesio y posee una eficiencia del 84.35%.

El pH inicial y las dosis de CaCO₃ estimados para cada localidad experimental fueron los siguientes:

Localidad	Municipio	Inicial	CaCO ₃ kg ha ⁻¹
Cumbres	Miahuatlán	5.3	900
Tejocotal	Miahuatlán	5.4	400
Planes	Acatlán	5.2	1470
Camino a			
Naolinco	Miahuatlán	5.2	1470
La Falda	Chiconquiaco	4.5	3300
La Loma	Landero y Coss	4.8	3000

La cal agrícola se aplicó al voleo sobre la superficie del terreno en el mes de marzo de 1983, en cada localidad, incorporándose inmediatamente en los primeros 20 cm de profundidad. Al día siguiente se sembró, en suelo con humedad residual, maíz criollo. La población a la cosecha fue aproximadamente de 50,000 plantas ha⁻¹. A los 70 días después de la siembra se aplicaron 90 kg ha⁻¹ de nitrógeno y 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ mezclados y al pie de cada mata de maíz tapándose inmediatamente. La fertilización fue hecha en parcelas tratadas y no tratadas con cal agrícola. Hubo un testigo absoluto que no llevó fertilizante ni cal. Se usó urea como fuente nitrogenada y superfosfato de calcio triple como fuente fosfatada. En 1984 no se aplicó cal, sembrándose también en el mes de

marzo. La cosecha en ambos años se efectuó en el mes de noviembre.

De un diseño matricial cuadrado doble se seleccionaron los siguientes tratamientos: sin fertilización nitrófosfatada y con cal, 90 y 100 kg ha⁻¹ de nitrógeno y fósforo respectivamente con y sin cal, para estudiar el efecto del encalado.

El tamaño de parcela total fue de seis surcos de 80 cm de separación entre ellos y de 10 m de largo, cosechándose los dos surcos centrales por 8 m de largo.

RESULTADOS Y DISCUSION

Al comparar los valores de las variables edáficas del año 1982 con respecto a los de los tratamientos de 1984, se aprecia que la adición de cal no mostró un aumento evidente en el pH (Cuadro 2). Posiblemente durante los primeros días de aplicada la cal sí haya aumentado el pH y después haya bajado, estabilizándose de nuevo, tal como lo demostró Nielsen (1958) en un suelo limoso. En contraposición al método propuesto en el artículo, Pearson (1975) indicó que los requerimientos de cal deben basarse en el contenido de Al intercambiable en lugar del pH en suelos del trópico húmedo.

Cuando se examinan los demás factores del análisis de suelos (Cuadro 2), y comparan específicamente los tratamientos sin cal, se

Cuadro 2. Valores medios de variables edáficas, en parcelas con y sin cal al suelo, en dos años de muestreo.

Localidad	Tratamiento			Año de muestreo	pH (1:2)	MO %	N %	K ppm	Ca ppm	Mg ppm	% SAT Al	Rendimiento	
	N	P ₂ O ₅	Cal									kg ha ⁻¹	Relativo
1. Cumbres	0	0	Sin	1982	5.3	8.34	0.44	307	1462	342	1.24		
	0	0	Con	1984	5.4	8.16	0.38	262	2100	350	2.16	3428	67
	90	100	Con	1984	5.4	9.18	0.40	266	1650	275	3.62	3848	75
	90	100	Sin	1984	5.3	9.18	0.40	254	1850	300	4.70	3813	75
2. Tejocotal	0	0	Sin	1982	5.4	20.90	0.78	87	1297	158	4.28		
	0	0	Con	1984	5.1	22.40	0.93	109	1700	125	2.21	3773	74
	90	100	Con	1984	5.1	21.70	0.80	90	1600	121	3.15	4541	89
	90	100	Sin	1984	5.0	24.40	0.90	102	1500	120	4.48	4060	80
3. Planes	0	0	Sin	1982	5.2	19.20	0.82	212	1178	162	4.61		
	0	0	Con	1984	5.2	20.75	0.87	207	1720	137	1.82	3997	78
	90	100	Con	1984	5.2	20.41	0.88	223	1750	130	1.80	3971	78
	90	100	Sin	1984	5.0	21.43	0.80	121	1450	115	1.73	5098	100
4. C.Naolinco	0	0	Sin	1982	5.2	8.34	0.32	151	498	94	23.62		
	0	0	Con	1984	5.4	11.56	0.41	188	1324	112	3.26	4190	82
	90	100	Con	1984	5.4	11.56	0.46	246	1450	118	2.96	4673	92
	90	100	Sin	1984	5.4	11.90	0.49	192	1400	128	5.11	4085	80
5. La Falda	0	0	Sin	1982	4.5	19.29	0.61	42	297	31	49.71		
	0	0	Con	1984	5.0	17.34	0.65	82	1074	51	5.91	1818	36
	90	100	Con	1984	5.1	15.64	0.41	63	1050	73	9.23	2247	44
	90	100	Sin	1984	4.8	13.26	0.47	89	450	60	14.80	1534	30
6. La Loma	0	0	Sin	1982	4.8	25.34	0.91	54	300	19	50.44		
	0	0	Con	1984	4.7	31.29	0.86	74	1100	35	15.2	2835	56
	90	100	Con	1984	4.8	30.27	1.07	78	1100	24	13.0	3217	63
	90	100	Sin	1984	4.3	31.29	1.03	82	350	23	46.7	1952	38

observan discrepancias, por ejemplo, en la localidad de Cumbres el contenido de Ca fue de 1462 ppm en 1982 y de 1850 ppm en 1984, cuando lo que se esperaba encontrar eran valores similares o cercanos. Discrepancias notables se observaron también en las demás variables edáficas. Estas diferencias pueden deberse a (Etchevers, 1985): a) que las fechas de muestreo de los suelos fueron diferentes, en 1982 se muestreó en diciembre antes de la siembra, mientras que en 1984 ocurrió en julio, cuando el cultivo estaba en floración, b) las diferencias entre laboratorios en cuanto a la preparación y almacenamiento de las muestras (secado, molienda y almacenamiento), y c) al método de muestreo, ya que en 1982 se colectaron las submuestras en toda el área experimental antes de barbechar el terreno en tanto que en 1984, las submuestras se tomaron por tratamiento, de las unidades experimentales y en el fondo del surco.

Al comparar el efecto promedio por localidad, del encalado sobre los contenidos de Ca en ppm y en el pH, se observa (Cuadro 3) que los contenidos de Ca son siempre mayores cuando se encaló. La diferencia entre encalar y no hacerlo es menor en las dos primeras localidades, intermedio en las dos localidades centrales y mayor en las últimas dos. La diferencia en el pH también es mayor en las últimas dos localidades, incrementándose el pH de 4.65 a 5.05 y de 4.55 a 4.75 respectivamente.

Desde el punto de vista nutricional el encalado funcionó, en los últimos sitios, como abastecedor de Ca además de reducir el porcentaje de saturación del aluminio como se verá adelante, éstas dos anotaciones coinciden con lo asentado por Sánchez (1981).

Los datos de Ca y rendimientos del Cuadro 2 se graficaron (Figura 1), y se les aplicó el

Cuadro 3. Valores promedios y diferencias de calcio y pH en parcelas con y sin encalado.

Localidad	Encalado			Sin encalar			Diferencia	
	Ca (ppm)	pH		Ca (ppm)	pH		Ca (ppm)	pH
1 Cumbres	1875	ER*	5.4	1656	ER	5.3	219	0.10
2 Tejocotal	1650	ER	5.1	1399	ER	5.2	252	0.10
3 Planes	1735	ER	5.2	1314	ER	5.1	421	0.10
4 C. a Naolinco	1387	ER	5.4	949	R	5.3	438	0.10
5 La Falda	1062	R	5.05	374	MP	4.65	689	0.40
6 La Loma	1100	ER	4.75	325	MP	4.55	775	0.25
Promedio	1468		5.15	1003		5.02		

*Clasificación: MP medianamente pobre, R rico y ER extremadamente rico.

método de Cate y Nelson (1965) para obtener el nivel crítico de Ca en el suelo, el cual corresponde a 1212 ppm.

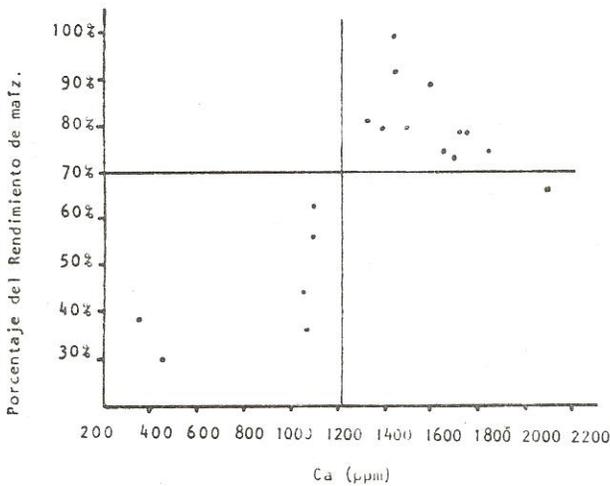


Figura 1. Nivel crítico de Ca determinado por el Método de Cate - Nelson, en suelos andosoles de la región de Naolinco, Ver.

Con respecto al porcentaje de saturación con aluminio, se puede notar en el mismo Cuadro 2 que en todos los sitios hubo una cierta reducción de éste, comparando los tratamientos con cal versus los sin cal, con excepción del sitio 3 que se mantuvo constante con valores muy bajos.

En la Figura 2 se observa que el porcentaje de saturación con aluminio se asocia fuertemente ($r = -0.984$) con el pH

lineal y cuadrático, de tal manera que el ámbito de las variables estudiadas, a medida que se incrementa la reacción del suelo disminuye el contenido de aluminio, el coeficiente de correlación es más alto al obtenido por Abruña *et al.* (1975) en dos suelos, con una $r = -0.90$. En la misma figura se presenta la ecuación de regresión en la cual el pH explica al porcentaje de saturación con aluminio en un 96.8% de la variación total.

Debido a que el pH no explicó satisfactoriamente el rendimiento de maíz, utilizamos al porcentaje de saturación con aluminio. En la Figura 3 se presenta la ecuación de regresión con un coeficiente de determinación de 0.667 y una correlación entre el rendimiento y el aluminio de -0.817 la cual

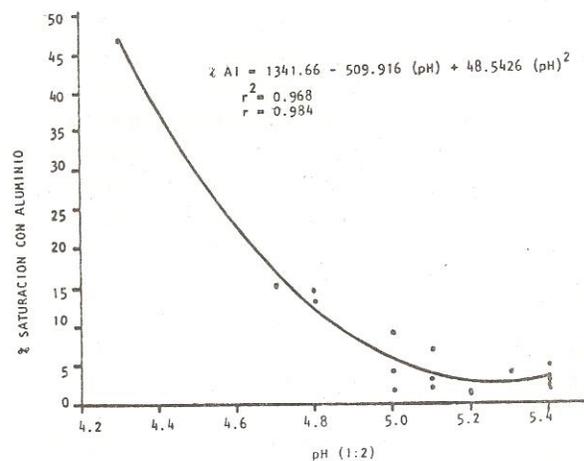


Figura 2. Relación entre la reacción del suelo (pH) y el porcentaje de saturación con aluminio.

es fuerte. La tendencia de la curva de respuesta nos indica que a medida que aumenta el porcentaje de saturación con aluminio se reduce drásticamente el rendimiento de maíz hasta que el suelo tiene 30% de saturación con Al (hasta aquí, concuerda con lo reportado por Abruña *et al.*, 1975), para después volverse a elevar el rendimiento. Esta última tendencia no lo muestra la bibliografía consultada. Mediante el método de Cate y Nelson el nivel crítico del porcentaje de saturación con

aluminio se ubica en 11.12 con un 65% del rendimiento relativo.

Haynes (1984) reporta una gran variación del valor crítico del porcentaje de saturación con Al (12 al 45%) para el cultivo de maíz encontrados por diversos investigadores. El valor crítico detectado en el presente estudio se acerca mucho al valor mínimo reportado por Haynes (1984), quien además asienta que tal amplitud de resultados no es una sorpresa, cuando uno considera que los suelos pueden diferir ampliamente en CIC, así como los cultivares difieren respecto a la tolerancia al aluminio.

Se aprecia en la Figura 3 que el máximo porcentaje de saturación con Al (46.7%) es el que se dispara con respecto a la tendencia de los demás datos. Existe un ámbito bastante amplio en los que no tenemos datos entre el 16 y 45% de saturación con Al y rendimientos de maíz, que podrían darnos más evidencia en la respuesta de cultivo a la presencia de aluminio en el suelo.

Mediante la prueba de Tukey al 5% de probabilidad ($DSH_{5\%}$) se comparó el efecto del tratamiento asociado con cal respecto al que no se le adicionó $CaCO_3$ como fuente, por localidad, por año y promedio de los dos años. Solo en un sitio hubo significancia, Cuadro 4.

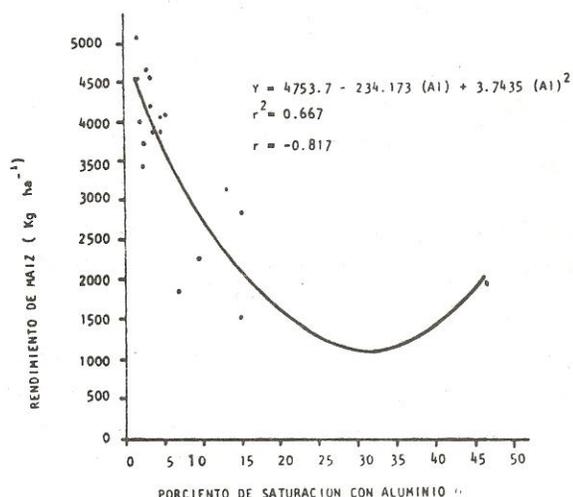


Figura 3. Relación entre el porcentaje de saturación con aluminio y el rendimiento de maíz.

Cuadro 4. Comparación de medias para estimar el efecto de cal, por año y global.

Localidad	DSH 5% (1983)	90-100		DSH 5% (1984)	90-100		Cal Aplicada (kg ha ⁻¹)
		C/cal VS S/cal			C/cal VS S/cal		
1. Cumbres	654	396		1086	35	870	900
2. Tejocotal	963	15		942	481	953	400
3. Planes	781	3		719	-571	750	1470
4. C. Naolinco	733	67		966	588	850	1470
5. La Falda	823	1039*		1103	713	963	3300
6. Loma	734	-375		956	1265*	845	3000
Efecto promedio	781	191		962	419	872	1757

* Significativo al 5%.

En el primer año de estudio (1983) sólo en la localidad La Falda hubo efecto significativo de la cal con una diferencia de 1039 kg de maíz ha⁻¹ sobre el tratamiento sin cal. En el sitio de la Loma, sin embargo, el efecto fue negativo, posiblemente debido a que el fósforo reaccionó con la cal formando fosfatos de calcio no aprovechables por la planta de maíz, en detrimento de su rendimiento. Fue en este último sitio que en el segundo año mostró significancia estadística de acuerdo con Tukey al 5% al efecto de aplicar cal el año anterior.

Sin embargo, el efecto promedio de sitios y años fue de 305 kg ha⁻¹ de maíz, el cual no es significativo.

CONCLUSIONES

1. La adición de cal (ámbito de 400-3300 kg de CaCO₃, requeridos de acuerdo al método de titulación con NaOH en función del pH del suelo) no elevó el pH, por lo que se rechaza la hipótesis 1. Además el pH no explica satisfactoriamente al rendimiento de maíz.
2. El encalado disminuyó el porcentaje de saturación con aluminio del suelo, explicando al rendimiento de maíz en un 66.7% de la variación total. La tendencia de la respuesta indica que a mayor porcentaje de saturación con Al menor rendimiento de maíz. Esto no permite rechazar la hipótesis 2 planteada.
3. Entre las variables edáficas, el Ca fue el que mostró cambios evidentes al encalarse el suelo. Los cambios de las demás variables no tienen suficiente peso como para asegurarlo.
4. Es evidente que el rendimiento de maíz es afectado por el contenido de aluminio en el suelo sugiriéndose que se debe seguir estudiando la dinámica del encalado en los suelos Andosoles de la región de Naolinco.

LITERATURA CITADA

ABRUÑA, F., R.W. PEARSON y R. PEREZ-ESCOLAR. 1975. Lime responses of corn and beans ground on typical ultisols and oxisols of Puerto Rico pp. 261-281. In: E. Bornemisza y A. Alvarado (eds.). Soil management in Tropical América. North Caroline State University, Raleigh, USA.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. 1965. Official methods of analysis of the association of agricultural chemists. 8th. ed., AOAC.

BRAY, R.H. y L.T. KURTZ. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soil. Soil Sci. 59: 39-45.

CAJUSTE, L.J. 1977. Química de suelos con un enfoque agrícola. Rama de Suelos, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

CATE R.B. Jr. y L.A. NELSON. 1965. A rapid method for correlation of soil test analysis with plant response data. Int. Soil Testing Ser. Tech. Bull. 1. North Caroline State University. Raleigh, NC.

DIRECCION GENERAL DE AGROLOGIA. 1973. Unidades de suelos de la República Mexicana, de acuerdo al sistema FAO-UNESCO. Tercer Intento. Secretaria de Recursos Hidráulicos, México, D.F.

ETCHEVERS, J.D. 1985. Análisis químico de suelos -el porque de sus fallas; Serie Cuadernos de Edafología 4. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

HAYNES R.J. 1984. Lime and phosphate in the soil-plant system. Advances in Agronomy 37: 249-315.

MIRAMONTES, F.B. y E. ORTEGA T. 1972. Efectos del carbonato y silicato de calcio, sobre el rendimiento de sorgo y algunas propiedades químicas en tres suelos en México. Agrociencia. Serie C. No. 7: 81-93.

NAVARRO G.I., A. TURRENT F., R.J. LAIRD y E. ORTEGA T. 1962. Problemas de fertilidad de algunos suelos de la Sierra Tarasca. *Agricultura Técnica en México*. 12: 28-33.

NIELSEN K.F. 1958. Rate of change of pH in some acid soils due to liming. *Can J. Soil Sci.* 38: 115-119.

NUÑEZ, E.R. 1985. Efectos de la acidez del suelo sobre la producción de cultivos y su corrección mediante el encalado. Serie Cuadernos de Edafología 2. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

PEARSON R.W. 1975. Soil acidity and liming in the humid tropics. Cornell University, Bulletin 30 Cornell International Agriculture.

SANCHEZ D.N. y J. PEREZ M. 1959. Respuesta del maíz a fertilizantes y encalado en la Sierra Tarasca en Michoacan. *Agricultura Técnica en México*. 9: 13-14.

SANCHEZ, P.A. 1981. Suelos del trópico: Características y manejo. Trad de la 1a. ed. por Edilberto Camacho. San José, Costa Rica, IICA.

SANCHEZ, P.A. y J.G. SALINAS. 1981. Low-input technology for Oxisols and Ultisols. *Advances in Agronomy* 34: 279-406.

