

TERRA

Volumen 5 Julio - Diciembre 1987 Número 2

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

DIVISION I

DIVISION II

I
N
D
I
C
E

DIVISION III

ENSAYOS

Caracterización de algunas propiedades físicas y químicas de los suelos del predio Montecillos.

M. A. HUEZ L., M. ORTEGA E.,
C. RAMIREZ A. y J. L. RONE P.

99

Un índice morfológico del estado de desarrollo de las plantas de maíz y su posible utilización.

O. PEREZ-ZAMORA

110

Efecto de la nutrición fosfatada sobre el contenido de clorofilas en frijol.

J. G. DIAZ DE LEON T.,
S. ALCALDE B. y
G. ZARATE DE L.

118

Relaciones agua-suelo-planta-atmósfera del frijol de riego en zonas semiáridas. I. Rendimiento de grano.

J. L. CHAN C., A. G. BRAVO L.
y F. J. FLORES M.

126

Relaciones agua-suelo-planta-atmósfera del maíz de riego en zonas semiáridas. I. Rendimiento de grano.

A. G. BRAVO L. y
J. L. CHAN C.

132

Inactores que influyen en la producción de sedimentos en áreas pastoreadas del Cañón del Juchipila, Zacatecas.

M. A. VELASQUEZ V. y
A. SERNA P.

140

La intensificación de la producción maicera bajo roza-tumba-quema en Yaxcabá, Yucatán, México.

L. POOL N. y
E. HERNANDEZ X.

149

INDICE

EDITORIAL

ARTICULOS CIENTIFICOS

SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA
DEL SUELO A. C.

COMISION EDITORA

DR JORGE D. ETCHEVERS B., Editor
DR ANDRES AGUILAR SANTELISES
SRA CARELINA C. AALMERS DE AGUILAR
Q.A ADRIANA DELGADO ALVARADO

MESA DIRECTIVA 1986-1988

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

"TERRA", Registro en trámite. Organo
oficial de divulgación de la Sociedad
Mexicana de la Ciencia del Suelo A. C.
Volumen 5-2, julio-diciembre 1987.

ISSN 0187-5779

Los artículos publicados son responsabi-
lidad absoluta de los autores. Se auto-
riza 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

Caracterización de algunas propiedades físicas y
químicas de los suelos del predio Montecillos. MARCO
ANTONIO HUEZ LOPEZ, MANUEL ORTEGA
ESCOBAR, CARLOS RAMIREZ AYALA Y JOSE
LUIS RONE PUELLO. 99

División II: Relación Suelo-Clima-Biota

Un índice morfológico del estado de desarrollo de
las plantas de maíz y su posible utilización. OCTAVIO
PEREZ-ZAMORA. 110

Efecto de la nutrición fosfatada sobre el
contenido de clorofilas en frijol. J.G. DIAZ DE LEON
T., S. ALCALDE B. y G. ZARATE DE LARA. . . 118

Relaciones agua-suelo-planta-atmósfera del frijol
de riego en zonas semiáridas. I. Rendimiento de grano.
JOSE LUIS CHAN C., ANGEL G. BRAVO L. y F.
JAVIER FLORES M. 126

Relaciones agua-suelo-planta-atmósfera del maíz
de riego en zonas semiáridas. I. Rendimiento de grano.
ANGEL G. BRAVO L. y JOSE LUIS CHAN C. 132

División III: Aprovechamiento del Recurso Suelo

Factores que influyen en la producción de
sedimentos en áreas pastoreadas del Cañón del
Juchipila, Zacatecas. M.A. VELASQUEZ V. y A.
SERNA P. 140

La intensificación de la producción maicera bajo
roza-tumba-quema en Yaxcabá, Yucatán, México.
LUCIANO POOL NOVELO y EFRAIM HERNAN-
DEZ XOLOCOTZI. 149

ENSAYOS

Potencialidades de producción de los suelos áridos
en zona de temporal en el Bolsón de Mapimí. J.P.
DELHOUME. 163

La fauna silvestre como alternativa en el
aprovechamiento de las regiones áridas y semiáridas de
México. F. CLEMENTE S. 170

Clasificación y delimitación de las zonas áridas y
semiáridas. MARCIAL ORTIZ VALDEZ Y JAIME
RUIZ VEGA. 180

INDICE DE AUTORES 189
REVISORES 1987 190
NORMAS PARA PUBLICACION 191

INDEX

SCIENTIFIC ARTICLES

SOIL SCIENCE SOCIETY OF MEXICO

COMISION EDITORA

DR JORGE D. ETCHEVERS B., Editor
 DR ANDRES AGUILAR SANTELISES
 SRA CARELINA C. AALMERS DE AGUILAR
 Q.A ADRIANA DELGADO ALVARADO

MESA DIRECTIVA 1986-1988

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

"TERRA", Registro en trámite. Organismo oficial de divulgación de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A. C. Volumen 5-2, Julio-diciembre 1987.

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: Diagnostic, Methodology and Evaluation of the Soil Resource

Characterization of some physical-chemical properties of Montecillos soils. MARCO ANTONIO HUEZ LOPEZ, MANUEL ORTEGA ESCOBAR, CARLOS RAMIREZ AYALA and JOSE LUIS RONE PUELLO. 99

División II: Soil-Climata-Biota Relationship

The use of a morphological index for maize development. OCTAVIO PEREZ-ZAMORA. 110

Effect of the phosphate nutrition on chlorophyll content in bean. J.G. DIAZ DE LEON T., S. ALCALDE B. and G. ZARATE DE LARA. 118

Soil-plant-water-atmosphere relationships in dry beans in semiarid regions. I. Grain yield. JOSE LUIS CHAN C., ANGEL G. BRAVO L. and F. JAVIER FLORES M. 126

Soil-water-plant-atmosphere relationships in irrigated maize in semiarid regions. I. Grain yield. ANGEL G. BRAVO L. and JOSE LUIS CHAN C. 132

División III: Use of the Soil Resource

Factors influencing sediment production of rangelands of the Juchipila Canyon, Zacatecas. M.A. VELASQUEZ V. and A. SERNA P. 140

Corn production intensification under slash and burn agriculture in Yaxcaba, Yucatan, Mexico. LUCIANO POOL NOVELO and EFRAIM HERNANDEZ XOLOCOTZI. 149

ESSAYS

Potencialidades de producción de los suelos áridos en zona de temporal en el Bolsón de Mapimí. J.P. DELHOUME. 163

La fauna silvestre como alternativa en el aprovechamiento de las regiones áridas y semiáridas de México. F. CLEMENTE S. 170

Clasificación y delimitación de las zonas áridas y semiáridas. MARCIAL ORTIZ VALDEZ Y JAIME RUIZ VEGA. 180

INDICE DE AUTORES 189

REVISORES 1987 190

NORMAS PARA PUBLICACION 191

EDITORIAL

Nuestra computadora, la impresora laser, la invaluable ayuda de la Srta. Adriana Delgado que recientemente hemos incorporado a nuestro grupo, y que a futuro tendrá a cargo la responsabilidad de manejar la circulación de las publicaciones de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A. C., la cooperación siempre desinteresada de nuestra secretaria la Sra. Ricarda Torres, y de todo nuestro equipo editorial, hacen posible el lanzamiento de este número, eslabón que conforma la cadena intelectual de Terra. Cada día nos acercamos más a la meta de regularizar nuestra publicación. El esfuerzo que hacemos en estos días (septiembre de 1989) es titánico. Sin embargo, el alma de la revista son sus colaboradores y sus lectores. De los primeros esperamos seguir contando con su preferencia como órgano de publicación. Les solicitamos que nos envíen sus manuscritos a la dirección señalada al final de este número en la sección Normas para Publicación, al Editor de la Revista Terra, sin especificar nombre.

También en este número aparece la lista de las personas que fungieron como revisores técnicos en 1987, a quienes reiteramos nuestro agradecimiento por su valiosa colaboración. Esta tarea es ingrata, consume tiempo, no es remunerada y, a veces, escasamente comprendida. Esperamos seguir contando con ellos en el futuro.

A nuestros lectores les pedimos seguir favoreciéndonos. Nos gustaría oír de ellos, que nos hiciesen sugerencias, que promoviesen Terra entre sus colegas y estudiantes, para cumplir la meta trazada. Cuando Terra cumpla diez años, debe ser una revista con cuatro o más números por volumen, tener un sólido prestigio nacional e internacional y deberá aparecer referida en los principales abstracts de la literatura edafológica universal.

Todo esto será posible gracias a su colaboración.

El Editor

CARACTERIZACION DE ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DE LOS SUELOS DEL PREDIO MONTECILLOS

Characterization of Some Physical-Chemical Properties of Montecillos Soils.

Marco Antonio Huez López, Manuel Ortega Escobar,
Carlos Ramírez Ayala y José Luis Rone Puello

Centro de Hidrociencias, Colegio de Postgraduados,
56230 Montecillos, México

RESUMEN

Un estudio detallado sobre la salinidad del suelo fue llevado a cabo en los suelos de Montecillos, México.

Se presenta una caracterización de algunas propiedades físicas y químicas de los suelos mediante una serie de mapas sintetizadores en relación a los contenidos de sales solubles en los suelos (%), contenidos de humedad (%), pH, sodio intercambiable (%) y carbonatos alcalino-térreos (%).

Los grados de salinidad y alcalinidad fueron evaluados mediante el residuo seco evaporado (%) y el valor del pH, determinados en extractos acuosos 1:5. La caracterización de los suelos se hizo mediante la clasificación de suelos salinos utilizada en la URSS en los Proyectos de Mejoramiento de Suelos Salinos.

Se obtuvieron ecuaciones de regresión para las relaciones residuo seco evaporado (RSE) - conductividad eléctrica (CE) y residuo seco calcinado (RSC) - CE, tanto para las soluciones de los suelos como para las aguas freáticas.

Los resultados de esta investigación muestran que tanto los suelos como las aguas freáticas son de salinidad sódica.

Palabras clave: Salinidad del suelo, Clasificación de suelos, Extracto acuoso 1:5, RSE, RSC, CE, pH, PSI, Carbonatos alcalino-térreos.

SUMMARY

A detailed soil salinity survey was carried out in soils of Montecillos, Mexico.

Characterization of some physical-chemical properties of soils are presented in a series of maps in relation to water soluble salt content (%), water content (%), pH, exchanged sodium (%) and alkaline-earth carbonates (%).

The degree of salinity and alkalinity was evaluated by measuring the soil residue (%) and pH value, in water extracts 1:5. Characterization of soils was by means of the classification of saline soil used in the USSR for the meliorative projects of saline soils.

Regression equations for the relationship between the soil evaporated residue (SER) - electrical conductivity (EC) and soil

calcinated residue (SCR) - EC and *viceversa* both by soils and groundwater were obtained.

The results of this study showed that both soil and groundwaters were of sodic salinity.

Index words: Soil salinity, Soil classification, Water extract 1:5, SER, SCR, EC, pH, ESP, Alkaline-earth carbonates.

INTRODUCCION

La salinización y alcalinización tienen efectos perjudiciales no solamente en el suelo, sino también en el agua y en el ambiente general. Estos procesos son responsables que grandes extensiones de tierras sean inadecuadas para la agricultura (FAO/UNESCO, 1979).

Los procesos modernos de acumulación de sales en los suelos, su dinámica y productividad están determinados, de acuerdo con Kovda (1980a), por el balance del agua subterránea.

Para comprender los mecanismos de los procesos de acumulación de sales y elaborar medidas de mejoramiento, Kovda (1980b) toma en cuenta la profundidad y mineralización de las aguas subterráneas.

La formación y acumulación de sales en los suelos y aguas es debido a un gran número de procesos geoquímicos que toman lugar en los estratos superiores de la corteza terrestre. Los principales elementos, combinaciones de los cuales dan origen a la formación de suelos y aguas salinas, son Ca, Mg, Na, K, Cl, S, C, N, B y I. Aparte de éstos, Cu, Zn y B se acumulan en pequeñas cantidades (FAO/UNESCO, 1973).

Polynov (1956) describió ideas sobre el movimiento de los elementos en los paisajes basado en la comparación de la composición promedio de las rocas ígneas y la composición química del residuo mineral de las aguas de los ríos. Kovda (1980b) dividió a los elementos en las categorías mostradas en el Cuadro 1, de acuerdo a su movilidad durante

Cuadro 1. Categorías de migración (movilidad) de los elementos.

1. Virtualmente no-lavables	Si del cuarzo
2. Ligeramente lavables	Fe, Al, Si
3. Lavables	Si, P, Mn
4. Altamente lavables	Ca, Na, K, Mg, Cu, Co, Zn
5. Muy altamente lavables	Cl, Br, I, S, C, B

el intemperismo y a su capacidad de migración. La participación absoluta y relativa de los elementos en la formación de suelos y aguas naturales salinas será mayor, entre más alta sea la categoría de migración de estos elementos.

Los elementos de la cuarta y quinta categoría constituirán los principales compuestos que contribuyen a la acumulación de sales contemporánea: NaCl, Na₂SO₄, MgCl₂, MgSO₄, CaSO₄, Na₂CO₃, NaHCO₃, CaCO₃, MgCO₃.

Actualmente se han clasificado a los suelos afectados por sales en dos grupos: (a) suelos propiamente salinos (solonchaks), y (b) suelos sódicos (solonetz).

Los investigadores del Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos (Richards, 1954) han establecido una clasificación basada en las ideas de Sigmond y Gedroitz.

Muchos investigadores han desarrollado clasificaciones de suelos salinos que mostrando la preponderancia de unos iones sobre otros se reflejen en ellas procesos específicos de intemperismo geoquímico, migración y acumulación de sales. En el Cuadro 2, se presenta la clasificación de suelos salinos empleada para proyectos de mejoramientos de suelos salinos en la URSS (Arinushkina, 1970).

Con relación a la formación de suelos sódicos, Glinka (1931) asume que un suelo, principalmente en sus horizontes superiores, recibe sales de sodio en un período de ascenso del nivel freático o en temporadas de estancamiento de aguas superficiales, donde hay un

Cuadro 2. Contenido y composición de sales en los suelos de diferentes tipos de salinidad.

GRUPO DE SUELOS	T I P O D E S A L I N I D A D											
	CLORHIDRICA Y SULFATICA-CLORHIDRICA				SULFATICA Y CLORHIDRICA-SULFATICA				S O D I C A			
	C O N T E N I D O D E S A L E S (%)											
	RESIDUO SECO	Cl	SO 4	HCO 3	RESIDUO SECO	Cl	SO 4	HCO 3	RESIDUO SECO	Cl	SO 4	HCO 3
No-salinos	< 0.3	< 0.01	-	-	< 0.3	< 0.01	< 0.1	-	< 0.1	0.01	0.02	< 0.06
Débilmente salinos	0.3- 0.5	0.01-0.05	-	-	0.3-1.0	0.01	0.1-0.4	-	0.1-0.3	0.01	0.05-0.1	0.1-0.2
Medianamente salinos	0.5- 1.0	0.05-0.1	-	-	1.0-2.0	0.05	0.4-0.6	-	0.3-0.5	0.01	0.20	0.2-0.3
Fuertemente salinos	1.0- 2.0	0.1- 0.2	-	-	2.0-3.0	0.10	0.6-0.8	-	0.5-0.7	0.02	0.20	0.3-0.4
Muy fuertemente salinos	> 2.0	> 0.2	-	-	> 3.0	-	> 0.8	-	0.7-1.0	0.02	0.20	> 0.4
Excesivamente salinos	-	-	-	-	-	-	-	-	> 1.0	-	-	-

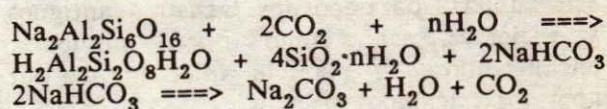
intercambio de Na por Ca y Mg adsorbidos; por otra parte, Williams, citado por Vilenskii (1957), indica la importancia de los procesos bioquímicos en la acumulación de sales en conjunto con los elementos del relieve. Cuando las llanuras esteparias se convierten a estepas, ocurre una descomposición aeróbica de los restos orgánicos, acompañada por una acumulación de sales minerales en la superficie. Posteriormente son lavadas en los períodos de lluvia precipitándose aquellas de menor grado de solubilidad, mientras que las altamente solubles ascienden a la superficie durante los períodos secos, causando la solonetzización.

A causa del desarrollo de la irrigación y del consecuente sobrehumedecimiento de los suelos, hay una mayor oportunidad para la formación de carbonato de sodio como resultado de procesos bioquímicos.

Algunas teorías relacionadas a la formación de suelos sódicos (solonetz) sostienen que es prerequisite la adsorción de sodio no tanto ni solamente de soluciones de sales neutras sino a partir de sales de sodio alcalinas, especialmente soda. Solamente en el último caso, el

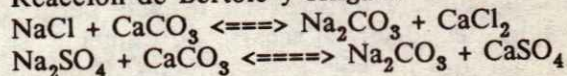
desarrollo de sodicidad podrá ser esperado en un proceso de salinización del suelo, y no necesariamente por desalinización (Antipov-Karataev, 1965). Es así, que es de considerable interés el problema de formación de soda en la naturaleza.

1. Teoría de formación de soda durante el intemperismo de las rocas cristalinas.

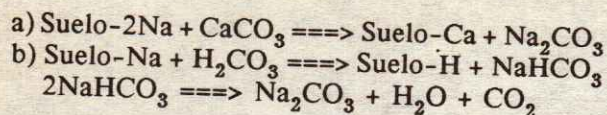


2. Teoría de formación de soda mediante reacciones de intercambio de bases de sales neutras y carbonatos de los metales alcalino-térreos.

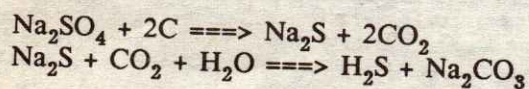
Reacción de Bertole y Hilgard



3. Teoría coloido-química de formación de soda de Gedroitz.



4. Teoría biológica de formación de soda.



MATERIALES Y METODOS

Caracterización General de la Zona de Estudio

El predio "Montecillos" se encuentra localizado en terrenos del ex-Lago de Texcoco, entre los 19° 22' y 19° 37' latitud norte y 98° 54' y 99° 03' longitud oeste. Su altitud media es de 2,200 msnm.

El clima corresponde a un semiseco (C₁dB₂a') templado-frío, con baja concentración térmica en el verano, de acuerdo al segundo sistema de Thornthwaite. Por otra parte, según Köppen modificado por García, el clima es semiseco (BS₁K_w(w)(C1)) con verano fresco. La precipitación media anual es de 603.5 mm y la evaporación media anual es de 1743 mm. La temperatura media es de 15°C.

El área de lo que fue el Lago de Texcoco está cubierto por depósitos lacustres antiguos y recientes, así como por aluviones, encontrándose la planicie interrumpida por aparatos volcánicos aislados.

Son suelos del tipo Solonchak Gleicos y Gleysoles cálcicos en fases sódicas, de acuerdo con el sistema de clasificación por unidades de suelo, propuesto por FAO. Estos suelos presentan un alto contenido de humedad, baja densidad aparente, drenaje deficiente, así como un carácter irreversible en la pérdida de agua, es decir, al secarse difícilmente se hidratan de nuevo. Estas características son propias del "alófano" (material coloidal amorfo compuesto de sílice y aluminio).

Localización de los Sitios de Muestreo y Determinaciones Realizadas

Tomando en cuenta la división del predio Montecillos dada por Montaña (1982), Ramírez (1982) y Del Valle (1983), en tres zonas de afectación salina, los sitios de muestreo se escogieron de acuerdo al método de zonificación por secciones (Figura 1).

Se tomó una muestra cada 10 cm hasta una profundidad de 300 cm por cada pozo o sitio de muestreo, además de muestras de aguas freáticas en los pozos donde ésta estaba a una profundidad menor de 300 cm.

El análisis químico de las muestras de suelo original se efectuó en extractos obtenidos a una relación suelo-agua 1:5.

La humedad del suelo (lecturas de peso a las 24, 48 y 72 h), pH, conductividad eléctrica (CE), Ca, Mg, Na, K, CO₃, HCO₃, Cl, carbonatos alcalino-térreos se determinaron de acuerdo a la metodología propuesta en el Manual 60 del USDA. Los sulfatos (SO₄) se determinaron por turbidimetría en el espectrofotómetro PERKIN-ELMER 35. El residuo seco evaporado (RSE) se obtuvo al evaporar 25 ml del extracto a 105°C. El residuo seco calcinado (RSC) se determinó al calcinar a una temperatura de 600°C el residuo seco evaporado. Las bases intercambiables se determinaron por el método Pfeffer según la versión descrita por Del Valle (1983).

Elaboración de los Mapas Sintetizadores de los Diferentes Parámetros

Se elaboraron mapas que sintetizan los datos analíticos de 134 pozos para los espesores de 0-100, 100-200 y 200-300 cm de profundidad, de los siguientes parámetros: contenidos de humedad (%), sales solubles (%), pH, sodio intercambiable (%) y carbonatos alcalino-térreos (%). El trazado de las diferentes limitaciones se hizo tomando en cuenta los valores medios, de acuerdo con los rangos establecidos para cada grupo de valores, y para los diferentes parámetros.

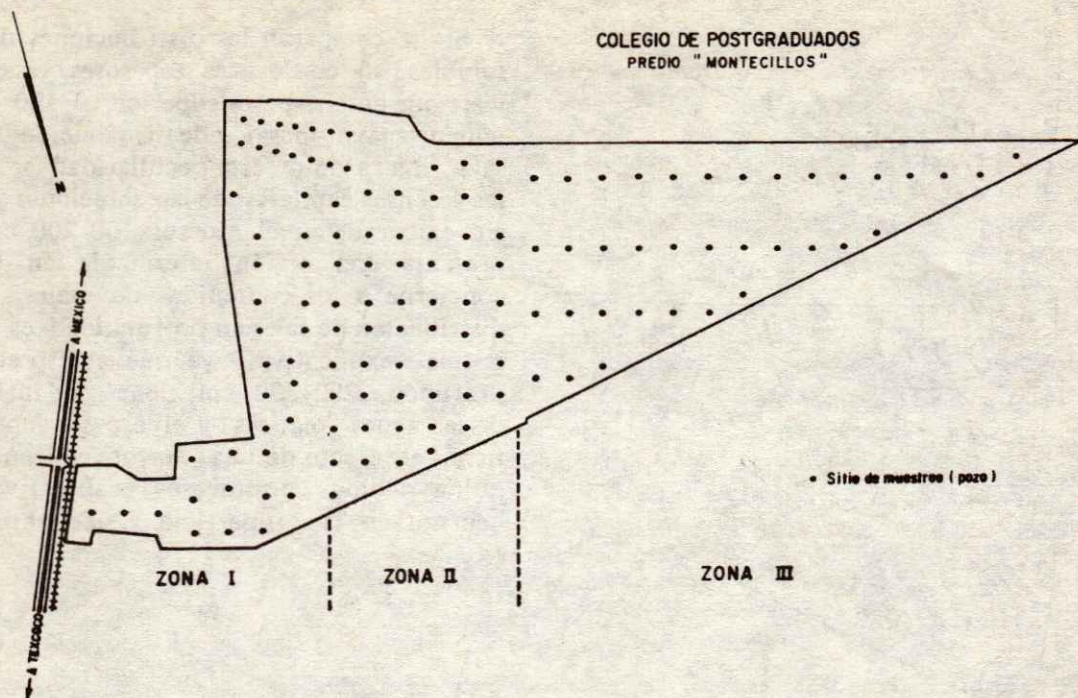


Figura 1. Delimitación aproximada de las tres zonas de afectación salina y sodio intercambiable, establecidas por: Ramírez, Montaña y Del Valle.

Obtención de las Ecuaciones de Regresión

Para obtener las ecuaciones de regresión de las diferentes relaciones: CE-RSE, CE-RSC y viceversa, tanto para los extractos de suelos como para las aguas freáticas, se utilizaron los programas del paquete estadístico SAS.

RESULTADOS Y DISCUSION

Contenidos de Humedad

Los altos contenidos de humedad encontrados en el predio Montecillos (de ~ 100-500%) se deben a los minerales del tipo montmorillonita que son de alta hidratación (Del Valle, 1983) y a la continua formación de amorfos debido a las reacciones hidrolíticas y de formación de soda que se llevan a cabo en estos suelos. Estas reacciones pueden expresarse de la siguiente manera:

1. $Na_2SiO_3 + 2H_2O \rightleftharpoons SiO_2 \cdot H_2O + 2NaOH$
2. $Na_2SiO_3 + 2H_2CO_3 \rightleftharpoons SiO_2 \cdot 2H_2O + 2NaHCO_3$
3. $XR_2O_3YSiO_2-Na + HOH \rightleftharpoons XR_2O_3YSiO_2-H + NaOH$

De acuerdo a la distribución de los contenidos de humedad (Figura 2), se manifiesta una serie de variaciones debido a los diferentes niveles de cristalización de materiales amorfos de los sedimentos pelíticos. Es así que, en los espesores superficiales, 0-100 cm, los contenidos de humedad aumentan a medida que se avanza de la zona I a la zona II, debido a los lentes de sedimentos pelíticos interestratificados. El aumento en los contenidos de humedad se hace considerable en la zona III, antiguo fondo del lago, formado exclusivamente por sedimentos pelíticos.

Ahora bien, si se superponen los tres mapas de distribución de los contenidos de humedad para los espesores 0-100 cm, 100-200 cm y 200-

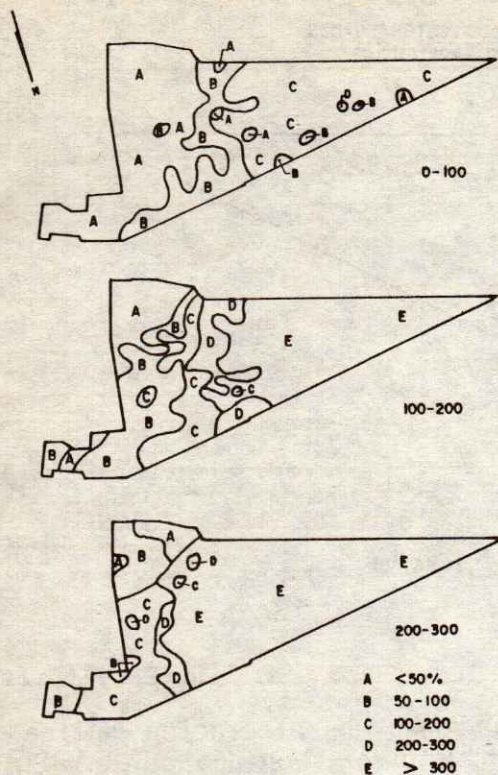


Figura 2. Distribución de los contenidos de humedad, en planta, de los espesores subyacentes del predio Montecillos, Colegio de Postgraduados.

300 cm, se puede observar claramente en perfil, la influencia de los materiales cristalinos amorfos en la retención de humedad.

Evaluación de las Sales Solubles

La distribución de las sales solubles en planta de los diferentes espesores se presentan en la Figura 3.