TURRENT F., A. 1976. El registro de observaciones durante el desarrollo de un experimento de productividad. Escrito No. 2 sobre la metodología de la investigación en productividad de agrosistemas. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

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

USO DE MEZCLAS DE ABONOS ORGANICOS Y MINERALES EN LA ASOCIACION MAIZ-FRIJOL DE TEMPORAL

Use of Mixtures of Organic and Mineral Manure in Corn-Bean Association

Juan Luis Tirado Torres, Victor Volke Haller y Salvador Alcalde Blanco

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

Palabras clave: Maíz-frijol asociados, Mezclas de abonos.

Index words: Corn-bean association, Mixing manure.

RESUMEN

Los agricultores temporaleros frecuentemente fertilizan sus cultivos con el estiércol producido por el ganado mayor o menor que poseen, el cual eventualmente mezclan con abonos minerales y así lo aplican al cultivo. En este artículo se presentan los resultados de tres experimentos de campo en los que se generó información sobre el empleo de mezclas de abonos orgánicos y minerales en la asociación maíz-frijol de temporal. Los abonos utilizados fueron los estiércoles de ovino, bovino y gallinaza en dos dosis, la fertilización mineral recomendada en la región, la mitad del fertilizante mineral más la mezcla de cada uno de los abonos orgánicos con la mitad del abono químico. Los resultados muestran que las adiciones de materiales orgánicos premezclados con fertilizantes comerciales aumentaron la eficiencia de los fertilizantes agrícolas, elevando los

rendimientos de los cultivos así como optimizando los recursos del campesino.

SUMMARY

Farmers from "temporal" areas frequently fertilize their crops with farm yard manure (FYM) produced by big or small domestic animals they own. Some of them mix the FYM with mineral fertilizers in before the application to the soil. The results of three field experiments on the use of low rates of mixes of organic and mineral manure in a corn-beans association are shown in this paper. The manures tested were ovine, bovine and chicken manures applied in two rates: the recommended rate of mineral fertilization, half of rate the mineral fertilization and a mix of half the rate as organic manure and half as mineral commercial fertilizers. Results show that the additions of organic materials premixed with commercial fertilizers, increased the efficiency of fertilization, raising crops yields, as well as enhancing farmers resources.

INTRODUCCION

El frijol y el maíz son cultivos de importancia capital en la alimentación del

Recibido 3-91.

pueblo mexicano y la mayoría de los países de América Latina. En las áreas de temporal, los agricultores siembran el maíz y el frijol ya sea solos o asociados.

En México, la mayoría de los agricultores temporales posee en pequeña cuantía ganado mayor y/o menor, utilizando comúnmente el abono orgánico producido para la fertilización de sus cultivos. El estiércol eventualmente es mezclado con abonos minerales para aplicarlos a los cultivos. Estas mezclas suelen ser muy variables, tanto por el tipo de abono como por las cantidades que de éste emplean, dando como consecuencia diferencias con respecto a la dosis de fertilización recomendada.

En la presente investigación se planteó como objetivo, generar información sobre el empleo de mezclas de abonos orgánicos con químicos que conduzcan a un mejor aprovechamiento de dichos recursos, en cultivos de temporal, así como el de analizar algunas de las causas de su eficiencia.

REVISION DE LITERATURA

En la actualidad se ha llegado a la conclusión de que el sistema de cultivo maíz-frijol constituye una mejor alternativa para el uso de los recursos del pequeño agricultor que las siembras solas de maíz o frijol (Aguilar, 1978; Albarrán, 1983; Del Valle, 1978; Lépiz, 1978; Moreno, 1972; Vargas *et al.*, 1984).

Las necesidades de fertilizante de la asociación maíz-frijol son función de las condiciones de clima, suelo, sistemas de cultivo y manejo (densidades de plantas, variedades, sistema de siembra, prácticas culturales, etc.) de cada localidad. En general, el fertilizante nitrogenado favorece el desarrollo del maíz, mientras que el fertilizante fosfatado beneficia el desarrollo del frijol (Aguilar, 1978; Esquivel, 1978; Macías, 1975; Moreno, 1972).

Del Valle (1978), en numerosos experimentos realizados en Guatemala, encontró que tanto el nitrógeno como el fósforo aplicados a la asociación maíz-frijol afectaron positivamente los rendimientos de maíz, no así los de frijol, aunque al aumentar la dosis de fósforo se observó una tendencia de los rendimientos de frijol a aumentar.

Muchos investigadores han informado que el abono de corral complementado con fertilizantes químicos ofrece el mejor medio de mantenimiento de la fertilidad del suelo en niveles elevados, mencionando que se puede aumentar el rendimiento de los cultivos.

Martínez (1977) encontró que los rendimientos de frijol abonado con fertilizante mineral fueron superados considerablemente por aquellos tratamientos en donde se aplicó el estiércol de gallina solo. Por otro lado Caballero (1988) menciona que al aumentar las dosis de estiércol de ave se producen incrementos significativos sobre el rendimiento de maíz y a medida que se incrementó la dosis de estiércol de pollo (pollinaza), se presentaron respuestas decrecientes a las aplicaciones químicas.

Covarrubias (1977), al investigar el efecto de mezclas de diferentes abonos orgánicos con superfosfato de calcio simple sobre el rendimiento de *Festuca arundinaceae* var Alta en suelos calcáreos, encontró que la adición de abonos orgánicos mezclados con fertilizante fosfatado químico, aumentaba la asimilación de fósforo por las plantas. Por otro lado, Contreras (1984), encontró, que en general, la porqueraza en combinación con N y P permitió obtener los mayores rendimientos de maíz en un suelo de ando de la Sierra Tarasca.

Macías (1975), observó que la gallinaza afectó en forma altamente benéfica a la asociación maíz-frijol de guía, principalmente por su gran influencia en el rendimiento de frijol.

El efecto residual de los estiércoles ha sido puesto en evidencia por numerosos autores y éste es tan importante como su efecto

inmediato (Baus, 1980; Gutiérrez, 1980; López, *et al.* 1979; Núñez, 1986; Villalpando *et al.*, 1979), de tal forma que, Caballero (1988) al tomar en cuenta el efecto residual, recomienda para estimar la dosis óptima económica, el uso de mezclas de abonos orgánicos e inorgánicos en el área del Plan Puebla.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en el sitio denominado "Lomas de San Juan", de los terrenos de temporal del campo experimental de la Universidad Autónoma de Chapingo, Edo. de México. El clima es subhúmedo con lluvias de verano. La precipitación media anual es de 685.8 mm. Las precipitaciones más abundantes se registran durante los meses de junio, julio, agosto y septiembre. La temperatura media anual varía entre 12 y 18°C. Las heladas empiezan en octubre y terminan generalmente en marzo.

Según Cachón *et al.* (1976), los suelos en el sitio experimental pertenecen a la serie Nativitas fase somera, de color pardo grisáceo muy oscuro que cambia a negro con la profundidad y no se nota diferenciación marcada de horizontes. Están limitados por un estrato fuertemente cementado (tepetate) a profundidades variables.

La textura es migajón arenosa y arena migajosa en las profundidades 0-20 y 20-40 cm, respectivamente. El pH es ligeramente ácido (6.6 y 6.8). Son suelos pobres en materia orgánica (1.4 y 0.8%).

La cantidad de nitrógeno total en las dos profundidades indica que son suelos extremadamente pobres (0.065 y 0.039%). Los contenidos de fósforo asimilable son pobres mientras que los de potasio, calcio y magnesio son extremadamente ricos en estos suelos (Moreno, 1970).

Se condujo una serie de experimentos durante tres años consecutivos, con la asociación maíz-frijol, empleando las variedades de maíz H-30 el primer año y H-28

los dos siguientes y las de frijol Negro 66 en el primer año y Negro 150 los dos años siguientes. Los abonos orgánicos probados fueron el estiércol de gallina, de bovino y ovino, que son los que los agricultores disponen frecuentemente. Se probó dos dosis de los abonos orgánicos y dos del fertilizante mineral. Las dosis de los abonos orgánicos fueron: para gallinaza, de 2 y 4 ton ha⁻¹; para estiércol bovino de 3 y 5 ton ha⁻¹; y para estiércol ovino de 1 y 2 ton ha⁻¹.

Las dosis de fertilización mineral fueron la fórmula de fertilización mineral completa: 110-75-0 de N-P-K y la mitad de la fórmula anterior (55-40-0).

Se ensayaron 15 tratamientos, que resultaron de la combinación de tres abonos orgánicos en sus dos niveles (dando 6 tratamientos), aplicados tanto solos como en combinación con la mitad de la dosis mineral, todo lo cual da 12 tratamientos más un tratamiento con fertilización mineral completa, otro con la mitad de la dosis mineral y un tratamiento testigo sin fertilización mineral ni abono orgánico (Cuadro 1).

El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con tres repeticiones el primer año y cuatro repeticiones los dos años siguientes.

Los dos primeros años de investigación se tomaron mediciones en la cosecha, obteniéndose los resultados de producción de materia seca y grano, tanto para el maíz como para el frijol. En el tercer año de investigación, en el maíz asociado se tomaron mediciones fisiológicas y nutrimentales en tres periodos definidos del cultivo con el fin de seguir la evolución de estos parámetros a través del ciclo de crecimiento: el primer muestreo se hizo a los 50 días después de la siembra, cuando el cultivo se encontraba en su periodo de crecimiento vegetativo intenso; el segundo muestreo se hizo cuando el 50% de las plantas abrieron la espiga; y el tercer muestreo, cuando el 50% de las plantas presentaban jilote. Para esto, de los seis surcos por parcela, los dos surcos centrales fueron

empleados para evaluar el rendimiento y los cuatro surcos restantes para obtener las plantas requeridas en los tres muestreos anteriores, en los que se tomaron 12 plantas al azar de los surcos 1, 2, 5 y 6 de cada parcela por tratamiento y por repetición, para realizar evaluaciones de peso seco, concentraciones y extracciones de nitrógeno, fósforo y potasio. Para frijol, en el tercer año de investigación se midieron el peso seco de plantas, concentración y extracción de nitrógeno, fósforo y potasio en dos épocas correspondientes al primero y segundo muestreos realizados para el maíz.

La eficiencia de los distintos abonos orgánicos, mezclas de abonos orgánicos y minerales fue evaluada mediante la producción de grano y paja, así como por la cantidad de N, P₂O₅ y K₂O aplicados al suelo y extraídos por la asociación.

RESULTADOS Y DISCUSION

A partir de los datos de campo obtenidos en los tres experimentos, se calculó los promedios de rendimiento de grano de maíz y frijol y el rendimiento total de grano de maíz y frijol (Cuadro 1).

I. Maíz

Los rendimientos de maíz asociado variaron desde 2421 a 4203 kg ha⁻¹ (Cuadro 1), lográndose el rendimiento más alto con la mitad del fertilizante mineral mezclado con 4 ton de estiércol de gallina (Tratamiento G4B) y el menor rendimiento con el tratamiento testigo, sin ningún tipo de fertilizante (Tratamiento T). El tratamiento con la mitad de la dosis mineral (Tratamiento B) superó en todos los casos a la aplicación de estiércol solo. El rendimiento producido al aplicar la mitad de la dosis mineral es superado cuando se aplica la misma cantidad de fertilizante

Cuadro 1. Rendimiento de grano de maíz, de frijol y total (maíz más frijol) promedio de los obtenidos en los tres años.

Tratamiento No. Clave	N kg ha ⁻¹	P ₂ O ₅ kg ha ⁻¹	Estiércol ton ha ⁻¹	Rendimiento		Total kg ha ⁻¹		
				Maíz kg ha ⁻¹ *	Frijol kg ha ⁻¹ *			
1 T	---	---	----	2421	c	407	e	2828
2 O1	---	---	1 Ov	2699	bc	484	de	3183
3 O2	---	---	2 Ov	2699	bc	514	cde	3213
4 V3	---	---	3 Vac	2920	c	489	de	3409
5 V5	---	---	5 Vac	2797	bc	615	abcde	3412
6 G2	---	---	2 Ga	3188	b	663	abcd	3851
7 G4	---	---	4 Ga	3471	ab	719	abc	4190
8 B	55	40	----	3522	ab	589	abcde	4111
9 O1B	55	40	1 Ov	3551	ab	561	abcde	4112
10 O2B	55	40	2 Ov	3750	ab	552	bcde	4302
11 V3B	55	40	3 Vac	3699	ab	661	abcd	4360
12 V5B	55	40	5 Vac	4019	a	748	ab	4767
13 G2B	55	40	2 Ga	3734	ab	673	bcd	4407
14 G4B	55	40	4 Ga	4203	a	775	a	4978
15 C	110	75	----	4005	a	632	abcd	4637

Vac = Vacuno, Ga= Gallinaza, Ov= Ovino; C= dosis mineral completa

B = mitad de la dosis mineral.

* Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$), letras iguales no son estadísticamente diferentes.

mineral mezclado con los estiércoles de ovino, bovino y gallina y por el tratamiento con la dosis mineral completa (Tratamiento C). El tratamiento con la dosis mineral completa supera todos los tratamientos a excepción de aquellos tratamientos que incluían 5 ton ha^{-1} de estiércol bovino y 4 ton ha^{-1} de estiércol de gallina mezclados con la mitad de la dosis mineral (Tratamientos V5B y G4B).

La eficiencia de los abonos orgánicos aplicados al maíz puede ser explicada parcialmente con base en la cantidad de nutrimentos adicionados (Cuadro 2). Existe una relación muy estrecha entre la producción de materia seca (primer, segundo y tercer muestreo) y la de grano de maíz con las aplicaciones de N, P_2O_5 y no así con la de K_2O (Cuadro 3). Ello indica que el rendimiento de maíz es función de la cantidad de N y P_2O_5 aplicada, ya sea en forma de abono orgánico y/o inorgánico, lo cual concuerda con lo encontrado por Del Valle (1978), que tanto el N como el P_2O_5 aplicados a la asociación maíz-frijol afectaba positiva y significativamente el rendimiento de maíz.

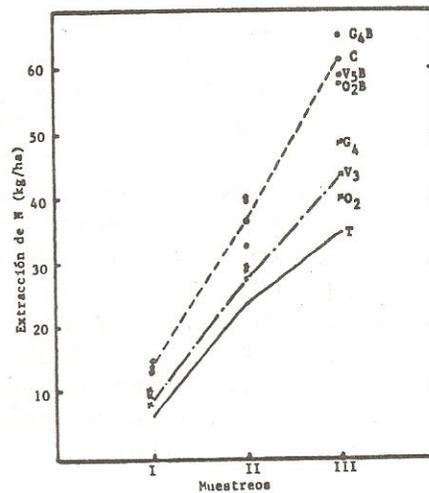


Figura 1. Extracción de nitrógeno por el maíz a través del ciclo de crecimiento en algunos de los tratamientos.

En la Figura 1 se presenta, en forma gráfica, parte de los resultados de la extracción de N por las plantas de maíz durante el ciclo vegetativo. Se puede observar un incremento en la extracción total

Cuadro 2. Cantidad de N, P_2O_5 y K_2O aplicados como fertilizantes minerales y/o orgánicos y su efecto sobre la producción de materia seca y extracción de N, P_2O_5 y K_2 por el maíz en el tercer muestreo del tercer experimento.

Trat.	Aplicación kg ha^{-1}			Peso seco kg ha^{-1}	Extracción kg ha^{-1}			grano kg ha^{-1}
	N	P_2O_5	K_2O		N	P_2O_5	K_2O	
T	0	0	0	4000	34.5	16.4	71.5	2201
O1	15	16	21	4324	35.9	19.0	81.9	2333
O2	31	34	44	5028	40.3	23.1	87.0	2597
V3	55	80	103	5240	43.5	24.5	103.9	2685
V5	92	132	172	5288	39.5	24.5	102.6	2597
G2	54	89	68	5130	41.0	23.8	92.7	2839
G4	109	178	137	5745	48.7	24.9	112.6	3169
B	55	40	0	5804	56.5	24.7	109.6	3235
O1B	70	56	21	5348	43.8	21.5	90.7	3147
O2B	86	77	44	6045	57.8	28.6	127.3	3491
V3B	110	120	103	5931	48.9	24.0	115.0	3279
V5B	147	172	172	6397	59.2	30.2	128.7	3555
G2B	109	129	68	5938	49.5	25.4	115.5	3103
G4B	164	218	137	6555	65.4	31.8	143.3	3697
C	110	75	0	6032	61.1	27.4	128.5	3421

de N conforme pasa el tiempo, conformada por tres grupos definidos de tratamientos. El testigo (Tratamiento T) extrajo cantidad menor y tuvo los rendimientos más bajos, otro grupo en donde se encuentran los tres estiércoles aplicados solos con extracciones y rendimientos intermedios y; el tercer grupo con las mezclas de estiércol con fertilizante mineral y el tratamiento con la dosis completa de abono químico, que presentan las mayores extracciones y rendimientos. Esto explica los resultados obtenidos en el análisis de correlación entre los rendimientos de maíz y extracción total de N. Es de interés hacer resaltar el hecho de que, en forma general, la disponibilidad de N proveniente del abono se mantiene constante en el orden siguiente: mayor para gallinaza, intermedio para bovino y menor para ovino.

En lo que respecta a la extracción de fósforo por las plantas de maíz, se observan resultados semejantes a los obtenidos para el caso del N (Figura 2). Nuevamente la menor extracción de fósforo corresponde al tratamiento T en el transcurso del ciclo. Así mismo, la aplicación de los abonos orgánicos solos, resultó en niveles de extracción medios, en tanto que a la aplicación de éstos

mezclados con fertilizantes minerales correspondieron los máximos niveles de extracción. Al igual que para la extracción de N se observa una alta correlación entre la cantidad de fósforo extraído y el rendimiento de grano de maíz (Cuadro 3). Se hace notar que de las tres fuentes orgánicas la más eficiente en cuanto a la extracción de fósforo que hace

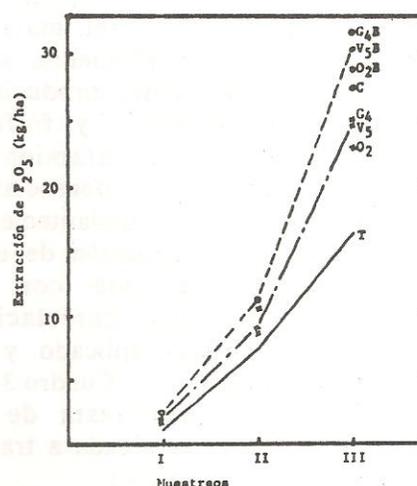


Figura 2. Extracción de fósforo por el maíz a través de su ciclo de crecimiento en algunos tratamientos.

Cuadro 3. Resultados del análisis de correlación entre N, P₂O₅ y K₂O aplicados y rendimiento en grano, peso seco y extracción del maíz en el tercer muestreo en la asociación maíz-frijol.