En el espesor 0-100 cm existe un mosaico en la distribución de sales, teniendo en la zona I suelos no salinos y débilmente salinos; en la zona II se encuentran suelos medianamente salinos y fuertemente salinos y en la zona III se localizan suelos muy fuertemente salinos y excesivamente salinos.

Si se comparan las distribuciones de sales solubles (%) en los tres espesores, resalta a la vista que en el espesor superior, 0-100 cm, se nota un mayor mosaico de distribución en las sales. La razón de esta peculiaridad se debe a los ascensos capilares de las soluciones salinas, sin embargo, en el espesor 100-200 cm, se presenta una región intermedia en lo que concierne a los contenidos de sales. Esta distribución de sales en profundidad es por si misma explicativa, ya que el espesor más profundo, 200-300 cm, tiene la influencia de las aguas freáticas, y el espesor superficial tiene el efecto de una mayor concentración salina debido a procesos evaporativos que ocurren en la superficie. Se obtuvieron

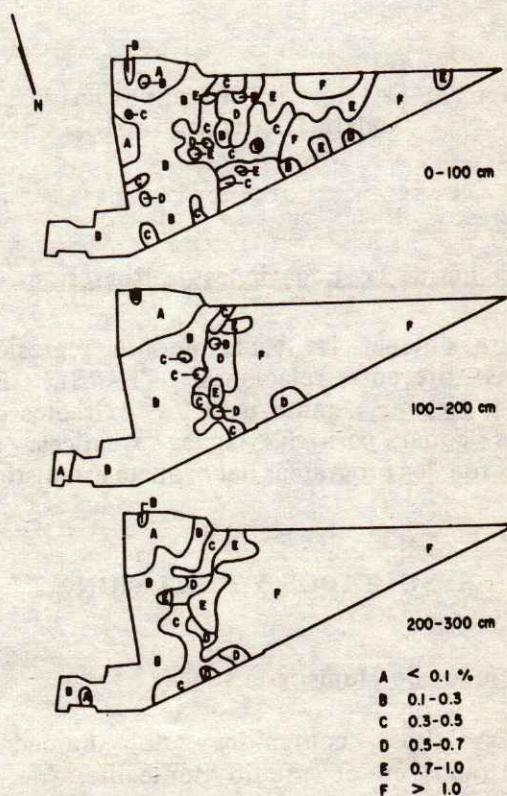


Figura 3. Distribución del contenido de sales solubles en planta, determinados en los extractos de suelos relación 1:5 de los espesores subyacentes del predio Montecillos, Colegio de Postgraduados.

ecuaciones de regresión que relacionan la conductividad eléctrica (CE) con el residuo seco evaporado (RSE) y con el residuo seco calcinado (RSC) y *viceversa*. El número de muestras en las que se determinó CE, RSE y RSC fue de 4,011. Las ecuaciones obtenidas fueron las siguientes:

$$\begin{aligned} \text{RSE} &= 0.3884 \text{ CE} & \text{RSC} &= 0.3417 \text{ CE} \\ \text{CE} &= 2.5971 \text{ RSE} & \text{CE} &= 2.8861 \text{ RSC} \end{aligned}$$

La utilidad de conocer los coeficientes de "paso" de una unidad a otra reside en que, conociendo la CE de los extractos 1:5, operación que es de rutina en las mediciones de salinidad, se puede estimar el porcentaje de sales, y así de esta manera conocer las reservas potenciales de sales expresadas en kg o ton por ha.

Las Aguas Freáticas de 117 Pozos del Predio Montecillos

En la Figura 4 se muestra la distribución de la composición química de los cationes y aniones de algunas aguas freáticas para las tres zonas del predio Montecillos.

Las ecuaciones de regresión obtenidas que relacionan el RSE y el RSC con la CE y *viceversa*, de las aguas freáticas, son:

$$\begin{aligned} \text{RSE} &= 0.8324 \text{ CE} & \text{RSC} &= 0.6616 \text{ CE} \\ \text{CE} &= 1.1664 \text{ RSE} & \text{CE} &= 1.4917 \text{ RSC} \end{aligned}$$

donde la CE está dada en micromho/cm y el RSE y RSC en mg/l.

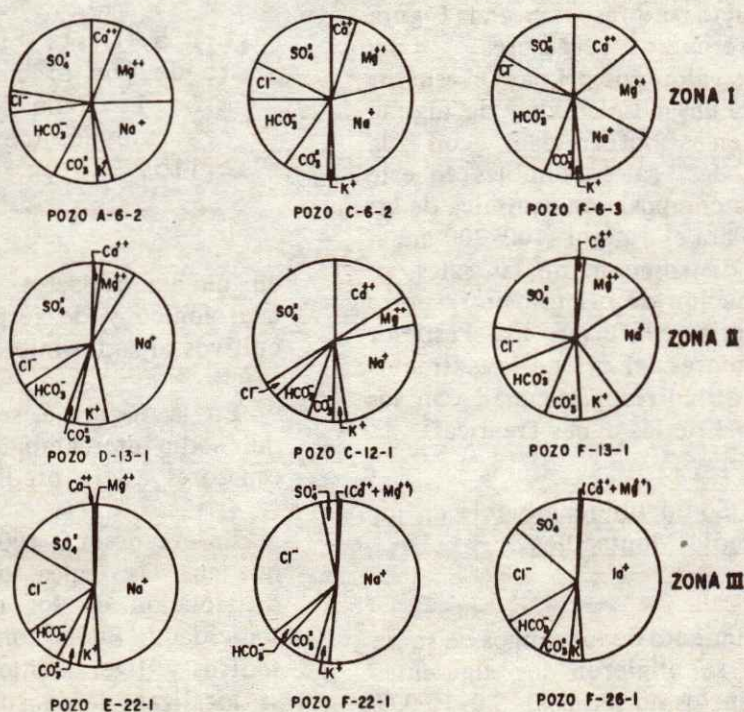
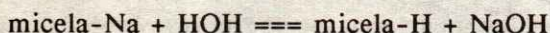


Figura 4. Distribución de la composición química de los cationes y aniones de las aguas freáticas del predio Montecillos, Colegio de Postgraduados.

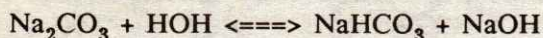
La Reacción Alcalina de los Espesores del Predio Montecillos

Los iones OH aparecen en la solución del suelo como resultado de una hidrolización y durante una interacción de las micelas coloidales saturadas con Na y el agua:

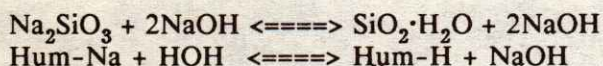


El mecanismo de procesos hidrolíticos que se tiene durante el uso y manejo de los suelos de salinidad sódica comprende:

la hidrólisis de los carbonatos alcalinos



la hidrólisis de los silicatos y humatos de sodio



La distribución del pH de las soluciones salinas de los extractos se presentan en la Figura 5, para los diferentes espesores. La distribución de los valores de pH para el espesor 0-100 cm presenta un mosaico que de alguna manera está en conformidad con la distribución de las sales solubles en este espesor y con la composición química de las aguas freáticas. Para el espesor 100-200 cm al igual que en la distribución de las sales, se refleja una distribución de pH transitoria entre los espesores superior e inferior. En el espesor 200-300 cm, los valores del pH de los extractos acuosos están en "correspondencia" con los valores de los pH de las aguas freáticas.

Distribución del Sodio Intercambiable en los Espesores del Predio Montecillos

En el establecimiento de los rangos de sodio intercambiable, se eligieron los siguientes valores: < 5.0 % (suelos no sódicos), 5.0-10.0 % (ligeramente sódicos), 10.0-15.0 % (sódicos), 15.0-30.0 % (fuertemente sódicos) y > 30% (excesivamente sódicos). Estos valores toman

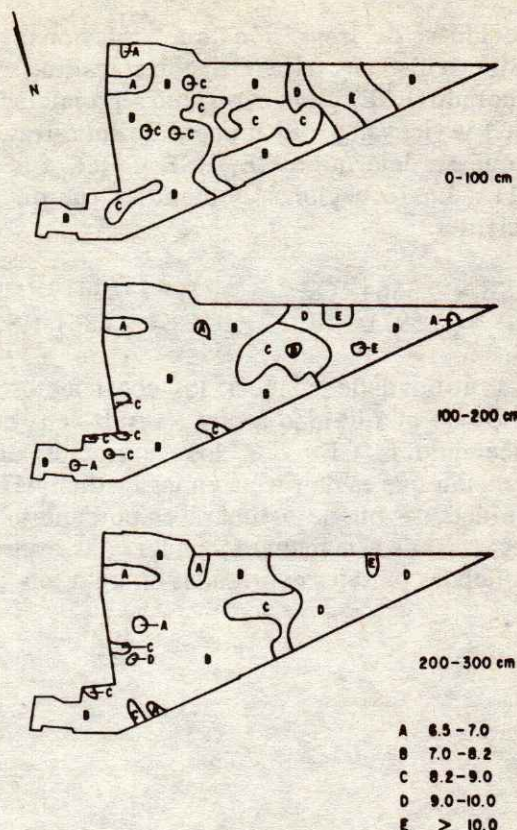


Figura 5. Distribución del pH en planta de los extractos de suelos relación 1:5, de los suelos y espesores subyacentes del predio Montecillos, Colegio de Postgraduados.

en cuenta aspectos de carácter puramente edafológico y de respuesta de los diferentes cultivos al sodio intercambiable.

En la Figura 6, se muestra la distribución del sodio intercambiable para los diferentes espesores del predio Montecillos.

En el espesor 0-100 cm se encuentra, al igual que en las sales solubles, un mosaico de distribución de los diferentes grados de sodicidad. En la zona I se tienen suelos no sódicos y ligeramente sódicos; en la zona II se localizan desde suelos ligeramente sódicos hasta fuertemente sódicos; en la zona III se encuentran suelos fuerte- y excesivamente sódicos. Por lo que respecta al espesor de 100-

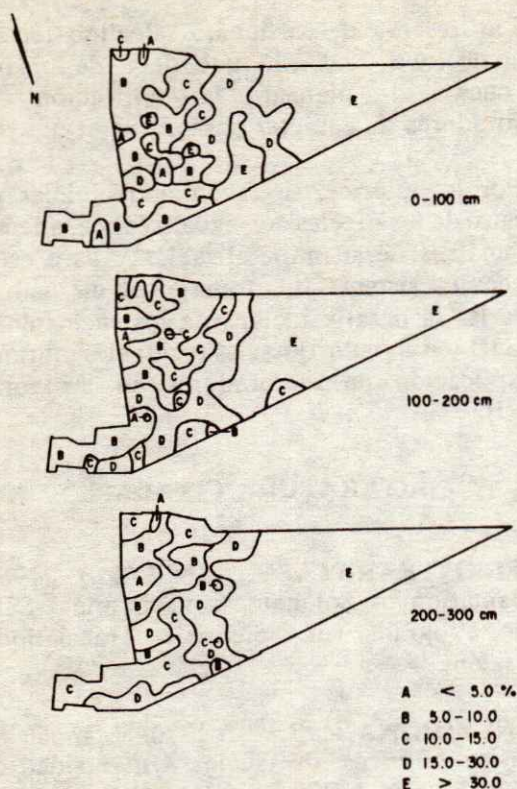


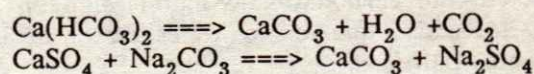
Figura 6. Distribución del sodio intercambiable en planta de los suelos y espesores subyacentes del predio Montecillos, Colegio de Postgraduados.

200 cm, en la zona I se conserva prácticamente la misma área para los mismos grados de sodicidad; en la zona II se conservan los mismos grados de sodicidad, solamente que hay un desplazamiento en cuanto a su área y en la zona III se tienen contenidos de sodio intercambiable > 30 % que corresponden a suelos excesivamente sódicos. Para el espesor inferior, 200-300 cm, en la zona I hay un estrechamiento de las áreas ocupadas por los diferentes rangos de suelos sódicos, conservándose los mismos tipos de suelos. En la zona II se tienen suelos fuertemente sódicos y en la III existen suelos excesivamente sódicos.

Aquí cabe mencionar la influencia que tienen las aguas freáticas de salinidad sódica que saturan considerablemente con sodio intercambiable a los coloides orgánico-minerales de este espesor.

Distribución de los Contenidos de Carbonatos Alcalino-térreos en los Espesores del Predio Montecillos

La concentración de los iones de Ca en la soluciones de los suelos sódicos es muy baja, por lo que en la ocurrencia por los sitios de intercambio se ve favorecida unilateralmente hacia el ion Na, ya que existe una precipitación del ion Ca como carbonato de calcio de acuerdo con las siguientes reacciones:



En la Figura 7 se presenta la distribución de carbonatos alcalino-térreos para los diferentes espesores del predio Montecillos.

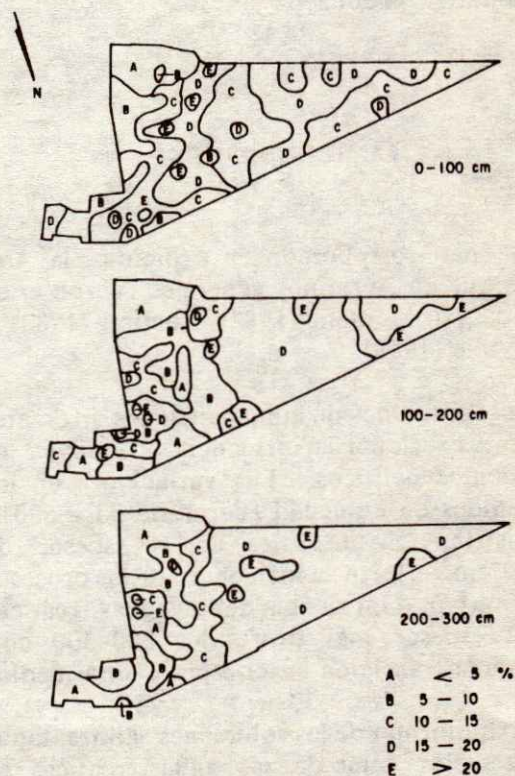


Figura 7. Distribución de los carbonatos alcalino-térreos en planta de los suelos y espesores subyacentes del predio Montecillos, Colegio de Postgraduados.

En el espesor superficial 0-100 cm, resalta a la vista el mosaico de distribución de estos compuestos, debiéndose esta particularidad a los procesos evaporativos.

En el espesor 100-200 cm hay una disminución en los contenidos de carbonatos alcalino-térreos para la mayor parte de la zona I, conservándose la misma superficie en los espesores que son de carácter aluvial arenoso en donde las barreras geoquímicas de formación de carbonatos se manifiestan en menor intensidad que en los espesores de los sedimentos pelíticos.

Si se compara el contenido de carbonatos alcalino-térreos en los espesores 200-300 cm y 100-200 cm, se nota una disminución en los contenidos de carbonatos en la zona I y un aumento en la zona II.

CONCLUSIONES

Se han corroborado en principio, las tres zonas que en términos generales fueron establecidas por Montaña (1982), Ramírez (1982) y Del Valle (1983).

Los contenidos de humedad de los diferentes espesores reflejan la influencia que tienen los sedimentos pelíticos. Las variaciones en los contenidos de humedad fueron de 30 - 600%. La distribución de sales en el espesor de 0-100 cm reflejan la influencia de los procesos evaporativos e influencia de las aguas freáticas en el espesor más profundo, 200-300 cm, con una transición en el espesor intermedio.

El quimismo de las soluciones salinas, tanto de los suelos como de las aguas freáticas, es de carácter sódico. Esto trae como consecuencia los altos valores de sodio intercambiable que se encontraron en los suelos de los diferentes espesores, y también los altos valores de pH de las soluciones salinas como un indicador de los procesos hidrolíticos.

La reserva de carbonatos alcalino-térreos varió de 1.0 a 20.0%, lo que debe de tomarse en cuenta al planear la aplicación de mejoradores de carácter ácido.

Por lo anterior, se recomienda iniciar un registro de los niveles del agua freática, además del análisis de su mineralización, para establecer un sistema de drenaje con el cual se lograría la desalinización de los suelos en la zona III y lixiviado de sales residuales durante la aplicación de mejoradores en las zonas I y II.

LITERATURA CITADA

ANTIPOV-KARATAEV, I.N. (ed.). 1965. Reclamation of Solonetz soils in the USSR. Israel Program for Scientific Translations. Jerusalem.

ARINUSHKINA, E.V. 1970. Manual de análisis químicos de suelos. Universidad de Moscú. Moscú, URSS.

DEL VALLE, C.F. 1983. Los procesos de acumulación de sales e intemperismo en cubetas lacustres, en una zona de transición del ex-Lago de Texcoco. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. (Tesis de Maestría).

FAO/UNESCO. 1973. Irrigation, Drainage and Salinity. An international source book. V.A. Kovda (ed.). Hutchinson & Co (Publishers) LTD. London.

FAO/UNESCO. 1979. Review of research on salt affected soils. I. Szabolcs (ed.). France.

GLINKA, K.D. 1931. Treatise on soil science. Israel Program for Scientific Translations. Jerusalem.

KOVDA, V.A. 1980a. Land aridization and drought control. Westview Press/Boulder. Colorado, USA.

KOVDA, V.A. 1980b. Problem of combating salinization of irrigated soils. Center for International Projects. Moscú.

MONTAÑO, G.S. 1982. Estudio de tres yesos agrícolas y el yeso puro bajo dos formas de aplicación (incorporado al suelo y solubilizado en agua), en el mejoramiento de la capa arable de un suelo sódico. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. (Tesis de Maestría).

POLYNOV, B.B. 1956. Obras Selectas I. La capa intempérica del planeta. Academia de Ciencias de la URSS. Moscú.

RAMIREZ, L.E. 1982. Estudio de tres fuentes naturales de yesos agrícolas en la recuperación de suelos salinos-sódicos bajo dos

procedimientos de aplicación (solubilizado en agua e incorporado al suelo). Universidad Autonoma de Chapingo. Chapingo, México. (Tesis de Licenciatura).

RICHARDS, L.A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Handbook 60. USDA. Washington, D.C. USA.

VILENSKII, D.G. 1957. Soil Science (pochvovedenie). Israel Program for Scientific Translations. Jerusalem.

UN INDICE MORFOLOGICO DEL ESTADO DE DESARROLLO DE LAS PLANTAS DE MAIZ Y SU POSIBLE UTILIZACION

The Use of a Morphological Index for Maize Development

Octavio Pérez-Zamora.

INIFAP-COLIMA. Campo Experimental Tecomán, Apartado Postal 88, 28100 Tecomán, Colima.

RESUMEN

La acumulación de materia seca y análisis químicos son determinados y relacionados cualitativamente con el número de días después de la emergencia. Sin embargo, en muchas ocasiones tales relaciones resultan de limitado valor; esto se debe a que plantas de la misma edad cronológica presentan diferentes edades morfológicas. En el presente estudio se evaluó un índice morfológico del maíz con el propósito de relacionar su estado de desarrollo con estudios de muestreo y nutrición de plantas. Al índice utilizado se le denominó "plastocrón" y consistió en la medición de la frecuencia en que aparecían hojas sucesivas de las plantas de maíz.

Los resultados del trabajo mostraron que el índice de plastocrón (IP) puede ser de ayuda en la selección de muestra, diagnóstico nutricional, tasas de asimilación y transporte de nutrimentos e interconversión de productos de asimilación.

Palabras clave: Plastocrón, Índice morfológico, Iniciación de hojas, Índice de plastocrón, Índice numérico.

Recibido 12-86.

SUMMARY

In many studies dry matter and chemical analysis of maize plants are determined by and related to time. However, in many cases, plotting of observations directly against the chronological age of the plants is of limited use; unless, one is working with genetically uniform plants; the reason is that plants of the same chronological age may have reached different morphological levels at different stages of development. In order to minimize these difficulties a morphological index was evaluated for maize growing under greenhouse conditions. The index was called "plastochron", and is defined as the time interval between initiation of two successive leaves.

Findings indicated that the index was linearly related to time and served to specify the development status of maize shoots with an error of only a few hours. The application of the index may be useful in development studies in which interest centers on characteristics of the shoot or the entire plant, such as total fresh or dry weight, and content of nutrient constituents.

Index words: Plastochron index, Morphological index, Initiation of successive leaves, Numerical index.

INTRODUCCION

En estudios de desarrollo únicamente se pueden relacionar directamente con respecto al tiempo, los aspectos simples de desarrollo de los organismos o de un órgano. Por ejemplo, en una hoja se puede medir sin lesionar mecánicamente la longitud o la anchura. Sin embargo, muchas clases de estudios requieren destrucción de los materiales. Aún la simple medición de materia seca no puede ser obtenida sin sacrificar plantas. Esa circunstancia se aplica a la mayoría de los estudios de desarrollo y crecimiento, en consecuencia se debe conducir especímenes o muestras en paralelo, las cuales, para proveer los datos requeridos, son sacrificadas a tiempos especificados.

La acumulación de materia seca y análisis químicos son determinados y relacionados cualitativamente con el número de días después de la emergencia; sin embargo, en muchas ocasiones las gráficas de tales determinaciones contra la edad cronológica son de limitado valor. Esto último se debe a que plantas de la misma edad cronológica pueden haber llegado a una etapa diferente de desarrollo. La hipótesis del trabajo es que un índice morfológico, el plastocrón, puede ser utilizado para agrupar plantas de maíz morfológicamente similares. El objetivo del presente trabajo fue encontrar un índice de desarrollo que permitiera definir el estado de desarrollo del maíz durante sus etapas vegetativas con el propósito de relacionarlo con otra clase de estudios.

REVISION DE LITERATURA

En opinión de Erickson y Michelini (1957), Hanway (1963) y Coleman y Greyson (1976) las observaciones de morfología de las plantas y su relación directa con la edad cronológica tienen limitado valor.

La limitada aplicación de lo anterior se debe a que pueden existir grandes diferencias

en estados de desarrollo en plantas de la misma edad cronológica, a menos que se trabaje con material genéticamente uniforme y en condiciones controladas para reducir la variabilidad entre plantas. Estos mismos investigadores reportaron que relaciones significativas entre cronología y morfología son enmascaradas, aun tomando precauciones como muestreo de grandes cantidades de plantas.

Las dificultades anteriores pueden ser minimizadas mediante el uso de índices numéricos del estado de desarrollo de cada espécimen y relacionando dichos índices con el tiempo de una manera indirecta. Varios investigadores, entre los que tenemos a Coleman y Greyson (1976), Loomis *et al.* (1971) y Redford (1967), indican que los índices de desarrollo deben estar basados en mediciones de la planta que puedan hacerse fácilmente, sin lesionarla y que su relación con el tiempo pueda ser establecida. Los datos observados pueden graficarse contra el índice de desarrollo de la planta e interpretarse en base a estudios de desarrollo. Las ventajas de estos procedimientos son ilustradas por Erickson (1947; 1948) en estudios del desarrollo de las flores de *Lilium*. Dicho estudio mostró una relación lineal entre la longitud de las flores y tiempo, la cual se utilizó como un índice para explicar procesos metabólicos que ocurrían en las flores.

Desde hace mucho tiempo, en 1890, Askensy (citado por Erickson y Michelini, 1957) observó que en el tallo de las plantas superiores, las hojas aparecían periódicamente; a este periodo entre la iniciación de hojas sucesivas lo definió como "Plastocrón".

MATERIALES Y METODOS

Cuatro semillas de maíz de la variedad "PX-20" fueron desarrolladas en macetas conteniendo 12 kg de suelo, fertilizado con NH_4NO_3 , $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, y MgSO_4 en cantidades suficientes para proporcionar 300 ppm de N, 200 de P, 100 de K y 50 de S. El suelo calcáreo utilizado fue del subgrupo

Típico Xerorthent; el ensayo se condujo en el invernadero y tuvo la finalidad de identificar alguna característica del maíz que pudiera utilizarse como índice morfológico.

Mediciones. Para evaluar la factibilidad del índice de desarrollo (Plastocrón) se utilizó una regla metálica con aproximación al milímetro. A intervalos semanales se midió la altura de plantas, elongación de cada hoja individual y la elongación del entrenudo. El período de observación se inició cinco días después de la emergencia hasta que las plantas alcanzaron las etapas reproductivas.

El plastocrón o índice de crecimiento (IP) fue calculado de acuerdo a la fórmula de Erickson y Michelini (1957):

$$IP = n + \frac{[\text{LogLn} - \text{LogLref.}]}{(\text{LogLn} - \text{Log}_{(n+1)})} \quad (1)$$

donde n es el número de serie de la hoja de maíz que alcanza o excede los 20 cm de longitud; una longitud de 20 cm fue determinada como longitud de referencia. LogLn es la longitud en centímetros de la hoja n ; LogLref es el $\text{log}20$; y $\text{logL}(n+1)$ es el log de la distancia en centímetros de la hoja superior a la hoja n . De esta manera se tienen las mediciones de dos hojas sucesivas (n y $n+1$); una excede o alcanza la longitud de referencia, y la hoja superior ($n+1$) que es justamente más corta que dicha referencia. La referencia en el entrenudo fue de 5 centímetros.

RESULTADOS Y DISCUSION

Altura de la Planta.

La altura de las plantas de maíz "PX-20" mostró una tendencia exponencial durante las etapas iniciales de crecimiento (Figura 1). La ecuación que más se ajustó al crecimiento fue la autocatalítica:

$$\frac{dA}{dt} = KA(A_f - A)$$

donde:

A = altura de la planta

A_f = altura final de la planta

K = constante

En esta expresión la tasa de crecimiento es proporcional a la diferencia ($A_f - A$) y a la altura A . En la literatura la ecuación indicada se reporta como la curva sigmoide por Evans (1963), Bidwell (1974) y Nobel (1974). Una característica de esta curva es que es simétrica alrededor del punto medio. La solución de la ecuación se obtiene haciendo una integración por partes como se indica a continuación:

$$\int_{a_0}^a \frac{dA}{A(A_f - A)} = \int_{t_0}^t K dt$$

$$\left/ \frac{1}{A_f} \left(\log \frac{A}{(A_f - A)} \right) \right/_{a_0}^a = Kt$$

$$\text{Finalmente } A = \frac{A_f}{1 + \frac{(A_f - A_0)}{A_0} e^{-A_f K t}}$$

La Figura 1 muestra que los datos de crecimiento del maíz se pueden representar por una curva clásica de crecimiento; esto sugiere que existen otras relaciones entre la morfología de las plantas y el tiempo que pueden expresarse matemáticamente. Esto es de importancia en la selección de índices morfológicos (Pérez, 1979; Erickson y Michelini, 1957).

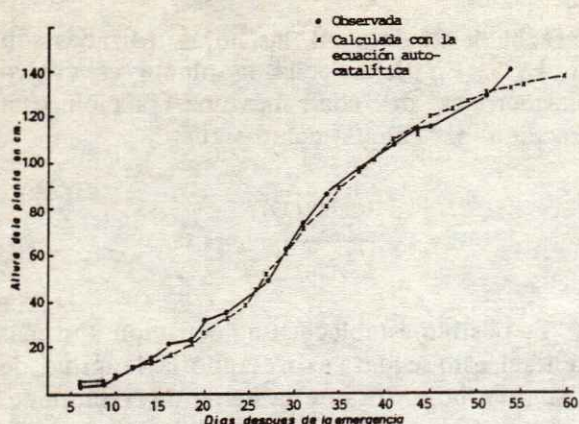


Figura 1. Altura de las plantas de maíz y días después de la emergencia.

Derivación del Índice.

Por inspección de la curva sigmoide de la Figura 1 la sección inferior puede ser considerada como una expresión de crecimiento exponencial; esto es congruente con lo observado por Blackman (1919), Evans (1972), y otros. La suposición anterior es corroborada al graficar la longitud de las hojas de maíz en una escala logarítmica con respecto a tiempo (Figura 2). En dicha Figura 2, la relación entre el logaritmo de la elongación de las hojas y el tiempo es lineal hasta que las hojas alcanzan una longitud de 50 a 60 centímetros. Las observaciones fueron el promedio de 29 plantas.

La porción inferior de la Figura 2 puede considerarse como una familia de líneas rectas. También resulta aparente que las líneas son aproximadamente paralelas e igualmente espaciadas a lo largo del eje de las abscisas, con excepción de las hojas 1 y 2.

El intervalo en tiempo de iniciación de dos hojas sucesivas se define como índice de crecimiento o "Plastocrón" (IP). En el presente estudio una referencia de 20 cm

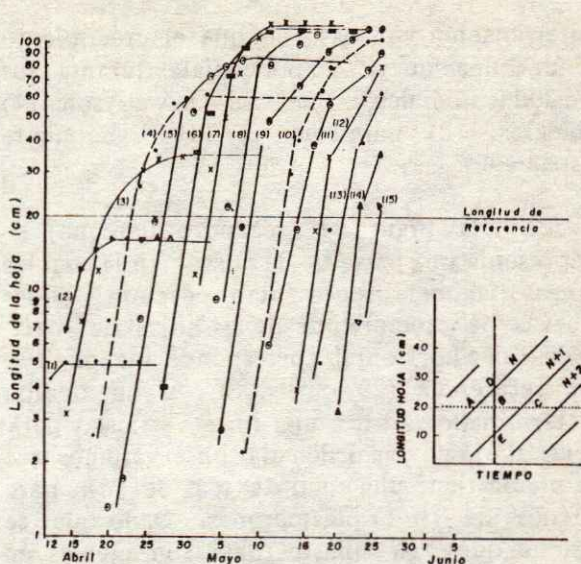


Figura 2. Elongación de hojas de maíz a intervalos de cinco días. Número de hojas entre paréntesis.

resultó apropiada; la referencia es lo suficientemente grande para ser medida con cierta precisión y sin dañar a las hojas o al tallo de maíz.

En términos de la longitud de referencia (20 cm), cuyo logaritmo es indicado como una línea horizontal en la Figura 2, el plastocrón puede visualizarse como la distancia entre las intersecciones de la línea de referencia con la familia de líneas rectas correspondientes a dos hojas sucesivas (n y $n+1$). De esta manera los "estados de desarrollo" de las plantas de maíz pueden definirse arbitrariamente en términos de plastocrones. Específicamente, podemos considerar la edad de la planta como " n plastocrones de edad" cuando la hoja n alcanza los 20 cm de longitud, etc. Sin embargo, se requiere de interpolación para estimar la edad de la planta cuando alguna de las hojas alcanza los 20 centímetros. Por ejemplo, si la hoja 5 ó " n " tuviera 30 cm y la hoja 6 ó " $n+1$ " fuera sólo de 4 cm de longitud, la edad de la planta sería de más de cinco pero menos de seis plastocrones de edad. El método de

interpolación se basa en que el crecimiento sigue una curva exponencial durante los periodos iniciales y que las curvas son: (1) lineares, (2) paralelas y (3) igualmente espaciadas.

En la Figura 2 (recuadro derecho) se representa una parte de la curva, en la cual las líneas diagonales representan porciones de las curvas de crecimiento de las hojas de maíz, y la línea horizontal corresponde a la longitud de referencia (20 cm). Si a un tiempo determinado se traza una línea vertical y paralela al eje de las ordenadas observaremos que la planta tiene una edad de más de (n), pero menos de (n+1) plastocrones. Dado que se asume que los plastocrones son iguales en duración, dicho plastocrón puede determinarse en el tiempo especificado por una interpolación lineal: $n + (AB/AC)$. Sin embargo, esta interpolación depende de que se conozca la longitud de las hojas antes y después del tiempo en cuestión. Si la planta fuera sacrificada para otros estudios no podríamos tener más información sobre el crecimiento; por otra parte, la estimación de mediciones de crecimiento a través de la colección de un gran número de plantas es laborioso, tedioso y costoso. Dado que los triángulos ABD y CBE son similares, se tiene que $AB/AC = DB/DE$, y que la edad de la planta puede ser estimada como $n + (DB/DE)$. Los puntos D, B y E representan logaritmos de la longitud de la hoja, en consecuencia la edad del plastocrón puede reescribirse como:

$$IP = n + \frac{\text{LogLn} - \text{Log}20}{\text{LogLn} - \text{Log}(n+1)}$$

donde n es el número de serie de hoja que justamente alcanzó los 20 cm de longitud, y Log Ln es el logaritmo de longitud de la hoja n. Para calcularlo (el IP), sólo es necesario contar el número de hojas que tienen más de 20 cm de longitud y medir la longitud de dos hojas consecutivas, de las cuales una es mayor y la otra menor que los 20 cm de referencia.

Un ejemplo del cálculo del IP se ilustra con una porción de la curva de la Figura 2 para

la fecha del 25 de abril; las hojas utilizadas son la 4 y 5. En dicha fecha la planta es cuatro plastocrones de edad más una fracción; esta fracción se calcula como sigue:

$$IP = 4 + \frac{\text{Log}(40/20)}{\text{Log}(40/12)} = 4.581$$

Es posible establecer una ecuación aún más general; esto se logra expresando la longitud de cualquier hoja durante la etapa de crecimiento exponencial como función de su número de serie y tiempo. En la Figura 2, el crecimiento de cualquier hoja es igual a $\ln L_n = \ln L_n(n_0) + rt$, donde r es la pendiente de la curva; esto puede escribirse también como $L = L_0 e^{rt}$. La ecuación para la siguiente hoja es $\ln L(n+1) = \ln L(n+1)_0 + rt$. Esto es cierto porque las líneas son paralelas. - Substrayendo ambas ecuaciones:

$$\ln L_n - \ln L(n+1) = \ln L(n_0) - \ln L(n+1)_0 \quad (2)$$

En la ecuación anterior la proporción o cociente de dos hojas sucesivas $\ln \frac{L_n}{L(n+1)}$ es una constante en cualquier punto de desarrollo vegetativo y se le puede llamar p. Este parámetro morfológico engloba el crecimiento vegetativo del maíz en sus etapas vegetativas y es independiente de r; este último (la pendiente) es función de la temperatura y otros factores ambientales.

p se puede representar como

$$p = \frac{\Delta \ln L}{\Delta n} \text{ y } r = \frac{d \ln L}{dt}$$

Entonces $\frac{r}{p} = \frac{\Delta t}{\Delta n}$ es la duración del plastocrón

Rearreglo de (2) da:

$$IP = \frac{\ln L_n - \ln L_{ref}}{p} + \frac{r t}{p} \quad (3)$$

Relación entre IP y Tiempo

La relación entre IP y tiempo se muestra en la Figura 3. La ecuación (3) sugiere otra forma de estimar el IP de las mediciones de la longitud de la hoja. Esto indica otra vez que el IP es una función lineal de tiempo, con r/p como pendiente y $(\ln Lo - \ln 20)/p$ como intercepto. En la Figura 3 se aprecia una línea recta satisfactoria durante un período vegetativo considerable. La línea recta ajustada por mínimos cuadrados fue $Y = 3.196 + 0.419 X$, donde $Y = IP$ y $X = tiempo$, con una $r^2 = 97\%$. La pendiente de la línea ajustada r/p , es 0.419 día^{-1} . En consecuencia el intervalo del plastocrón por día es:

$$d(IP) / dt = 0.419 \text{ día}^{-1}.$$

La duración media del plastocrón es

$$\frac{1}{0.419 \text{ día}^{-1}} = 2.39 \text{ días.}$$

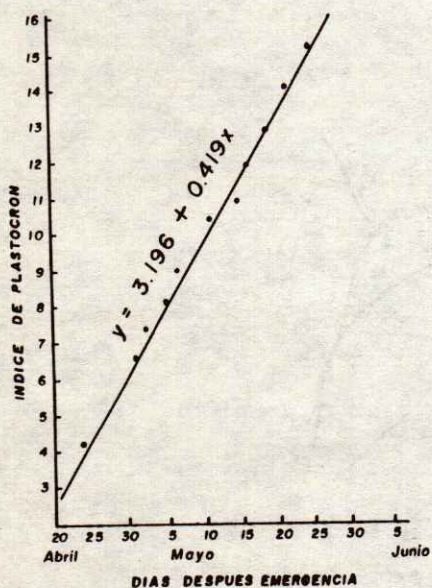


Figura 3. Índice de crecimiento de las plantas de maíz en función de tiempo.

Esto es que en el estudio el tiempo promedio entre la iniciación de dos hojas sucesivas de maíz fue de 2.39 días.

Elongación de los Entrenudos

La elongación de los entrenudos de maíz siguió una tendencia similar (Figura 4) y su linealidad en función de tiempo se expresó por la ecuación $Y = 0.927 + 0.213 X$, donde $Y = IP$ y $X = tiempo$. De manera similar $d(IP) = 0.213 \text{ día}^{-1}$; el tiempo promedio

dt estimado entre la iniciación de dos hojas liguladas de maíz fue de 4.69 días; este valor representa aproximadamente el doble del obtenido para la elongación de las hojas (2.39 días). Lo anterior tiene la siguiente explicación: el IP de la hoja mide la elongación de ésta en una sola dirección, mientras que el IP de la elongación del entrenudo estima ambas: la elongación de la hoja y de la planta, en consecuencia toma un tiempo mayor. Sin embargo, resulta obvio que la medición de entrenudos ofrece ventajas considerables en

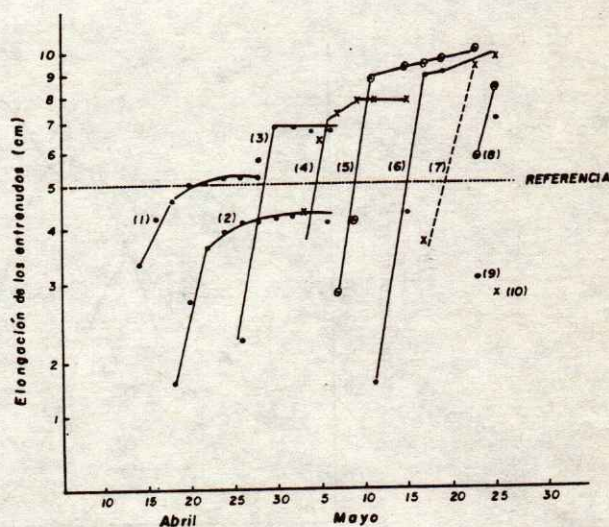


Figura 4. Elongación de los entrenudos de maíz en función de tiempo. Número de entrenudos entre paréntesis.

comparación con mediciones individuales de cada hoja, ya que resulta más cómodo, fácil y económico sólo medir la elongación de los entrenudos sin afectar la linealidad y precisión.

Bajo condiciones controladas resultó claro que el IP sirve para especificar el estado de desarrollo de tallo y plantas de maíz con un error de sólo unas cuantas horas, y que sería conveniente estimar su posibilidad de uso en condiciones de campo.

Tasa de Crecimiento de las Hojas

La tasa de crecimiento individual de las hojas mostró un patrón similar (Figura 5) para las hojas 3, 4, 5, 6, 7 y 8. Las tasas se incrementaron de 3.0 a 6.0, 8.4, 9.4 y 10.2 cm/día para las hojas 3, 4, 5, 6, 7 y 8, respectivamente. Posteriormente, con aparición de la hoja 9 la tasa de crecimiento fue impredecible y altamente variable; esto se asoció con la iniciación de la fase reproductiva (jilote en la octava hoja).

Observaciones en esta etapa ($IP = 8.0$) coincidieron con la etapa 3 reportada por Hanway (1963). En dicha etapa (43 días después de la emergencia) Hanway reportó que la ligula de la hoja 12 es visible y que las hojas 3 y 4 han dejado de ser funcionalmente activas; en esta edad de la planta, el investigador anterior señaló que la espiga se encuentra completamente formada pero cubierta por el cogollo. Esto último fue confirmado al disectar verticalmente una planta de maíz y permitió también identificar el efecto de temperatura sobre la tasa de desarrollo y el índice de crecimiento. Al calcular los datos del estudio de Hanway y estimar el IP se encontró que éste tenía una pendiente mayor que la del IP del presente estudio, lo cual confirmó el efecto de temperatura sobre dicho índice; la temperatura media fue de 24.0°C y 19.0°C para Hanway y el presente estudio, respectivamente.

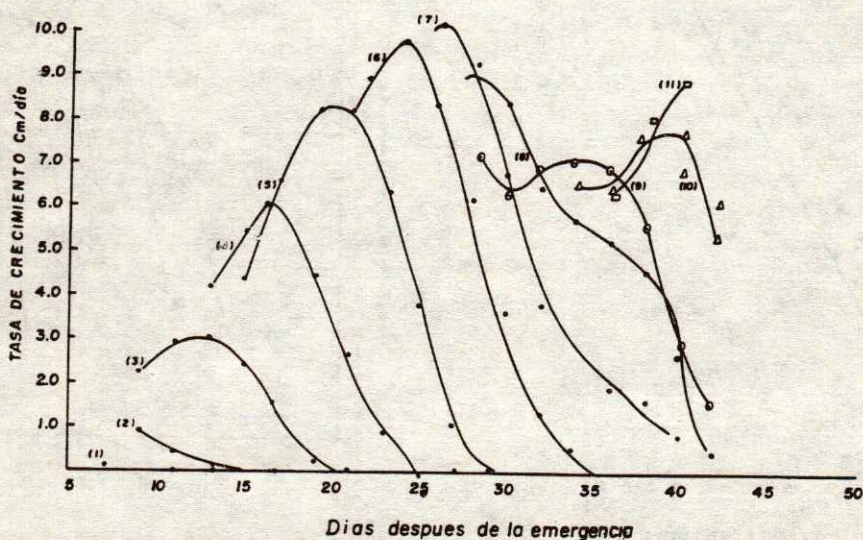


Figura 5. Tasa de crecimiento (DA/DT) en cm/día en función de tiempo.
() Número de hoja observada.

Información adicional de esta comparación se muestra abajo:

Característica	Datos de Harway	Estudio en invernadero
	Días después de la emergencia	
Lígula de 4a hoja visible	14	22
Lígula de 8a hoja visible	28	42
Lígula de 12a hoja visible	42	--

CONCLUSIONES

1. Es posible predecir la elongación de las hojas y entrenudos del tallo de las plantas de maíz con una aproximación de horas durante la etapa vegetativa. El tiempo promedio fue de 2.39 y 4.39 días para elongación de hojas y entrenudos, respectivamente.
2. La linealidad del índice de crecimiento se interrumpe con la iniciación de la etapa reproductiva; en consecuencia puede buscarse alguna característica adicional para relacionarla con un índice de crecimiento durante la etapa reproductiva.
3. La elongación de la distancia (entrenudos) entre dos hojas liguladas puede utilizarse como un índice de crecimiento.
4. Durante la etapa vegetativa el IP puede ser de ayuda en la selección de muestras, diagnóstico nutricional, tasas de asimilación y transporte de nutrimentos e interconversión de productos de asimilación.

LITERATURA CITADA

BLACKMAN, V.H. 1919. The compound interest law and plant growth. *Ann. Bot.* 33: 353-360.

BIDWELL, R. S. 1974. *Plant Physiology*. Macmillan Publishing Co., Inc. New York.

COLEMAN, W. K., y R. I. GREYSON. 1976. The growth and development of leaf in tomato (*Lycopersicon esculentum*). I The plastochron index, a suitable basis for description. *Can. J. Bot.* 54: 2441-2428.

ERICKSON, R. O. 1947. Respiration of developing anthers. *Nature* 159:275.

ERICKSON, R. O. 1948. Cytological and growth correlations in the flower bud and anther of *Lilium longiflorum*. *Amer. Jour. Bot.* 35:729-739.

ERICKSON, R. y F. J. MICHELINI. 1957. The Plastochron index. *Amer. J. Bot.* 44: 297-304.

EVANS, L. T. (ed.) 1963. *Environmental control of plant growth*. Academic Press. New York and London.

EVANS, G.C. 1972. *The quantitative analysis of plant growth*. University of California Press. Los Angeles, Calif.

HANWAY, J. J. 1963. Growth stages of corn (*Zea mays* L.). *Agron. J.* 55: 487-492.

LOOMIS, R. S., W. A. WILLIAMS y E. HALL. 1971. Agricultural productivity. *Annual Review of Plant Physiology* 22: 431-468.

NOBEL, P. S. 1974. *Introduction to biophysical plant physiology*. W.H. Freeman and Company. San Francisco.

PEREZ Z., O. 1979. Effects of nitrogen and phosphorus additions on the growth and composition of corn (*Zea mays* L.) plants grown on a calcareous soil. Ph. D. Tesis. Universidad de California, Davis.

REDFORD, P. J. 1967. Growth analysis formulae-their use and abuse. *Crop Science* 3: 171-175.

EFFECTO DE LA NUTRICION FOSFATADA SOBRE EL CONTENIDO DE CLOROFILAS EN FRIJOL

Effect of the Phosphate Nutrition on Chlorophyll Content in Bean

J.G. Díaz de León T., S. Alcalde B. y G. Zárate de Lara.

CIFAP -Guanajuato, INIFAP-SARH, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

RESUMEN

El frijol es un cultivo importante en la alimentación humana; sin embargo, sus rendimientos son bajos debido en parte a una deficiente nutrición mineral en la cual resalta el fósforo. En función de lo anterior fue establecido este trabajo en Chapingo, México, con el objetivo de evaluar el efecto del fósforo sobre el contenido de clorofila en frijol (var. Cacahuatate 72). Se eligieron cuatro tratamientos de fósforo ($H_2PO_4^-$), uno óptimo de 25 ppm y tres ubicados en la zona de deficiencia (12.5, 2.5 y 0.5 ppm) los que fueron aplicados a la solución nutritiva utilizada como sustrato en hidroponía. Cada tratamiento tuvo cuatro repeticiones y la distribución fue completamente aleatorizada; se hicieron dos muestreos para análisis de clorofilas, uno cuando el tallo principal tuvo tres nudos y otro en la etapa de inicio de formación de vainas. La deficiencia más aguda de fósforo causada por el tratamiento de 0.5 ppm de $H_2PO_4^-$ produjo la mayor concentración de clorofilas que fue 11.41, 9.35 y 25.48 $\mu g\ cm^{-2}$ en función área foliar para clorofilas a, b y a+b, respectivamente. El tratamiento con menor

concentración (7.10, 5.67 y 15.93 $\mu g\ cm^{-2}$) en el mismo orden fue el de 12 ppm de $H_2PO_4^-$; efecto mucho más acentuado durante las primeras etapas de crecimiento, tiempo en el cual la planta se vio seriamente afectada en su crecimiento foliar que fue de sólo 173 cm^2 en el tratamiento más bajo de fósforo y 779 cm^2 para el más alto. La alta concentración de clorofila en el tratamiento más bajo de fósforo disminuyó su intensidad con la edad de la planta debido a la degradación de la clorofila y alteraciones metabólicas causadas por la falta de fósforo. La cantidad total de clorofila sintetizada por planta fue mayor a medida que aumentó la concentración de fósforo en el sustrato.

Palabras clave: Fósforo, Clorofila, Phaseolus vulgaris.

SUMMARY

Dry bean is an important crop for human consumption; nevertheless the yield of this crop is low partly due to a deficient mineral nutrition especially with regard to phosphorus. A greenhouse experiment was established in Chapingo, Mexico, to evaluate the effect of phosphorus application on

chlorophyll content in dry bean CV. Cacahuete 72. Four $H_2PO_4^-$ treatments were included: 0.5, 2.5, 12.5 y 25 ppm in nutrient solution in hidroponics. Each treatment was replicated four times with a random distribution. Two samplings were done for chlorophyll analysis: one when the main shoot showed the third node and another during pod formation. The treatment with 0.5 ppm $H_2PO_4^-$ showed a concentration of chlorophyll of 11.41, 9.35 y $25.48 \mu g cm^{-2}$ as expressed on the leaf area base for a, b and a+b chlorophyll respectively, and the treatment 12 ppm $H_2PO_4^-$ showed the lower concentration of chlorophyll with 7.10, 5.67 y $15.93 \mu g cm^{-2}$ for a, b and a+b chlorophyll, respectively. This effect was more pronounced during the early stages of growth, but was lower in advanced stages due to chlorophyll degradation and metabolic alterations as a result of phosphorus deficiency. The leaf area of treatment 0.5 ppm ($H_2PO_4^-$) was $173 cm^2$ in comparison with treatment 25 ppm ($H_2PO_4^-$) which had $779 cm^2$ in the first sampling. The total quantity of synthesized chlorophyll per plant was higher as the phosphorus content in the solution increased.

Index words: Phosphorus, Chlorophyll, *Phaseolus vulgaris*.

INTRODUCCION

El fósforo es indispensable para toda forma de vida, y en relación al cultivo del frijol, el fósforo es probablemente el nutriente que merece mayor atención, sobre todo por su limitada disponibilidad en el suelo, lo que frecuentemente restringe el desarrollo de las plantas (Rodríguez, 1982).

La clorofila es el pigmento receptor de la energía radiante, la cual es utilizada por la planta para efectuar el proceso de la fotosíntesis y formar NADPH y ATP; en este proceso la deficiencia de fósforo no ha tenido un efecto consistente, así lo mencionaron Moorby y Besford (1983) quienes citan a varios autores que han encontrado desde un

aumento, ausencia de respuesta o bien una disminución en el grado de fotosíntesis causada por la deficiencia de fósforo.

La falta de fósforo conduce a una reducción drástica en el crecimiento general de la planta, desde etapas tempranas mientras que la síntesis de clorofila no se ve restringida (Alcalde, 1980). Por esta razón la deficiencia de fósforo a diferencia de otros nutrientes que provocan clorosis en la planta joven, se observa un color verde oscuro en el reducido follaje y si la clorosis es caracterizada por una pérdida de clorofila, dicho color verde oscuro debe corresponder a una mayor concentración de este pigmento.

Bajo deficiencia de fósforo la planta restringe mucho más rápidamente su crecimiento de área foliar que el crecimiento del volumen radical (Sawada *et al.*, 1982) lo que le permite a la planta explorar un mayor volumen de sustrato en busca del nutriente faltante.

De acuerdo a Šesták (1971) una hoja de planta normal contiene de 1 a $10 mg dm^{-2}$ (usualmente de 2 a 6) de clorofilas a+b y la relación normal de clorofilas ab^{-1} se localiza generalmente entre 1.5 y 3.5.

En otro trabajo, Sawada *et al.* (1983) trasplantaron de una solución sin fósforo a una solución con fosfatos y observaron que el contenido de clorofilas en las hojas de plantas deficientes de fósforo no cambió significativamente a las 24 horas del trasplante a la solución con fosfatos. Sin embargo en tomate cultivado en solución, la planta deficiente en fósforo tuvo un mayor contenido de clorofila ($1.88 mg g^{-1}$) que la planta con suplemento de fósforo ($1.53 mg g^{-1}$) en base a peso fresco y $2.01 mg (100 cm^2)^{-1}$ deficiente en fósforo comparado con $1.51 mg (100 cm^2)^{-1}$ en planta con suplemento de fósforo en función del área (Buchholz, 1967). El efecto del fósforo no es tan específico ni tan claro en la síntesis de clorofila como el de otros nutrientes por lo que se ha pensado que probablemente se debe a otros efectos como crecimiento foliar y

desarrollo (Moorby y Besford, 1983). En base a lo anterior se estableció el presente trabajo con la finalidad de observar el efecto de distintos grados de abastecimiento de fósforo sobre el contenido foliar de clorofila en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y posteriormente utilizarla como variable de diagnóstico en la nutrición fosfatada.

MATERIALES Y METODOS

La siembra del frijol variedad "Cacahuete 72" se efectuó el 26 de junio de 1985 en un invernadero del Colegio de Postgraduados de Chapingo, México. Se utilizaron vasos térmicos conteniendo agrolita, se regó con agua destilada hasta la emergencia y después con solución nutritiva diluida hasta el 9 de julio del mismo año, fecha en la cual se realizó el trasplante, colocando cuatro plantas en cada recipiente de plástico de tres litros de capacidad. Como sustrato se utilizó agua destilada a la cual se le añadieron los nutrimentos necesarios para formar la solución nutritiva de Rahimi (1972) localizada en el Cuadro 1; el primer cambio de soluciones se hizo a los ocho días después del trasplante y los siguientes cada tres días. El control del pH se hizo en la preparación de las soluciones y todos los días después de aforar con agua destilada al volumen de tres litros, se ajustó al nivel de 5.5 mediante el uso de H_2SO_4 0.5N. Todas las macetas estuvieron conectadas mediante manguera de hule látex de 0.5 cm de diámetro a una bomba de aereación durante el tiempo que duró el experimento.

La variante en la solución estuvo dada por el nivel de fósforo, ya que se aplicaron cuatro dosis en dicha solución 0.5, 2.5, 12.5 y 25 ppm de ortofosfato primario ($H_2PO_4^-$); cada tratamiento de éstos estuvo repetido cuatro veces y su distribución fue completamente aleatorizada, la unidad experimental fue una planta, por lo que en este trabajo sólo se usaron dos de las cuatro plantas por maceta.

Se eligieron dos etapas de muestreo siguiendo la clasificación de Lebaron (1974), primero

Cuadro 1. Composición de la solución nutritiva Rahimi (1972) modificada para inducir deficiencias de fósforo.

Nutrimento	me l ⁻¹	mg l ⁻¹	Sal	mg l ⁻¹
K ⁺	2.65	103.35	KNO ₃	267.47
Ca ⁺²	6.09	122.00	Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	719.80
Mg ⁺²	1.00	12.00	MgSO ₄ ·7H ₂ O	121.58
NO ₃ ⁻	8.74	541.88		
SO ₄ ⁻²	1.00	48.00		

nutri- mento	μmol ⁻¹	mg l ⁻¹	Sal	mg l ⁻¹
Fe ⁺³	35.81	2.00	Fe-EDTA	- -
Mn ⁺²	4.55	0.25	MnSO ₄ ·H ₂ O	0.77
Zn ⁺²	0.76	0.05	ZnSO ₄ ·7H ₂ O	0.22
B	46.30	0.50	H ₃ BO ₃	2.86
Mo	0.52	0.05	(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ ·4H ₂ O	0.09
Cu	0.47	0.03	CuSO ₄ ·5H ₂ O	0.12

(V3) cuando existieron tres nudos en el tallo principal, incluyendo el nudo de las hojas primarias y segundo (R) cuando las vainas de la primera floración tuvieron una longitud de 2.5 cm, media floración.