		Coef. de correlación	Prob.
N aplicado vs	Rendimiento de grano	0.85	.001
	Peso seco total	0.91	.001
	Extracción de N	0.79	.001
P ₂ O ₅ aplicado vs	Rendimiento de grano	0.86	.001
	Peso seco total	0.89	.001
	Extracción de P	0.76	.001
K ₂ O aplicado vs	Rendimiento de grano	0.25	.335
	Peso seco total	0.44	.097
	Extracción de K	0.56	.002
Rendimiento vs	Extracción N	0.93	.001
	Extracción P	0.86	.001
	Extracción K	0.90	.001

la planta correspondió a la gallinaza, siendo intermedia el abono de bovino y la más baja la del ovino.

En lo referente al potasio se observa que al igual que para el nitrógeno y fósforo existe el mismo ordenamiento de tratamientos entre la extracción de potasio y rendimiento (Figura 3). Sin embargo, este hecho no debe ser entendido como que el potasio ejerció un efecto sobre el crecimiento del maíz y consecuentemente sobre el rendimiento; sino más bien que los fuertes efectos producidos por la asimilación de nitrógeno y fósforo provenientes de los distintos tratamientos proporcionaron un crecimiento diferencial y dado que al estar el suelo abundantemente abastecido con potasio, la extracción de éste correlaciona significativamente con el rendimiento, pero no hay correlación significativa entre el potasio aplicado y el rendimiento, como se indica en el Cuadro 3, lo cual señala la falta de respuesta de la adición de este nutriente (evaluada a través de la adición de abonos orgánicos).

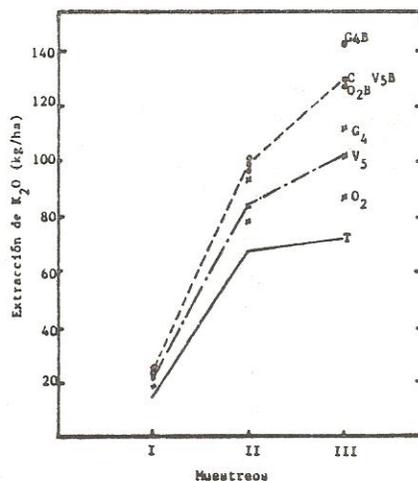


Figura 3. Extracción de potasio por el maíz a través de su ciclo de crecimiento de algunos tratamientos.

II. Frijol

El mayor rendimiento de frijol fue de 775 kg ha⁻¹ (Cuadro 1), que se alcanzó con la aplicación de la mitad de la dosis mineral mezclada con cuatro toneladas de estiércol de gallina (Tratamiento G4B). El menor rendimiento se obtuvo cuando al cultivo no se le agregó ningún fertilizante (Tratamiento T).

Se observó un efecto depresivo de la aplicación de estiércol de ovino sobre el rendimiento de frijol asociado, ya que al ser aplicado solo o mezclado con la mitad de la dosis de fertilizante mineral produjo menos que el tratamiento donde se aplicó la misma cantidad de fertilizante mineral solo. Por otra parte la gallinaza tuvo un efecto notable sobre el rendimiento de frijol en la asociación, ya que al ser aplicada sola o mezclada con la mitad del fertilizante mineral produjo más grano que el tratamiento con la dosis completa de fertilizante mineral solo. Los cuatro tratamientos que incluyeron al estiércol de gallina se encuentran dentro de los cinco mejores. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Martínez (1977), quien encontró que los rendimientos del frijol tratado con fertilizante mineral fueron superados considerablemente por aquellos tratamientos en donde se aplicó estiércol de gallina solo.

El efecto de los distintos tratamientos sobre el rendimiento de frijol puede explicarse en parte por las cantidades de nitrógeno y fósforo aplicadas al suelo ya sea en forma orgánica y/o inorgánica, ya que al relacionar éstas con el rendimiento promedio de tres años, se observa que existe una alta correlación entre estas variables (Cuadro 4). Al igual que para el maíz, el hecho de que haya una correlación entre el rendimiento y el potasio aplicado, se explica por los efectos que sobre el crecimiento producen el nitrógeno y el fósforo, lo cual puede constatarse por la falta de correlación entre potasio aplicado y el extraído. Por otra parte es conveniente resaltar la alta correlación observada entre el P₂O₅ aplicado y la extracción del mismo

(0.74), que es incluso mayor a la obtenida para el nitrógeno, indicándonos con ello la importancia del fósforo en la producción del frijol.

Cuadro 4. Resultados del análisis de correlación entre N, P₂O₅ y K₂O aplicados y el rendimiento de grano, pesos secos y la extracción de N, P y K en el segundo muestreo de frijol en la asociación maíz-frijol.

		Coef. de correlación	Prob.
N aplicado vs	Peso seco total	.78	.001
	Extracción de N	.69	.004
P ₂ O ₅ aplicado vs	Peso seco total	.55	.030
	Extracción de P	.74	.006
K ₂ O aplicado vs	Peso seco total	.30	----
	Extracción de K	.22	----
Rendimiento vs	N aplicado	.85	.001
	P ₂ O ₅ aplicado	.89	.001
	K ₂ O aplicado	.66	.006

III. Efecto residual

En el presente trabajo se planteó como objetivo realizar evaluaciones sobre el efecto de las mezclas de abonos orgánicos y minerales en ciclos anuales de cultivo en la asociación maíz-frijol, sin considerar los efectos residuales de los distintos materiales orgánicos, hecho que constituye un factor muy importante.

Cuadro 5. Relación existente entre N y P₂O₅ aplicados y extraídos por la asociación maíz-frijol en algunas mezclas, con respecto a la dosis mineral completa.

Trat.	Aplicado	N		Aplicado	P ₂ O ₅	
		Extraído (kg ha ⁻¹)	Residual		Extraído (kg ha ⁻¹)	Residual
G4B	164	88	76	218	38	180
V5B	147	80	67	172	37	135
C	110	84	26	75	33	42
O2B	86	84	2	77	35	42

Al evaluar la cantidad de N y P₂O₅ aplicados y extraídos por la asociación maíz-frijol, paja y grano de ambos, en los tres tratamientos con los cuales se obtuvo los mayores rendimientos totales y beneficios brutos (Tratamientos G4B, V5B y C) y como punto de comparación el tratamiento con la dosis alta de estiércol de ovino mezclado con la mitad de la dosis mineral (Tratamiento O2B), se concluye que el tratamiento con gallinaza aporta una mayor cantidad de N y P₂O₅ al suelo y que este mismo tratamiento podría tener un mayor efecto residual (Cuadro 5). Si se toma en cuenta que el uso de estiércol de gallina produce mayores rendimientos, beneficios brutos y efecto residual a largo plazo resulta ser el más costeable de los tratamientos. Sería conveniente evaluar el efecto de las mezclas sobre la producción de la asociación maíz-frijol pero aplicadas en mayor dosis. Ya que los abonos orgánicos además de favorecer las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo, tienen en general un efecto residual más prolongado. Las mezclas de abonos orgánicos y minerales reúnen las ventajas de los fertilizantes minerales y de los abonos orgánicos.

CONCLUSIONES

1. Los menores rendimientos de maíz asociado con frijol se obtuvo con los tratamientos de abonos orgánicos solos (Tratamientos O, V y G) y los mayores con los tratamientos

- donde se hizo una aplicación conjunta de fertilizantes minerales y orgánicos (Tratamientos OB, VB y GB), así como con la dosis completa de fertilizante mineral solo.
2. Los menores rendimientos de frijol asociado con maíz se obtuvieron con las aplicaciones de estiércol de ovino solo o mezclado con la mitad de la dosis de fertilizante mineral habitual (Tratamientos O y OB). Los mayores rendimientos se alcanzan al aplicarse el estiércol de gallina solo o mezclado con la mitad de la dosis mineral (Tratamientos G y GB).
 3. El uso de mezclas de abonos orgánicos y minerales para la fertilización de la asociación maíz-frijol es más eficiente que la aplicación de abonos orgánicos y minerales solos.
 4. Tanto el maíz como el frijol se ven afectados positivamente con las aplicaciones de nitrógeno y fósforo al suelo, ya sea en forma orgánica o inorgánica.
 5. La eficiencia de los distintos estiércoles sigue el orden: mayor para la gallinaza, intermedia para el bovino y menor para el de ovino, solos o mezclados con fertilizante mineral, siendo más notorio su efecto sobre la producción de grano de frijol.
 6. Las adiciones de materiales orgánicos premezclados con fertilizantes comerciales aumentan la eficiencia de los fertilizantes agrícolas, elevando los rendimientos de los cultivos, así como optimizando los recursos del campesino.
 7. Los abonos orgánicos no deben ser considerados exclusivamente como mejoradores del suelo, sino también como fertilizantes, ya que es un hecho que estos materiales contienen cantidades apreciables de nutrimentos que pueden ser aprovechados por los cultivos, reduciendo con ello las aplicaciones de fertilizantes químicos.

8. Es necesario evaluar el efecto residual de las mezclas de abonos orgánicos y minerales sobre la producción de la asociación maíz-frijol.

LITERATURA CITADA

AGUILAR S., P. 1978. Formulación de recomendaciones para el cultivo de asociación de maíz-frijol en el área del Plan Puebla. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

ALBARRAN M., M. 1983. El potencial del sistema de cultivos múltiples como alternativa de producción. Terra (1), 74-83.

BAUS P., J. 1980. Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica sobre la dinámica del P en un suelo de Ando. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

CABALLERO M., R. 1988. Respuesta del monocultivo de maíz y de la rotación maíz-frijol a las aplicaciones de estiércol de ave y fertilización química en el área del Plan Puebla. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.

CACHON A., H.E., H. NERY G. y H. CUANALO DE LA C. 1976. Los suelos del área de influencia de Chapingo. Rama de Suelos, C.P., E.N.A., SAG., Chapingo, Méx.

CONTRERAS. 1984. Efecto de la porqueraza en combinación con nitrógeno y fósforo en el rendimiento del maíz en los andosoles de la Sierra Tarasca. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

COVARRUBIAS G., L.L. 1977. Mezclas de abonos orgánicos con superfosfato simple y sus efectos sobre el rendimiento de *Festuca arundinaceae* var Alta (Schreb) en suelos calcáreos con problemas de abastecimiento de fósforo. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

DEL VALLE B., R. 1978. La asociación maíz-frijol de guía sembrados en surcos dobles (6.4 m entre apres de surcos) con calles anchas de dos metros, una alternativa para intercalar trigo en áreas de temporal. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

ESQUIVEL A., C. 1978. Respuesta de la asociación maíz-frijol a ocho factores de la producción en las zonas I y II del Plan Puebla. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

GUTIERREZ R., E. 1980. Efecto de la aplicación de abonos orgánicos e inorgánicos sobre las propiedades químicas y físicas de un suelo de ando. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

LEPIZ I., P. 1978. La asociación maíz-frijol y el aprovechamiento de la luz solar. Tesis de Doctor en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

LOPEZ C., R. FERRERA C. y S. ALCALDE B. 1979. Efecto de la fertilización orgánica sobre la población microbiológica en un suelo de ando de la Meseta Tarasca. Seminario sobre Suelos de Ando y sus implicaciones en el Des. Agric. de la Sierra Tarasca. CEDAF, CP, Chapingo. pp. 68-87.

MACIAS L., A.V. 1975. Influencia del nitrógeno y el estiércol de ave (gallinaza) en la asociación maíz-frijol de guía en parte de la zona V del Plan Puebla. Tesis Ing. Agrónomo ENA, Chapingo, México.

MARTINEZ H., J.J. 1977. Estudio preliminar sobre la eficiencia de la gallinaza como fertilizante para varios cultivos hortícolas. Tesis Ing. Agrónomo, ENA, Chapingo México.

MORENO D., R. 1970. Clasificación tentativa para suelos y aguas agrícolas. INIA, SAG, Chapingo, México.

MORENO R., O.H. 1972. Las asociaciones de maíz-frijol, un uso alternativo de la tierra. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

NUÑEZ E., R. 1986. Biosíntesis de fertilizantes organo-minerales. *Terra* 4(1): 50-54.

VARGAS S., V.M., H.E. CASTAÑEDA y P.A. CASTAÑEDA. 1984. Estudio de la fertilidad en la asociación maíz-frijol de guía con frijol de mata intercalado sobre la hilera, en temporal con riego de auxilio en la región de los Valles Centrales de Oaxaca. *Terra* (2), 219-227.

VILLALPANDO I., J.F., B. PEÑA O., J.I. CORTES F., R.J. BARAJAS C. y J.A. GONZALEZ T. 1979. Efecto residual de la gallinaza y el fósforo sobre el rendimiento de maíz, de humedad residual y posibilidad de sembrar año con año en la Sierra Tarasca. Sem. sobre Suelos de Ando y sus implicaciones en el Des. Agric. de la Sierra Tarasca. CEDAF, C.P., Chapingo, México. pp. 141-142.

RENDIMIENTO DE MAIZ EN TEPETATES ROTURADOS

Corn Yield Obtained on Degraded Soils ("Tepetates")

Ma. de la Luz Marcela Ortiz Solorio y Manuel Anaya Garduño

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

Palabras clave: Recuperación, Tepetates, Producción de maíz.

Index words: Corn yield, Rehabilitation of hard pan (tepetate).

RESUMEN

En el Oriente de la Cuenca del Valle de México se tiene una amplia zona en la que aflora o se encuentra a pocos centímetros de profundidad una capa cementada de óxidos de silicio denominada "Tepetate". Estas áreas han sido recuperadas entre otras para la producción de cultivos básicos, mediante prácticas que han consistido en terracear y subsolar, o bien, roturación manual. Se pensaba que la productividad de estas áreas estaba relacionada con el tiempo de roturación, pero al realizar la presente investigación se observó que depende de un buen manejo para obtener rendimientos adecuados y que esto también está supeditado a un buen temporal.

Recibido 4-91

SUMMARY

In the east of México Valley, there is a considerable area where a hard pan has been exposed due to hydric erosion; it is cemented by silice oxide called locally "tepetate". These areas have been rehabilitated for producing basic crops through terracing practices, subsoiling, deep tillage and roturation by hand. Roturation time had been thought to be related with productivity but this research project demonstrates that an appropriate management is related with good unitary yields considering rainfall characteristics.

INTRODUCCION

En el oriente de la Cuenca del Valle de México como en varias partes del país se tiene una amplia zona en la que aflora o se encuentra a pocos centímetros de profundidad del suelo (10-20 cm) una capa cementada de óxido de silicio que se conoce en el área con el nombre de tepetate. Este material es muy erosionable por lo que causa severos problemas de azolvamiento en las partes bajas de las cuencas hidrográficas, por lo que, a partir de los 70's en la zona se realizaron diversas obras de recuperación que consistieron en terracear y subsolar entre otras.

Debido a que se desconoce el efecto que han tenido estos tepetates roturados y terraceados en la producción agrícola de las comunidades beneficiadas, se planteó esta investigación que tuvo como objetivos: conocer el efecto que ha tenido el tiempo de roturación con respecto a los rendimientos obtenidos, y conocer el manejo que los agricultores dan a las áreas de tepetate roturado. También se plantearon dos hipótesis que fueron: las áreas de tepetate roturado son rentables, y entre más tiempo de roturación mejores rendimientos se obtienen.

La metodología consistió en aplicar una encuesta a los agricultores seleccionados relacionada con el manejo que dan a su parcela. Además, se realizaron algunas observaciones y mediciones de campo.

Los resultados obtenidos muestran que el cultivo de maíz en los tepetates puede ser rentable con un buen manejo de la parcela y del cultivo, además de contar con factores climáticos favorables.

REVISION DE LITERATURA

Las áreas de tepetate son un producto de arrastre aluvial (de un flagomerado), por deglaciación en distintas etapas del período comprendido entre fines del terciario y parte de cuaternario. Ya que durante los diferentes períodos de glaciaciones dentro de la cuenca éstas llegaron a la costa 2800 y las zonas periglaciales llegaron hasta los 2300 msnm.

En el área del periglacial (debido a las diferencias climáticas) se forman carbonatos que originan costras salinas o caliches. Esto no quiere decir que el tepetate ni aún el blanco contiene apreciables cantidades de cal o que sea un caliche, pues el contenido de CaO es muy bajo y el caliche no forma parte de los tepetates, únicamente recubre superficialmente las masas o los bloques de este material (o sea que presentan una pequeña capa de apenas unos mm).

La diferente coloración de los tepetates depende del material y condiciones de cada

erupción y de la diferente composición mineralógica. Pacheco (1979) clasifica a los tepetates con base en su color en: tepetate blanco, amarillo y rojo, el tepetate blanco es diferente del amarillo y rojo tanto en seco como en húmedo, se afirma que el tepetate amarillo y rojo son diferentes en cuanto a color en húmedo, pero no así en seco. Por lo que se dice que el tepetate rojo tiende al amarillo. En el análisis granulométrico se observa que el mayor porcentaje de arena corresponde al tepetate rojo (66.6%), enseguida el tepetate amarillo con (64.1%) y finalmente el blanco (59.2%).

La pobreza nutrimental de los tepetates es relativa ya que la cantidad de los diferentes nutrientes se clasifica como mediana o rica.

El factor limitante en la fertilidad es el bajo contenido de materia orgánica por lo tanto de nitrógeno, esto influye en la restauración y mejoramiento de los tepetates porque además de la falta de este nutriente, presenta poca retención de agua, por eso, para recuperar las áreas con tepetates roturados se requiere cumplir con los tres objetivos que se mencionan a continuación.

1. Tener suficiente espacio para el desarrollo de las raíces,
2. Tener buen abastecimiento de agua, y
3. Contar con los nutrimentos necesarios para un buen desarrollo de las plantas.

Para lograr esos objetivos se tiene una gran variedad de técnicas como son: terraceo, subsoleo, cepas, cepas españolizadas, tinas ciergas, aplicación de materia orgánica y selección de algunas especies vegetales. Estas prácticas se deben realizar en forma combinada, y sobre todo contar con la aplicación de materia orgánica, ya que además de mejorar los "suelos", acelera en grado máximo su restablecimiento (García, 1961).

Sánchez (1981) evaluó el comportamiento de dos tipos de tepetate bajo la adición de abonos orgánicos y abonos verdes en condiciones de invernadero, en el que concluye que los tepetates presentan diferencias dignas

de tomarse en consideración si se intenta llegar a dar un uso y manejo adecuado, independientemente de la coloración de cada uno de ellos. Y que el mejor tratamiento es el del tepetate rojo con estiércol, más la veza e inoculante.

Delgadillo *et al.* (1989) concluyen que la eficiencia de las prácticas de roturación de tepetate amarillo se relacionaron de manera directa con la potencia que es capaz de desarrollar el implemento al momento de roturar el material. Es por esto, que las roturaciones más eficientes resultaron ser las que se realizaron con Bulldozer y arado de discos.

La incorporación de tepetates a la agricultura se practica desde la época prehispánica siendo los elementos de esta tecnología la pulverización y la fertilización (Williams, 1972, reportado por Delgadillo *et al.*, 1989). La forma de roturar tepetate era manual utilizando herramientas como azadones y picos; la fertilización se realizaba con

cenizas de hojas de maguey, estiércol y tierra lama (sedimentos) o tierra de hoja. Esta forma de incorporación fue heredada a los pobladores actuales de algunas comunidades de la cuenca del México en donde actualmente todavía se practica.