En estos dos muestreos se hicieron observaciones visuales, mediciones de altura, peso fresco y seco de raíz, tallo, primera hoja, segunda hoja, tercera hoja, vainas y resto de hojas. Se hicieron determinaciones de fósforo utilizando el método del vanadato-molibdato de Eberhardt (1960) en las secciones de planta ya mencionadas. Se determinó el contenido foliar de clorofila, utilizando para ello en todos los análisis el foliolo central de la primera hoja

verdadera y aplicando el método de extracción de Bruinsma (1963), y para completar el estudio se hicieron preparaciones para observar al microscopio los efectos del fósforo sobre los tejidos foliares; estas preparaciones se hicieron con la metodología de inclusión de tejidos en parafina (E.M. Engleman, comunicación personal).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados del efecto del fósforo sobre el contenido de clorofilas se discuten a continuación únicamente en términos de crecimiento debido a las características del experimento. El crecimiento de la planta sometida a estrés de fósforo se vio seriamente afectado, presentando pocas y pequeñas ramas como lo mencionó Rodríguez (1982). Con respecto a rigidez, al observar el Cuadro 2 se puede notar como el peso total de la planta aumentó a medida que la concentración de fósforo en la solución nutritiva fue más alta. La planta más deficiente en fósforo tuvo raíces que ocuparon aproximadamente un tercio del peso seco total, lo que indica una pobre relación peso seco aéreo entre peso seco de raíz y ésta resultó muy cercana a 2. La adición de fósforo promovió el crecimiento aéreo de la planta y redujo el porcentaje relativo de peso de raíces, por lo tanto aumentó la relación entre pesos secos de parte aérea y raíz, al parecer la planta bajo deficiencia tiende a desarrollar su raíz para explorar un mayor volumen de sustrato, mientras sacrifica su crecimiento de tallos y hojas, esto concuerda con Ullrich y Berry (1961), citados por Bielecky (1973). Sawada *et al.* (1982) también encontraron el mismo efecto. Respecto al área foliar, la adición de dosis cada vez mayores de $H_2PO_4^-$ redundó en mayor área foliar.

En el Cuadro 2 se ve claramente como a cualquier aumento de fósforo ($H_2PO_4^-$) en la solución correspondió un incremento en la concentración de fósforo en cualquier parte de la planta, por lo que no se ve una relación clara con el contenido de clorofilas, más bien parece ser que el fósforo ejerce un efecto indirecto a

través del crecimiento que afecta finalmente la cantidad de clorofila en la planta. En el mismo Cuadro 2 se puede observar que el área del foliolo central de la primera hoja (en el cual se cuantificó la clorofila) y en el primer muestreo, fue aumentando con la dosis de $H_2PO_4^-$ en la solución hasta el nivel 12.5 ppm para después descender con la dosis de 25 ppm. A los incrementos en el área foliar correspondieron decrementos en la concentración de clorofilas por efectos de dilución, sin embargo al disminuir el crecimiento en el nivel 25 ppm a mayor velocidad que la síntesis de clorofila, sobreviene un nuevo incremento en la concentración (Figura 1).

Las pequeñas hojas de las plantas con deficiencia de fósforo presentaron un color verde oscuro y al ver los resultados del Cuadro 3 se puede notar que la planta con mayor deficiencia tuvo mayor concentración de clorofilas "a", "b" y "a+b" tanto por unidad de peso como por unidad de área, de aquí que se presente el color verde oscuro, puesto que al no desarrollar el área foliar y no suspenderse la síntesis de clorofila ésta se presentó en mayor concentración, este fenómeno solo se observó en el primer muestreo (etapas tempranas). Estos resultados concuerdan con lo obtenido por Buchholz (1967) quien trabajó con jitomate y encontró que la velocidad de crecimiento disminuye más rápidamente que la síntesis de clorofila por lo que viene una acumulación.

En los Cuadros 3 y 4 se puede verificar que las cantidades de clorofilas "a+b" por unidad de área ($\mu\text{g cm}^{-2}$) al ser divididas entre 10 para transformar aproximadamente a mg dm^{-2} , quedan en valores que se ubican en el rango normal de 1-10 mg dm^{-2} de acuerdo con Šesták (1971) quien además menciona que el rango más usual varía de 2 a 6 mg dm^{-2} de clorofilas "a+b", de tal manera que los valores aquí se inclinan al límite inferior.

La acumulación de clorofilas en hojas de plantas deficientes en fósforo durante las primeras etapas de crecimiento, mantiene una menor proporción de la clorofila "a" con

Cuadro 2. Efectos del fósforo sobre el crecimiento, contenidos de fósforo y clorofilas en planta de frijol.

M	H ₂ PO ₄ ⁻ (ppm)	% Relativo de peso					PSA
		PSR	PST	PSH	PSV	PSTO(g)	
1	0.5	32	26	42	-	1.13	2.05
	2.5	28	26	46	-	1.86	2.65
	12.5	16	27	57	-	2.42	5.05
	25.0	16	27	57	-	2.73	5.07
2	0.5	33	32	31	4	2.17	2.06
	2.5	24	36	36	4	5.07	3.23
	12.5	10	46	41	3	13.65	8.74
	25.0	10	45	41	4	16.51	8.83

M	H ₂ PO ₄ ⁻ (ppm)	Fósforo (%)					AFTO
		Tallo	H ₁	H ₂	H ₃	Vaina	
1	0.5	0.12	0.11	-	-	-	173
	2.5	0.16	0.20	-	-	-	335
	12.5	0.37	0.39	-	-	-	748
	25.0	0.52	0.61	-	-	-	779
2	0.5	0.11	0.10	0.10	0.18	0.50	166
	2.5	0.13	0.16	0.17	0.22	0.55	550
	12.5	0.24	0.20	0.27	0.31	0.68	1481
	25.0	0.35	0.33	0.35	0.37	0.71	2422

M	H ₂ PO ₄ ⁻ (ppm)	Clorofila (11 g cm ⁻²)			AF	Clorofila a+b mg planta ⁻¹
		a	b	a+b		
1	0.5	11.41	9.35	25.48	19.91	4.41
	2.5	8.12	6.58	17.98	40.44	6.02
	12.5	7.10	5.67	15.93	96.89	11.92
	25.0	9.69	7.74	20.92	84.78	16.30
2	0.5	10.41	7.65	21.87	21.96	3.55
	2.5	10.21	7.77	21.43	47.36	11.79
	12.5	8.64	6.10	17.42	119.66	25.80
	25.0	9.11	6.71	18.96	124.83	45.92

PSR = Peso seco raíz
 PST = Peso seco tallos
 PSH = Peso seco hojas
 PSV = Peso seco vainas
 PSTO= Peso seco total
 PSA = Peso seco aéreo

AF = Area del foliolo central de la primera hoja (cm²)
 AFTO= Area foliar total planta (cm²)

respecto a la clorofila "b" de tal manera que la relación de clorofilas a b⁻¹ aumento con las dosis ascendentes de fósforo, es decir que el fósforo promovió la formación de clorofila "a" en mayor cantidad que la clorofila "b", sin embargo, los valores observados en la Figura 2 para la relación clorofilica mencionada, quedan ubicados por debajo del rango normal mencionado por Sesták (1971) que va de 1.5 a 3.5.

Esta variación en el contenido de clorofilas no está de acuerdo con los resultados de Sawada et al. (1983) quienes trasplantaron de una solución sin fósforo a una con fosfatos y después de 24 horas no observaron cambios significativos en los contenidos de clorofila; posiblemente en el trabajo de Sawada et al. (1983) el tiempo utilizado para observar algún efecto haya sido muy corto para producir el efecto de dilución y por lo tanto la variación en los contenidos clorofilicos.

En el presente trabajo no se encontró ninguna correlación estrecha entre el contenido de clorofilas y alguna otra variable de crecimiento, a diferencia de lo reportado por Sprage y Curtis (1933) y Bray (1960), citados por Sesták (1971), quienes encontraron que la cantidad de clorofila presente en las hojas de maíz estuvo correlacionada con el área foliar.

Cuadro 3. Efecto del fósforo sobre el contenido de clorofila en el primer muestreo.

Variable ¹	H ₂ PO ₄ ⁻ (ppm)		DMS 0.05
	0.5	12.5	
CLAMF	0.677 a	0.493 b	0.152
CLBMF	0.552 a	0.393 b	0.157
CLABMF	1.512 a	1.105 b	0.392
CLAA	11.410 a	7.097 b	2.291
CLBA	9.350 a	5.670 b	2.557
CLABA	25.480 a	15.930 b	6.258

Los tratamientos con igual letra en sentido horizontal son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha = 0.05$)

- ¹CLAMF = Contenido de clorofila "a" en materia fresca (mg g⁻¹)
- CLBMF = Contenido de clorofila "b" en materia fresca (mg g⁻¹)
- CLABMF = Contenido de clorofila "a+b" en materia fresca (mg g⁻¹)
- CLAA = Contenido de clorofila "a" por unidad de área (µg cm⁻²)
- CLBA = Contenido de clorofila "b" por unidad de área (µg cm⁻²)
- CLABA = Contenido de clorofila "a+b" por unidad de área (µg cm⁻²)

En el muestreo dos y con la dosis más baja de fósforo, la concentración de clorofila disminuyó aproximadamente a la contenida en la dosis 2.5 ppm de H₂PO₄⁻ por efectos de degradación clorofílica y otras alteraciones metabólicas causadas por la deficiencia de fósforo. En la dosis 25 ppm de H₂PO₄⁻ el aumento en la concentración de clorofila no es tan pronunciado debido a que el crecimiento foliar se mantiene casi constante (Figura 1). Estos resultados están apoyados por la idea

Cuadro 4. Efecto del fósforo sobre el contenido de clorofila en el segundo muestreo.

Variable ¹	H ₂ PO ₄ ⁻ (ppm)		DMS 0.05
	0.5	12.5	
CLAMF	0.613 a	0.527 a	0.254
CLBMF	0.450 a	0.372 a	0.164
CLABMF	1.257 a	1.062 a	0.499
CLAA	10.410 a	8.637 a	3.813
CLBA	7.650 a	6.102 a	2.418
CLABA	21.365 a	17.417 a	7.435

Los tratamientos de igual letra en sentido horizontal son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha = .05$)

- ¹ CLAMF = Contenido de clorofila "a" en materia fresca (mg g⁻¹)
- CLBMF = Contenido de clorofila "b" en materia fresca (mg g⁻¹)
- CLABMF = Contenido de clorofila "a+b" en materia fresca (mg g⁻¹)
- CLAA = Contenido de clorofila "a" por unidad de área (µg cm⁻²)
- CLBA = Contenido de clorofila "b" por unidad de área (µg cm⁻²)
- CLABA = Contenido de clorofila "a+b" por unidad de área (µg cm⁻²)

de Moorby y Besford (1983) al pensar que probablemente el efecto del fósforo sobre la clorofila se debe a efectos sobre el crecimiento foliar y desarrollo.

En el muestreo dos se observaron tejidos foliares al microscopio, distinguiéndose ya un gradiente en la concentración de cloroplastos debido a la presencia de áreas cloróticas en el tratamiento 0.5 ppm de H₂PO₄⁻, lo que es claro indicativo de la pérdida de clorofila.

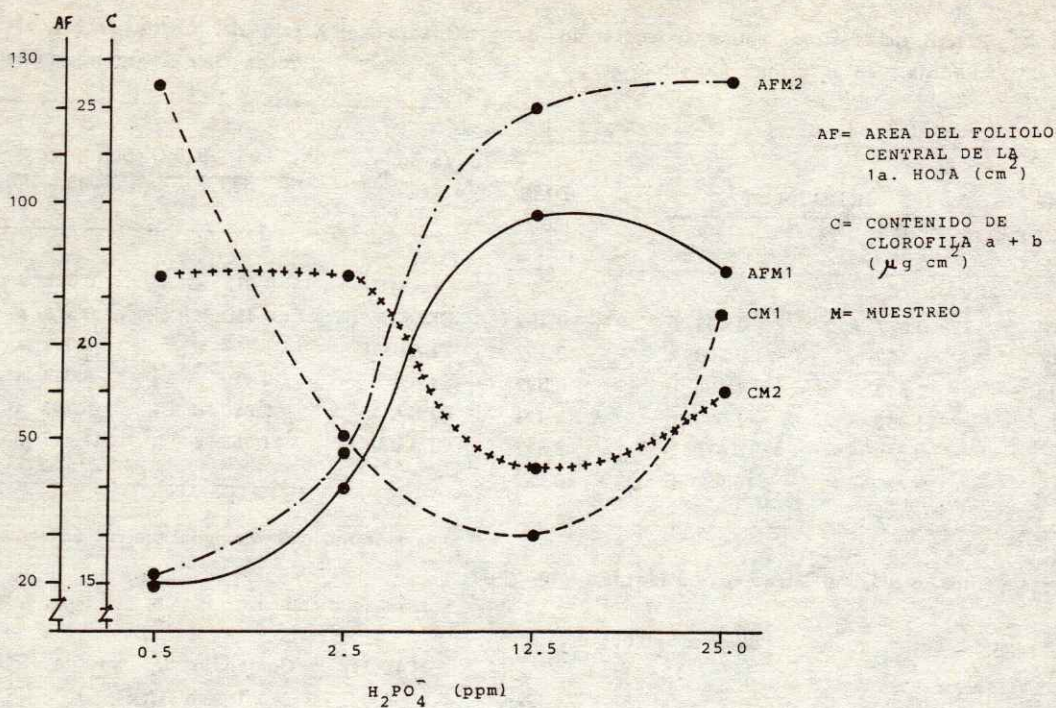


Figura 1. Efecto del fósforo sobre el área foliar y contenido de clorofila en hoja de frijol.

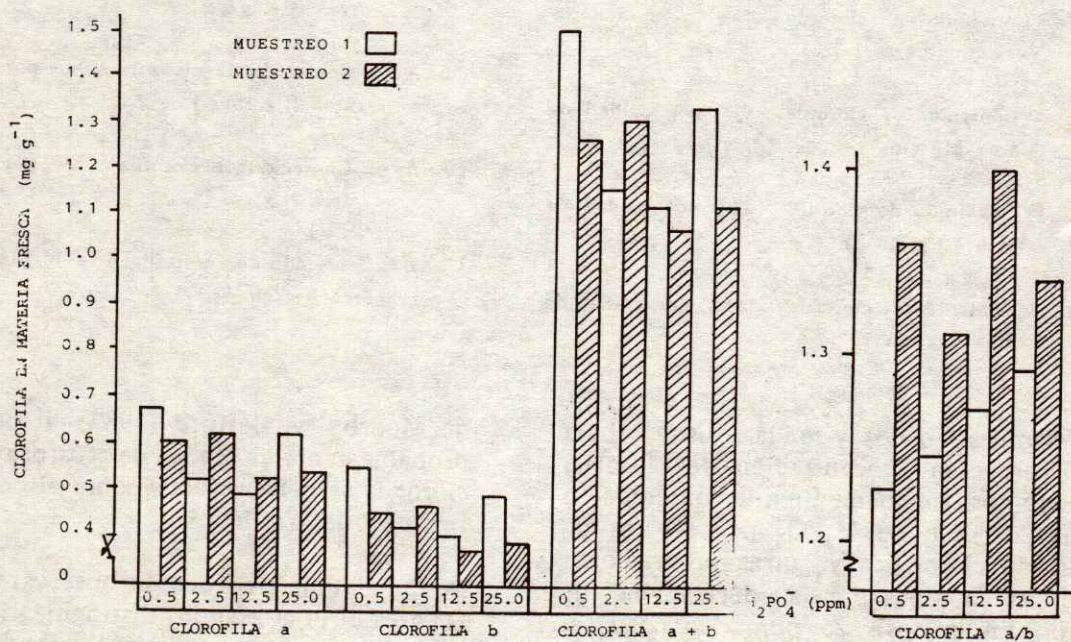


Figura 2. Contenidos de clorofila en las hojas del frijol de acuerdo a la concentración de fósforo en la solución nutritiva.

CONCLUSIONES

La deficiencia aguda de fósforo (0.5 ppm de $H_2PO_4^-$) provocó una mayor concentración de clorofilas en los tejidos foliares, de manera más acentuada en las primeras etapas de crecimiento.

La cantidad total de clorofilas por planta aumentó con la concentración de fósforo en la solución.

La deficiencia de fósforo muy aguda produjo clorosis (pérdida de clorofila) en las etapas reproductivas.

La nutrición fosfatada afecta las cantidades de clorofila a través de variaciones en el crecimiento y desarrollo de la planta.

LITERATURA CITADA

- ALCALDE B.,S. 1980. Escrito sobre el fósforo en la nutrición vegetal. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx. Sin publicar.
- BIELESKY, R.L. 1973. Phosphate pools, phosphate transport and phosphate availability. *Ann. Rev. Plant Physiology* 24: 225-52.
- BRUINSMA, J. 1963. The quantitative analysis of chlorophyll "a" and "b" in plant extracts. *Photochem and photobiol.* 2: 241-49.
- BUCHHOLZ, CH. H. 1967. Ueber die Dunkelfärbung des Blattgrüns bei phosphormangel. Aus dem Institut für Pflanzenernährung der Technischen Universität Berlín. (Eingegangen: 20.6) pp. 12-21.
- EBERHARDT, W. 1960. Die technische Weiterentwicklung der Vanadat-Molybdat-Methode zur Schnellbestimmung der Phosphorsäure in pflanzlichen Substanzen. *Land Fors XIII*: 303-307.
- LEBARON, J.M. 1974. A description. Developmental stages of the common bean plant. University of Idaho. Current information series No. 228. April 1974.
- MOORBY, J. y T. BESFORD, R. 1983. Mineral Nutrition and Growth In: Läuchli, A. and T. Besford, R. *Inorganic plant nutrition. Part B.* Springer-Verlag. pp. 481-521.
- RAHIMI A. 1972. Kupfermangelsymptome und ihre Entwicklung bei höheren Pflanzen. Institut für Pflanzenernährung der Technischen Universität Berlín.
- RODRIGUEZ, S.F. 1982. Fertilizantes. *Nutrición Vegetal.* AGT Ed. S.A. México. pp. 69-72, 118 y 156-157.
- SAWADA, S., T. IGARASHI y S. MIYACHI. 1982. Effects of nutritional levels of phosphate on photosynthesis and growth studied with single, rooted leaf of dwarf bean. *Plant & Cell Physiology* 23 (1): 27-33.
- SAWADA, S., T. IGARASHI y S. MIYACHI. 1983. Effects of phosphate nutrition on photosynthesis. Starch and total phosphorus levels in single rooted leaf of dwarf bean. *Photosynthetica* 17 (4):484-490.
- SESTAK Z. 1971. Determination of chlorophylls "a" and "b". In: Šesták Z., J. Catsky y P.G. Jarvis (Eds). *Plant photosynthetic production. Manual of methods.* Dr. W. Junk N.V. Pub. The Hague pp. 698.

RELACIONES AGUA-SUELO-PLANTA-ATMOSFERA DEL FRIJOL DE RIEGO EN ZONAS SEMIARIDAS

I. RENDIMIENTO DE GRANO

Soil-Plant-Water-Atmosphere Relationships in Dry Beans in Semiarid Regions. I. Grain Yield

José Luis Chan C., Angel G. Bravo L. y F. Javier Flores M.

CAEZAC-CIANOC-INIFAP, Apdo. Postal 18, Calera de V.R., 98500 Zac.

RESUMEN

Zacatecas es el principal productor de frijol en el país; sin embargo, la producción de frijol bajo condiciones de riego se ve limitada por la escasez y lo caro de este recurso. La baja eficiencia en el uso del agua es la causa de la baja productividad con relación al manejo del cultivo. Esta situación originó el inicio de una investigación cuyo objetivo fue el de aumentar la eficiencia en el uso del agua, considerando el sistema agua-suelo-planta-atmósfera. La investigación se realizó en Calera, Zac., se inició en 1983 y se continuó en 1984 y 1985 con tres fechas de siembra para cada año. En cada experimento se sembró la variedad "Negro Zacatecas" y se probaron tres niveles (40, 60 y 80%) de humedad aprovechable en el suelo (NH), tres densidades (319 444, 222 222 y 111 111 plantas/ha) de plantas (DP) y se cuantificaron las unidades calor (UC) con el método "Residual", temperatura base 8°C. Los resultados indican que a mayor acumulación de UC el rendimiento de frijol tiende a aumentar linealmente entre las 700 y 900 UC, independientemente de los NH y DP. Además,

con el nivel más alto de humedad (80%) el rendimiento de frijol fue mayor que en niveles inferiores, no obstante la acumulación de calor; esta respuesta no se observó en cuanto a DP. La acumulación de unidades calor determinada por la fecha de siembra influye sobre la eficiencia en el uso del agua.

Palabras clave: Phaseolus vulgaris, Unidades calor, Niveles de humedad, Densidad de población.

SUMMARY

The state of Zacatecas is the main dry bean producer in the country; however, its production under irrigated conditions is limited by the high cost of water. Low water use efficiency is one of the causes of low productivity. This situation motivated the initiation of a research line whose objective was to increase water use efficiency, taking into consideration the reference frame of the system soil-plant-water-atmosphere. This research, conducted in Calera de Victor Rosales, Zacatecas, Mexico, started in 1983 and was continued in 1984 and 1985 with three planting dates each year. The cultivar "Negro Zacatecas" was used, during each experiment

treatments of soil moisture levels (NH) and plant populations (DP) were evaluated; also the heat units (UC) were calculated through the "Residual Method" with a base temperature of 8°C. The results have indicated that as UC increased from 700 to 900, dry bean yields tended to increase independently of the NH or DP treatments. Furthermore, with the highest NH levels the highest yields were obtained even if UCs accumulated; this was not observed in DP effects. The heat unit accumulation through the cropping season is determined by the planting date and affects water use efficiency.

Index words: *Phaseolus vulgaris*, Heat units, Soil moisture levels, Plant populations.

INTRODUCCION

La producción agrícola de la región Norte-Centro de México, se ve altamente restringida por la escasez de agua para riego, la cual se obtiene en un alto porcentaje por bombeo de pozos profundos y a través de aprovechamientos superficiales de presas y bordos. Ambas fuentes de agua para irrigación dependen fundamentalmente de la escasa lluvia para su abastecimiento.

En Zacatecas la producción de frijol de riego en 25 mil ha significa un seguro para la producción estatal, ya que en años con sequía, las 420 mil ha que se siembran de temporal producen únicamente la mitad de lo producido en riego. Sin embargo, el uso del agua en los sistemas de regadío no es eficiente, ya que existen desperdicios en la conducción y manejo del riego, así como también en la lámina y frecuencia de riego aplicada al cultivo.

El objetivo de la presente investigación fue aumentar la eficiencia en el uso del agua, por medio del manejo de algunos factores controlables de la producción, como riego, densidad de población y fecha de siembra.

El cultivo del frijol es altamente susceptible a la sequía, cuando éste se encuentra en la

etapa fenológica de floración. Palacios y Martínez (1978) indican que la drástica disminución del rendimiento de frijol cuando sufre sequía durante la floración, se debe a la reducción del número de vainas por planta, número de semillas por vaina y peso de semilla; por otra parte, Chan y Bravo (1984) reportaron que en Zacatecas los déficits hídricos afectan negativamente la producción de vainas por planta y granos por vaina, que son componentes del rendimiento que definen junto con el número de plantas por superficie, el potencial de producción.

Se reconoce que la función de respuesta de rendimiento a las densidades de población en genotipos de frijol tipo II, como "Negro Zacatecas" es parabólica (Nienhuis y Singh, 1985), ya que los genotipos de hábito de crecimiento semideterminado tienden a compensar el rendimiento en un amplio rango de densidades de población (Crothers y Westermann, 1976). También se ha observado que el número de racimos por nudo y el número de ramas por planta disminuyeron al aumentar las densidades de población en variedades de frijol (Bennett et al., 1977).

El cultivar "Negro Zacatecas" respondió con un aumento en el rendimiento, cuando fue sometido a altas densidades de población y alta disponibilidad de agua en el suelo (Chan y Bravo, 1985); de esta manera, se supone que el genotipo del "Negro Zacatecas" es más eficiente en el uso de los recursos naturales cuando se somete a mayor disponibilidad de insumos (agua y densidad de siembra).

El impacto de las variaciones térmicas sobre el rendimiento de los cultivos es variable, en función de otras condiciones del ambiente (Terjung et al., 1984). El impacto de las variaciones térmicas sobre el rendimiento es mayor en los cultivos de riego que en los de temporal, debido principalmente a que la captación de energía es mayor en cultivos que cubren completamente la superficie del suelo y que no tienen factores restrictivos del crecimiento.

La estación de crecimiento en el Norte-Centro de México está limitada por la presencia de heladas, de tal forma que los cultivos de primavera-verano deben cumplir su ciclo vegetativo entre abril y octubre. Las fechas de siembra, entonces, cumplen dos funciones primordiales: por una parte permiten evaluar la respuesta del cultivo y el aprovechamiento de recursos para la producción; por otra parte, permiten cuantificar el costo de oportunidad por la ocupación de la tierra en función de los cultivos y la época del año.

MATERIALES Y METODOS

Esta investigación se llevó a cabo en el Campo Agrícola Experimental de Zacatecas (CIANOC-INIFAP). El trabajo de campo se realizó durante tres años de 1983 a 1985. En este documento se discuten únicamente los últimos dos años. En 1984 y 1985 el experimento se sembró en tres fechas: el 14, 21 y 14 y el 12, 17 y 17 de abril, mayo y junio, respectivamente para cada año. El experimento consistió en la evaluación de tres densidades de plantas (319 444, 222 222 y 111 111 plantas/ha), en tres diferentes niveles de humedad aprovechable (40, 60 y 80% de NH), en combinación factorial bajo un diseño experimental de bloques completos al azar, con tres repeticiones.

La aplicación de tratamientos de niveles de humedad se determinó con base en muestreos de humedad (método gravimétrico) realizados cada cuatro días. Los contenidos de humedad se refirieron, entonces, a una curva de retención de humedad previamente calibrada; con esta información se tomó la decisión de riego para llenar el estrato 0-60 cm.

La parcela útil experimental para estimar el rendimiento fue de dos surcos de 4 m de longitud (5.04 m²), mientras que la parcela total fue de seis surcos de 6 m de longitud (25.92 m²), con distanciamiento entre surcos de 0.72 m. Los terrenos utilizados en estos experimentos presentan suelos con textura arcillo-

arenosa, pobres en materia orgánica (0.8%) y con 0.9 m de profundidad.