MATERIALES Y METODOS

1. Localización.

La zona de estudio se ubica al Sur oriente de la cuenca del valle de México, cubre una superficie aproximada de 21 200 ha de las cuales el área con problemas de afloramientos de tepetate es de 3032 ha desde el río Xalapango hasta el río Coatepec (Figura 1).

Esta constituida por los ríos de San Juan Teotihuacán, Papalotla, Xalapango, Coxacoaco, Texcoco, Chapingo, San Bernardino, Santa Mónica, Coatepec y río de la Compañía.

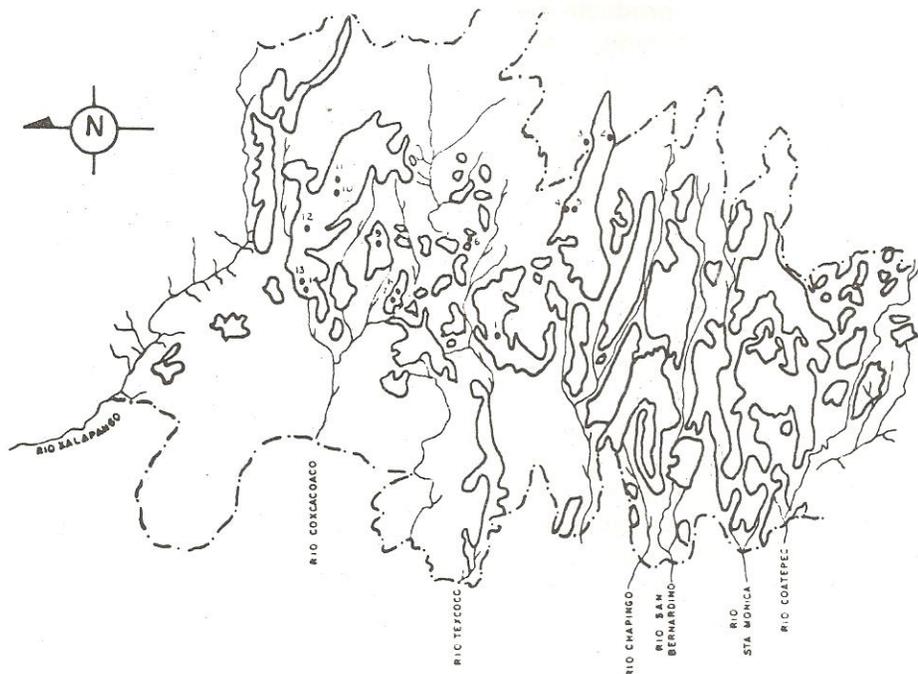


Figura 1. Localización de las áreas de tepetate y croquis de los sitios de muestreo.

2. Clima

Los factores del clima (precipitación y temperatura) son muy variables en el espacio.

El clima en un punto preciso es el resultado de interconexión de dos secuencias climáticas. Una del Sur, más húmedo, al Norte más seco y la otra latitudinal: las partes altas de la Sierra Nevada son frías y húmedas, mientras que las partes bajas son secas y calientes.

Así tenemos en la zona de estudio un rango amplio de climas que varían del semi-seco al húmedo.

Los valores medios de la zona son una precipitación total anual de 685 mm aproximadamente; el régimen de lluvias empieza en marzo-abril y termina en septiembre-octubre. El mes más lluvioso es julio con 135.6 mm y el menos lluvioso febrero con 5.3 mm.

La temperatura media es de 15.9°C y las máximas y mínima son de 24.7 y 7.2°C respectivamente, siendo enero el mes más frío y mayo el mes más caliente. Las máximas extremas han sido de 37°C y la mínima extrema de -11°C.

Los vientos dominantes son del NNW durante el invierno y los del NE en la estación cálida húmeda, las velocidades medias son de 10 km h⁻¹

3. Vegetación

Los tipos de vegetación (género y especie dominante) más importantes que se registran específicamente en el área de estudio en altitudes de 2250-2800 msnm son: encinos arborescentes y arbustivos, gramíneas, leguminosas, cactáceas, lileáceas y compuestas; en las barracas que se encuentran dentro de esta altitud, hay un tipo de vegetación de sitios muy húmedos como: *Alnus jorullensis*, *Salix bonplandii*, *Fraxinus udei*, *Buddleia cordata* y *Prunus capulli*, *Taxodium mucranatum*, *Senecio salignus* y *Schinus molle*.

Esta última se encuentra distribuida desde la parte baja hasta los 2500 msnm como máximo. También se encuentran pequeñas áreas o relictos de diversas especies de coníferas, entre los pinos la especie más abundante es el *Pinus leiophylla* en altitudes de 2500-2800 msnm en esta área también se encuentran *Pinus montezumae*, *Pinus pseudostrobus*, *Pinus rudis* y *Cupressus lindleyii*.

4. Fisiografía y Suelos

La parte Sur oriental de la cuenca del valle de México está compuesta de tres grandes unidades fisiográficas:

- La Sierra Nevada de las 2800 m a más de 4000 msnm con pendientes fuertes, temperaturas frías, esta unidad está esencialmente cubierta de bosques. Los suelos desarrollados a partir de cenizas volcánicas son en algunas partes andosoles.
- El pie de monte de los 2800 m a los 2200 msnm, presenta una superficie suavemente inclinada pero disectada y erosionada. Es una zona de cultivos de temporal, sobre suelos arcillosos de mediana a poca profundidad (Cambisoles y Phaeozems), en los que aparecen los tepetates, que son niveles endurecidos que en la mayoría de los casos afloran en la superficie, debido a la erosión del suelo sobre-yacente.

Esos tepetates corresponden a dos series de depósitos piroclásticos (Zebrowski *et al.*, 1990). Los más antiguos han generado tepetates de color amarillo. Los más recientes, cubriendo los anteriores, han formado tepetates más claros, blancos.

Además de esos tepetates amarillos y blancos que corresponden a materiales volcánicos finos, aparecen, en la zona, formaciones erosionadas blancas y rosadas desarrolladas a partir de materiales más gruesos incluyendo piedras: son brechas volcánicas.

La llanura aluvial a los 2200 msnm, son suelos franco-arcillosos profundos, es una zona de cultivos muy a menudo con riego.

Metodología

La presente investigación consistió en seleccionar 14 sitios de muestreo en la zona Sur-oriental de la cuenca del Valle de México (como se muestra en la Figura 1), entre los 2800 a 2500 msnm que es el área donde se tiene mayor afloramiento de tepetate y donde se ha realizado la mayoría de los trabajos de recuperación (antes de ser roturados contaban con una capa de 10 a 20 cm de suelo).

Se seleccionaron tepetates de acuerdo a su naturaleza y a la edad de roturación con el fin de ver la influencia de estos dos factores en el rendimiento. Así se escogieron tres tipos de materiales (tepetate blanco, tepetate amarillo y brecha) y tiempos de reincorporación a la agricultura que van del primer al décimo tercer año. Además se incluyó, como referencia, un suelo que no es tepetate, sino un suelo agrícola típico.

La finalidad de contar con estos sitios de muestreo fue evaluar que tan productivos son los tepetates en estas condiciones a través de la cuantificación del rendimiento del cultivo de maíz.

Para la evaluación se consideró el cultivo de maíz criollo de temporal, porque es el cultivo más común en el área, también se seleccionaron dos parcelas de riego (tepetate blanco roturado) con el objeto de considerar el rendimiento de éstas como el cercano, potencial de la zona para el tepetate blanco.

Se aplicó una encuesta con la que se obtuvo información relacionada con el tiempo de roturación, historia del terreno, manejo y costos de producción del cultivo de maíz.

La evaluación del rendimiento consistió en evaluar al azar dos surcos cada uno de veinte metros lineales, contar el número de matas y

plantas en cada uno de ellos, cortar todas las plantas (del área de muestreo) completas para pesarlas (se pesó por separado el rastrojo y el grano). De ahí se escogieron al azar 5 plantas completas para cuantificar el contenido de humedad y la cantidad de nutrientes que extrae el cultivo.

Para cada uno de los sitios de muestreo se hicieron de cuatro a cinco recorridos para tener información visual del cultivo en las diferentes etapas fenológicas y ver el manejo que se le daba al mismo, además de hacer contacto con los dueños para obtener la información que se requería.

RESULTADOS Y DISCUSION

Esta investigación se llevó a cabo en el ciclo agrícola de 1989, se trabajó con el cultivo de maíz criollo. En este ciclo se tuvieron en general condiciones climáticas adversas (Figura 2), ya que el temporal se retrasó bastante, normalmente en la zona se siembra a fines de marzo principios de abril y este año (1989) se sembró a fines de mayo y en algunos casos hasta mediados de junio.

La Figura 2 muestra que en el año 1989 el período de crecimiento fue de menor duración en tiempo con respecto a los valores medios. En la misma figura faltó incluir el período libre de heladas, sin embargo, muestra claramente que en 1989 hubo condiciones climáticas adversas para la actividad agrícola.

Se seleccionaron 14 sitios de muestreo con base en diferentes tipos de tepetates como se mencionó en la metodología. Los sitios de muestreo se localizan en diferentes áreas respecto a la posición geográfica (exposición de luz, vientos, heladas y aunque todos los sitios son terrazas, algunos son receptores y otros donadores de escurrimientos), manejo y microclima. La variación del microclima en algunos sitios de muestreo fue evidente, ya que para el caso de las parcelas 10 a la 14 las condiciones son más secas, aspecto que es meramente cualitativo porque desgraciadamente

no se puede demostrar con datos debido a que se carece de alguna estación meteorológica que lo compruebe.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo se agruparon en: Información General, Tiempo de Roturación, Manejo y Rendimiento del Cultivo y Aspectos Económicos.

La información general a la que se hace referencia se muestra en el Cuadro 1 donde se menciona el número de sitios de muestreo, la población a la que pertenece cada uno de ellos, la actividad primaria del dueño de la parcela y el tipo de tepetate. Así se puede observar que de los 14 sitios muestreados:

cinco corresponden al tepetate amarillo (sitios 1, 2, 4, 5 y 9), tres al tepetate blanco (sitios 12, 13 y 14) tres son brechas (6, 7 y 8) y tres son testigos de los cuales: dos son tepetate blanco roturado con riego (sitios 10 y 11) y uno es suelo (sitio 3). Por otra parte, nueve de los agricultores entrevistados se dedican completamente a la actividad agrícola y el resto solamente la practican como actividad secundaria.

De acuerdo a esta información se tienen que el manejo y los rendimientos del maíz para el tepetate amarillo con sus respectivos tiempos de roturación se presentan en el Cuadro 2. En este cuadro se observa que el tiempo de

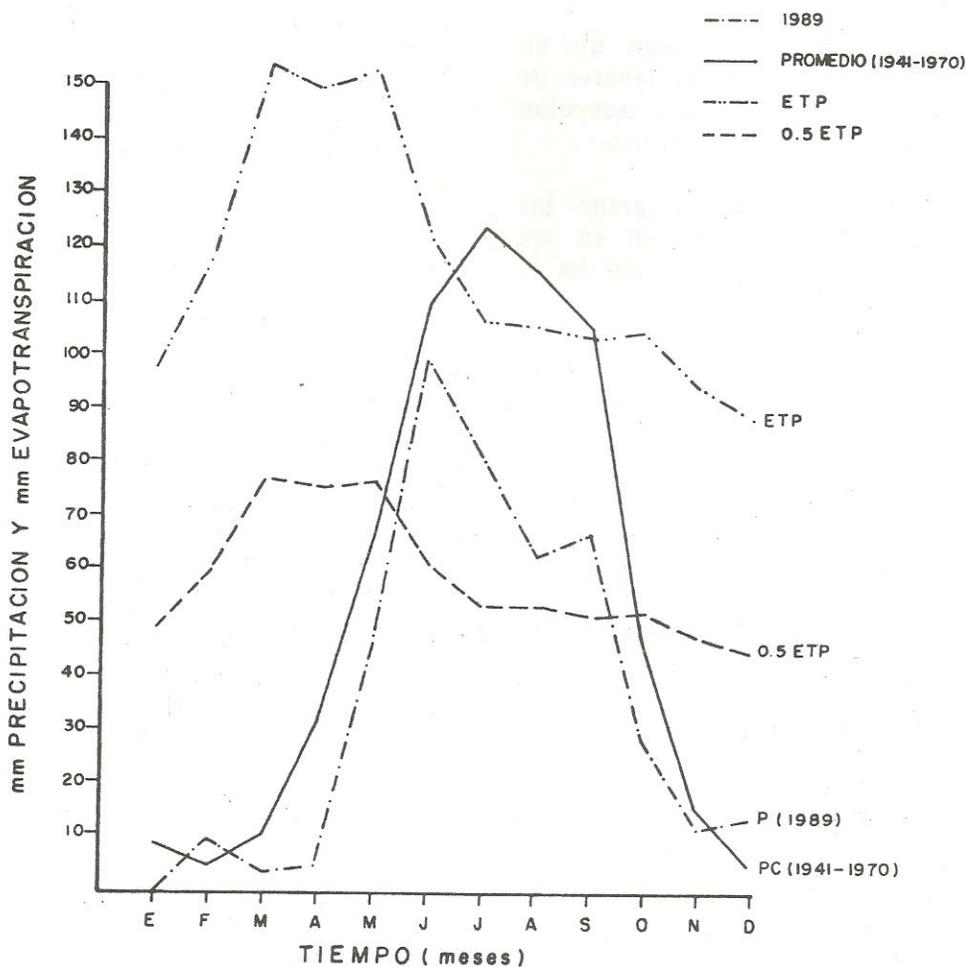


Figura 2. Demostración de que en el año 1989 hubo un mal temporal.

Cuadro 1. Información general.

Sitio	Población a la que pertenece	Actividad primavera del dueño	Tipo de tepetate
1	Tequexquahuac	Agricultor	Amarillo
2	Tequexquahuac	Comerciante	Amarillo
3	Tequexquahuac	Agricultor	Testigo (suelo)
4	San Pablo Ixayoc	Albañil	Amarillo
5	San Pablo Ixayoc	Agricultor	Amarillo
6	San Pablo Ixayoc	Asalariado	Brecha
7	San Dieguito Xochimancan	Agricultor	Brecha
8	San Dieguito Xochimancan	Agricultor	Brecha
9	San Miguel Tlaixpan	Agricultor	Amarillo
10	San Jerónimo Amanalco	Agricultor	Blanco c/riego
11	San Jerónimo Amanalco	Agricultor	Blanco c/riego
12	San Jerónimo Amanalco	Comerciante	Blanco
13	San Juan Tezontla	Agricultor	Blanco
14	San Juan Tezontla	Agricultor	Blanco

roturación varía de cinco a trece años, que en todos los casos se realizaron las labores de la tierra acostumbradas en la zona a excepción del sitio 9 donde incluso no se fertilizó.

Respecto a la producción de grano los mejores rendimientos se obtuvieron en los sitios 5 y 1 (3.7 ton ha⁻¹ y 2.2 ton ha⁻¹,

respectivamente), en ambos sitios se realizó una práctica que es poco común en la zona denominada contreo, la cual consiste en levantar pequeños bordos entre los surcos cada 4.5 m aproximadamente, estos tienen la finalidad de hacer más eficiente el aprovechamiento del agua.

El sitio 5 corresponde a una parcela que se localiza al Este de San Pablo Ixayoc, se considera que en este sitio se obtuvieron los máximos rendimientos porque: por un lado se ubica en un lugar receptor de escurrimientos superficiales, aproximadamente unos 300 metros aguas arriba de una presa almacenadora de San Pablo Ixayoc, e incluso todas las parcelas que se ubican en esta área muestran un buen desarrollo. Por otro lado, el agricultor trabajó de tiempo completo en su parcela y le da un manejo conservacionista al suelo y al agua, también sobre el terreno se pudieron observar residuos de materia orgánica (aunque no se aplicó en este ciclo), el cultivo siempre estuvo libre de malas hierbas y presentó un aspecto vigoroso.

En lo que se refiere al sitio 1, éste no presenta las condiciones ventajosas de localización del sitio 5 pero sí el manejo

Cuadro 2. Características del manejo, arreglo topológico y rendimiento del cultivo del maíz sembrado en tepetate amarillo roturado.

Sitio	Tiempo de roturación (años)	Fecha de siembra	Labores al tepetate*	Labores al cultivo	Fertilización fertilizante	Fecha de aplicación	Cantidad (kg/ha)	Dist.				Dens. de población	Rend. ton/ha
								entre surcos (cm)	Entre matas (cm)	Matas/surco (#)	Plantas/surco (#)		
1	10	Mediados de junio	B-Sdo-Sbra	1a y 2a labor contreo	Urea, Superfosfato de amonio	En las labores	172-96-0	80	75	59	163	48,040	2.2(G) 6.9(R)
2	5	Fines de mayo	B-Sdo-Sbra	1a y 2a labor	Sulfato de amonio	Inicio de lluvias	96-0-0	80	75	165	395	37,837	(-)(G) 2.6(R)
4	12	Fines de mayo	B-Sdo-Sbra	1a y 2a labor	Urea y superfosfato simple	En las labores	16-7-0	70	70	30	65	51,460	1.1(G) 3.7(R)
5	7	Fines de mayo	B-Sdo-Sbra	1a y 2a labor y contreo	Urea y supertriple	Inicio de lluvias	266-133-0	93	46	185	459	60,962	3.7(G) 10.7(R)
9	13	Mediados de junio	Sbra	1a y 2a labor	- -	- -	- -	80	90	53	228	61,849	(-)(G) 1.5(R)
3		Fines de mayo	B-Sdo-Sbra	1a y 2a labor	Urea	En las labores	183-0-0	76	76	235	75	46,070	0.8(G)
Testigo												5.1(R)	

* B = barbecho; Sdo = surcado; Sbra = siembra

** Rendimiento de grano (G)
Rendimiento de rastrojo (R)

conservacionista del suelo y del agua (mismo manejo, e incluso también se observan residuos de materia orgánica).

En las parcelas 2 y 9 no hubo producción de grano, en el primer caso pudo haber influido el mal temporal que implicó una siembra tardía, pero más que nada a que el agricultor no es de tiempo completo. En el segundo caso (sitio 9) se sembró muy tarde, no se realizaron las labores de la tierra y no se fertilizó por lo que bajo estas condiciones es bastante obvio que no hubiera producción de grano.

La parcela 4 en general durante el desarrollo del cultivo mostró descuido, a pesar de esto los rendimientos fueron satisfactorios.

El sitio 3 corresponde al testigo, el rendimiento que se obtuvo fue bueno respecto al rendimiento promedio general de la zona (0.5 ton ha^{-1}), pero en comparación con los demás sitios de muestreo definitivamente no fue satisfactorio, durante el desarrollo del cultivo, este fue afectado por una granizada, además de que el sitio se ubica en una área donadora de escurrimiento (aporta escurrimientos), además no está terraceada.

En relación al manejo que se le da al tepetate blanco, así como a los rendimientos obtenidos, la información se presenta en el Cuadro 3 donde es evidente que los mejores rendimientos de grano y rastrojo fueron obtenidos por los testigos (tepetate blanco roturado con riego). Todos los sitios de tepetate blanco se ubican en un microclima más seco como se mencionó al principio de este capítulo. Estas parcelas no produjeron grano.

Las parcelas 13 y 14 fueron sembradas a chorrillo, no se les practicó ninguna labor por lo que el cultivo mostró un mal desarrollo: gran cantidad de malas hierbas y ataque por plaga de chapulines. En estos casos los rendimientos de materia seca (rastrojo) fueron de 5.8 ton ha^{-1} y 1.8 ton ha^{-1} , respectivamente. Estas parcelas pertenecen al mismo dueño y tienen ocho años

de roturados, la diferencia en rendimiento se considera fue debido a que una de las mismas se ubica más cerca del establo y los excrementos que los animales producen en el mismo se aplican a esa parcela, además había algunos manchones dentro de la parcela en donde se observa que habían quitado la mala hierba, mientras que la otra parcela estaba por completo descuidada.

En el sitio 12 el cultivo de maíz no produjo grano y obtuvo el rendimiento de materia seca más bajo, esta situación se pudo deber a que no se fertilizó. Por otra parte, el tepetate blanco que constituye la parcela presentaba terrones muy grandes (visualmente) a pesar del tiempo de roturación que tiene.

Es el primer año que se siembra maíz, siempre se había sembrado cebada. De acuerdo a los agricultores "la cebada sirve para amanzar el tepetate recién roturado" cuando únicamente se tiene ese material, por eso se hizo la aclaración a un principio que los sitios seleccionados para este estudio contaban con 10-20 cm de suelo, porque cuando se trabaja con puro tepetate se debe manejar más intensamente el material para que produzca.

Los sitios 10 y 11 (tepetate blanco roturado con riego) fueron las únicas parcelas que produjeron grano, 2.4 y 1.2 ton ha^{-1} de maíz, respectivamente. Se considera que la producción obtenida en el sitio 10 (Cuadro 3) es la máxima de esa zona (microclima más seco).

Respecto a los sitios 6, 7 y 8 el material que los constituye son brechas, la información obtenida se muestra en el Cuadro 4 en el que se observa que en las parcelas 7 y 8 era el primer año que se sembraba (7 meses de roturado), una de ellas tuvo rendimiento de 0.5 ton ha^{-1} de grano y 4.7 ton de ms/ha (sitio 8) y la otra (sitio 7) de $0.4 \text{ ton de maíz ha}^{-1}$ y 1.4 ton de ms/ha . Esta diferencia en rendimiento fue debida a que en la parcela 7 se fertilizó con urea y supertriple en demasía lo que ocasionó que se quemaran un poco las plantas. En la parcela 8 se aplicó

sulfato de amonio, supertriple y supersimple de acuerdo a la experiencia del agricultor este fertilizante es más adecuado (sulfato de amonio) para suelos arenosos como los recién roturados.

En el sitio 6 al igual que el 12 no se fertilizó; por esa razón se obtuvo bajo rendimiento.

En síntesis, los Cuadros 2, 3 y 4 muestran evidencias claras de que la productividad de los tepetates y de la brecha (la brecha se

confunde con el tepetate blanco) no es función del tiempo de roturación de los mismos, sino que depende en gran medida del temporal y del manejo lo que se evidencia más claramente en los tepetates amarillos.

Desde el punto de vista estricto quizá estas comparaciones no sean las más adecuadas, sin embargo este trabajo se realizó con la finalidad de conocer en forma general los beneficios reales que trae consigo la recuperación de zonas degradadas para los agricultores involucrados, de acuerdo a las

Cuadro 3. Características del manejo, arreglo topológico y rendimiento del cultivo del maíz sembrado en tepetate blanco roturado.

Si- tío	Tiempo de roturación (años)	Fecha de siembra	Labores al tepetate	Labores al cultivo	Fertilización fertilizante	Fecha de aplicación	Cantidad (kg/ha)	Dist. entre surcos (cm)	Entre matas (cm)	Matas/ surco (#)	Plantas/ surco (#)	Dens. de po- blación	Rend. ton/ha
12	6	Fines de de mayo	B-Sdo-Sbra	1a y 2a labor	- -	- -	- -	80	50	75	153	61,540	(-)(G) 0.6(R)
13	8	Fines de mayo	B-Sdo-Sbra	- -	Urea y su- pertriple	Fines de junio	92-46-0	80	a Chorro	- -	296	69,187	(1)(G) 5.9(R)
14	8	Fines de mayo	B-Sdo-Sbra	- -	Urea y su- pertriple	Fines de junio	92-46-0	80	a Chorro	- -	296	69,187	(-)(G) 1.8(R)
10	15	Fines de marzo	B-Sdo-Sbra	1a y 2a labor	Sulfato de Amonio, urea y su- pertriple	En las labores	230-116-0	70	45	96	229	77,684	2.4 11.4(R)
11	15	- -	- -	- -	- -	- -	- -	75	60	72	295	95,757	1.2(G) 11.0(R)

* B = barbecho; Sdo = surcado; Sbra = siembra
** Rendimiento de grano (G) y de rastrojo (R)

Cuadro 4. Características del manejo, arreglo topológico y rendimiento del cultivo del maíz sembrado en brecha.

Si- tío	Tiempo de roturación (años)	Fecha de siembra	Labores al tepetate	Labores al cultivo	Fertilización fertilizante	Fecha de aplicación	Cantidad (kg/ha)	Dist. entre surcos (cm)	Entre matas (cm)	Matas/ surco (#)	Plantas/ surco (#)	Dens. de po- blación	Rend. ton/ha **
6	10	Mediados de mayo	B-Sdo-Sbra	1a y 2a labor	- - -	- -	- -	87	70	88	140	30,648	0.9(G) 2.7(R)
7	7 meses	Fines de mayo	B-Sdo-Sbra	1a y 2a labor	Urea super- triple	En las labores	380-380-0	80	80	119	228	33,965	0.4(G) 1.4(R)
8	7 meses	Princi- pios de mayo	B-Sdo-Sbra	1a y 2a labor	Sulfato de amonio, su- pertriple simple	Fines de junio y en gosto	100- 50-0	106	75	227	465	28,038	0.5(G) 4.7(R)

* B = barbecho; Sdo = surcado; Sbra = siembra
** Rendimiento de grano (G)
Rendimiento de rastrojo (R)

Cuadro 5. Costo desglosado de la producción.

Sitio	Barbecho (\$)	Surcado y siembra (\$)	Primera labor (\$)	Segunda labor (\$)	Fertilizante (\$)	Total (\$)
1	70,000.00	35,000.00	45,000.00	45,000.00	44,500.00	293,500.00
2	70,000.00	70,000.00	44,000.00	44,000.00	29,760.00	257,760.00
3	65,000.00	60,000.00	30,000.00	30,000.00	12,500.00	197,500.00
4	20,000.00	20,000.00	20,000.00	20,000.00	222.00	80,222.00
5	45,000.00	65,000.00	30,000.00	30,000.00	41,000.00	211,000.00
6	15,000.00	25,000.00	15,000.00	15,000.00	-	70,000.00
7	20,000.00	15,000.00	15,000.00	15,000.00	28,500.00	63,500.00
8	150,000.00	110,000.00	50,000.00	50,000.00	480,000.00	840,000.00
9	-	100,000.00	75,000.00	75,000.00	-	250,000.00
10	55,000.00	55,000.00	50,000.00	50,000.00	41,000.00	251,000.00
11	-	-	-	-	-	-
12	70,000.00	130,000.00	130,000.00	130,000.00	-	390,000.00
13	200,000.00	240,000.00	-	-	60,500.00	500,500.00
14	-	-	-	-	-	-

formas de producción de cada uno de ellos. Aquí lo que se observa claramente es que los tepetates roturados pueden producir y que definitivamente el buen aprovechamiento de estas áreas depende en gran medida de la dedicación que las personas tengan en el mantenimiento y mejora paulatina de dichas zonas.

Los costos de preparación del suelo, de las labores del cultivo y de la fertilización se muestra en el Cuadro 5 y el resumen económico del cultivo de maíz en áreas roturadas se presenta en el Cuadro 6.

En el Cuadro 6 se observa que 7 de los agricultores entrevistados tuvieron pérdidas al sembrar maíz; es pertinente aclarar que al contabilizar las ganancias del cultivo se consideró la producción de grano y forraje. Solamente obtuvieron beneficios dos parcelas de tepetate amarillo, tres de tepetate blanco y una brecha.

El mayor beneficio reportado se tuvo en las parcelas con riego y aquellas en las que se llevó a cabo la práctica de contreo.

De acuerdo a las hipótesis planteadas: (1) las áreas de tepetate recuperadas son rentables, y (2) entre más tiempo de roturación mejores rendimientos se obtienen.

La primera de ellas se acepta, claro es, que está condicionada al temporal, aspecto que está fuera de nuestras manos, y el adecuado manejo, situación que depende directamente de los agricultores.

La segunda hipótesis se rechaza, ya que los mejores rendimientos se obtienen al darle a estas áreas un buen manejo y poco tiene que ver el tiempo de roturación.

CONCLUSION

De acuerdo a los resultados obtenidos en el ciclo 1989 se concluye que:

El rendimiento de grano y materia seca que se obtiene en los tepetates roturados no depende mucho del tiempo de roturación.

La productividad de los tepetates roturados, independientemente del temporal, depende de la disponibilidad de materia orgánica.

La utilización del contreo como práctica de manejo incrementa el rendimiento, debido al aprovechamiento máximo del agua.

Los agricultores que dedican más tiempo a su parcela obtienen los mejores rendimientos.

Cuadro 6. Aspectos económicos del cultivo del maíz en tepetates roturados.

1 Sitio 66	2 Costo/ha (\$)	Ganancia de grano (\$)	Ganancia de rastrajo (\$)	Ganancia total (\$)	Beneficio Neto (\$)
1	958,000.0	940,658.4	1'665,600.0	2'606,258.4	+ 1'648,258.4
2	1'385,806.4	-	616,800.0	616,800.0	- 783,657.9
3	1'580,000.0	344,037.1	1'226,400.0	1'570,437.1	- 9,562.9
4	1'513,622.0	492,105.7	885,600.0	1'377,703.7	- 135,918.3
5	1'218,948.5	1'650,507.1	2'568,000.0	4'218,507.1	+ 2'999,558.6
6	1'489,361.7	420,247.8	658,080.0	1'078,327.8	- 411,033.9
7	1'058,333.3	168,534.6	327,600.0	496,134.6	- 562,198.7
8	974,025.9	243,003.4	1'140,000.0	1'383,003.4	+ 408,977.5
9	1'046,025.0	-	364,320.0	364,320.0	- 681,705.0
10	1'274,111.6	1'027,756.4	2'740,560.0	3'768,316.4	+ 2'494,204.8
11	-	531,297.8	2'659,200.0	3'190,497.8	+ 1'916,386.2*
12	2'413,366.0	-	143,280.0	241,200.0	- 2'172,066.0
13	581,706.2	-	1'415,280.0	1'415,280.0	+ 1'264,373.0
14	-	-	430,800.0	430,800.0	-

*Valor aproximado considerando el mismo costo de producción del sitio 10 dado que es vecino. Este agricultor no quizó cooperar del todo.

RECOMENDACIONES

Es necesario instalar una estación meteorológica entre San Juan Tezontla y la desviación San Jerónimo Amanalco-Santa María Tecuanulco.

Es necesario difundir la práctica de conteo en la zona.

Debido a la recomendación anterior es necesario crear programas para difundir las prácticas más adecuadas para el manejo de tepetates roturados (tener parcelas demostrativas).

Es necesario concientizar a la población involucrada sobre la importancia de aplicar materia orgánica a estas parcelas, por la gran cantidad de beneficios que esto representa, recomendación que se desprende de la revisión bibliográfica que se hizo y de las observaciones de campo que se mencionan en el texto.

LITERATURA CITADA

DELGADILLO P., M.E. MİRANDA M. y R.B. RUIZ H. 1989. Evaluación de seis formas de roturación de tepetate amarillo para incorporarlo a la producción en el Oriente de la Cuenca de México.

GARCIA E., A. 1961. Estudio de los suelos tepetatosos y las posibilidades de su recuperación agrícola. Tesis de Licenciatura ENA. Chapingo, México, Méx.

PACHECO L. MA. DEL C. y W.J. ESTRADA B. 1979. Cartografía y caracterización mineralógica de los tepetates del Oriente del Valle de México. En "Uso y manejo de los tepetates para el desarrollo rural" Universidad Autónoma Chapingo, Depto. de Suelos, Chapingo, Méx.

SANCHEZ J., M. 1981. Comportamiento de dos tipos de tepetate bajo la adición de abonos orgánicos y abonos verdes en condiciones de invernadero. Tesis de licenciatura UACH. Chapingo, México.

ZEBROWSKI, C., D. PEÑA y J.M. VALENCIA. 1990. Reincorporación de los tepetates a la producción agrícola. Avance de los trabajos de clasificación y cartografía. XXII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Montecillo, México.

PRODUCCION DE SORGO, GIRASOL Y MAIZ DE HUMEDAD RESIDUAL EN SUELOS ARCILLOSOS DEL ESTADO DE QUINTANA ROO

Relationship Between Grain Yield of Sorghum, Sunflower and Maize Grown under Residual Moisture in Heavy Clay Soils of Quintana Roo

Jorge Humberto Ramírez-Silva y Octavio Pérez-Zamora

CIFAP-Q.Roo, Apartado Postal # 250, Chetumal, Q.Roo
CIFAP-Colima, Apartado Postal # 104, Colima, Col.

Palabras clave: Humedad residual, Planchés, Agricultura de temporal.

Index words: Residual moisture, Planches, Rainfed agriculture.

RESUMEN

Estudios realizados de 1983 a 1985 en el Campo Experimental de Chetumal, Q. Roo, han mostrado que la sub-utilización de suelos vérticos durante la temporada lluviosa (ciclo primavera-verano) se puede evitar mediante la construcción de modelados del suelo para corregir problemas relacionados con el drenaje. Una de las alternativas probadas ha sido la utilización de "planchés". Sin embargo, la eficiencia agroproductiva de dichas estructuras podría incrementarse si la humedad retenida al término de la temporada de lluvias fuese suficiente para satisfacer la demanda hídrica de cultivos de humedad residual. En este trabajo se consideró esa posibilidad y se estudió la dinámica de humedad residual en el suelo, después de cultivar soya en el ciclo primavera-verano, utilizando sorgo H-BJ83, girasol H-Saffola y

maíz V-527 durante el ciclo de otoño-invierno 1985-86; el suelo en estudio se caracteriza por poseer una capacidad de campo de 50% y punto de marchitez permanente del 29%. Para la estimación de la humedad se tomaron muestras de suelo a intervalos semanales, con los cuales se elaboraron perfiles de humedad para cada etapa fenológica de los cultivos. Además, mediante el cálculo de lámina de agua aprovechable y el conocimiento de los requerimientos hídricos de los cultivos se determinó la capacidad del suelo para satisfacer la demanda hídrica.

Los resultados de los perfiles de humedad mostraron un abatimiento a través del tiempo sin llegar al punto crítico de marchitez, ya que los rangos de humedad fluctuaron del 60% a 32%. Por consiguiente, la condición hídrica residual resultó favorable para el crecimiento y producción de los cultivos seleccionados en el ciclo otoño-invierno. De esta manera, después de cosechar soya durante el ciclo primavera-verano de 1985, fue posible obtener un segundo cultivo, cuyos rendimientos de grano fueron de 3.0, 1.7 y 0.7 ton ha⁻¹ para sorgo, girasol y maíz, respectivamente. En conclusión es factible incrementar la eficiencia agroproductiva de los planchés.

Recibido 4-91.

SUMMARY

Studies carried out from 1983 to 1985 at Chetumal, Quintana Roo Agricultural Experiment Station have shown that the "under utilization" of heavy vertisols soils during the rainy season can be avoided by using raised planting beds in order to correct drainage problems. The alternative was to use soil platforms called "planches", which are characterized by a high drainage capacity. The agroproductive efficiency of "planches" could be improved if the planches are able to supply enough water for a post-rainy season crop. During the post-rainy season of 1985-86 was studied the dynamic of residual water, as well as the capacity to supply water for hybrids sorghum H-BJ-83, sunflower H-Saffola and maize V-527. Planches were sampled at weekly intervals to determine gravimetric water content and resulting soil moisture profiles related to crops phenology. The field capacity and permanent wilting point for soil planches were 50% and 29%, respectively.

Results showed that water content decreased with time, however, wilting point was not reached; soil moisture ranged from 60% to 32% during the crop period (January 10 to April 13, 1986). The amount of available water was sufficient to cover crops water requirements. Grain yields obtained on residual soil moisture for sorghum, sunflower and maize, were 3.0, 1.7 and 0.7 ton ha⁻¹ respectively.

INTRODUCCION

Estudios realizados de 1983 a 1985 en el Campo Agrícola Experimental de Chetumal, Quintana Roo, mostraron que la subutilización de los suelos vérticos gleycos (Ak'alchés) durante la temporada de lluvia (ciclo primavera-verano), se puede evitar mediante la construcción de camas y plataformas elevadas de suelo (Nava y Pérez, 1984; Pérez, 1983b; Pérez, 1985). La función de dichas camas y plataformas elevadas sobre la superficie del suelo es eliminar los excesos de agua que se presentan durante los primeros 45 a 50 días de

desarrollo del cultivo, proporcionando condiciones físicas y edáficas favorables para el crecimiento y desarrollo de las raíces de las plantas (Nava y Pérez, 1984; Pérez, 1985).

Una de las modalidades probadas desde 1984 son los "Planchés", los cuales se caracterizan por una alta capacidad de drenaje superficial y, cuya eficiencia agroproductiva podría incrementarse si la retención de humedad fuese suficiente para satisfacer la demanda hídrica de un segundo cultivo de humedad residual, después de cosechar maíz de temporal en el ciclo primavera-verano.

La factibilidad de obtener rendimientos satisfactorios en cultivos de humedad residual se basa en la información climática y edáfica colectada y analizada por Soto y Pérez (1985), quienes reportaron que la duración de la estación de crecimiento de los cultivos en Quintana Roo es del 14 de mayo al 1 de abril (11 meses), período durante el cual la relación humedad disponible (AD)/Evapotranspiración potencial (ETP) es mayor al 0.5, de acuerdo al cálculo del balance hídrico estimado por el método de Keig y McAlpine (1969).

Otros resultados (Nava y Pérez, 1984; Pérez, 1983; 1983b, 1985) indican que el agua de lluvia en Q. Roo puede ser suficiente para una agricultura integral continua, siempre y cuando se aproveche la alta capacidad de retención de los vertisoles (200 mm/m) y se diseñe un sistema apropiado de manejo para los suelos arcillosos.