En todos los experimentos la variedad utilizada fue "Negro Zacatecas", se sembró en húmedo y se fertilizó con la dosis 60-60-00 al momento de la siembra. La siembra se realizó con una sembradora comercial calibrada para obtener la densidad de población mayor; sin embargo, al momento de aclarar las poblaciones se redujeron a los siguientes tratamientos: 161, 112 y 56 plantas por parcela útil, lo cual representaría aproximadamente 319 444, 222 222 y 111 111 plantas por hectárea.

Para evaluar el efecto de la fecha de siembra se calcularon las unidades calor acumuladas a través de la estación de crecimiento, mediante el método residual con temperatura base de 8°C (Flores *et al.*, 1985) de acuerdo a la siguiente formulación:

$$UC = \frac{T_{max} - T_{min}}{2} - TB \quad (1)$$

donde:

T_{max} = temperatura máxima diaria (°C)

T_{min} = temperatura mínima diaria (°C)

TB = temperatura base o umbral

Cada experimento fue analizado mediante un análisis de regresión múltiple, donde las repeticiones se manejaron a través de variables indicadoras y los efectos de NH y DP se analizaron en sus componentes polinomiales y todas sus interacciones. Las variables incluidas en el análisis fueron seleccionadas mediante el procedimiento "backward" al nivel de significancia del 0.10. Consecuentemente el modelo se redujo a las variables con efectos significativos sobre el rendimiento y de esta manera se obtuvo la función de respuesta.

La integración del sistema agua-suelo-planta-atmósfera se analizó mediante un análisis de regresión múltiple donde la

variable dependiente fue el rendimiento promedio y las variables independientes fueron los niveles de humedad o las densidades de población en su forma de variables categóricas (NH = 40, 60 y 80% ó DP = 56, 112 y 161 plantas por parcela), combinado con unidades calor de acuerdo al registro obtenido para cada experimento, sin tomar en cuenta el año del experimento.

Las variables significativas (P = 0.10) fueron seleccionadas mediante el procedimiento "backward" en cada modelo.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los rendimientos estimados para esta serie de experimentos se muestran en el Cuadro 1. El promedio de los dos años de estudio evidencia el efecto general de los factores en estudio. El rendimiento de frijol tiende a disminuir conforme la fecha de siembra es más tardía, de tal manera que los mejores rendimientos se obtienen con las siembras de abril, que en general deberán de iniciarse después del día 10, con el fin de escapar de las heladas tardías que se presentan en la región. Las densidades de población, en promedio, tuvieron poco efecto sobre el rendimiento de frijol, pero los niveles de humedad fueron definitivos para la definición del rendimiento, el cual aumentó conforme se mantuvo mayor disponibilidad de agua en el suelo, llegando a contar una reducción promedio del 46% entre los tratamientos extremos. La densidad intermedia de población, manifestó un ligero incremento del rendimiento en las siembras tempranas (abril), pero ese efecto se perdió en las siembras más tardías, lo cual implica la presencia de otros factores limitantes en relación a estos factores. Evidentemente la densidad de población se convirtió en un factor limitante del rendimiento cuando hubo restricción de humedad (NH = 40) y las siembras fueron más tardías.

La limitación del rendimiento a través de las fechas de siembra está relacionada con la disponibilidad de calor en cada una de ellas (Cuadro 2). La acumulación de calor por fecha

Cuadro 1. Rendimiento de grano estimado para frijol "Negro Zacatecas", bajo diferentes condiciones de humedad aprovechable en el suelo (NH), densidades de población (DP), en plantas/5.04m² y fechas de siembra.

DP	Fecha de siembra	NH(%)			
		40	60	80	Media
-----gramos/5.04 m ² -----					
	Abril	768	1418	1895	1360
56	Mayo	1140	876	1417	1144
	Junio	582	463	1106	717
	Media	830	919	1466	1072
	Abril	804	1453	1958	1405
112	Mayo	1105	825	1273	1068
	Junio	582	463	1106	717
	Media	830	914	1446	1063
	Abril	772	1382	1832	1329
161	Mayo	808	844	1453	1035
	Junio	582	463	1106	717
	Media	721	896	1464	1027
Media General		794	910	1459	1054

de siembra disminuye sensiblemente conforme la fecha de siembra es más tardía, afectando consecuentemente la disponibilidad de calor para todas y cada una de las etapas fenológicas del cultivo, etapas en las cuales se construye el rendimiento. El caso extremo de esta

relación se presentó en 1985. (Cuadro 2) donde en la etapa vegetativa (hasta inicio de floración) de la siembra en junio, acumuló únicamente el 58% de las UC que acumuló la fecha de abril en el mismo período.

En la Figura 1 se ilustra el comportamiento del rendimiento de frijol en función de las unidades calor acumuladas, se muestra una línea simple debido a que las densidades de población estudiadas no definieron estadísticamente entre si, es decir, la tendencia de la producción en diferentes densidades de población similar para los rangos de población estudiados. Sin embargo, el comportamiento del rendimiento en función de UC y NH (Figura 2) mostró una fuerte interacción entre los factores. En primer término se observó

Cuadro 2. Unidades calor acumuladas en diferentes etapas fenológicas del frijol "Negro Zacatecas" y diferentes fechas de siembra.

Fecha de siembra	Etapa fenológica		
	Inicio de floración	Ejote gordo	Madurez fisiológica
	----- UC acumuladas ¹ -----		
14-IV-84	470	741	803
21-V-84	433	553	719
14-VI-84	349	507	672
12-IV-85	546	768	871
17-V-85	477	623	849
17-VI-85	319	586	739

¹Método residual.

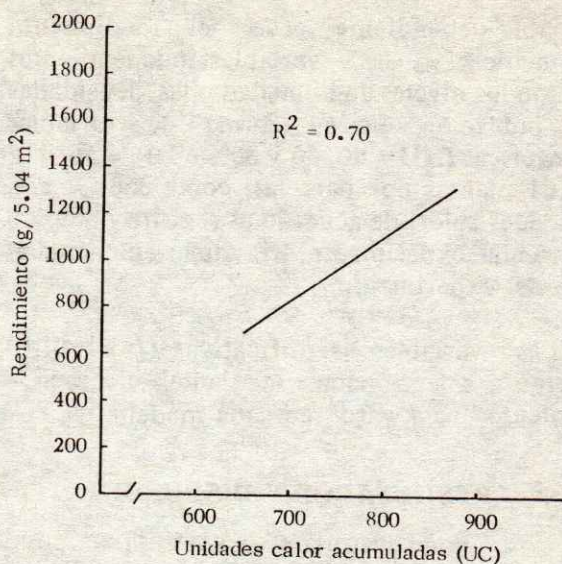


Figura 1. Respuesta del rendimiento de frijol "Negro Zacatecas" a la acumulación de unidades calor bajo diferentes densidades de población (DP).

que el rendimiento no fue afectado por la acumulación de calor cuando se limitó de agua al cultivo (NH = 40%). Por otra parte, con el nivel intermedio de riego (NH = 60%) el rendimiento se afectó negativamente en las fechas de siembra con poco calor, pero se recuperó ampliamente cuando existió mayor acumulación de UC. La respuesta del rendimiento al calor, con el nivel de humedad más alto fue positiva aunque el rendimiento fue también mayor en cualesquier condición de calor, lo cual implica que la variedad "Negro Zacatecas" responde favorablemente al riego.

CONCLUSIONES

El componente del sistema agua-suelo-planta-atmósfera más importante en la definición del rendimiento del frijol "Negro Zacatecas" en el altiplano de Zacatecas es la acumulación de calor asociada a la fecha de siembra.

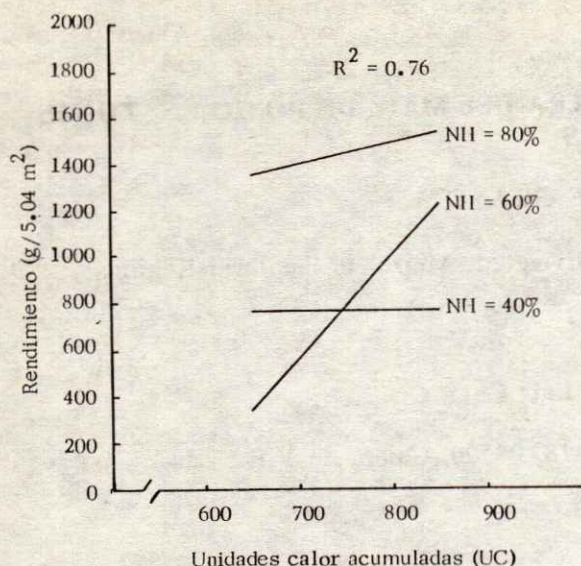


Figura 2. Respuesta del rendimiento de frijol "Negro Zacatecas" a la acumulación de unidades calor bajo diferentes niveles de humedad aprovechable en el suelo (NH).

La densidad de población no aparece como factor interactuante con la acumulación de calor para la definición del rendimiento.

Con la limitación de humedad disponible para el cultivo, se pierde el efecto benéfico de la acumulación de calor sobre el rendimiento.

Manejando adecuadamente los componentes del sistema agua-suelo-planta-atmósfera, se puede lograr una mejor utilización de los recursos disponibles para la producción en los sistemas agrícolas de riego que se presenten en Zacatecas.

LITERATURA CITADA

BENNETT, J.P., M.W. ADAMS, y C. BURGA. 1977. Pod yield component variation and intercorrelation in *Phaseolus vulgaris* L. as affected by planting density. *Crop Science* 17: 73-75.

CHAN, C.J.L. y A. BRAVO L. 1984. Los componentes de rendimiento en maíz y frijol como integradores de los efectos ambientales. X Congr. Nal. de Fitogenética. Aguascalientes, Ags. p.77.

CHAN, C.J.L. y A.G. BRAVO L. 1985. Eficiencia en el uso del agua en frijol "Negro Zacatecas" con diferentes densidades de plantas. XVIII Congr. Nal. de la Ciencia del Suelo. La Paz, B.C.S. p.46.

CROTHERS, S. E. y D. T. WESTERMANN. 1976. Plant population effects on the seed yield of *Phaseolus vulgaris* L. *Agronomy Journal* 68: 958-960.

FLORES M., JAVIER, J. L. CHAN C. y A.G. BRAVO L. 1985. Fenología de frijol y maíz en el altiplano de Zacatecas. II Unidades calor (UC) y desarrollo fenológico. *Fitotecnia* 7: 66-81.

NIENHUIS, J. y S.P. SINGH. 1985. Effects of location and plant density on yield and architectural traits in dry beans. *Crop Science* 25: 579-584.

PALACIOS V., E. y A. MARTINEZ G. 1978. Respuesta de los cultivos a diferentes niveles de humedad del suelo. Un enfoque metodológico de investigación. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.

TERJUNG, W.H., D.M. LIVERMAN, y J.T. HAYES. 1984. Climatic change and water requirements for grain corn in the northamerican great plains. *Climatic Change* 6:193-220.

RELACIONES AGUA-SUELO-PLANTA-ATMOSFERA DEL MAIZ DE RIEGO EN ZONAS SEMIARIDAS

I. RENDIMIENTO DE GRANO

Soil-Water-Plant-Atmosphere Relationships in Irrigated Maize in Semiarid Regions

I. Grain Yield

Angel G. Bravo L. y José Luis Chan C.

CAEZAC-CIANOC-INIFAP. Apdo. Postal #18, 98500, Calera de V.R., Zac.

RESUMEN

En la región semiárida de Zacatecas, uno de los factores limitantes de la producción de alimentos es la disponibilidad de agua para riego. Además de lo caro y escaso de este recurso, la baja eficiencia en su uso disminuye la productividad y aumenta el costo de la producción de los cultivos. Con estas bases, se inició una investigación en maíz híbrido H-220 cuyo objetivo fue aumentar la eficiencia en el uso del agua de riego, teniendo en cuenta el sistema agua-suelo-planta-atmósfera. La investigación se realizó en Calera, Zacatecas, se inició en 1983 con dos fechas de siembra y se continuó en 1984 y 1985 con tres fechas de siembra para cada año. En cada experimento se incluyeron niveles de humedad aprovechable en el suelo (NH), 40, 60 y 80%; niveles de nitrógeno (NN), 120 y 240 kg N/ha; y densidades de plantas (DP) 40, 80 y 120 mil plantas/ha. Para cada experimento se cuantificaron las unidades calor (UC) mediante el método "Residual", con una temperatura base de 10°C. Los resultados indican que la producción de grano de maíz, independientemente de NH, NN y DP,

aumenta conforme se acumula mayor cantidad de UC de acuerdo a la fecha de siembra; sin embargo, el rendimiento de grano fue mayor conforme aumentó el NH del 40 al 80% y NN de 120 a 240 kg/ha. La DP influyó sobre el rendimiento de grano en cada fecha de siembra hasta las 100 mil plantas/ha, independientemente de la acumulación de unidades calor. La eficiencia en el uso del agua y del nitrógeno depende de la acumulación de calor determinada por la fecha de siembra.

Palabras clave: Maíz, *Zea mays*, Uso eficiente del agua, Unidades calor, Niveles de humedad, Niveles de nitrógeno, Densidad de población, Rendimiento.

SUMMARY

One of the limiting factors for food production in the semiarid region of Zacatecas is the low availability of irrigation water. Besides high cost and scarcity of water, low water use efficiency decreases productivity and increases costs for crop production. A research was started with the objective of increasing water use efficiency in maize, using the hybrid H-220 and based on the soil-water-plant-atmosphere system.

Two experiments, including two planting dates, were conducted at Calera, Zacatecas in 1983, and continued in 1984 and 1985 with three planting dates each year at the same location.

Each experiment included: three levels of available soil water (NH) 40, 60 and 80%; two nitrogen levels (NN) 120 and 240 kg N/ha; and three planting densities 40, 80 and 120 thousand plants/ha (DP). Heat unit degree hours (UC) were estimated by the "Residual" method, with a base temperature of 10°C. Results indicate that grain yields of maize, independent of NN and DP, increase when greater UCs are accumulated, and vary according to the planting date. However, grain yield was larger when NH and NN rose from 40% to 80% and from 120 to 240 kg/ha, respectively. DP affected grain yield at each planting date up to 100 thousand plants/ha, independent of accumulation of heat units. Water and nitrogen use efficiencies depend on heat accumulation and vary according to the planting date.

Index words: Maize, Zea Mays, Water use efficiency, Heat units, Moisture levels, Nitrogen levels, Plant density, Yield.

INTRODUCCION

En las regiones semiáridas del norte centro del país, uno de los principales factores que limitan la producción de alimentos es la baja disponibilidad del agua para el riego, debido principalmente a que la mayoría de los volúmenes que se obtienen de este recurso proviene de los mantos freáticos, los que se han sobreexplotado dando como consecuencia natural su abatimiento y un considerable aumento en los costos del metro cúbico de agua extraído.

El estado de Zacatecas padece los mismos problemas, que se reflejan en el cultivo del maíz. En los últimos 10 años se sembraron alrededor de 460,000 hectáreas en total y de éstas, sólo aproximadamente 5% fue bajo

riego, debido a la baja disponibilidad del agua para irrigación. Aunado a lo anterior se presenta una baja eficiencia en el manejo del agua, que agrava en mayor medida la productividad y aumenta los costos del cultivo. Este 5% del maíz irrigado ha aportado, en promedio de los últimos 10 años, un 23% de la producción total del estado y toma mayor importancia en años "malos", en los cuales la precipitación en las áreas de temporal es muy limitada, como por ejemplo en 1979 cuando el maíz de riego (4.81% del área cultivada este año) aportó el 41% de la producción total de maíz. Con estas bases inició un trabajo de investigación cuyo objetivo fue el de aumentar la eficiencia en el uso del agua de riego, tomando en consideración el sistema agua-suelo-planta-atmósfera. En él se analizan en forma integral los principales factores que intervienen en el rendimiento del maíz.

Algunos investigadores, como Yoshida (1972), mencionan que una alta producción de grano para cualquier cultivo, se puede obtener sólo cuando se propicia una buena combinación de variedad, medio ambiente y prácticas agronómicas. Un aumento de la densidad de plantas y de la aplicación de nutrientes, aumenta el índice de área foliar, aunque diferentes cultivos difieren en su respuesta. En maíz, el crecimiento del cultivo aumentó con el incremento en el índice de área foliar hasta un máximo alcanzado con 18 plantas/m², pero el rendimiento de grano se correlacionó positivamente con el crecimiento del cultivo sólo hasta el punto en que se logró la densidad óptima de plantación (4.8 plantas/m²). Inesperadamente, después de éste el rendimiento de grano se correlacionó negativamente con el aumento en densidad de plantas, porque el porcentaje de espigas estériles se incrementó. Como resultado se tiene que el total de materia seca producida se incrementa asintóticamente con el aumento en la densidad de plantas y del índice de área foliar, pero la capacidad de producción de grano tiene su máximo en un límite del nivel de población de plantas.

En otros trabajos realizados por Bennett *et al.*, (1986) se menciona que los déficits de

agua y nitrógeno son limitantes importantes en el rendimiento del cultivo del maíz. Las interacciones de los déficits de agua y nitrógeno en el campo se presentan muy comúnmente en el cultivo del maíz. En un trabajo, donde combinaron niveles de humedad en el suelo y niveles de nitrógeno, los mismos autores concluyeron que los déficits de agua y nitrógeno pueden interactuar con el medio ambiente y alterar las relaciones del agua, de la actividad estomatal y el valor de la transpiración individual de las hojas del maíz. Demostraron también, que la respuesta del cultivo a la irrigación depende del nitrógeno disponible en el suelo.

En relación a este tema Chan y Bravo (1985) realizaron estudios para conocer el comportamiento de la fenología del maíz cuando se sometía éste a diferentes niveles de humedad y fechas de siembra. En experimentos cuyos tratamientos eran niveles de humedad en el suelo se observó que, en general, los tratamientos que se regaron más eran los que maduraban más tarde y viceversa. Las diferencias fueron más notables cuando se compararon las respuestas a diferentes fechas de siembra. Fechas tempranas prolongaron más el ciclo de cultivo que las tardías; este desfase de ciclos de cultivo se relacionó con las unidades térmicas asociadas a cada fecha de siembra. Al respecto Tollenaar y Hunter (1983), mencionan que el concepto de unidades calor es usado extensivamente para explicar el efecto de las temperaturas en el cultivo del maíz y para desarrollar modelos con el objeto de predecir el desarrollo del cultivo y su rendimiento. El ambiente tiene efecto tanto en el número como en la duración de las primeras hojas y es determinante en el número total de hojas, y esto ha tenido poca atención en los modelos y el período de siembra; la etapa de polinización está altamente correlacionado en el cultivo del maíz. Los autores anteriores concluyeron que la temperatura y el fotoperíodo influyen fuertemente en el número total de hojas.

En otros trabajos Colville (1968) evaluó los cambios en el microclima del cultivo del maíz, debidos a tratamientos de densidad de plantas y patrones de cultivo y encontró que la cantidad

de luz que llega a través de la cubierta vegetal se vio influenciada por los patrones de siembra. Respecto a la densidad de plantas, la cantidad de luz disminuyó cuando se incrementó el número de plantas. La temperatura del suelo disminuyó al aumentar el número de plantas y la temperatura ambiente no fue modificada grandemente ni por los patrones de siembra ni por el número de plantas, pero la humedad relativa se incrementó con un aumento de densidad de plantas.

Así mismo, Voss *et al.* (1970) realizaron evaluaciones cuantitativas sobre la aplicación de fertilizantes, propiedades naturales de los suelos, manejo y variables atmosféricas en varios experimentos de campo que se desarrollaron para obtener relaciones que explicaran el rendimiento de maíz de grano y cuales son los factores responsables. Los resultados de este estudio muestran dos conclusiones generales. Primero, que los factores ambientales no son controlables e influyen en el rendimiento, o en alguna otra variable dependiente, y deben de ser evaluados cuantitativamente si queremos explicar adecuadamente el efecto de alguna variable en el rendimiento. Segundo, las interacciones acerca de varios factores controlables o no controlables deben de ser señaladas si los resultados o conclusiones de los experimentos, van a ser aplicados a localidades con diferentes condiciones climáticas. Es decir, cuando los factores de variación y sus interacciones son adecuadamente evaluadas, las relaciones significativas pueden utilizarse para predecir los rendimientos de los cultivos y la respuesta a la aplicación de algún tratamiento. Con esto, las necesidades de recomendación pueden ser satisfechas, si se establecen las relaciones entre las condiciones del sitio y la respuesta a la aplicación de algún factor de la producción.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo es parte de la investigación denominada Optimización del Recurso Agua en Maíz y Frijol, que se inició el 20 de abril con la primera fecha de siembra y

el 17 de mayo de 1983 con la segunda, se continuó en 1984 con tres fechas de siembra el 14 de abril, 21 de mayo y el 14 de junio, respectivamente, y se terminó en 1985 también con tres fechas de siembra, el 12 de abril, 17 de mayo y 17 de junio. Los trabajos se realizaron en el Campo Agrícola Experimental de Zacatecas (CAEZAC-CIANOC-INIFAP), localizado a 22°54' de latitud norte y 102°39' de longitud oeste, a una altitud de 2197 msnm. La precipitación promedio anual es de 382 mm, distribuidos en un 78% de junio a septiembre. La temperatura media anual es de 12.6°C, la máxima promedio de 21.6°C y la mínima promedio de 5.4°C. La evaporación total es de 2093 mm. La textura del suelo es franco arcillo-arenoso hasta 90 cm de profundidad, con pH de 7.0 y 0.8% de materia orgánica.

Experimentos

Se realizaron ocho experimentos en los tres años; en todos se utilizó la variedad de maíz H-220. Los tratamientos fueron: tres niveles de humedad: 40, 60 y 80% de la humedad aprovechable en el suelo; tres densidades de plantación: 40, 80 y 120 mil plantas por hectárea; y dos niveles de fertilización nitrogenada: 120 y 240 kg N/ha. Se utilizó un diseño de tratamientos factorial completo en una distribución en bloques al azar con cuatro repeticiones. En todos los casos, el tamaño de la parcela total fue de 26 m² y de la parcela útil de 5.76 m².

Una mayor descripción de los tratamientos de humedad aprovechable residual, se da en el Cuadro 1.

Los experimentos se sembraron en húmedo en sus diferentes fechas, utilizando una misma densidad, la más alta y después de la emergencia de las plántulas se aclarearon hasta alcanzar la densidad que le correspondía a cada tratamiento. La fertilización fue la misma a la siembra, con la fórmula 60-60-00 y para los tratamientos de 120 kg N/ha se le aplicaron los 60 kg restantes en la aparición de la novena hoja, en la segunda escarda, y a los tratamientos de 240 kg N/ha se le aplicaron 100 kg más en la aparición de la novena hoja y 80 kg más al 50% de la floración masculina.

Cuadro 1. Tratamientos de niveles de humedad aprovechable residual y sus equivalentes en Pw, Pu y, para la profundidad de 0-30 cm.

No.	Tratamiento	Pw	Pu	Atmósferas
	NH	%	%	
1	40	16.4	21.97	6.0
2	60	18.8	25.38	1.0
3	80	21.0	29.40	0.5

Los tratamientos de niveles de humedad se realizaron con muestreos de suelo cada 4 días en las profundidades 0-30 y 30-60 cm, utilizando el método gravimétrico, para determinar el momento del riego para cada tratamiento, esto se hizo en dos repeticiones completas.

Para el cómputo de las unidades calor se utilizó el método residual tomando como temperatura base la de 10°C, lo cual se basó en las conclusiones del trabajo de Flores *et al.* (1985). Estos autores estudiaron cuatro métodos para estimar la acumulación de unidades calor en maíz, los cuales resultaron igualmente eficientes para relacionar el desarrollo fenológico con la cuantificación térmica.

Cada experimento fue analizado mediante un modelo de regresión múltiple donde las repeticiones se manejaron a través de variables indicadoras. Los efectos de NH, DP y NN se analizaron en sus componentes polinomiales y todas sus interacciones. Las variables incluidas en el análisis fueron seleccionadas mediante el procedimiento "Backward" al nivel de significancia del 0.10. El modelo se redujo a las variables con efectos significativos y de esta manera se obtuvo la función de respuesta.

La integración del sistema agua-suelo-planta-atmósfera se analizó mediante un modelo de regresión múltiple donde la variable dependiente fue el rendimiento promedio, y las variables independientes fueron los niveles de humedad, densidades de plantas y niveles de nitrógeno, en su forma de variables categóricas (NH = 40, 60 y 80%; DP = 20, 30, 40, 50, 60, 70 y 80 plantas/parcela; y NN = 120 y 240 kg N/ha), combinado con unidades calor de acuerdo al registro obtenido para cada experimento, sin tomar en cuenta el año del experimento. Las variables significativas (P 0.10) fueron seleccionadas mediante el procedimiento "Backward" en cada modelo.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos con el modelo de regresión múltiple que considera los efectos de

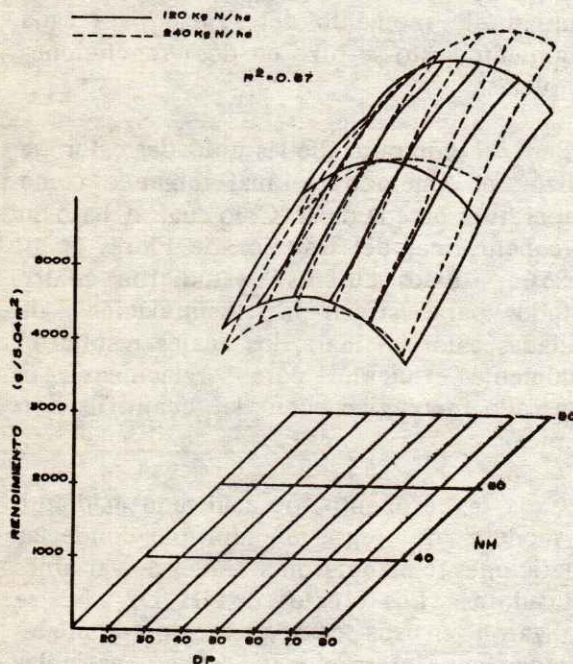


Figura 1. Relación entre la densidad de plantas (DP) y niveles de humedad (NH), con 120 y 240 kg N/ha, contra el rendimiento de grano por parcela, estimado con un modelo de regresión múltiple, en maíz H-220. Siembra 14 de abril de 1984.

los tratamientos de NH y DP para 120 y 240 kg N/ha, se presentan en las Figuras 1 y 2. Estas figuras muestran los resultados obtenidos en 1984 con la 1a. y 3a. fecha de siembra, respectivamente. En ellas se observa para los niveles 120 y 240 kg N/ha, que conforme aumenta la densidad de plantas se incrementa el rendimiento en los tres niveles de humedad, hasta un punto, donde decrece a pesar de tener buena humedad. En el tratamiento 240 kg N/ha el rendimiento es ligeramente elevado y empieza a decrecer con una mayor densidad de plantas, debido al nivel alto de nitrógeno. Los rendimientos promedio para esta fecha de siembra (14 de abril) oscilaron entre 3129 y 4932 gramos por parcela de 5.04 m² que fue el área que se cosechó de la parcela útil total, ya que 0.72 m² se utilizaron para muestreo destructivo. En la Figura 2 se presentan los resultados de la 3a. fecha de siembra (14 de junio) y estos son muy similares en su tendencia a los anteriores, tanto para los tratamientos 120 y 240 kg N/ha, pero con rendimientos menores, oscilando en promedio entre 809 y 2779 gramos por 5.04 m² de parcela

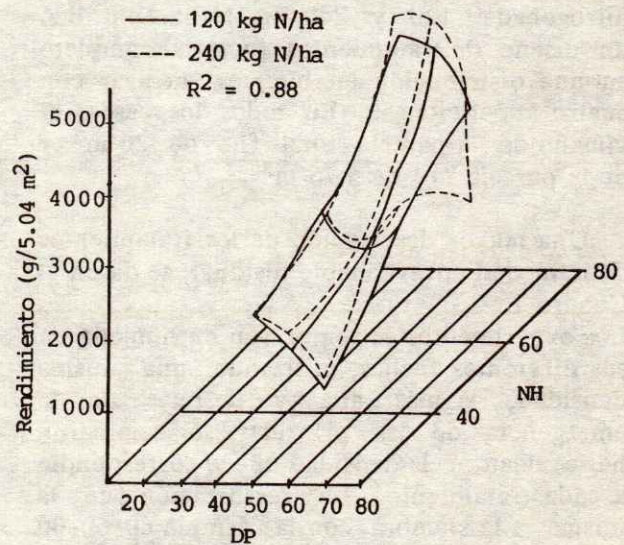


Figura 2. Relación entre la densidad de plantas (DP) y niveles de humedad (NH), con 120 y 240 kg N/ha, contra el rendimiento de grano por parcela, estimado, con un modelo de regresión múltiple, en maíz H-220. Siembra 14 de junio de 1984.

cosechada. La diferencia en rendimiento de la 1a. y 3a. fecha de siembra a pesar de tener los mismos tratamientos de NH, DP y NN, se debió a una mayor acumulación de unidades calor en la fecha temprana. Los resultados de la 2a. fecha de siembra no se presentan en forma gráfica, ya que tienen una tendencia similar e intermedia entre los resultados obtenidos en la 1a. y 2a. fecha de siembra. Los rendimientos promedio estimados para los tres años y para los diferentes tratamientos de NH, DP y NN y para las tres fechas de siembra se presentan en los Cuadros 2 y 3. En éstos se aprecia que conforme aumentó el nivel de humedad aprovechable en el suelo se incrementó el rendimiento, también se observa que este se reduce en las fechas tardías. Además se vio que cuando se tuvo mayor número de plantas el rendimiento fue mayor, pero este efecto es más alto en los niveles más húmedos y se hace mayor cuando la fertilización nitrogenada pasa de 120 a 240 kg/ha. De los resultados de las gráficas y de los cuadros se puede concluir que al aumentar la densidad de plantas en maíz H-220 en Zacatecas, el nitrógeno del suelo se hace limitante del rendimiento, no obstante de que exista una buena disponibilidad de agua en el suelo. Además se observa que otra limitante importante en el rendimiento es la acumulación de calor, propiciada por la fecha de siembra, no obstante una buena disponibilidad de humedad y nitrógeno en el suelo.

El análisis de los resultados donde se combinó la acumulación de unidades calor con los datos de NH, DP y NN, muestra un incremento en el rendimiento, conforme aumentaron las unidades calor acumuladas independientemente de la densidad de plantas y los niveles de nitrógeno, siendo éste en forma lineal y muy similar para los dos casos, como se aprecia en la Figura 3. No sucede lo mismo para los niveles de humedad estudiados, ya que en este caso existe un incremento lineal en el rendimiento conforme es mayor la cantidad de unidades calor acumuladas, pero el rendimiento también es mayor conforme existió menor restricción de agua aprovechable en el suelo (Figura 4).

Cuadro 2. Rendimiento de grano estimado para maíz 'H-220', para diferente DP, NH y fechas de siembra, para el nivel de 120 kg de N/ha.

Número de Plantas/5.04 m ²	Fecha de Siembra	NH			Promedio
		40	60	80	
30	Abril	2735	3445	4120	3433
	Mayo	1603	2714	3196	2504
	Junio	1353	1379	2432	1721
40	Abril	2779	3673	4308	3587
	Mayo	1709	2626	3644	2660
	Junio	980	1033	1601	1205
50	Abril	2709	3726	4445	3627
	Mayo	1672	2611	3808	2697
	Junio	313	1556	2253	1374
60	Abril	2523	3604	4560	3562
	Mayo	1492	2668	3353	2571
	Junio	1)	1)	1)	
70	Abril	2221	3305	4624	3387
	Mayo	415	2378	2907	1900
	Junio	1)	1)	1)	
Promedio		1731	2671	3165	2522

1) En estas fechas no se probaron las densidades de 60 y 70.

Cuadro 3. Rendimiento de grano estimado para maíz 'H-220', para diferente DP, NH y fecha de siembra, para el nivel de 240 kg N/ha.

Número de Plantas/5.04 m ²	Fecha de Siembra	NH			Promedio
		40	60	80	
30	Abril	2666	3580	4610	3619
	Mayo	2023	2841	3327	2730
	Junio	1352	1369	2791	1837
40	Abril	2798	3806	4902	3835
	Mayo	2194	2708	3681	2861
	Junio	1090	1103	2096	1430
50	Abril	2736	3920	5071	3909
	Mayo	1979	2441	3652	2691
	Junio	433	1846	987	1089
60	Abril	2484	3924	5116	3841
	Mayo	1377	2039	3244	2220
	Junio	1)	1)	1)	
70	Abril	2042	3816	5038	3632
	Mayo	319	1288	2420	1342
	Junio	1)	1)	1)	
Promedio		1807	2668	3225	2567

1) En estas fechas no se probaron las densidades de 60 y 70.

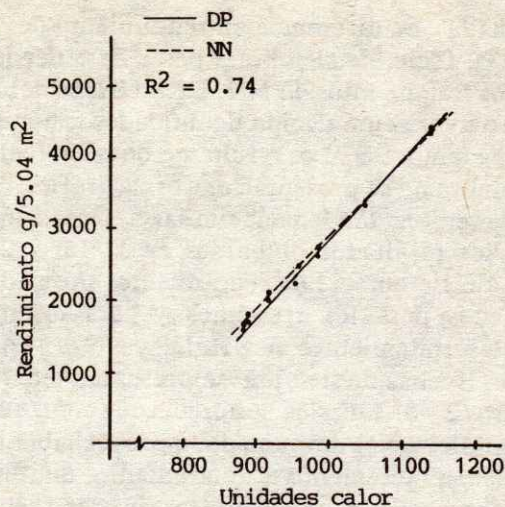


Figura 3. Relación entre la acumulación de unidades calor para diferentes DP y NN y el rendimiento de grano por parcela, estimado con un modelo de regresión múltiple, en maíz H-220.

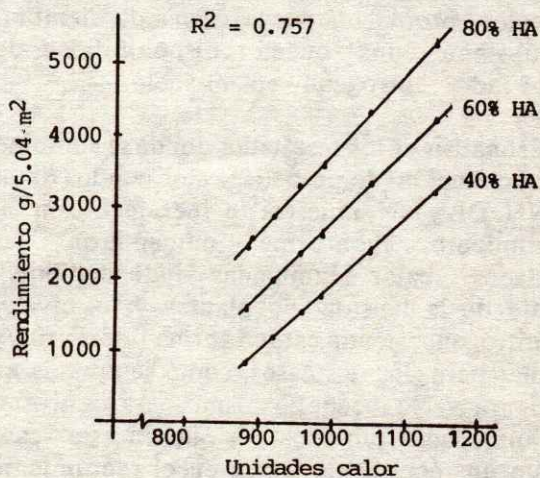


Figura 4. Relación entre la acumulación de unidades calor para diferentes HA y el rendimiento de grano por parcela, estimado con un modelo de regresión múltiple, en maíz H-220.

CONCLUSIONES

De los resultados presentados se puede concluir que al pretender incrementos en el rendimiento de grano del cultivo del maíz, con la aplicación de mayores volúmenes de agua, debe de conservarse en equilibrio el aumento en la densidad de plantas y la fertilización nitrogenada, tomando al mismo tiempo en cuenta la fecha de siembra donde se obtenga una mayor acumulación de unidades calor para obtener un aprovechamiento más eficiente del uso del agua en la irrigación.

LITERATURA CITADA

BENNETT J. M., J. W. JONES, B. ZUR, y L.C. HAMMOHD. 1986. Interactive effects of nitrogen and water stresses on water relations of field-grown corn leaves. *Agron. J.* 78: 273-280.

CHAN C., J. L. y A. G. BRAVO L. 1985. Fenología de maíz y frijol en el altiplano de Zacatecas. I. El Código Decimal. *Fitotecnia* 7: 49-65.

COLVILLE, W. L. 1968. Influence of plant spacing and population on aspects of the microclimate within corn ecosystems. *Agron J.* 60:65-66.

FLORES M., F. J., J. L. CHAN C. y A.G. BRAVO L. 1985. Fenología del maíz y frijol en el Altiplano de Zacatecas. II. Unidades Calor (UC) y desarrollo fenológico. *Fitotecnia*. 7: 66-81.

TOLLENAAR, M. y R. B. HUNTER. 1983. A photoperiod and temperature sensitive period for leaf number of maize. *Crop Sci.* 23: 457-60.

VOSS, R. E., J. J. HANWAY y W.A. FULLER. 1970. Influence of soil management and climatic factors on the yield response by corn (*Zea mays* L.) to N, P and K fertilizer. *Agron. J.* 62: 736-740.

YOSHIDA, S. 1972. Physiological aspects of grain yield. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 23: 437-64.

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PRODUCCION DE SEDIMENTOS EN AREAS PASTOREADAS DEL CAÑON DEL JUCHIPILA, ZACATECAS

Factors Influencing Sediment Production of Rangelands of the Juchipila Canyon, Zacatecas.

M.A. Velásquez V. y A. Serna P.

INIFAP-CIFAP-ZAC-CEDEC.

Apdo. Postal 69, 99600 Jalpa, Zac. México

RESUMEN

El 70% de la superficie del Cañón del Juchipila es de uso pecuario y se considera sobrepastoreada en 2.5 veces más de su capacidad, lo cual facilita la pérdida de suelo por erosión hídrica. Con el propósito de identificar los factores que influyen sobre la producción de sedimentos en las comunidades vegetales Selva Baja Caducifolia (SBC) y Bosque Latifoliado Esclerofilocaducifolio (BLE), ubicadas en la Cuenca Hidrológica "El Plateado", se establecieron en 1985 parcelas de 1.0 m² sobre las cuales se indujo escurrimiento con simulador de lluvia. En SBC los factores con mayor influencia sobre la producción de sedimentos fueron: coberturas basal vegetal, por roca y cubierta vegetal (%), volumen total escurrido y velocidad de infiltración a los cinco minutos. En BLE resultaron: cobertura basal vegetal (%) y velocidad de infiltración básica.

Palabras clave: Erosión hídrica, Simulación de lluvia, El Plateado Zacatecas.

SUMMARY

Seventy percent of the Juchipila Canyon is used for cattle grazing and it is overgrazed by 2.5 times its capacity. This facilitates soil loss by water erosion. The objective of the present study was to identify factors that influence sediment production in the vegetation units, lowland deciduous woodland and sclerophyllous deciduous woodland of the "El Plateado" watershed. Plots of 1.0 m² were established in 1985 and a rainfall simulator was used. In the lowland woods: basal rock and foliar cover, total volume water yield and five minute infiltration rates were the most important factors for sediment production. In the sclerophyllous deciduous woodland: basal cover and terminal infiltration rate were the main factors.

Index words: Water erosion, Rainfall simulation, El Plateado Zacatecas.

INTRODUCCION

En los últimos tiempos los científicos de todos los países han tomado conciencia del gran riesgo que implica el problema de la

Recibido 12-86.

desertificación, el cual se ha intensificado en la actualidad por el manejo inadecuado que el hombre ha hecho de los ecosistemas naturales, además de factores climáticos adversos.

A nivel mundial las regiones áridas y semiáridas representan un gran reto para lograr su productividad, sin embargo, en estas regiones el deterioro de los recursos naturales es progresivo. En el año de 1977, la Organización de las Naciones Unidas a través del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) convocó a una reunión de expertos en Nairobi, Kenia, a ella asistieron representantes de nuestro país quienes acordaron formar el Comité para Prevenir y Combatir la Desertificación en México, quedando estructurado en 1979. El Comité acordó establecer siete áreas piloto de investigación, siendo una de ellas la Cuenca Hidrológica "El Plateado", ubicada en el área de influencia del Campo Experimental de los Cañones al suroeste del estado de Zacatecas. En la zona aproximadamente el 70% de su superficie corresponde a pastizal. La problemática bajo este sistema de explotación podría resumirse de la siguiente manera: presencia de lluvias torrenciales (alta intensidad) al inicio del temporal; pendientes mayores del 20%, aproximadamente el 80% de los suelos tiene una profundidad menor a 20 cm; el 23% de su superficie presenta una fase gravosa o pedregosa y aunado a lo anterior, el pastizal se encuentra sobrepastoreado 2.5 veces más de su capacidad (INIA-SARH, 1985). Las anteriores condiciones traen como consecuencia pérdida de agua para el pastizal como escurrimiento superficial, y la erosión del suelo.

Bajo condiciones de pastizal, numerosos investigadores han realizado trabajos para cuantificar las pérdidas de suelo y determinar los factores físicos del suelo, planta y/o manejo que más influyen en la producción de sedimentos.

Suelo.

Blackburn (1975), usando un simulador de lluvia, encontró que una mayor cantidad de

sedimentos se produjo en suelos con un contenido de humedad inicial a capacidad de campo que en aquellos suelos inicialmente secos. Por otro lado, Sánchez (1984) mencionó que de las variables del suelo, la humedad antecedente fue la variable que más influyó en la producción de sedimentos.

Wood y Blackburn (1981), al evaluar diferentes tratamientos de pastoreo en diferentes tipos de vegetación, reportaron que la estabilidad de los agregados y el contenido de materia orgánica fueron las variables más importantes en el 36% de un total de 22 ecuaciones predictivas de producción de sedimentos.

Wood *et al.* (1986), al realizar un estudio comparativo en un pastizal de navajita (*Bouteloua gracilis* H.B.K. (Griffiths)), encontraron que la cobertura por roca fue correlacionada positivamente con la pérdida de suelo.

Tromble (1976) encontró una correlación negativa de la cobertura por rocas con el escurrimiento superficial, lo que debe representar un valor similar con la producción de sedimentos.

Cubierta Vegetal.

Wood *et al.* (1986) señalaron que la cobertura vegetal y la biomasa resultaron correlacionadas con la producción de sedimentos. Wood y Blackburn (1981), al realizar una evaluación con diferentes tratamientos de pastoreo, encontraron que la cobertura vegetal y la cobertura total por zacates, fueron las variables más importantes en el 9% de 22 ecuaciones predictivas de erosión de suelo; además, el valor de la correlación fue siempre negativo. Balliet (1983), al probar el efecto del control químico sobre arbustos, cuantificó también su influencia sobre la pérdida de suelo, y encontró que la cobertura basal de zacates, arbustos y la cobertura basal total resultaron con una correlación negativa, a excepción de la última variable.

Por otro lado, Sánchez (1984) encontró que la cobertura foliar y basal fueron las variables vegetales más altamente correlacionadas, siendo significativas y negativas.

Mccalla II *et al.* (1984), al evaluar los efectos del pastoreo en la producción de sedimentos, señalaron que las variables que más influyeron fueron: cobertura de pastos de altura media y la cobertura total vegetal, sin embargo, la primera variable tuvo un 28% de la variación en la producción de sedimentos. Para cobertura por zacates de bajo porte y por hierbas, se tuvo menos del 2% de la variación en la producción de sedimentos.

Blackburn (1983) encontró un efecto diferente en la producción de sedimentos, según el tipo de zacate. Así, la pérdida de suelo en un terreno con zacate amacollado fue de 0.788 ton ha⁻¹ mientras que cuando se tenía un zacate del tipo rastrero la pérdida fue de 2.163 ton ha⁻¹.

Blackburn *et al.* (1982), al evaluar diferentes coberturas vegetales (eliminación de 1/3 y 2/3 de la cobertura, más un testigo), encontraron que la pérdida de suelo fue 0.750, 1.600 y 0.700 ton ha⁻¹, respectivamente.

Infiltración.

Para la Cuenca Hidrológica El Plateado, en el estado de Zacatecas, México, Sánchez (1984) encontró que las variables con un valor más alto de correlación con la velocidad de infiltración fueron: la cobertura foliar y la biomasa.

En lo que se refiere a la relación infiltración-producción de sedimentos, Blackburn (1975) señaló que existe una alta correlación entre el escurrimiento superficial y la cantidad de suelo perdido. Wood *et al.* (1986) señalaron en sus resultados que, a excepción de los zacates de tipo rastrero, en las comunidades de arbustos y zacates del tipo amacollado, las tasas de infiltración mayores siempre correspondieron a aquellos sitios donde la producción de sedimentos fue menor.

Velásquez (1985), al evaluar la influencia del pastoreo sobre la infiltración y la producción de sedimentos, encontró los mismos resultados, y siempre los valores de correlación de la tasa de infiltración con la producción de sedimentos fueron negativos.

El objetivo del presente trabajo fue identificar los factores del suelo y la planta que influyen en la producción de sedimentos en dos tipos de vegetación pastoreada del Cañón del Juchipila.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó en 1985 en la Cuenca Hidrológica "El Plateado" localizada al suroeste del estado de Zacatecas, dentro del área de influencia del Campo Agrícola Experimental de los Cañones.

En la realización del estudio se tipificó a la Cuenca de acuerdo a mapas de vegetación (CETENAL, 1973), de donde resultaron dos tipos sobresalientes: la Selva Baja Caducifolia (SBC) y el Bosque Latifoliado Esclerofilocaducifolia (BLE). En estos tipos de vegetación, se establecieron 24 (SBC) y 16 (BLE) parcelas de escurrimiento de 1.0 m², sobre las cuales se indujo escurrimiento con un simulador de lluvia portátil similar al descrito por Blackburn *et al.* (1974). Las parcelas de escurrimiento fueron pre-humedecidas usando el simulador de lluvia para igualar las diferencias en el contenido de humedad antecedente del suelo, y cubiertas con plástico para mantener uniformes las condiciones de humedad de la superficie. De acuerdo a la recomendación hecha por Blackburn (1975), las pruebas fueron realizadas en suelos con contenido de humedad a capacidad de campo para inducir la máxima pérdida de suelo en las áreas de estudio. La lluvia simulada se aplicó a una intensidad de 7.2 cm h⁻¹ para asegurar el escurrimiento superficial en todas las áreas de estudio; el tiempo de la prueba fue de 45 minutos. El escurrimiento fue continuamente colectado y mediciones de peso fueron hechas a intervalos de cinco minutos. Las

variables de campo y laboratorio que se consideraron para el estudio se presentan en el Cuadro 1.

VARIABLES DE PLANTA.

Las mediciones de cobertura del suelo se efectuaron antes de realizar las pruebas, se utilizó un rastrillo de 20 agujas (Kincaid y Williams, 1966) y se efectuaron cinco posiciones por parcela. Las variables que se tomaron en consideración para planta fueron: cobertura basal de zacate, hierbas de hoja ancha y mantillo orgánico; para cobertura aérea se tomaron en cuenta zacates y hierbas de hoja ancha. Es importante aclarar que para el análisis del presente trabajo las coberturas basal y aérea vegetal fue la suma de la cobertura basal y aérea por zacates más la cobertura basal y aérea por hierbas de hoja ancha, respectivamente.

Cuadro 1. Relación de variables consideradas en el análisis de correlación.

VARIABLES	UNIDADES
Volumen total escurrido	m ³
Cobertura basal:	
vegetal	%
roca	%
mantillo orgánico	%
suelo desnudo	%
Cobertura aérea vegetal	%
Microrrelieve	cm
Densidad aparente	g cm ⁻³
Textura:	
arena	%
limo	%
arcilla	%
Infiltración	cm h ⁻¹
Producción de sedimentos	ton ha ⁻¹

VARIABLES DEL SUELO.

Antes de cada evento de lluvia simulada, en un sitio adyacente a la parcela de escurrimiento, se determinaron la densidad aparente y el contenido de humedad del suelo (0-5 y 6-10 cm de profundidad), por el método del cilindro de volumen conocido (Black, 1965) y el método gravimétrico (Gardner, 1965), respectivamente.

La determinación de microrrelieve del suelo y cobertura por roca y suelo desnudo se efectuó con el rastrillo de agujas, el número de posiciones fue de 3 para el primero y 5 para el segundo y tercero, el microrrelieve es reportado como la desviación estándar desde un plano paralelo a la superficie del suelo.

Al término de la prueba de simulación de lluvia, en cada parcela se tomó una muestra de suelo de aproximadamente 2 kg y fue enviada al laboratorio para análisis de materia orgánica por el método de Walkley (Richards, 1980) y textura por el método del hidrómetro (Bouyoucos, 1962).

Las velocidades de infiltración fueron determinadas a intervalos de cinco minutos y se consideraron como la diferencia entre la lluvia simulada aplicada y el escurrimiento producido en cada parcela, expresado en cm h⁻¹. Para fines de análisis de la velocidad de infiltración en las primeras etapas de la prueba, se eligió a la velocidad de infiltración a los cinco minutos después de comenzada la prueba; y la velocidad de infiltración básica se consideró como aquella obtenida a los 45 minutos, ya que en las últimas lecturas de la prueba, ésta se hizo relativamente constante (Figura 1).

PRODUCCIÓN DE SEDIMENTOS.

Para fines de comparación entre las áreas de estudio, e identificar los factores que influyen en la pérdida de suelo en ellas, al final de la prueba de simulación, del volumen total escurrido se obtuvo una muestra de un litro para cuantificar los sedimentos en suspensión; estos se separaron utilizando una bomba de succión de 1 atmósfera y filtros Whatman del número

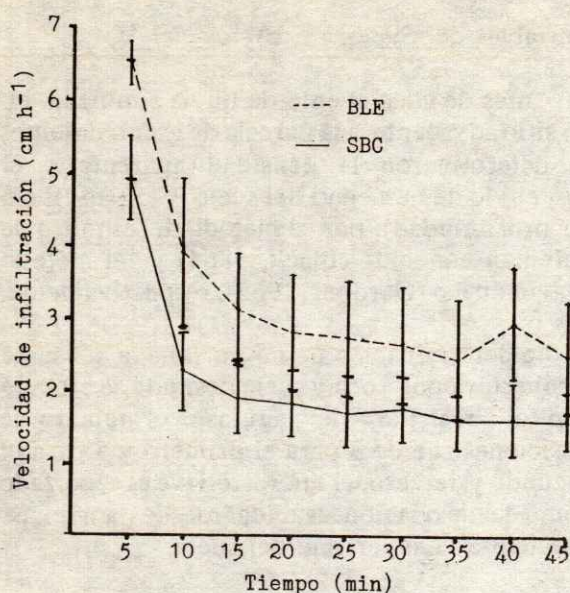


Figura 1. Velocidad de infiltración vs. tiempo en 2 tipos de vegetación, e intervalo de confianza ($P < 0.05$).

4, el sedimento recibido en los filtros fue secado en la estufa y posteriormente pesado y transformado a ton ha^{-1} .

Análisis de la Información.

Se realizaron pruebas de "t" para cada una de las variables de suelo y planta en estudio y determinar estadísticamente la diferencia entre los dos tipos de vegetación. Posteriormente se realizó el cálculo de los coeficientes de correlación en una microcomputadora Apple IIe, y se definieron aquellas cuyo coeficiente de correlación presentó significancia estadística al 5% de probabilidad como las variables que más influencia tienen en la producción de sedimentos. Para el análisis estadístico de los datos de producción de sedimentos, éstos se transformaron utilizando una función logarítmica (Blackburn, 1975).

RESULTADOS Y DISCUSION

Debido a la gran diferencia que existe entre los dos tipos de vegetación, se tiene como resultado que las variables de suelo y planta varían con respecto a su importancia con la producción de sedimentos.

Selva Baja Caducifolia.

De acuerdo con la matriz de correlación, las variables más importantes involucran a el suelo y la planta. En lo que se refiere al aspecto suelo, se tiene que las variables más correlacionadas con la producción de sedimentos fueron: velocidad de infiltración a los cinco minutos y básica, volumen total escurrido y la cobertura por roca (Cuadro 2).

Los resultados encontrados en este estudio concuerdan con lo reportado por Blackburn (1975), Wood *et al.* (1978) y Velásquez (1985).

Para este tipo de vegetación los resultados indican que la infiltración inicial tiene un valor mínimo de 2.7 cm h^{-1} y un máximo de 7.2 cm h^{-1} lo que indica que para condiciones de temporal establecidas, en aquellos lugares en que la velocidad de infiltración a los cinco minutos es mínima, es muy probable que al comienzo de la tormenta se presenten los escurrimientos superficiales, y de acuerdo con lo reportado por Blackburn (1975) ocasionen la pérdida de suelo. Como consecuencia de lo anterior el valor del volumen total escurrido para este tipo de vegetación tiene un valor correlacionado positivamente y estadísticamente significativo al 1% de probabilidad (Cuadro 2).

Para el aspecto cobertura basal por roca, los resultados obtenidos concuerdan con lo encontrado por Wood *et al.* (1986) y Sánchez (1984), para la misma región, aunque difieren con lo reportado por McCalla II *et al.* (1984). Sería conveniente, en estudios donde se considera esta variable, se determine el tamaño de las rocas dentro de las parcelas y hacer

Cuadro 2. Matriz de correlaciones de variables de suelo y planta para la Selva Baja Caducifolia.

	Producción de sedimentos	Volumen total escurrido	Velocidad de infil- tración		Cobertura basal		Cobertura vegetal aérea
			5 min.	básica	vegetal	roca	
Producción de sedi- mentos	1	0.592	-0.694	-0.546	-0.763	0.601	-0.616
Volumen to- tal escu- rrido		1	-0.702	-0.978	-0.603	0.147	-0.197
Velocidad de infil - tración:							
5 minutos			1	0.605	0.712	0.318	0.543
Básica				1	0.558	-0.144	0.108
Cobertura basal:							
Vegetal					1	-0.438	0.765
Roca						1	-0.511
Cobertura aérea vegetal							1

El coeficiente de correlación (r) debe ser mayor o igual a 0.404 y 0.515 para ser significativo al 5 y 1% de probabilidad, respectivamente.

una estratificación para su análisis y poder definir claramente su influencia en la producción de sedimentos.