En este trabajo se estudió la dinámica de humedad del suelo en modelado de planchés y la capacidad de éste para satisfacer los requerimientos hídricos de cultivos de humedad residual, después de cosechar soya durante el ciclo primavera-verano, con el objetivo de incrementar la eficiencia de uso de la tierra de los planchés. La hipótesis fue que los suelos arcillosos de Quintana Roo, aún construyendo infraestructura de gran capacidad para drenar exceso de agua, conservan suficiente humedad residual para abastecer a un segundo cultivo.

MATERIALES Y METODOS

Localización del Sitio Experimental.

El estudio se efectuó en un Vertisol gleyco del Campo Agrícola Experimental de Chetumal, Q. Roo, dependiente del INIFAP, ubicado entre los 18 y 19 grados latitud norte y los 88 y 89 grados de longitud oeste. El clima prevaleciente en la zona es AW2, con una precipitación media anual de 1200 mm. La superficie natural del suelo fue modificada mediante la construcción de plataformas elevadas, a las cuales se les denominó "Planchés" (Pérez, 1983). Estas estructuras, involucran movimiento de tierra mayor a los 600 m³, a las cuales se les da pendientes transversales del 8% para el escurrimiento hídrico. En la Figura 1 pueden observarse los detalles de este modelado o configurado de suelo.

Cultivos y Etapas Fenológicas.

Los cultivos utilizados fueron sorgo híbrido BJ-83, girasol híbrido Saffola y maíz de la variedad V-527. Las etapas fenológicas estudiadas para el sorgo fueron: 1 de emergencia a quinta hoja; 2 de quinta hoja a hoja bandera; 3 de hoja bandera a embuche; 4 de embuche a floración; 5 de floración a grano lechoso; 6 de grano lechoso a grano maduro (CAECHET, 1985b; Soto y Pérez, 1985).

Para girasol las etapas fenológicas estudiadas fueron: 1 de emergencia a botón

floral; 2 de botón floral a floración; y, 3 de grano masoso a grano maduro (CAECHET, 1985a; Pérez, 1983).

En maíz las etapas fenológicas consideradas fueron: 1 de emergencia a séptima hoja; 2 de séptima hoja a aparición espiga; 3 de aparición espiga a sedocidad; 4 de sedocidad a secado de sedocidad; y, 5 de secado de sedocidad a grano maduro (Soto, 1985; Pérez, 1983).

Mediciones

La humedad (Pw) a la profundidad de 0-15, 15-30, 30-45 y 45-60 cm se determinó por el método gravimétrico mediante muestreos semanales a lo largo del periodo de desarrollo de los cultivos. Los datos colectados para cada etapa fenológica se graficaron en función del tiempo y la profundidad para cada uno de los cultivos, obteniéndose de esta manera los perfiles de humedad correspondientes. Con esta información se estudió la dinámica de humedad a través del tiempo.

La evaluación de capacidad de abastecimiento hídrico para los cultivos se estimó relacionando las láminas de agua aprovechable con el requerimiento hídrico (mm) de las plantas (Nava, 1986). Para el cálculo de la lámina de agua se empleó la fórmula

$$L = \frac{Pw \times da \times Prof.}{100 dH_2O}$$

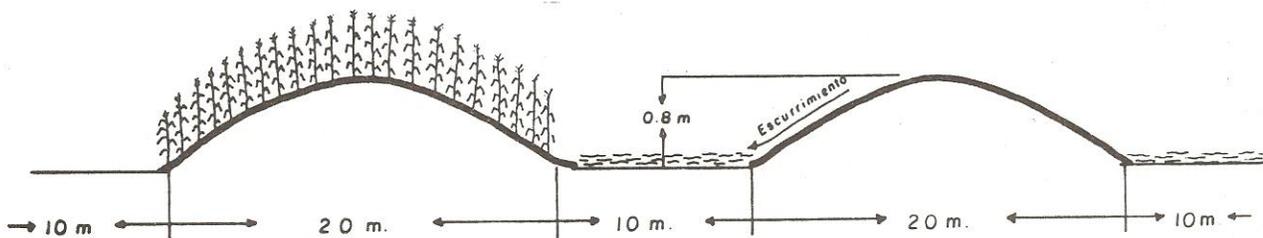


Figura 1. Representación esquemática del modelado de planchés. CAECHET, 1985 (no a escala).

donde P_w es el porcentaje de humedad (%), L es la lámina de agua (cm agua/cm suelo), d_a es la densidad aparente del suelo, P_r la profundidad radical y d_{H_2O} la densidad del agua.

La densidad aparente del suelo a la profundidad de 0-30 cm, en planchés fue de 0.83 g/cm^3 (Nava y Pérez, 1984).

Climatología del Ciclo de Cultivo.

La precipitación durante el período experimental se muestra en el Cuadro 1 para cada una de las semanas estándar (de la 49 de 1985 a la 17 de 1986). La precipitación en el período fue de 209.9 mm; sin embargo, durante el ciclo de cultivo (14 semanas) fue de sólo 87.7 mm, ya que los 182.2 ocurrieron previo a la siembra de los cultivos.

Método de Siembra.

La apertura de surcos (24 hileras por "planché"), se efectuó con arado de tracción animal; la siembra y fertilización se realizó a tapapié. El ciclo del cultivo comprendió el período del 10 de enero al 13 de abril, durante el cual se presentaron las siguientes plagas, gusano cogollero en maíz y mosquita midge en sorgo, las cuales se controlaron con Lorsban 480 E de acuerdo a recomendaciones de la Guía para la Asistencia Técnica del Campo Experimental Chetumal (CAECHET, 1985).

Diseño Experimental y Estimación de rendimiento.

La parcela útil consistió de 36 m^2 ; cada uno de los tratamientos o cultivos utilizados se repitió cuatro veces. Al término del ciclo

Cuadro 1. Precipitación ocurrida durante el ciclo otoño-invierno. 1985-86. Chetumal, Q.Roo.

Semana No.	Fecha	Precipitación (mm)	Precipitación acumulada mensual (mm)
49	Dic 3 - Dic 9	48.5	182.2
50	Dic 10 - Dic 16	63.7	
51	Dic 17 - Dic 23	66.5	
52	Dic 23 - Dic 31	3.5	
1	Ene 1 - Ene 7	0.5	36.8
2	Ene 8 - Ene 14 (Siembra) ¹⁾	10.4	
3	Ene 15 - Ene 21	22.9	
4	Ene 22 - Ene 28	3.0	
5	Ene 29 - Feb 4	19.2	34.9
6	Feb 5 - Feb 11	0.0	
7	Feb 12 - Feb 18	13.0	
8	Feb 19 - Feb 25	2.7	
9	Feb 26 - Abr 1	0.0	
10	Mar 5 - Mar 11	0.0	16.0
11	Mar 12 - Mar 18	0.0	
12	Mar 19 - Mar 25	16.0	
13	Mar 26 - Abr 1	0.0	
14	Abr 2 - Abr 8	0.0	0.0
15	Abr 9 - Abr 15 ¹⁾	0.0	
16	Abr 16 - Abr 22 ¹⁾	0.0	
17	Abr 22 - Abr 28	0.0	

1) Ciclo cultivo 10 enero 1985 al 13 de abril de 1986.
Precipitación Acumulada = 269.9 mm.

se muestreó la parcela experimental total (36 m² cada una) para estimar y calcular la producción, determinándose el rendimiento de grano por planchés. Estos datos se convirtieron a rendimientos por superficie efectiva. Se considera que la superficie efectiva de siembra es función de la superficie ocupada por el número de planchés en una hectárea; esta superficie efectiva es del 65% de ha, o sea que el área de cultivo es del 65%.

RESULTADOS Y DISCUSION

Humedad y Profundidad del Suelo.

En la Figura 2 se muestra el porcentaje de humedad a cuatro profundidades del suelo en cada una de las etapas fenológicas, durante el desarrollo del sorgo, girasol y maíz.

Los perfiles de humedad registrados en el tiempo resultaron similares para los tres cultivos, e independientemente del cultivo, los valores máximos de humedad observados

durante las primeras etapas fenológicas a la profundidad de 0-15 cm fueron del orden del 34.8%; por consiguiente, ninguno de los cultivos en estudio estuvo sujeto a falta de humedad durante su ciclo de desarrollo. Como era de esperar, a la profundidad de 15-30 cm los contenidos de humedad resultaron mayores que a la profundidad de 0-15 cm; y las fluctuaciones fueron del 63.18% al 41.6%. Por último, los contenidos de humedad a las profundidades de 30-45 cm y 45-60 cm resultaron similares a los observados a la profundidad de 15-30 cm. Esto nos indica que la mayor extracción de agua para el requerimiento de los cultivos y pérdidas por evaporación tuvo lugar en la capa superficial (0-15).

Como era de esperar los valores de humedad más altos fueron observados durante los primeros estadios de crecimiento de los cultivos; esto se debe a que todavía existía la influencia de la precipitación ocurrida durante la temporada de lluvias (Cuadro 1). Conforme el tiempo avanzó la influencia de la humedad dejada por las lluvias y los

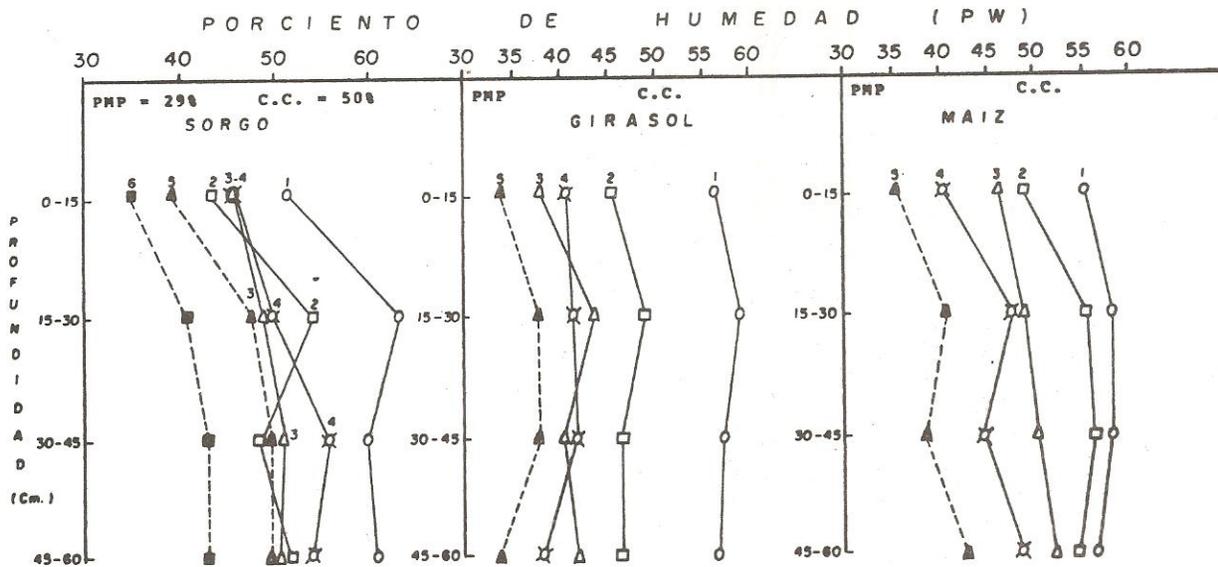


Figura 2. Dinámica de humedad residual del suelo durante el desarrollo de sorgo, girasol y maíz en planchés para cada una de las etapas. Ciclo O-I 85-86. CAECHET, Q.Roo.

contenidos de humedad decrecieron (Figura 2); de esta manera el perfil de humedad fue determinado por pérdidas evapotranspirativas que reflejaron la extracción de agua por los cultivos. Por otra parte, la exposición de la superficie del suelo a la radiación solar ocasiona temperaturas más altas en la superficie del suelo que en el subsuelo, por consiguiente es de esperar mayor evaporación a la profundidad de 0-15 (Figura 3) que en el subsuelo para cada uno de los cultivos (Hillel, 1980). Esto implica que las temperaturas más bajas en horizontes profundos favorecen la conservación de un mayor

contenido de humedad. En el presente estudio éstas resultaron similares a las encontradas por Veihsmeier (1927) en suelos franco arcillosos desnudos sin cultivar, después de haber adicionado agua cuatro años antes del muestreo; dicho investigador lo atribuyó a persistencia del agua en el suelo a una profunda penetración inicial. Por otra parte, mencionó que la humedad volumétrica disminuyó con el tiempo y que los contenidos de humedad resultaron menores a medida que la profundidad del suelo aumentó, lo cual se encuentra en concordancia con los datos observados en el presente estudio.

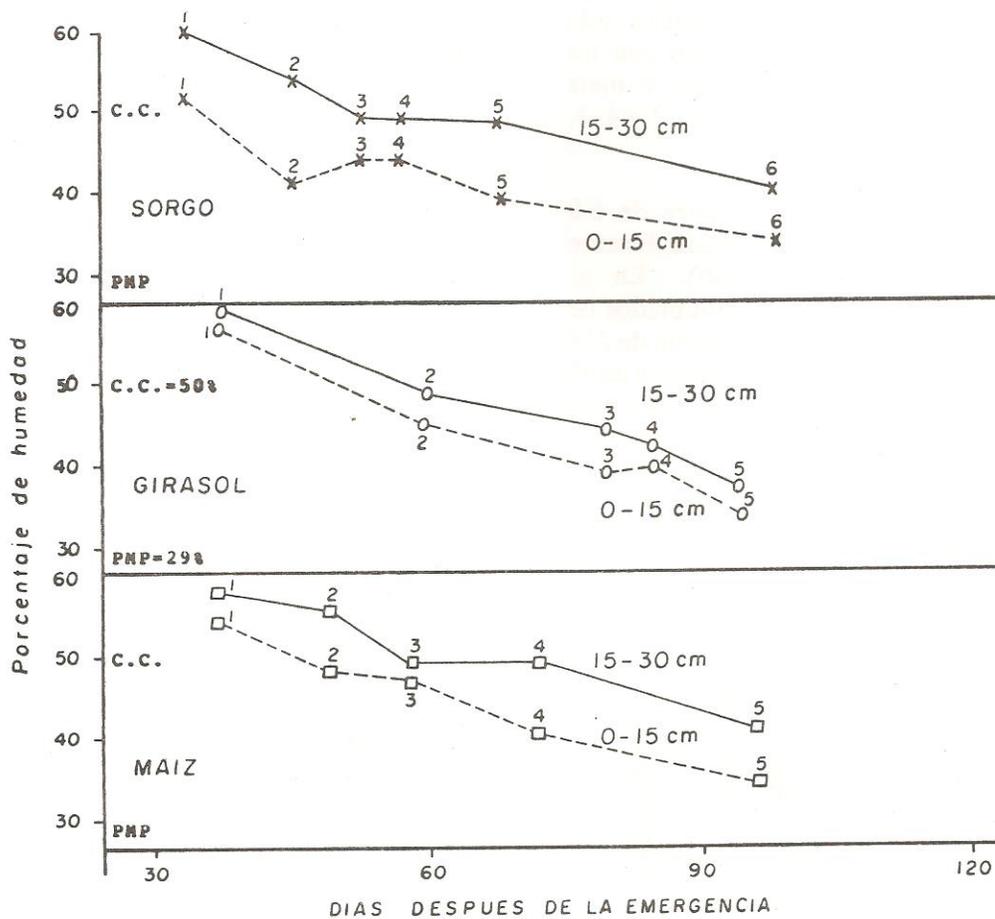


Figura 3. Dinámica de humedad residual, a dos profundidades, durante el desarrollo de sorgo, girasol y maíz. Ciclo O-I 85-86. CAECHET, Q.Roo.

Relación Entre Humedad del Suelo y Ciclo del Cultivo.

En la Figura 3 se consta que durante la mayor parte de las etapas fenológicas de los cultivos el rango de humedad aprovechable se mantuvo dentro del rango de las constantes físicas de los suelos arcillosos de Q. Roo (PMP = 29% y CC = 50%). Esto significa que aún a los valores de humedad más bajos (34.8%) registrados en el ciclo de otoño-invierno, no se alcanzó el punto crítico de marchitez permanente. Lo anterior nos da idea de la posibilidad de los planchés para satisfacer la demanda hídrica en cada etapa fenológica de los cultivos establecidos en el período de humedad residual del ciclo otoño-invierno en el estado de Quintana Roo.

La lámina de agua aprovechable (mm) a cada una de las profundidades se relacionó con las etapas fenológicas del sorgo, girasol y maíz como se muestra en las Figuras 4-1, 4-2 y 4-3, respectivamente.

Con respecto al maíz, éste requiere de 6.0 a 4.5 mm/día de agua bien distribuida durante todo el ciclo (CAECHET, 1985b). En el presente trabajo los contenidos acumulados de agua a la profundidad de 0-30 cm fueron de 215 mm, con un promedio por etapa fenológica de 43 mm, lo que rebasó considerablemente y en forma significativa las necesidades hídricas del maíz del ciclo otoño-invierno (Figura 4-1).

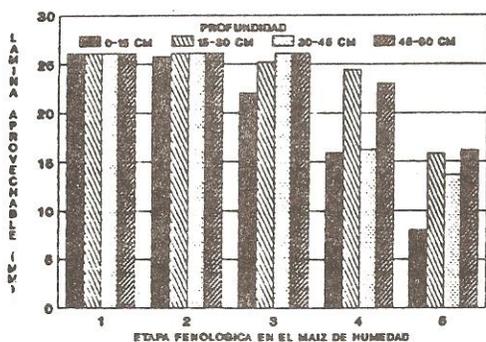


Figura 4-1. Agua aprovechable (en mm) en el cultivo de maíz de humedad residual en el ciclo O-I. Chetumal, Q.Roo.

Para el girasol se presentó una situación similar a la de sorgo, tal como se observa en la Figura 4-2. Los requerimientos hídricos de este cultivo fluctúan entre los 400-500 mm, de los cuales durante el estado vegetativo utiliza el 20% (100 mm), en la floración el 50% (250 mm) y en la formación de grano a maduración el 25% (125 mm). El girasol durante este último período es más sensible a los déficits hídricos, ya que es cuando se ocasionan las mayores reducciones en rendimiento y contenido de aceite. En este estudio la lámina promedio diaria de agua disponible para girasol (Figura 4-2) fue de 52 mm y 17 mm para la primera y última etapa fenológica. La lámina acumulada a la profundidad de 0 a 60 cm fue 104, 90, 60, 61, 32 mm para las etapas fenológicas 1, 2, 3, 4 y 5, respectivamente, teniéndose de esta manera una lámina total de 349 mm durante el ciclo del girasol. Por otra parte, es de notar el patrón de extracción de este cultivo con respecto al maíz y sorgo (Figuras 4-1, 4-2 y 4-3), ya que el girasol extrae humedad de todo el perfil, o sea a toda la profundidad (0-60 cm). De esta información se infiere que los contenidos de agua son suficientes para satisfacer las necesidades de dicho cultivo, si se considera que el promedio diario requerido es de 6.2 mm.

Los períodos críticos para el desarrollo del sorgo son germinación e inicio de crecimiento rápido, que comprenden los

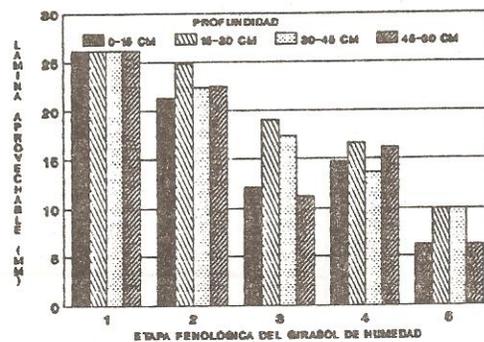


Figura 4-2. Agua aprovechable (en mm) en el cultivo de girasol de humedad residual ciclo O-I. Chetumal, Q.Roo.

25-35 días después de la emergencia; otro periodo crítico es la polinización que toma lugar a los 58-85 días después de la emergencia y el llenado de grano. Durante dichos periodos las necesidades de agua son de 6 mm, 3-4 mm y 8-10 mm para el periodo de crecimiento rápido (25 a 35 días), iniciación floral y floración, respectivamente (CAECHET, 1985), por lo que es de importancia conocer la relación entre los requerimientos de agua y la disponibilidad de ésta en el suelo. Si se observa la lámina aprovechable de agua (Figura 4-3) encontramos que los valores en la primera etapa fenológica fueron de 26.1 mm para cada una de las profundidades, con un valor promedio diario por fase fenológica para el periodo de 41.0 mm. La lámina acumulada a la profundidad de 0 a 60 cm fue 104, 93, 97, 90, 89 y 55 mm para las etapas 1, 2, 3, 4, 5 y 6, respectivamente, teniéndose de esta manera una lámina total de 539.5 para el ciclo de cultivo del sorgo. Estos resultados corroboran que los contenidos de agua disponible en el suelo durante el ciclo de cultivo otoño-invierno son suficientes para satisfacer los requerimientos hídricos del sorgo.

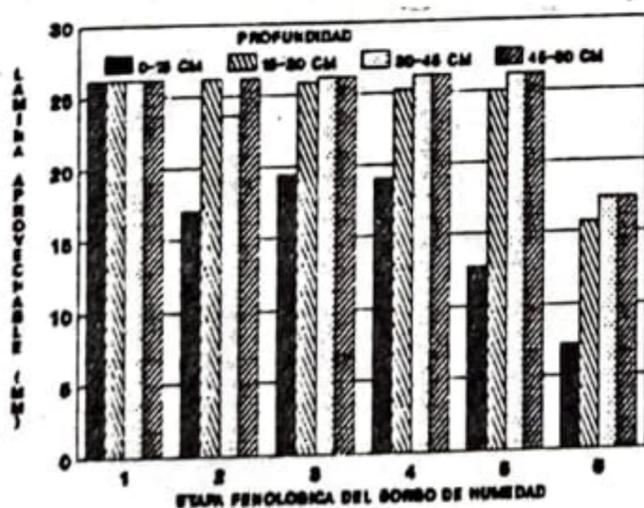


Figura 4-3. Agua aprovechable (en mm) en el cultivo de sorgo de humedad residual ciclo O-I. Chetumal, Q.Roo.

Finalmente, bajo las condiciones anteriores los rendimientos de sorgo, girasol y maíz fueron de 3.0 ton ha⁻¹, 1.7 ton ha⁻¹ y 0.7 ton ha⁻¹, respectivamente, estas diferencias entre rendimientos resultaron altamente significativas (P = 0.01), y desde el punto de

vista agronómico el girasol y sorgo resultaron una buena alternativa técnica, ya que rebasan la media estatal de producción (CAECHET, 1985; 1985a; 1985b).

CONCLUSIONES

1. No obstante la gran capacidad de drenaje de la infraestructura agrícola, construida para desalojar los excesos de agua, los vertisoles almacenan suficiente humedad durante primavera-verano, para lograr el desarrollo de un segundo cultivo en el año.
2. Los contenidos de humedad en el suelo se reducen a través del tiempo, debido a la extracción de agua de los cultivos de sorgo, maíz y girasol, sin embargo, esta reducción no llegó en ningún momento a ser restrictiva para el desarrollo de las plantas de maíz.
3. En consecuencia, los cultivos de sorgo, girasol y maíz, no estuvieron sujetos a deficiencias hídricas, ya que sus requerimientos fueron cubiertos por la humedad remanente para cada una de sus etapas fenológicas de maíz.
4. Los rendimientos obtenidos de girasol y sorgo, pueden considerarse como aceptables para la zona; éstos fueron de 1.7 y 3.0 ton ha⁻¹, respectivamente. En el caso de maíz fue de 0.7 ton ha⁻¹, debido a que en suelos arcillosos (en condiciones de Q. Roo) resulta difícil la preparación de las camas de siembra.

LITERATURA CITADA

- CAECHET. 1984. Guía para la asistencia técnica agrícola. Area de influencia del Campo Agrícola Experimental de Chetumal, Q.Roo. SARH-INIA-CIAPY.
- CAECHET. 1985. Marco de referencia del cultivo de sorgo en el estado de Quintana Roo. SARH-INIA-CIAPY.

CAECHET, 1985a. Marco de referencia del cultivo de girasol en el estado de Quintana Roo. SARH-INIA-CIAPY.

CAECHET, 1985b. Marco de referencia del cultivo de maíz en el estado de Quintana Roo. SARH-INIA-CIAPY.

HILLEL, D. 1980. Fundamentals of soil physics. Academic Press, Inc. New York, N.Y. USA pp. 228, 307-308.

KEIG, G. y McALPINE, J.R. 1969. Watball: A computer system for the estimation and analysis of soil moisture regimes from simple climatic data. 2nd ed. Techn. Memo 74/4. CSIRO. Aust. Div. of Land Res. pp. 45.

NAVA PADILLA, R. 1986. Drenaje superficial de los suelos vertisoles gleycos para la producción de maíz en el estado de Quintana Roo. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Saltillo, Coahuila.

NAVA PADILLA, R. y O. PEREZ-ZAMORA. 1984. Optimización del agua de lluvia en un sistema de producción integral de 10 ha en suelos vertisoles gleycos del estado de Q.Roo. Resumen XVII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Guadalajara, Jal., Méx., pp. 52.

PEREZ Z., O. 1983a. Sub-utilización de los suelos de drenaje lento (vertisoles gleycos) del estado de Q.Roo. Proyecto de Investigación. SARH-INIFAP (Mimeógrafo).

PEREZ Z., O. 1983b. Informe técnico de labores del proyecto: Suelos de Drenaje Lento (vertisoles gleycos) de Q.Roo. SARH-INIA-CIAPY. (Mimeógrafo).

PEREZ Z., O. 1985. Informe técnico de labores 1985 del proyecto: Suelos de Drenaje Lento (vertisoles gleycos) de Q.Roo. SARH-INIA-CIAPY. Mimeógrafo.

SOTO ROCHA, J.M. 1985. Influencia de la precipitación en el desarrollo de dos especies H-507 (*Zea mays*) y frijol Jamapa (*Phaseolus vulgaris*) con fechas continuas de siembra bajo temporal. 1a. Reunión Nacional de Agroclimatología. UNAM. México. pp. 164-171.

SOTO ROCHA, J.M. y O. PEREZ-ZAMORA. 1985. Manejo de la información climática y edáfica en agricultura tropical de temporal. 1a. Reunión Nacional de Agroclimatología. UNAM. México. pp. 143-150.

VEIHMEYER, F.J. 1927. Some factors affecting the irrigation requirements of deciduous orchards. Hilgardia 2: 125.

CARACTERISTICAS DE UNA POBLACION DE PRODUCTORES DE LA HUASTECA POTOSINA

Characteristics of a Sample of Agricultural Producers From the Huasteca Potosina

Ignacio Orona Castillo y Jesús Martínez Reding

CIFAP-Pánuco, CEHUIH, INIFAP, Apartado Postal No. 1, Huichihuayán, S.L.P.

Palabras clave: Economía campesina, Diversificación de cultivos, Factores externos.

Index words: Rural economy, Crops diversity, External inputs.

RESUMEN

En 1988-1989 se realizó este estudio para tres municipios de la Huasteca Potosina: Coxcatlán, Huehuetlán y Tancanhuitz con el propósito de caracterizar las unidades de producción en cuanto a recursos productivos; detectar sus necesidades de información e identificar otras alternativas de producción y sus deseos de cambio. La información se obtuvo mediante una encuesta y se analizó con base en la tipología de productores del agro mexicano realizada por la Comisión Económica Para América Latina (CEPAL) en 1982.

Se encontró que 94% de los productores destinan sus recursos a la actividad agrícola y el 6% a la pecuaria, observándose que predomina la agricultura de tipo campesino, y se pudo advertir que las necesidades de

información involucran los cultivos de maíz, frijol, naranja, mandarina, café y caña de azúcar para piloncillo. Asimismo, pudo apreciarse la presencia de alternativas de producción en cultivos existentes a nivel de traspatio, los cuales desean fomentarse por el 49% de los productores, sacrificando incluso alguno de los que ya tienen.

Sin embargo, para que la tecnología de producción sea adoptada por estos productores, debe incorporar lo menos posible el uso de factores externos, pues no tienen capacidad para comprarlos.

SUMMARY

This study was carried out during 1988 and 1989 at the Huasteca Potosina Region, Mexico, specifically in three counties; Coxcatlan, Huehuetlan y Tancanhuitz. The research was developed to characterize the production system to obtain information on needs, to identify production alternatives and producers wishes for better production ways. For this study was used, the "Tipología de Productores del Agro Mexicano" suggested by the "Comisión Económica para America Latina".

It was found that the needs for information is related to crops like corn, bean, orange,

Recibido 10-90.

mandarine orange, coffee and sugar. In the target area there are secondary production alternatives and a great wish of producers for superation. Therefore, in order to improve the secondary alternatives and realize their wishes, appropriate thechno should be designed with the least external inputs possible, since they cannot buy them.

INTRODUCCION

La región Huasteca Potosina, área de influencia del Campo Experimental Huichihuyán (CEHUICH) es una región con abundantes recursos naturales que favorecen el desarrollo de la actividad agropecuaria y forestal.

En 1987 el Plan de Investigación del CEHUICH señaló la existencia de dos áreas productivas diferenciadas. El de mejores características topográficas corresponde a predios grandes y especializados en determinada actividad productiva, los cuales están más tecnificados frente a otros con mayor diversidad de cultivos que se ubican en zonas muy accidentadas y densamente pobladas donde el tamaño del predio y el uso de tecnología moderna es menor. Para ser congruentes con los criterios que marcan el rumbo y prioridad que debe darse a la investigación científica y de acuerdo a dicho documento, es hacia la última zona a donde se requiere canalizar los esfuerzos de investigación y divulgación del CEHUICH, para mejorar las técnicas empleadas a partir de la realidad del productor. En este sentido, los objetivos planteados por este estudio consisten en caracterizar las unidades de producción de los municipios de Coxcatlán, Huehuetlán y Tancahuitz de Santos, en cuanto a recursos productivos; saber que necesidades de información requieren para sus cultivos, y con base en ello apoyar los programas de investigación y divulgación e identificar nuevas alternativas de producción y sus deseos de cambio.

MATERIALES Y METODOS

El área geográfica de estudio se localiza al interior de la Huasteca Potosina, entre los 21°28'31" y 21°44'11" de latitud norte y 99°02'02" y 98°47'47" de longitud oeste. Los tipos de clima presentes en esta zona de acuerdo a la Síntesis Geográfica para el estado de San Luis Potosí 1985, son el (A) C (m) (w), semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano localizado en el 80% del área, cuyo promedio anual de temperatura va de 22°C a 24°C y su precipitación oscila de 2000 mm a 2500 mm. En el 20% del área restante predomina el Aw₂, clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, el cual tiene promedios anuales de temperatura de entre 24°C y 26°C y de precipitación de entre 1500 mm y 2000 mm. Los tipos de suelo que cubren esta superficie son el Feozem, Regosol y Vertisol en el 41%, 31% y 28% del área y, los tipos de vegetación natural presentes son: selva mediana subperennifolia, selva alta perennifolia y selva mediana caducifolia. La superficie que comprende es de 359 km² distribuidos en los municipios de Coxcatlán, Huehuetlán y Tancahuitz de Santos y el período de estudio comprendió de agosto 1988 a noviembre de 1989.

La metodología para llevarlo a cabo tuvo sus bases en información de campo, apoyada en un estudio que sobre tipología de Productores del Agro Mexicano realizó la Comisión Económica para América Latina (CEPAL) en 1982, donde se definieron estratos de productores tomando como base el número de jornales empleados anualmente por cada unidad de producción, así como el tamaño de la superficie de dichas unidades. Asimismo, estos estratos los clasifican unos como agrícolas y otros como pecuarios, de acuerdo a si más del 50% del valor de la producción obtenida es de un tipo o de otro, diferenciando además la Economía Campesina de la Agricultura Empresarial.

El tipo de muestreo utilizado para definir el tamaño de muestra fue el que Gómez (1985) denominó cualitativo, debido a que está dirigido hacia el conocimiento de la

proporción de individuos, productores en este caso, que presentan determinadas características que los hacen diferentes entre sí, lo que permitiría en un momento dado instrumentar un programa de desarrollo agrícola dirigido a los productores que se desee beneficiar. De acuerdo a este tipo de muestreo se definió un tamaño de muestra de cien productores a encuestar.

Reyes *et al.* (1974) realizaron una caracterización de productores a nivel nacional basándose en el valor de la producción total, definiendo cinco estratos. Sin embargo, dicha diferenciación supone la afirmación implícita de un tipo de racionalidad económica común a todas las unidades de producción, por lo cual, por no distinguir dentro del sector agropecuario un sector campesino de un sector empresarial, este trabajo se apoya en el trabajo realizado por CEPAL (1982), ya que el proceso de generación de tecnología debe partir de los objetivos que persigue cada productor, es decir de su racionalidad económica.

La distribución de la muestra fue proporcional al número de productores por municipio; la selección de productores a encuestar se hizo al azar, con ayuda de tablas de "números aleatorios". Asimismo, para recabar la información de campo se diseñó una cédula de entrevista personal con 56 preguntas tendientes a captar la organización de las actividades de la unidad de producción así como aspectos socio-económicos y de medios de información.

Definida la encuesta, su levantamiento se hizo en los meses de septiembre y octubre de 1988. Previo al análisis de información fue necesario ejecutar una serie de conversiones a las unidades de peso y medida convencionales. El procesamiento de los datos se realizó mediante un análisis de carácter descriptivo, calculando frecuencias, promedios y proporciones.

Los cuadros de resultados se diseñaron en función de la metodología utilizada por CEPAL, sin embargo, para definir los estratos de

productores se utilizó la superficie total sin transformarla a lo que llama Equivalente Temporal Nacional, debido a que toda la actividad agrícola es netamente de temporal, por lo que no fue necesario.

Tampoco se consideró la variable jornales contratados por año por cada unidad de producción, ya que por el tipo de cultivos que se tienen (naranja y mandarina principalmente) dichos jornales los contratan porque en el momento de la cosecha requieren de mucha mano de obra para lograr cosechar toda la producción y venderla, y no porque se trate de productores que dispongan de suficientes excedentes económicos para contratar esa fuerza de trabajo y aún así logren grandes ganancias. Es decir en este caso el número de jornales contratados por año no indica que se trate de productores económicamente fuertes, es el tipo de cultivos el que hace parecerlos.

RESULTADOS Y DISCUSION

Al aplicar el criterio de clasificación referido a tamaño de predio y origen de la producción, se obtuvo una estructura como la que se indica en el Cuadro 1.

Al igual que ocurre a nivel nacional, la mayoría de las unidades de producción son predominantemente agrícolas (94%) en el sentido de que más del 50% del valor de su producción es de dicho origen.

Disponibilidad de Recursos por Tipo de Productor. En el Cuadro 2 se ilustra la magnitud y proporción de superficie total que dispone cada tipo de productor. Puede

Cuadro 1. Clasificación de productores de la muestra.

Tipo de productor	Rango de superficie	Número
I. Infrasubsistencia	(hasta 4 ha)	71
II. Subsistencia	(4.1 a 8 ha)	20
III. Estacionarios	(8.1 a 12 ha)	2
IV. Excedentarios	(más de 12 ha)	1
V. Peq. Prod. Pecuarios	(hasta 16 ha)	6

Cuadro 2. Superficie total y promedio por estrato de productores (ha).

Tipo de productor	No. de productores	Superficie total	Superficie promedio	Participación porcentaje
Infrasubsistencia	71	182.14	2.56	47.7
Subsistencia	20	109.76	5.48	28.7
Estacionarios	2	16.88	8.44	4.4
Excedentarios	1	16.00	16.00	4.2
Peq. Prod. Pecuarios	6	57.09	9.51	15.0

apreciarse que a los productores de infrasubsistencia les corresponde proporcionalmente menor superficie que al resto de los grupos de productores; son los productores pecuarios quienes poseen proporcionalmente la mayor superficie.

Aunque la variable medios de producción no fue captada totalmente, en todos los tipos de productores se observó la predominancia del sistema roza-tumba-quema, donde cobran especial importancia instrumentos de trabajo como el huíngaro, el machete, el hacha y la coa principalmente, debido a las restricciones impuestas por el terreno.

Relativo a medios de tracción y transporte, los que predominan son de origen equino (caballos, asnos y machos) y escasamente algunos vehículos automotores. Los de origen animal son utilizados para la molienda de caña de azúcar y acarreo del producto, más que para actividades propias de la agricultura. Para el análisis del recurso animales de crianza por unidades de producción, se excluyeron los productores pecuarios, considerándose sólo los agrícolas, ya que para ellos estos animales representan un complemento a su actividad principal. Las especies más comunes por orden de importancia fueron: aves, puercos, bovinos y ovinos. La presencia tan elevado de éstos refleja la importancia que tienen para los productores; sólo cinco de los 94 productores agrícolas no poseen animales de crianza.

Otro recurso disponible por las unidades de producción es la mano de obra familiar, de esta forma, la mano de obra familiar empleada por unidad de producción es de 2.4 personas durante el año, recurriéndose poco a contratar

jornales, principalmente en las unidades clasificadas como de subsistencia e infrasubsistencia.

Otra fuente de mano de obra la constituyen los jornales contratados por ellos, de esta forma, en promedio cada productor contrató 37 jornales al año, más por el tipo de cultivos que tienen que por la capacidad económica que ostentan, ya que al tener que cosechar naranja, mandarina, caña se ven obligados a contratar mano de obra extrafamiliar. Cabe advertir que en ningún caso se contrató más de 500 jornales/año, es decir de acuerdo a CEPAL (1982), la agricultura propiamente empresarial no existe en la zona.

Se observó además que en el nivel de infrasubsistencia es donde mayor número de miembros familiares aporta dinero a la unidad de producción empleándose en otras actividades y predios con mayor capacidad económica con un promedio por unidad de producción de 0.7 personas, cifra que disminuye al pasar a estratos de mayor superficie debido a que el tamaño de predio ofrece más posibilidades de empleo a los miembros de la familia.