En el aspecto planta, las variables de vegetación más importantes con la producción de sedimentos fueron la cobertura basal vegetal y la cobertura aérea vegetal (Cuadro 2). El valor de la correlación y su significancia estadística (Cuadro 2), concuerdan con lo reportado por Wood y Blackburn (1981), Blackburn (1983), Mccalla II *et al.* (1984) y Sánchez (1984). Como se puede observar en el Cuadro 2, la correlación de los dos tipos de cobertura vegetal (basal y aérea) indican que entre más alto sea el valor de estas dos variables, mayor

será la infiltración de agua en el suelo, reduciendo así el volumen escurrido y al mismo tiempo los sedimentos en suspensión. Lo anterior es importante porque mejorando las condiciones de la planta (cobertura) puede reducirse las pérdidas de agua y suelo. Wood *et al.* (1978) señalaron que en sitios bajo estas condiciones, los sistemas de pastoreo pueden ser una buena alternativa para lograr lo anterior.

Bosque Latifoliado Esclerofilocaducifolio.

Para esta localidad las variables estadísticamente significativas al 5% de probabilidad con la producción de sedimentos fueron:

Cuadro 3. Matriz de correlaciones de variables de suelo y planta para el Bosque Latifoliado Esclerofilocaducifolio.

	Producción de sedimentos	Volumen total escurrido	Velocidad de infil- tración 5 min. básica		Cobertura basal vegetal roca		Cobertura vegetal aérea
Producción de sedi- mentos	1	0.442	-0.595	-0.673	-0.620	0.372	-0.234
Volumen total escurrido		1	-0.370	-0.641	-0.733	0.448	-0.423
Velocidad de infiltración: 5 minutos			1	0.774	0.441	0.443	0.400
Básica				1	0.645	0.442	0.524
Cobertura basal: Vegetal					1	-0.269	0.620
Roca						1	-0.318
Cobertura aérea vegetal							1

El coeficiente de correlación (r) debe ser mayor o igual a 0.497 y 0.623 para ser significativo al 5 y 1% de probabilidad, respectivamente.

la cobertura basal vegetal y la velocidad de infiltración a los cinco minutos y básica (Cuadro 3). En lo que se refiere a la velocidad de infiltración básica se puede observar en el Cuadro 3 que tiene el mismo comportamiento que en la anterior localidad, a consecuencia de esto existe buena cobertura basal vegetal y la disminución de ésta puede darse por una mala selección del sistema de pastoreo.

Comparación entre Sitios.

Como puede observarse en el Cuadro 4, la producción de sedimentos es mayor en la Selva Baja Caducifolia que en el Bosque Latifoliado Esclerofilocaducifolio. De igual manera ocurre con la variable volumen total escurrido. Velásquez (1985) mencionó que la parte baja de la Cuenca (SBC) tiene un bajo potencial ecológico, lo que se ve reflejado, por ejemplo,

en la producción de biomasa por zacates, ya que para esa localidad fue de 0.464 ton ha⁻¹ mientras que para BLE fue de 0.532 ton ha⁻¹. Lo anterior concuerda con los valores de cobertura basal vegetal y cobertura foliar. En el mismo Cuadro 4 se puede observar que el aspecto suelo en SBC presenta valores que facilitan la producción de sedimentos (mayor cobertura por roca, mayor por ciento de suelo desprovisto de vegetación y menor tasa de infiltración básica). De acuerdo con lo anterior y lo propuesto por Wood *et al.* (1978), la implantación de un sistema de pastoreo con el fin de incrementar la infiltración de agua y disminuir la producción de sedimentos, tendría un efecto mayor en BLE.

Cuadro 4. Medias de las variables suelo y planta por tipo de vegetación.

Variables		Selva Baja Caducifolia	Bosque Esclerofilocaducifolio	Latifoliado
Producción de sedimentos (ton ha ⁻¹)		0.141*		0.088
Volumen total escurrido (m ³)		0.038**		0.028
Cobertura basal (%)				
Vegetal		19.0		31.3**
Roca		9.7**		1.3
Mantillo orgánico		2.2		8.8**
Suelo desnudo		68.5*		58.8
Cobertura aérea (%)				
Vegetal		84.4		95.0*
Infiltración (cm h ⁻¹)				
5 minutos		4.90		6.4**
Básica		1.62		2.4NS

Por variable entre tipos de vegetación, *, ** significativas estadísticamente según la prueba t al 5 y 1% de probabilidad, respectivamente; NS = no significativo.

CONCLUSIONES

1. En la Selva Baja Caducifolia los factores de suelo que más influyeron en la producción de sedimentos fueron: volumen total escurrido, velocidad de infiltración a los cinco minutos y básica y la cobertura basal por roca; y los factores de planta fueron: las coberturas vegetales basal y aérea.

2. En el Bosque Latifoliado Esclerofilocaducifolio los factores de suelo más importantes en la generación de sedimentos fueron: volumen total escurrido, velocidad de infiltración a los cinco minutos y básica y en el factor planta fue la cobertura basal vegetal.

3. De acuerdo con las condiciones de suelo y vegetación de las comunidades vegetales, se concluye que en BLE es más factible disminuir

la producción de sedimentos e incrementar la infiltración mediante la implantación de un sistema de pastoreo adecuado que provoque el incremento en la cobertura vegetal.

4. Con respecto a la SBC, además de la implantación del sistema de pastoreo, sería conveniente la resiembra del pastizal para poder incrementar en un plazo más corto la cobertura vegetal

AGRADECIMIENTOS

Los autores deseamos expresar nuestro agradecimiento a los revisores por sus valiosas observaciones. De manera especial al Sr. Octavio Jiménez G. agradecemos su apoyo a este trabajo.

LITERATURA CITADA

- BALLIETTE J. F. Jr.** 1983. Evaluation of range improvement following chemical control of big sagebrush in Northern New Mexico. M.S. thesis. New Mexico State University. Las Cruces, N.M.
- BLACK, C.A. (Ed.)**. 1965. Methods of soil analysis. Amer. Soc. of Agron. Series No. 9. Madison, Wisc.
- BLACKBURN, W. H., R. O. MEEWING y C.M. SKAU.** 1974. A mobile infiltrometer for use on rangelands. *J. Range Manage.* 27: 322-323.
- BLACKBURN, W. H.** 1975. Factors influencing infiltration and sediment production of semiarid rangelands in Nevada. *Water Resour. Res.* 11: 929-937.
- BLACKBURN, W.H., R.W. KNIGHT y M.K. WOOD.** 1982. Impact of grazing on watersheds: a state of knowledge. *Texas Agr. Exp. Sta. Pub. MP-1496.*
- BLACKBURN, W.H.** 1983. Livestock grazing impacts on watersheds. *Rangelands* 5: 123-125.
- BOUYOUCOS, G.J.** 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soil. *Agron. J.* 54: 464-465.
- CETENAL.** 1973. Cartas de uso del suelo, F-13-D-16 (Tlaltenango, Zac.) y F-13-D-17 (Calvillo, Ags.). Comisión de Estudios del Territorio Nacional, México, D.F. México.
- GARDNER, W.H.** 1965. Water content. In: C. A. Black (Ed.), *Methods of Soil Analysis*. Amer. Soc. Agron. Series No. 9 Madison, Wisc.
- INIA-SARH.** 1985. Diagnóstico agropecuario CAEDEC. Campo Agrícola Experimental de los Cañones. Sin Publicar. Jalpa, Zac.
- KINCAID, D.R., y G. WILLIAMS.** 1966. Rainfall effects on soil surface characteristics following range improvement treatments. *J. Range Manage.* 19: 346-351.
- McCALLA II, G.R., W.H. BLACKBURN y L.B. MERRILL.** 1984. Effects of livestock grazing on sediment production, Edwards Plateau of Texas. *J. Range Manage.* 37: 291-294.
- RICHARDS, L.A. (Ed.)**. 1980. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Traducción del Handbook 60. USDA, Ed. LIMUSA, México.
- SANCHEZ, C. B.** 1984. Effects of livestock grazing and exclusion on infiltration rate and sediment yields for different range sites on El Plateado Watershed, Zacatecas, Mexico. Doctoral Tesis. Las Cruces, New Mexico, U.S.A. 156 p.
- TROMBLE, J.M.** 1976. Semiarid rangeland treatment and surface runoff. *J. Range Manage.* 29: 251-255.
- VELASQUEZ, M.A.** 1985. Influencia del pastoreo sobre la infiltración y producción de sedimentos en diferentes comunidades vegetales, en el Cañón del Juchipila. Informe Anual de Investigación CAEDEC-INIA-SARH. Sin Publicar.
- WOOD, M.K., W.H. BLACKBURN, F.E. SMEINS y W.A. McGINTY.** 1978. Hydrologic impacts of grazing systems. *Proc. of First International Rangeland Congress:* 288-291.
- WOOD, M.K. y W.H. BLACKBURN.** 1981. Sediment production as influenced by livestock grazing in the Texas rolling plains. *J. Range Manage.* 34: 228-231.
- WOOD, M.K., G.B. DONART y M. WELTZ.** 1986. Comparative infiltration rates and sediment production on fertilized and grazed blue grama rangeland. *J. Range Manage.* 39:371-374.

LA INTENSIFICACION DE LA PRODUCCION MAICERA BAJO ROZA-TUMBA-QUEMA EN YAXCABA, YUCATAN, MEXICO

Corn Production Intensification under Slash and Burn Agriculture in Yaxcaba, Yucatan, Mexico.

Luciano Pool Novelo y Efraim Hernández Xolocotzi.

Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste (CIES). Apartado Postal 63, 29200 San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México.

Centro de Botánica, Colegio de Postgraduados, 56230 Chapingo, Estado de México.

RESUMEN

En el estado de Yucatán, el 95% de la producción maicera se obtiene bajo el sistema agrícola de roza-tumba-quema (r-t-q), que consiste de un período corto de cultivo y otro mayor de descanso con vegetación secundaria. Durante el descanso se regenera la selva y ocurren los cambios edáficos que permiten volver a cultivar el área. Para mantener un equilibrio en el uso de los recursos bajo r-t-q, se necesitan grandes extensiones o largos períodos.

Por un uso más intensivo de la tierra, ante menor área disponible, aumentan los problemas de arvenses y los de reducción de la fertilidad del suelo resultando en drástica reducción de los rendimientos de maíz.

Para intensificar el uso de la tierra y sostener los rendimientos en 1980, se estableció un experimento programado a diez años bajo cultivo anual continuo sobre dos tipos de suelo (ho'l lu'um, rendzina y k'ankab, luvisol) para valorar cuatro factores productivos (quema, adición de materia orgánica, deshierbe y fertilización) a dos niveles de cada uno. Los

resultados de cuatro años reportan: (1) los rendimientos de maíz presentan diferencias significativas entre: a) tipos de suelo, quema, fertilización, deshierbe; b) entre las interacciones quema-suelos y suelos-fertilización, a favor del suelo k'ankab; c) de las prácticas de quema y adición de fertilizante, sus respectivas interacciones con el suelo k'ankab y de un deshierbe más intensivo; (2) los contenidos de materia orgánica y de fósforo aprovechable del suelo decrecen fuertemente con el cultivo anual continuo; (3) la producción de biomasa de arvenses se incrementa rápidamente con el cultivo anual continuo; (4) la intensificación del uso de la tierra aumenta la dificultad y el costo de las prácticas agrícolas.

Palabras clave: Roza-tumba-quema, Descanso con vegetación secundaria, Intensificación del uso de la tierra, Cultivo anual continuo.

SUMMARY

In Yucatan State, 95% of maize production is obtained by slash and burn agriculture, a system composed of a short cultivation period and a long fallow under secondary vegetation. Under the fallow period edaphic changes occur favoring another cycle of cultivation and a balance in resources.

In an attempt to intensify the use of the land and maintain crop yields in 1980, an experimental plot, programmed for ten years under continuous annual planting, was established on two types of soil (ho'l lu'um, rocky rendzina and k'ankab, red ferralitic) to evaluate four production factors: burning, addition of organic matter, weeding, and fertilization; each factor at two levels.

Results obtained after four years show that: (1) maize yields are significantly different depending on soil types, burning, fertilization and weed control. The highest yield was on the k'ankab soil, with burning of brush, fertilization and more intensive weed control. The best combinations were: burning, k'ankab soil and fertilization on the same soil type; (2) the organic matter and available phosphorus levels of the soil types under conditions of continuous annual planting were strongly reduced; (3) weed production increased quickly under continuous annual planting; (4) the intensification in the use of the land increased the difficulty of agricultural practices, particularly weed control, which required more hand labor and additional costs.

Index words: Slash and burn agriculture, Fallow period with secondary vegetation, Intensification of the use of the land, Continuous annual planting.

INTRODUCCION

El sistema agrícola de roza-tumba-quema (r-t-q), también conocido como agricultura migratoria, se puede definir como un sistema que se basa en el aprovechamiento periódico de los recursos acumulados en el ecosistema, mediante una rotación de cultivo, con ciclo largo de barbecho, que permite la recuperación de la fertilidad del suelo y condiciones para cultivar el terreno.

La obtención de los beneficios del aprovechamiento periódico de los recursos acumulados en el ecosistema, depende de bajas densidades de población humana. El

crecimiento demográfico y la intensificación en el uso de la tierra propician cambios en el sistema (Cox y Atkins, 1979), con deterioro en sus fundamentos ecológicos (Ruthenberg, 1976). La degradación del suelo y la vegetación en condiciones normales se produce inevitablemente por densidades de población mayores de 25 personas por kilómetro cuadrado (Hauck, 1974). Bajo estas circunstancias, ante un manejo más intensivo, si se pretende sostener la productividad de la tierra, es necesario compensar el deterioro ocasionado con adición de fertilizantes, riego y otros insumos, incrementando la labor humana o animal y propiciando cambios en la estructura y ecología del sistema agrícola (Ruthenberg, 1976).

En Yaxcabá, Yucatán, la intensificación en el uso de la tierra se está dando con la reducción del período de descanso, que tiene su límite inferior en seis años, tiempo muy corto para recuperar adecuadamente las condiciones de fertilidad del suelo. Los efectos de la reducción del tiempo de descanso se manifiestan en la caída de los rendimientos en los cultivos y en el problema creciente del control de las arvenses. Estos problemas se están resolviendo parcialmente con la adición de nutrientes al suelo (fertilizantes) y la aplicación de herbicidas; pero, ante períodos de descanso tan cortos, con escaso beneficio de los recursos acumulados, se preven cambios importantes en el sistema, entre los que el paso al cultivo anual continuo puede ser una alternativa.

En 1980 se estableció un experimento sobre producción maicera, bajo roza-tumba-quema programado para diez años (en suelos pedregosos calizos prevaletentes) bajo cultivo anual continuo, para: (a) valorar a la quema como práctica agrícola; (b) explorar las posibilidades de cultivo anual continuo con la adición de insumo y/o el incremento de fuerza de trabajo; y (c) registrar y valorar los cambios que se presentan en el terreno. Lo anterior para aportar conocimientos para responder a la pregunta ¿qué es lo que obliga al descanso de las áreas agrícolas después del corto periodo de cultivo?

En esta comunicación presentamos los resultados obtenidos en dicho experimento durante sus primeros cuatro años de cultivo anual continuo con maíz, frijol y calabaza.

REVISION DE LITERATURA

El sistema agrícola de r-t-q se practica actualmente en el 34% de los suelos agrícolas del mundo (Whittaker, 1975, citado por Cox y Atkins, 1979), dependiendo de esta forma de agricultura casi 400 millones de personas en las regiones tropicales del planeta (Cox y Atkins, 1979). Históricamente, la agricultura de r-t-q no ha estado limitada exclusivamente a las regiones tropicales; también los primeros sistemas agrícolas en Europa fueron aparentemente de este tipo (Russell, 1968). En México se estiman cinco millones de hectáreas bajo r-t-q (Hernández, 1975)¹. En Yucatán, el 95% de la superficie destinada al cultivo del maíz de temporal se produce bajo este sistema (Navarrete *et al.*, 1982), por la incapacidad de convertir en suelos arables, las rendzinas litosoles donde se practica.

Está pendiente determinar por que se registra la brusca caída de los rendimientos con el uso continuo del suelo, así como los cambios que ocurren durante el descanso con desarrollo de vegetación secundaria que permiten la recuperación del potencial agrícola para cultivar nuevamente el área (Cowgill, 1962). Steggerda (1941) reporta que las parcelas se abandonan debido fundamentalmente a la fuerte invasión de arvenses, principalmente pastos. Emerson y Kempton (1935) concluyen que la rotación de campos de cultivo es necesaria debido a pérdidas de fertilidad del suelo que se puede evitar con la aplicación de fertilizantes. Cowgill (1962) reporta que la caída de los rendimientos puede ser ocasionada por: decremento de la

fertilidad del suelo, competencia entre arvenses y cultivos por espacio, nutrimentos o agua, y el incremento constante de insectos y otras plagas, actuando ya sea individualmente o en combinación. Concluye que el decremento de la fertilidad del suelo es suficiente para explicar la caída de los rendimientos.

Tondeur (1955), de una experiencia por cultivar continuamente la tierra con rotación de abonos verdes, reporta que: "La disminución tan intensa en los rendimientos se debe a la decadencia de la fertilidad del suelo, pero no se ha determinado si la causa principal es la pérdida de la fertilidad química, la disminución del nivel humus o el deterioro de la estructura del suelo o del equilibrio microbiano", finalmente concluye que: La disminución de los rendimientos condena definitivamente la forma intensiva de la agricultura propuesta en sustitución de la migratoria, mientras no sea posible, por métodos distintos al barbecho forestal: (a) el reponer la reserva de elementos químicos fertilizantes en el suelo; (b) el mantener el nivel de materia orgánica; y (c) el asegurar la protección de la estructura del suelo y del equilibrio microbiológico.

Hernández (1959) señala que, indudablemente, el desarrollo de una nueva tecnología es el paso previo al intento de modificar una existente que ha probado su adecuación por más de mil años. Para ello es evidente la necesidad de conocerla profundamente en términos de la moderna, y para sentar las bases técnicas de una agricultura alternativa, se necesita un período de diez años o más de intensa experimentación agrícola en la península de Yucatán.

MATERIALES Y METODOS

Se realizó un experimento bajo cultivo anual continuo programado para diez años, en un sitio ubicado en el ejido de Yaxcabá, al centro del estado de Yucatán. El sitio se localiza a seis kilómetros al sur de la población cabecera del ejido del mismo nombre, sobre un terreno

¹Hernández X., E. 1975. Conferencia con el grupo sobre alimentación y nutrición. IEPES, Puebla, México.

con paisaje típico en la región, formado por una alternancia de lomeríos y planicies, sustentando una vegetación secundaria de doce a quince años en desarrollo. En los lomeríos o atillos, conocidos también como ho'l lu'um, predominan suelos de color oscuro en un complejo de afloramientos rocosos y pedregosidad variable, tanto en tamaño como en cantidad (litosoles y rendzinas), y en las planicies, o k'ankab, se encuentran suelos de colores claros, de profundidad media, afloramientos rocosos y algunas fases líticas de escasa profundidad (luvisoles y litosoles). Estos dos tipos de complejos de suelos se diferencian entre sí, principalmente por presentarse en los atillos mayores concentraciones de materia orgánica, nitrógeno total, fósforo aprovechable, carbonato de calcio y calcio intercambiable (Pool, 1980).

El sitio experimental es de 100 x 120 m, dividido en dos lotes contiguos: uno de 80 x 100 m que fue quemado en su forma tradicional y otro de 40 x 100 m que no fue quemado, sino que se le retiró a mano la biomasa vegetal de ramas y troncos derribados con hacha, quedando en el terreno únicamente las hojas y ramas más delgadas.

La superficie exacta y la distribución de cada complejo de suelos, solamente se pudo precisar hasta después de que ambos terrenos quedaron libres de vegetación, momento en que se levantó el plano de suelos.

El terreno se dividió en unidades experimentales de 10 x 10 m para atillos y de 5 x 10 m para planicies. En cada condición de suelo y quema se distribuyó en bloques al azar, una serie de tratamientos obtenidos de la combinación de tres factores (fertilización, deshierbe y materia orgánica) a dos niveles cada uno, según el diseño de tratamientos que se observan en el Cuadro 1 y su arreglo en el terreno experimental según la Figura 1.

La quema y los suelos no se aleatorizaron por las razones siguientes. La quema se valoró en dos lotes compactos contiguos (uno con quema y otro sin quema), porque fue la única forma en que el fuego pudo limitarse a las

unidades experimentales con tratamiento de no quema.

Los dos complejos de suelos se ubican en el terreno formando un abigarrado mosaico, distribuido en función de la topografía, rocosidad y pedregosidad, en forma tal, que es poco frecuente encontrar una área compacta de una hectárea con un solo tipo de suelo. Estos dos factores no aleatorizados en su distribución, condicionaron a un análisis estadístico en parcelas subdivididas.

El diseño de tratamientos fue un factorial incompleto, porque la adición de materia orgánica solamente se realizó en el área quemada, de manera tal, que para el análisis estadístico en que se valoró a la quema, se tienen solamente 16 tratamientos comparables entre sí, producto de la combinación de cuatro factores (quema, suelos, fertilización y deshierbe) a dos niveles cada uno. Los resultados del análisis de estos tratamientos son los que se presentan a discusión.

En la distribución de tratamientos sobre cada una de las unidades experimentales de todo el sitio experimental, para cada tipo de suelo y nivel de quema, se tuvieron de cuatro a siete repeticiones, de manera que el máximo número de repeticiones común a todos los tratamientos, fue de cuatro. Para el análisis de varianzas se requiere tener igual número de repeticiones, por lo cual, en todos los tratamientos que tuvieron más de cuatro repeticiones se eliminó el excedente de ellas en base a una tabla de números aleatorios.

Las constantes de manejo del sitio experimental (calendario de prácticas agrícolas, temporalidad y esfuerzo de cada práctica, cultivo, implementos, etc.) se obtuvieron previamente, por medio de encuestas y observación participante realizada por el equipo de trabajo en la caracterización de la tecnología de la producción de la milpa, reportadas por Arias (1980) y Pérez (1980). Estas constantes de manejo son: preparación del terreno con roza y tumba tradicional de la vegetación; cultivo múltiple de maíz, frijol y

Cuadro 1. Diseño de tratamientos para la milpa 1. Yaxcabá, Yucatán, México. 1980.

Trat.	Quema	Suelos	Adición de MO ¹⁾	Deshierbe físico ²⁾	Fertilización (N-P-K)
			ton/ha		
01	SI	Ho'l lu'um	0.0	Tradicional	00-00-00
02	"	"	"	"	40-60-00
03	"	"	"	Total	00-00-00
04	"	"	"	"	40-60-00
05	"	"	2.0	Tradicional	00-00-00
06	"	"	"	"	40-60-00
07	"	"	"	Total	00-00-00
08	"	"	"	"	40-60-00
09	"	K'ankab	0.0	Tradicional	00-00-00
10	"	"	"	"	40-60-00
11	"	"	"	Total	00-00-00
12	"	"	"	"	40-60-00
13	"	"	2.0	Tradicional	00-00-00
14	"	"	"	"	40-60-00
15	"	"	"	Total	00-00-00
16	"	"	"	"	40-60-00
17	NO	Ho'l lu'um	0.0	Tradicional	00-00-00
18	"	"	"	"	40-60-00
19	"	"	"	Total	00-00-00
20	"	"	"	"	40-60-00
21	"	K'ankab	"	Tradicional	00-00-00
22	"	"	"	"	40-60-00
23	"	"	"	Total	00-00-00
24	"	"	"	"	40-60-00

1) La fuente de la materia orgánica fue hojas de la vegetación del acahual (hubché) circundante al experimento.

2) El deshierbe físico tradicional se realizó cortando las arvenses a \pm 10 cm encima de la superficie del suelo y en el deshierbe total se cortaron a ras del suelo.

calabaza, usando un fenotipo de maíz (3.5 meses de color amarillo), dos especies de frijol (*Phaseolus vulgaris* L. y *P. lunatus* L.) y dos especies de calabaza (*Cucurbita pepo* L. y *C. moschata* L.); densidad de siembra de la mezcla de semilla: maíz 30 mil plantas/ha, frijol 10 mil plantas/ha, calabaza 5 mil plantas/ha; siembra tradicional con palo sembrador de punta metálica; deshierbe físico con machete curvo; control de plagas y enfermedades de

manera tradicional; dobla de la caña de maíz de manera tradicional.

Las variables respuestas fueron: rendimiento de semilla de cada uno de los cultivos asociados; resultados de los análisis de las muestras de suelos en cada condición de suelo y manejo de quema; muestreos de arvenses en áreas con y sin quema y en cada condición de suelo; registro del tiempo invertido en cada práctica, su

avance, dificultad, número de participantes y otras observaciones de tipo cualitativo que en conjunto sirvieron para valorar la cantidad de esfuerzo necesaria para cada condición de manejo.

El análisis estadístico se realizó sobre los datos del rendimiento de semilla del cultivo de maíz en los diferentes tratamientos y la discusión contempla a las demás variables respuestas.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 2 se presenta el análisis de varianza en parcelas subdivididas para rendimientos de maíz obtenidos en la milpa 1 de 1980 a 1983, encontrándose diferencias

significativas entre tratamientos por efecto de la quema, suelos, deshierbe y fertilización, y entre las interacciones quema-suelos, suelos-fertilización y suelos-deshierbe-fertilización. Las otras interacciones no reportan diferencias significativas para los rendimientos y coeficientes de variación registrados.

En los Cuadros 3, 4, y 5 se presentan las diferencias entre medias de tratamientos en kilogramos de maíz por hectárea, con la codificación siguiente: ho'lu'um = 0, k'ankab = 1, quema = 0, no quema = 1, deshierbe tradicional = 0, deshierbe total = 1, sin fertilización = 0, con fertilización = 1.

En los Cuadros 2 y 3 se observa que, en todos los casos de los cuatro ciclos de cultivo anual continuo, fueron altamente significativos los efectos por la fertilización y por los tipos de suelo, demostrando una alta consistencia tanto hacia la práctica de fertilización como a favor de la producción de maíz. La quema reporta a los dos primeros ciclos con alta significancia, decreciendo el efecto en el tercer ciclo y sin diferencias significativas en el cuarto ciclo, lo cual valora la importancia de la quema al menos durante los dos primeros años de cultivo. El deshierbe reporta diferencias significativas del segundo año en adelante, evidenciándose que en el primer ciclo, con el deshierbe tradicional es suficiente para el control de las arvenses, sin efectos significativos sobre los rendimientos de maíz; pero, en ciclos posteriores, es necesario un control de arvenses más riguroso.