Para concluir este apartado, en el Cuadro 3 se presenta el uso del recurso suelo, donde puede observarse que la actividad agrícola ocupa mayor superficie que la actividad pecuaria y forestal, no obstante, alrededor del 16% de dicha superficie se registró como superficie en descanso, es decir, superficie que se deja sin sembrar por periodos de tiempo que fluctúan entre dos y cuatro años, para posteriormente volver a sembrarse.

Cuadro 3. Uso del suelo por estrato de productores (ha).

Tipo de productor	Agrícola			Pecua- rio	Fores- tal	Total
	En uso	En descanso	Total			
Infrasubsistencia	140.03	26.75	166.78	6.20	9.16	182.14
Subsistencia	67.40	13.22	80.62	15.10	14.04	109.76
Estacionarios	12.96	2.52	15.48	0.20	1.20	16.88
Excedentarios	2.69	-	2.69	13.31	0.00	16.00
Peq. Prod. Pecuarios	17.80	3.39	21.19	34.90	1.00	57.09
Total	240.88	45.88	286.76	69.71	25.40	381.87

El estrato de productores agrícolas excedentarios posee más superficie pecuaria que agrícola, sin embargo, como al momento de levantar la información, no se tenía ganado en el predio, dicha unidad de producción se clasificó como agrícola, pues más del 50% del valor de la producción obtenida fue de dicho origen. Pudo apreciarse un escaso predominio del monocultivo, la mayor diversidad como era de esperarse, se ubica en los predios de menor tamaño. Así mientras cinco productores sembraron un cultivo, 17 registraron cinco y 7 registraron seis. Se presenta a continuación la caracterización de los distintos cultivos obtenidos por los productores. La referencia

es hacia seis, los cuales representan una superficie aproximada del 85% y el 47% del valor de la producción total (Cuadro 4).

El maíz, al igual que ocurre a nivel nacional constituye el más extendido y frecuente de los cultivos en todos los estratos, no obstante, la superficie que se le destina disminuye a medida que crece el tamaño de las unidades de producción. La frecuencia relativa del maíz para los estratos infrasubsistencia, subsistencia y estacionarios fue de 89%, 100% y 100%, los excedentarios no lo sembraron y para los pequeños productores pecuarios fue del 50%.

Cuadro 4. Cultivos principales practicados por los distintos tipos de productores.

Cultivo	Productores ^{a)} que practican el cultivo					No. de Productores	Superficie total (ha)	Superficie media (ha)
	I	II	III	IV	V			
Maíz	63	20	2	-	3	88	68.10	0.776
Caña	52	15	2	-	2	71	52.58	0.740
Naranja en producción	43	15	1	1	2	62	39.68	0.640
Café	52	12	-	-	2	66	30.81	0.468
Naranja en crecimiento	32	10	-	1	2	45	26.15	0.581
Frijol	29	10	1	-	1	41	11.37	0.277
Mandarina	22	5	1	-	2	30	7.05	0.235

a) Corresponde a las distintas categorías de productores.

La superficie destinada a frijol es alrededor de 11 hectáreas distribuidas en 41 productores, ocupa una superficie promedio de 0.27 ha, menos extensa que la de maíz para todos los estratos. La proporción de productores que siembran frijol para las primeras tres categorías es del 41%, 50% y 50%, para la categoría de pequeños productores pecuarios fue de 17%. La baja proporción de productores y superficie destinada a frijol, más que a factores de tipo cultural y social, puede deberse a factores climáticos, las abundantes precipitaciones ocasionan excesos de humedad que propician la proliferación de plagas y con ello, desestimula la siembra de este cultivo pues al igual que el maíz, constituye un alimento básico por excelencia. Más del 95% de la producción de estos granos se canaliza al autoconsumo. En 1974, Reyes *et al.* indicaron que el consumo familiar adquiere mayores proporciones en los predios de temporal que de riego. La producción de naranja representa la actividad más prometedora en el área tanto por su resistencia a las heladas registradas con una periodicidad de una cada diez años, así como por la instalación de una planta procesadora de cítricos y por los elevados precios que ha logrado en los últimos años. La frecuencia relativa con que este cultivo se encuentra para los cinco estratos es del 6%, 75%, 50%, 100% y 33% respectivamente. La superficie promedio en producción es mayor que la que está en crecimiento excepto en los productores excedentarios. Los pequeños productores pecuarios tienden a destinar más superficie a este cultivo. Asimismo, como una forma de aprovechar el recurso suelo, es común encontrar este cultivo en crecimiento asociado con maíz principalmente, lo que ayuda a mantener el cultivo libre de maleza.

La proporción de productores y la superficie media destinada al cultivo de la caña de azúcar muestran una ligera tendencia a disminuir a medida que se pasa del nivel de productores de infrasubsistencia al de pequeños productores pecuarios; las unidades excedentarias no lo siembran. La producción de caña se destina a su transformación en piloncillo, mediante pequeños trapiches,

muchas veces alquilados, y con empleo principalmente de mano de obra familiar. El 86% de esta producción es destinado al mercado. El estudio realizado por CEPAL (1982), citó que no pocos productores fueron clasificados como pequeños y medianas empresas debido al empleo de fuerza de trabajo extrafamiliar para la zafra, sin embargo, desde el punto de vista del área cultivada y características socioculturales del usufructuario se hubieran clasificado como unidades de tipo campesino.

El café ocupa el cuarto lugar en superficie. Los pequeños productores pecuarios destinan parte de sus recursos a la producción de este cultivo, de tal forma que poseen una superficie promedio superior a los productores agrícolas en su conjunto (0.76 contra 0.46) lo que se considera, es función del tamaño de la unidad de producción.

La superficie destinada a mandarina representa el tres por ciento del total y la superficie promedio que el productor le destina es tres veces menor que la destinada a naranja en producción; a excepción del estrato excedentario, este cultivo está presente en todos los demás.

Tecnología y Producción. Analizados los recursos que poseen y a qué los dedican, se procederá al análisis de los niveles tecnológicos y de producción que tienen por estratos de productores. Como se señaló predomina el tipo de agricultura característico del trópico húmedo; roza-tumba-quema, donde el uso de "insumos modernos" como variedades mejoradas, fertilizantes y pesticidas en la actividad agrícola es mínimo, sobre todo para cultivos básicos. El Cuadro 5 ilustra las proporciones de productores que utilizaron insumos modernos en sus cultivos.

Puede advertirse que para los cultivos de maíz y frijol la proporción relativa de productores que utilizan material mejorado es mayor en los primeros estratos, no obstante dicha proporción no deja de ser baja. Para café y caña se observó mayor empleo de este

Cuadro 5. Proporción relativa del uso de material mejorado, fertilizantes y pesticidas por cultivo y tipo de productor.

Cultivo	Material mejorado					Fertilizantes					Pesticidas				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
Maíz	2	10	0	np	0	2	0	0	np	0	10	10	0	np	33.3
Frijol	24	30	0	np	0	3	0	0	np	0	69	10	0	np	0
Café	36	33	np	np	50	23	25	np	np	50	11	25	np	np	0
Naranja	100	100	100	100	100	7	7	0	100	50	5	0	0	0	0
Mandarina	95	100	100	np	100	5	0	0	np	50	14	0	0	np	0
Caña	86	80	67	np	100	0	0	0	np	0	6	0	0	np	50

np = no presente

tipo de insumo, más para caña. Sin embargo, en los cultivos mandarina y naranja se advierte que el 100% de los productores emplean material mejorado, lo cual se explica porque la zona constituye uno de los principales centros de producción de planta que abastece las regiones del sur de Tamaulipas y norte de Veracruz.

Relativo al uso de fertilizantes químicos puede apreciarse que a los cultivos de maíz, frijol y caña, que se presentan principalmente en los dos primeros estratos, les corresponden las proporciones más bajas. Los cultivos café, naranja y mandarina presentan proporciones relativas más elevadas en el uso de este insumo, aunque no por ello dejan de ser bajos. Se aprecia que los productores excedentarios y pequeños productores pecuarios utilizan este tipo de insumo con mayor frecuencia, lo que pudiera atribuirse a una mayor capacidad económica.

El uso de pesticidas mostró proporciones similares a las referidas para fertilizantes, sin embargo, las proporciones de productores de maíz y frijol en los estratos infrasubsistencia que utilizaron pesticidas es mayor que la que utilizaron fertilizantes, lo que indica que los productores que usan fertilizantes no son los mismos que usan pesticidas, para el resto de los cultivos, ocurren apreciaciones similares.

Relativo a niveles de producción para el caso del maíz se observó que a mayor tamaño de predio, mayores rendimientos obtenidos. Para el frijol se observaron tendencias inversas.

Para el frijol el uso de insumos explica la tendencia observada, pues son las unidades de producción más pequeñas quienes las incorporan en su producción. En el cultivo de café, la presencia del INMECAFE para apoyar con crédito y asesoría al productor influyó para alcanzar los rendimientos obtenidos y en cuanto a naranja y mandarina se apreciaron diferencias en rendimientos por estrato, los más bajos rendimientos para naranja lo registraron los productores estacionarios y los más altos los productores excedentarios. En mandarina los más altos rendimientos los registraron los productores de subsistencia y los más bajos los productores estacionarios.

Finalmente para caña de azúcar se captaron rendimientos en piloncillo, los cuales incrementan al aumentar el tamaño de la unidad de producción. El Cuadro 6 ilustra los rendimientos por cultivo.

Factores que Limitan la Producción Agrícola en la Zona. Revisados los niveles tecnológicos y de producción, compete destacar los factores que limitan la producción agrícola, entre otros; los inherentes al cultivo, plagas y enfermedades; los institucionales; crédito y asistencia técnica, y los de comercialización.

Las plagas más comunes que el productor describió para el cultivo del maíz fueron: gusano cogollero, roedores (tuza, ratón y mapache) y falso medidor, presentes en el 32%, 28% y 21% de los predios de maíz, respectivamente. Como enfermedades se registraron tizón de la hoja y carbón de la espiga en el 7% de los predios con el cultivo.

Cuadro 6. Rendimiento promedio en los cultivos principales por tipo de productor (ton/ha).

Tipo de productor	Cultivos					
	Maíz	Frijol	Café	Naranja	Mandarina	Caña (piloncillo)
I	1.035	.350	1.053	6.867	8.460	3.900
II	.845	.274	1.478	6.413	8.590	4.200
III	1.203	-	-	3.500	5.000	4.800
IV	-	-	-	7.700	-	-
V	1.600	.158	.375	5.400	8.140	4.200

En frijol las plagas de mayor frecuencia fueron: babosa, chicharrita, mosquita blanca y chinche verde, presentes en el 24%, 20%, 15% y 15% de los predios respectivamente. Las enfermedades fueron: mosaico y cenicilla polvorienta, en el 20% y 10% de los predios. El cafeto presenta como plagas comunes a roedores (tuza) y gusano medidor de la hoja con incidencia del 11% y 8% de los predios. La enfermedad más frecuente presente en 3% de los predios, es el ojo de gallo.

Las plagas identificadas para el cultivo de naranja así como la proporción de huertos con el problema son: hormiga arriera, 36%; mosca prieta, 31%; mosca mexicana, 23%; roedores (tuza y rata), 16%; arador, 13% y pulgón, 11%. Las enfermedades gomosis y psorosis están presentes en el 20% de los predios naranjeros. En mandarina se registró hormiga arriera y mosca mexicana en 20% de los predios, y gusano perro y arador en el 7% de dichas unidades. La enfermedad más común es gomosis y se encontró en el 20% de las parcelas. Por último, el cultivo de la caña de azúcar enfrenta las plagas siguientes: roedores, en 58% de los predios; gusano barrenador del tallo, en el 13% de estas parcelas; barrenador de las puntas de la hoja en 10% y mosca pinta en 3% de los predios. La enfermedad carbón de la hoja se localiza en el 44% de estas unidades.

Como puede observarse, existe gran número de plagas y enfermedades, cuya erradicación sugiere el planteamiento de una estrategia desde el punto de vista de la generación de tecnología, acorde a los recursos disponibles

para estos productores. Sin embargo, esta problemática podría estar siendo propiciada por las condiciones húmedas que presenta el clima de esta región. Otro elemento que podría estar limitando los volúmenes de producción, serían las condiciones de suelo, los cuales presentan capas delgadas y pendientes muy pronunciadas.

En las siguientes líneas se observará que el apoyo con crédito y asistencia técnica otorgado a las diferentes unidades de producción aumenta al aumentar el tamaño del predio y que estos apoyos se canalizan más a los cultivos de carácter comercial que básico.

Para sembrar maíz se apoyó un productor con crédito y dos con asistencia técnica y para frijol sólo un productor recibió asistencia técnica, ninguno crédito. La caña para piloncillo no recibió ningún tipo de apoyo, a diferencia del café, donde siete productores recibieron crédito y 12 asistencia técnica. Los productores de naranja apoyados con crédito fueron cinco, ubicados en el estrato de infrasubsistencia, no obstante no recibieron asistencia técnica. Para el caso de mandarina aunque es la misma proporción de productores apoyada con un servicio y otro, dos productores, se pudo comprobar que los beneficiados con un apoyo no son los beneficiados con el otro, es decir, los apoyos no se complementan, lo cual disminuye los efectos favorables que pudieran derivarse de contarse con ambos.

Los escasos apoyos institucionales a través de crédito y asistencia técnica a estos

productores explica en parte la presencia de diversas plagas y enfermedades, ya que, de contarse con estos apoyos los problemas se verían disminuidos y es posible que hasta los rendimientos obtenidos fuesen mayores, ya que como pudo constatarse en el apartado de tecnología y producción, el uso de agroquímicos, aunque mínimo, está presente.

Otros factores que afectan negativamente la economía del productor son los problemas que enfrenta en la comercialización de sus productos. En este sentido 83% de los productores de mandarina, piloncillo y naranja son impactados por el excesivo intermediarismo y consecuentemente precios bajos; de los productores de café, la tercera parte presenta el mismo problema. La ausencia de vías de acceso representa otro factor limitante en la comercialización de sus productos, los productores que lo enfrentan son; 13% de los dedicados a mandarina, 14% de los de piloncillo y 7% de los de naranja.

Alternativas de Producción y Medios de Información para un Mayor Desarrollo Agrícola.

Las condiciones ecológicas de la zona presentan mayores posibilidades de diversificación de cultivos, comparadas con la que hay para el resto del área de influencia del CEHUICH, así dentro de las especies vegetales que posee el productor a nivel de pequeño huerto, aparte de naranja y mandarina son: mango, 43% de los productores; plátano, 37%; aguacate, 24%; durazno, 11%; y, limón el 10%. Otras especies presentes en menor número de productores son: zapote, mamey, chalahuite, guayaba, zapote negro, chayote, anona, papaya, maracuyá, ciruelo, vainilla y litchi.

La investigación científica de los cultivos señalados ofrecería al productor nuevas alternativas de producción que contribuirían a mejorar el uso de sus recursos. Así, al referirse al uso de los recursos productivos, FAO (1988) consignó que en muchos casos, más que insuficientes, éstos son subutilizados o mal administrados en virtud de que los agricultores no han sido capacitados para utilizarlos correctamente.

Respecto a la disposición de cambiar algún cultivo para sustituirlo por otros no tradicionales, uno de cada cinco productores externó deseos de hacerlo; otros 49 desean probar otras especies siempre que ello no implique sacrificar algún cultivo; 15 productores no externaron opinión y 16 no desean más cultivos por falta de dinero, terreno y orientación para hacerlo. Relativo a la identificación de medios de información para poder realizar actividades de difusión, sólo 58 productores tienen radio; 62 se enteran de lo que pasa en la región a través de las autoridades locales, y siete leen esporádicamente el periódico. Resulta obvio que un programa de difusión de resultados de investigación en esta área deberá recurrir principalmente a los dos primeros medios de información máxima que se identificó un 26% de analfabetismo. En 1979 para la Región del Valle del Yaqui, Mendoza observó la disponibilidad de un mayor número de medios de información, principalmente escritos, lo que indica niveles sociales y de desarrollo comparativamente diferentes.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos se pueden derivar las siguientes conclusiones.

De acuerdo a la tipología de productores del agro mexicano, la muestra de productores estudiada corresponde a lo que es la economía campesina, es decir, aquella que hace uso fundamental de la fuerza de trabajo familiar; destina los beneficios de la producción a la autosustentación y reproducción de la familia, y utiliza escasos insumos modernos y medios de producción en su actividad productiva.

La diversificación de cultivos que presentan las unidades de producción de esta zona es mayor que la existente a nivel nacional, como consecuencia de las bondades climáticas que predominan, las que permiten el establecimiento de diversas alternativas que pueden mejorar las condiciones de vida de la población rural de la zona.

Por la superficie que se destina a los cultivos de maíz, naranja, caña de azúcar para piloncillo, café, frijol y mandarina, así como por el número de productores que los poseen, la investigación agropecuaria tiene que atender prioritariamente estos cultivos. Sin embargo, para que la tecnología a generar sea adoptada por los productores, debe incorporar lo menos posible el uso de factores externos ya que no tienen capacidad para comprarlos; hay que tener presente que este tipo de economías campesinas apuntan a la reproducción y autosustentación familiar y no a la obtención de ganancias máximas y de acumulación como el caso de la agricultura empresarial.

Los servicios al productor son mínimos, como consecuencia de su condición campesina. Sin embargo, la capacitación y organización son las que impactarían favorablemente sus actividades.

Las acciones de divulgación deberán considerar las limitantes que hay en cuanto al uso de los medios masivos de comunicación a excepción de la radio, y hacer un uso efectivo de la relación con las autoridades locales como medio de información.

LITERATURA CITADA

COMISION ECONOMICA PARA AMERICA LATINA. 1982. Economía campesina y agrícola empresarial: Tipología de productores del agro-mexicano. 1a. Ed. Siglo XXI. México, D.F. 339 p.

FAO.1988. Soluciones simples para problemas complejos en "Desarrollo Rural". Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. (Santiago Chile). No. 7: 22-24.

GOMEZ AGUILAR, J. 1985. Curso de Introducción al muestreo. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. 259 p. (en prensa).

MENDOZA J. 1979. Rendimiento de cultivos y necesidades de información técnica de ejidatarios, colonos y pequeños propietarios del Valle del Yaqui, Sonora. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 255 p.

MEXICO, INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA, GEOGRAFIA E INFORMATICA. 1985. Síntesis geográfica para el Estado de San Luis Potosí. Anexo cartográfico. Secretaría de Programación y Presupuesto, México, D.F.

MEXICO. INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES Y AGROPECUARIAS. 1987. Plan de investigación del campo agrícola experimental de Huichihuayán. México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México, D.F. 80 p. (mimeografiado).

REYES O., S., R. STAVENHAGEN, S. ECKSTEIN, J. BALLESTEROS, I. RESTREPO, J. AGUIRRE, S. MATURANA, J. SANCHEZ. 1974. Estructura agraria y desarrollo agrícola en México; estudio sobre las relaciones entre tenencia y uso de la tierra y el desarrollo agrícola en México. 1a. Ed. México Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 1174 p.