En los Cuadros 2 y 4 se presentan las interacciones quema-suelos y suelos-fertilización. En la interacción quema-suelos, las diferencias son altamente significativas en el primer y cuarto año, significativas en el tercer y no significativas en el segundo, observándose que en el área no quemada los rendimientos se mantienen en un nivel bajo constante; ahora, en el área quemada, los rendimientos en el k'ankab son constantes en el más alto nivel, mientras que en el ho'lu'um se sostienen

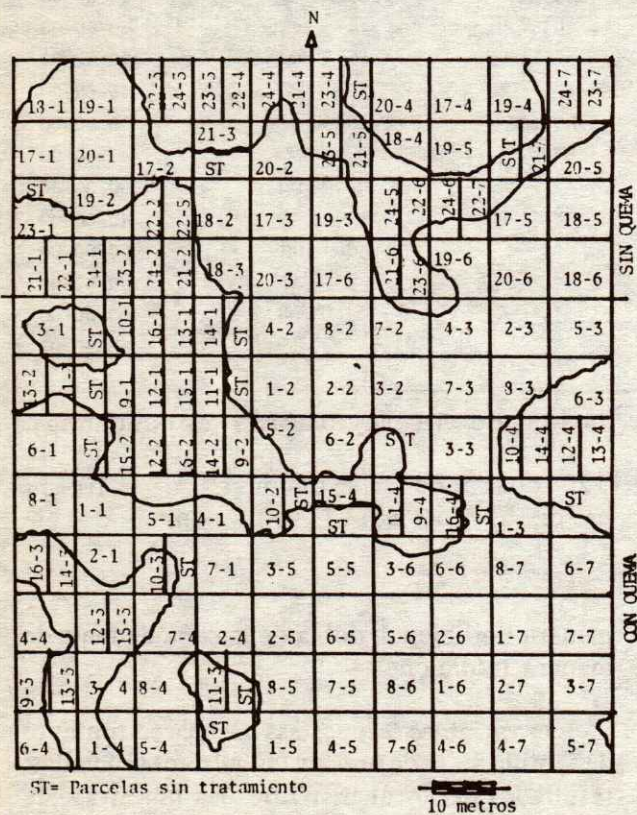


Figura 1. Distribución de tratamientos en la milpa 1. Yaxcabá, Yucatán, México. 1980.

Cuadro 2. Análisis de varianza en parcelas subdivididas para rendimiento de maíz de la milpa 1. Yaxcabá, Yucatán, México. 1980-1983.

Fuente ¹⁾	GL	1980 Fc	1981 Fc	1982 Fc	1983 Fc
Repeticiones (R)	3	1.9*	1.3	0.3	0.8
Quema (Q)	1	8.8**	44.3**	5.9*	0.1
R*Q (Error A)	3	0.1	0.2	0.6	3.5*
Suelos (S)	1	9.5**	22.3**	22.9**	16.1**
Q*S	1	15.4**	1.8	5.6*	7.4**
R*S(Q) (Error B)	6	2.6*	0.9	2.3	1.2
Deshierbe (D)	1	2.7	5.0*	10.0*	5.6*
Fertilización (F)	1	67.0**	182.2**	119.5**	48.4**
D*F	1	0.0	1.1	1.8	0.1
Q*D	1	0.4	0.3	3.4	0.7
Q*F	1	2.9	0.4	0.3	0.3
Q*D*F	1	0.1	1.0	0.9	2.1
S*D	1	2.5	0.0	0.0	0.4
S*F	1	3.7	6.9*	2.5	3.4
S*D*F	1	1.0	0.5	0.1	5.0*
Q*S*D	1	0.4	1.8	0.4	0.1
Q*S*F	1	1.7	0.0	2.3	3.5
Q*S*D*F	1	0.4	0.9	1.4	1.2
\bar{Y} Maíz (kg/ha)		430.5	527.9	572.8	437.8
S		200.6	156.6	257.8	299.8
C V (%)		46.6	29.7	45.0	68.5
R (%)		79.0	89.0	84.0	76.0

* = Diferencias significativas al nivel del 5%.

** = Diferencias significativas al nivel del 1%.

1) Ver clave en el texto (Resultados y discusión).

durante tres años consecutivos, disminuyendo fuertemente al cuarto año. Estas interacciones quema-suelos con alta significancia en el primer y cuarto ciclo, se explican por una alta respuesta a la quema en el suelo k'ankab du ante el primer año y a la fuerte caída de rendimiento en el ho'l lu'um durante el cuarto año, con lo que podemos inferir que el ho'l lu'um con quema presenta problemas en la producción después del tercer año y al k'ankab con quema como la mejor combinación quema-suelos. Estos resultados también

sugieren un diferente manejo de quema para cada tipo de suelo, en el k'ankab la quema es favorable para el cultivo continuo, pero para el ho'l lu'um es más favorable dejar de quemar del tercer año en adelante.

En la interacción suelos-fertilización, se reportan diferencias significativas únicamente en el segundo año, con los rendimientos más altos en la combinación k'ankab-fertilización, observándose nuevamente al k'ankab como el suelo con una respuesta más favorable a la

Cuadro 3. Diferencias entre medias de tratamientos (kg/ha de maíz) de la milpa 1. Yaxcabá, Yucatán, México. 1980-1983.

Fuente	N ¹⁾	1980		1981		1982		1983	
Suelo	32	508	1 ²⁾	620	1 ²⁾	727	1 ²⁾	588	1 ²⁾
	32	353	0	436	0	419	0	288	0
Quema	32	505	0	658	0	651	0	449	0
	32	356	1	398	1	495	1	427	1
Deshierbe	32	472	1	572	1	675	1	527	1
	32	389	0	484	0	471	0	349	0
Fertilización	32	636	1	792	1	925	1	698	1
	32	225	0	264	0	221	0	177	0

1) Número de observaciones.

2) Ver clave en el texto (Resultados y discusión).

Cuadro 4. Diferencias entre medias de tratamientos (kg/ha de maíz) de la milpa 1. Yaxcabá, Yucatán, México. 1980-1983.

Fuente Q ¹⁾	S ¹⁾	N ²⁾	Rendimiento			
			1980	1981	1982	1983
0	0	16	329.1	539.3	420.8	196.7
0	1	16	680.7	777.0	880.8	700.6
1	0	16	377.2	331.8	416.7	378.6
1	1	16	335.1	463.5	573.1	475.1
S ¹⁾	F ¹⁾					
0	0	16	196.2	222.7	117.7	96.4
0	1	16	510.1	648.4	719.7	478.9
1	0	16	254.2	304.5	323.5	257.8
1	1	16	761.5	936.0	1130.4	917.9

1) Ver clave en el texto (Resultados y discusión) y Cuadro 2.

2) Número de observaciones.

adición de fertilizantes y con mayor capacidad de sostenimiento de los rendimientos bajo cultivo anual continuo.

La interacción suelo-deshierbe-fertilización es significativa únicamente durante el cuarto año, observándose un beneficio aditivo en los efectos de los tratamientos de estos factores y entre los cuales, con el cultivo continuo se está propiciando una polarización en los rendimientos de tal magnitud, que un solo factor no es suficiente para mantener los niveles de producción, sino que se requiere del apoyo simultáneo de otros factores. La mejor combinación se obtiene en el suelo k'ankab con adición de fertilizantes y un deshierbe total, lo cual reafirma la necesidad de adicionar nutrimentos y realizar un control de arvenses más riguroso con el paso al cultivo anual continuo (Cuadros 2 y 5).

La prueba de F es un procedimiento de análisis de varianza que relaciona a los cuadrados medios de los efectos de los tratamientos y a los cuadrados medios de los efectos de error, y nos proporciona un índice

Cuadro 5. Diferencias entre medias de tratamientos (kg/ha de maíz) de la milpa 1. Yaxcabá, Yucatán, México. 1983.

Fuente S ¹⁾	D ¹⁾	F ¹⁾	N ²⁾	Rendimiento de maíz kg/ha
0	0	0	8	171.6
0	0	1	8	531.5
0	1	0	8	220.8
0	1	1	8	488.7
1	0	0	8	200.7
1	0	1	8	652.3
1	1	0	8	307.7
1	1	1	8	870.7

1) Ver clave en el texto (Resultados y discusión) y Cuadro 2.

2) Número de observaciones.

cuyo valor numérico señala la magnitud del efecto del tratamiento, lo que permite, por un lado, valorar la magnitud del efecto del tratamiento entre diferentes factores y, por otro, la magnitud del efecto entre niveles de un mismo factor. En este sentido, por su valor numérico y la consistencia reportada, se observa el ordenamiento decreciente siguiente: fertilización, suelos, quema, quema-suelos, deshierbe, suelo-fertilización y suelo-deshierbe-fertilización, el que sugiere que la problemática con el cultivo anual continuo se presentará en este orden de importancia.

En el Cuadro 6 se presentan los rendimientos de maíz-frijol y calabaza, observándose los mayores rendimientos de frijol en el suelo k'ankab y los mayores rendimientos de calabaza en el ho'l lu'um, evidenciándose tanto para el frijol como para la calabaza una respuesta favorable a la adición de fertilizante, y en el cultivo de calabaza una respuesta constante al deshierbe del segundo año de cultivo en adelante.

El análisis estadístico de los rendimientos en los cultivos de frijol y calabaza está limitado por la alta heterogeneidad que reportan. Esta heterogeneidad se explica en parte por el método de siembra, porque en cada mata se colocan de tres a cinco semillas de maíz, de manera costante; pero, el número de semillas de frijol y calabaza es variable, y depende de las semillas que en cada vez se tomen de la mezcla, por que lo que importa es asegurar la población de maíz, distribuyéndose al azar las de frijol y calabaza, con lo cual se propicia una distribución espacial de la población de maíz relativamente homogénea, pero altamente heterogénea en frijol y calabaza. El control de plagas y enfermedades en el policultivo de maíz-frijol y calabaza tuvo dos momentos importantes, que coinciden con los principales momentos del ataque de plagas, y estos son: (1) la siembra y la emergencia de las plantas, en que inciden aves (palomas, codornices y zanates) y mamíferos (mapache o k'ulú) a desenterrar la semilla del suelo. El control se realizó dejando banderolas de tela en el terreno y con prácticas de cacería por la mañana y por

Cuadro 6. Producción de maíz, frijol y calabaza en la milpa 1 con cuatro años bajo cultivo anual continuo. Yaxcabá, Yucatán, México. 1980-1983.

Trat. ¹⁾	Maíz				Frijol				Calabaza			
	1980	1981	1982	1983	1980	1981	1982	1983	1980	1981	1982	1983
	kg/ha											
01	200	264	48	64	20	2	0	1	14	36	15	6
02	393	752	453	137	39	23	4	5	214	75	19	30
03	295	290	272	125	3	3	0	0	34	19	22	25
04	430	726	859	461	18	35	16	8	257	61	13	36
09	359	360	234	114	14	2	0	3	41	37	28	7
10	837	1041	1172	1244	25	18	5	20	173	71	43	42
11	516	587	658	525	14	21	1	5	25	7	34	36
12	1010	1121	1459	919	41	21	4	51	47	125	34	22
17	143	75	27	63	0	0	0	5	13	16	12	32
18	670	465	673	483	3	3	4	9	116	117	13	34
19	146	137	74	133	0	1	0	7	2	19	14	42
20	550	651	893	902	2	35	19	34	65	105	34	68
21	42	98	288	222	0	0	0	7	6	11	10	30
22	467	821	821	1061	3	17	1	48	15	104	32	43
23	104	174	115	198	0	0	0	3	0	16	50	109
24	757	762	1070	995	2	8	6	92	74	158	31	133
\bar{X}	432	520	570	478	12	12	4	19	69	61	25	43

¹⁾ Ver clave Cuadro 1.

la tarde; (2) en la etapa reproductiva, incidieron aves (chachalacas, zanates, loros, palomas, codornices y pájaros carpinteros) en comerse las flores y atacar frutos en diferentes grados de madurez y mapaches en comerse las mazorcas del maíz y la semilla de los frutos de la calabaza xtop (*Cucurbita* sp.).

El control se realizó, por un lado, con cacerías en la mañana y en la tarde, y la dobla de cañas de maíz para el control de aves, y por otro, mediante cacería por la noche para el control de mapache. Los problemas de insectos se presentan principalmente por el ataque de picudos y gorgojos en el maíz y en el frijol ib (*Phaseolus lunatus* L.); sobre estas plagas no se realizó control antes de la cosecha, su control se hace durante el almacenamiento.

En el Cuadro 7 se reportan los cambios que suceden en la materia orgánica y el fósforo aprovechable del suelo en su capa superficial por efecto del cultivo anual continuo, observándose una fuerte disminución en ambos factores, con su nivel más bajo al tercer año y una leve recuperación al cuarto año. En el caso de la materia orgánica, a pesar de las fuertes reducciones, los suelos aún reportan niveles calificados como "muy ricos" para el k'ankab y, "humíferos" para el ho'l lu'um, lo cual sugiere que a pesar de las fuertes reducciones, aún no se presentan problemas en la materia orgánica que repercutan con efectos sobre las condiciones de producción; ahora, en el caso del fósforo aprovechable, en el k'ankab se pasa de niveles calificados "pobres" a "muy pobres", y en el ho'l lu'um, se pasa de niveles

“medios” a “muy pobres”, observándose en ambos casos una fuerte reducción en los contenidos de fósforo aprovechable, hasta niveles de alta deficiencia. Estos resultados, por un lado, explican la necesidad de la aplicación de fósforo al suelo y, por otro, sugieren que en el futuro se puedan presentar problemas con la materia orgánica del suelo y, en conjunto, aportan elementos de conocimiento para responder a la pregunta de por qué es necesario el descanso con vegetación secundaria.

En el Cuadro 8 se reportan las acumulaciones en peso seco de la biomasa de arvenses por efecto del cultivo anual continuo, observándose una tendencia creciente en ella, con las repercusiones consecuentes en el problema del control de arvenses, lo cual explica en parte la respuesta al deshierbe total del segundo año de cultivo en adelante y señala así el problema del control de arvenses como otra de las causas del porqué es necesario dejar a la parcela en descanso con vegetación secundaria.

En el Cuadro 9 se presentan los costos de producción de las diferentes prácticas. Se reportan en jornales por hectárea, ya que se considera esta relación como el índice más constante, que nos permite valorar con mayor claridad los cambios que suceden en el tiempo con el cultivo anual continuo. Se observa que si se pretende dejar de quemar desde el primer año de cultivo, el esfuerzo para la preparación del terreno es mucho más difícil y costoso que si se preparara con la quema, debido a que cuando no se quema, se tienen que retirar aproximadamente 50 ton de ramas y troncos por hectárea y realizar un deshierbe antes de la siembra del cultivo. En los ciclos posteriores del cultivo, las principales actividades que mayor esfuerzo requieren del segundo año en adelante son la preparación del terreno para la siembra y el control de arvenses. La preparación del terreno para la siembra requiere de un esfuerzo constante de 25 jornales por hectárea desde el segundo año de cultivo continuo; pero, para el control de arvenses aumenta la dificultad en la realización de la práctica con el cultivo continuo, estabilizándose

Cuadro 7. Contenido de materia orgánica (MO) y fósforo aprovechable (P) en la capa 0-3 cm de los suelos de la milpa 1. Yaxcabá, Yucatán, México. 1980-1983.

Suelos	Quema	1980		1981 ¹⁾		1982		1983	
		MO	P	MO	P	MO	P	MO	P
		%	ppm	%	ppm	%	ppm	%	ppm
Ho'l lu'um	Cada año	58.1	17.1	-	-	16.6	2.8	24.0	2.1
	Nunca	68.7	14.3	-	-	26.5	5.9	27.8	2.6
	\bar{x}	63.4	15.7	-	-	21.6	4.4	15.0	2.4
K'ankab	Cada año	26.1	6.3	-	-	6.4	1.2	7.6	2.1
	Nunca	26.1	3.5	-	-	7.4	1.1	8.5	0.8
	\bar{x}	26.1	4.9	-	-	6.9	1.2	8.1	1.5

1) No se analizaron las muestras.

Cuadro 8. Efecto del cultivo anual continuo sobre la acumulación de biomasa de arvenses peso seco, en la milpa 1. Yaxcabá, Yucatán, México. 1980-1983.

Suelo	Biomasa de arvenses			1983
	1980	1981	1982 ¹⁾	
	----- kg/ha -----			
Ho'l lu'um	347	700	-	5706
K'ankab	483	678	-	5650

¹⁾No se valoró la biomasa de arvenses.

ya en el cuarto año en 100 jornales por hectárea. Las demás prácticas agrícolas permanecen con ligeras variaciones. Estos resultados evidencian la necesidad de una mayor inversión de trabajo en el cultivo anual continuo, con especial atención para el control de arvenses, tanto en el esfuerzo invertido como en la intensidad de trabajo durante la práctica.

Bajo cultivo anual continuo, es cada vez más difícil el control de las arvenses, porque para

el deshierbe de la milpa del segundo año en adelante, por un lado, requiere de mayor esfuerzo que durante el primero y, por otro, el período entre la quema y el deshierbe es cada vez menor. El momento para realizar el deshierbe es cuando las arvenses están casi a la altura de las plantas de maíz y el maíz, en este momento, presenta una altura de 20 a 30 centímetros.

Durante el primer año el período entre la quema y el deshierbe fue de 3.5 meses, en el segundo año de 2 meses y del tercero en adelante de 1.5 meses. Esta reducción del período entre la quema y el deshierbe se explica por dos razones principalmente.

1. El método de quema de la milpa de primer año (ch'acben) es diferente al método de quema de la milpa del segundo año en adelante (saka'), quemándose durante el primer año una biomasa de 50 ton/ha, mientras que del segundo año en adelante se quema una biomasa de arvenses y cañas de maíz de 3 a 8 ton/ha; de tal manera que, en la milpa de segundo año en adelante la quema es menos intensa, retrasando menos el establecimiento de las arvenses.

Cuadro 9. Costos de la producción de maíz bajo cultivo anual continuo en la milpa 1. Yaxcabá, Yucatán, México. 1980-1983.

Prácticas agrícolas	Jornales por hectárea			
	1980	1981	1982	1983
Preparación del terreno para la siembra				
- con quema	19.5	26.0	26.0	26.0
- sin quema	70.5	26.0	26.0	26.0
Siembra y resiembra	10.0	7.0	6.5	6.5
Deshierbe tradicional	12.5	25.0	25.0	25.0
Deshierbe total	50.0	89.0	100.0	100.0
Fertilización	17.0	13.5	10.0	10.0
Dobla de cañas de maíz	2.5	3.0	3.0	3.0
Cosecha y desgranado de maíz	11.0	12.0	12.0	12.0
Cosecha de frijol	5.0	5.0	5.0	5.0
Cosecha de calabaza	5.0	5.0	5.0	5.0
Transporte y almacenamiento	6.0	6.0	6.0	6.0

2. Bajo perturbación anual continua, se detiene el proceso de sucesión secundaria de la vegetación, permitiendo el establecimiento y dominancia de las especies "pioneras", entre las que destaca el tah (*Viguiera dentata*) que aparece desde el segundo año de cultivo y alcanza una dominancia casi total al cuarto año, mostrando gran capacidad de competencia. Esta capacidad de competencia de la arvense durante el cultivo anual continuo reduce el periodo entre la quema y el deshierbe, disminuyendo además, el periodo para la realización del deshierbe, porque mientras en el primer año de cultivo el deshierbe pudo realizarse en un mes aproximadamente, al tercer y cuarto año, cuando ya había una alta densidad de tah, el periodo para realizar el deshierbe se redujo a aproximadamente 15 días, ocasionando por el rápido crecimiento que presentó el tahonal. Si el deshierbe no se hubiese realizado oportunamente, hubiera agobiado al maíz. En noviembre, el tahonal presentó altura de 1.5 a 2.0 m y dificultó las labores de dobla de cañas de maíz y cosecha.

CONCLUSIONES

En la intensificación del uso de la tierra, mediante el establecimiento de un sistema de cultivo anual continuo sobre la planicie cárstica ondulada del centro del estado de Yucatán, la quema es necesaria durante el primer año, opcional durante el segundo y prescindible del tercer año en adelante. Los suelos, a pesar de conformar un complejo mosaico de afloramientos rocosos, con pedregosidad y profundidad variables, forman dos agroambientes diferentes, en donde, por un lado, el k'ankab presenta alto potencial para el cultivo continuo con maíz y frijol y, por otro, el ho'l lu'um favorece la producción de maíz y calabaza bajo rotación más frecuente con vegetación secundaria en descanso.

Al aumentar el periodo de cultivo, disminuyen los niveles de la materia orgánica y los de fósforo aprovechable del suelo y aumenta la densidad de arvenses, aumentando los problemas de su combate.

Al pasar de un sistema agrícola de r-t-q y descanso con vegetación secundaria a cultivo anual continuo, es necesario añadir nutrimentos al suelo y realizar un control de arvenses más riguroso. Esto resulta en un costo mayor en la producción de maíz.

AGRADECIMIENTOS

A los productores yaxcabeños que participaron en la conducción de la milpa 1, al personal de las Residencias de Agrología de Mérida, Yucatán y de Campeche, Campeche por la realización de los análisis de las muestras de suelos, y a la Maestra en Biblioteconomía Guadalupe Olalde Ramos y a la Señora Cenovia Gutiérrez Robles por sus valiosos trabajos en la revisión y correcciones al manuscrito y mecanografiado del texto, respectivamente.

LITERATURA CITADA

ARIAS REYES, L.M. 1980. La producción milpera actual en Yaxcabá, Yucatán. In: Hernández y Padilla (eds.). Seminario sobre Producción Agrícola en Yucatán. pp. 259-302.

COWGILL, U.M. 1962. An agricultural study of the Southern Maya Lowlands. *American Anthropologist* 64: 273-286.

COX, G.W. y M.D. ATKINS. 1979. Agricultural ecology. An analysis of world food production systems. W.H. Freeman and Company. San Francisco, California, U.S.A. pp. 111-138.

EMERSON, R.A. y J.H. KEMPTON. 1935. Agronomic investigations in Yucatan. Carnegie Institution of Washington. Yearbook 34: 138-142.

HAUCK, F.W. 1974. Introducción. In: La agricultura migratoria y la conservación de suelos en Africa. Boletín de Suelos 24. FAO. Roma, Italia.

HERNANDEZ X., E. 1959. La agricultura. *In:* Beltrán E. (Ed.). Los recursos naturales del sureste y su aprovechamiento. Tomo 3(1): 3-57. IMRNR. México.

NAVARRETE O., R., G. URIBE V., H. MATA V., O. PEREZ C. y A. MENDIZABAL. 1982. Fertilización del maíz de temporal en el sur y oriente de Yucatán. CIAPY, INIA, México. 32 pp.

PEREZ RUIZ, M.L. 1980. Organización del trabajo y toma de decisiones en la familia campesina milpera. *In:* Hernández y Padilla (eds.). Seminario sobre Producción Agrícola en Yucatán. pp. 425-474.

POOL N., L. 1980. El estudio de los suelos calcimórficos con relación a la producción maicera. *In:* Hernández y Padilla (eds.). Seminario sobre Producción Agrícola en Yucatán. pp. 393-417.

RUSSELL, W.M.S. 1968. The slash and burn technique. *Nat. Hist.* 78(3): 58-65.

RUTHENBERG, H. 1976. Farming systems in the tropics. Clarendon Press. England. 366 pp.

STEGGERDA, M. 1941. Maya Indians of Yucatan. Carnegie Institution of Washington. Publicación 531.

TONDEUR, G. 1955. La agricultura migratoria en el Congo Belga. *Unasylva* 9(2): 73-78. Roma, Italia.

POTENCIALIDADES DE PRODUCCION DE LOS SUELOS ARIDOS EN ZONA DE TEMPORAL EN EL BOLSON DE MAPIMI

J.P. Delhoume

Instituto de Ecología A.C., Gomez Palacio, Dgo.

En zonas áridas y semiáridas, las posibilidades de producción agrícola de temporal, ya sean cultivos o pastizales, está limitada por varios factores, entre los cuales el más importante es el clima considerado sobre todo bajo el aspecto precipitaciones, las que aparecen como el factor limitante primordial.

En efecto, en estas zonas las precipitaciones tienen características propias poco favorables para la producción: escasez de lluvias con una mala distribución a lo largo del año, produciéndose en verano el máximo de las precipitaciones, durante el cual la evaporación es intensa; fuerte variabilidad a la vez intra- e inter-anual, con sucesiones de años secos y de años húmedos, sin posibilidad de previsión.

Además, el hombre no puede realmente modificar y ejercer una influencia sobre estos factores climáticos desfavorables que aparecen como factores independientes e intrínsecos que debemos sufrir.

Sin embargo, estas zonas áridas y semiáridas no pueden ser abandonadas y no utilizadas por la agricultura. En el caso de

México éstas representan más del 40% de la superficie total del territorio y más del 60% de la superficie de las tierras potencialmente utilizables.

Si el clima aparece como el factor principal que determina la productividad agrícola de las zonas áridas y semiáridas, existen también otros factores, secundarios, que limitan esta producción:

- la topografía y la geomorfología (zonas con fuertes pendientes, zonas inundables...).
- la geología (afloramientos de rocas, arenas...).
- el suelo con sus características propias.
- el grado ecológico del ecosistema (estado de equilibrio o al contrario, riesgos de degradación y de evolución hacia la desertificación por efecto de las actividades humanas).

La parte más extensa del norte árido de México está orientada a la utilización en temporal de los recursos naturales por la ganadería. En el marco de esta problemática, nuestro propósito en este artículo y a partir de datos experimentales, es de estudiar como uno de los factores limitantes arriba mencionados, el

suelo, determina e influye sobre la potencialidad de producción de una zona árida de temporal localizada en el Bolsón de Mapimí.

CARACTERISTICAS DEL MEDIO AMBIENTE

Los diferentes estudios e investigaciones que el Instituto de Ecología realiza en la zona árida del norte de México desde 1982, se desarrollan en la Reserva de la Biosfera de Mapimí, Dgo. Esta se ubica en el Bolsón de Mapimí (entre los paralelos 36°29' y 26°52' de latitud norte y los meridianos 103°32' y 103°58' de longitud oeste) que pertenece a la región biogeográfica conocida como Desierto Chihuahuense. Con una superficie de 160,000 hectáreas, que incluye porciones de los territorios de los estados de Durango, Chihuahua y Coahuila, esta Reserva es característica y representativa de la zona árida del norte del país.

El paisaje consiste fundamentalmente en llanuras aluviales, constituidas de sedimentos cuaternarios, interrumpidas por lomas, cerros aislados o sierras de escasa altitud. Localmente se encuentra un modelado eólico con sucesiones de pequeñas dunas de arena. Las lomas, cerros y sierras están formadas de rocas calcáreas y volcánicas con un substrato de rocas sedimentarias.

Las altitudes varían de 1000 a 1470 msnm y la Reserva es parte de una cuenca endorréica.

El clima se puede definir como árido tropical continental de altitud media, con régimen de lluvias estival (71% durante el periodo de junio a septiembre) e inviernos frescos.

El promedio anual de precipitaciones es de 264 mm (1956 a 1984), pero su característica primordial es la muy fuerte variabilidad inter-anual de la altura de lluvia, también con una variabilidad espacial y una variabilidad intra-anual.

La temperatura media anual es de 20.3°C con una media de las mínimas del mes más frío (enero) de 1.6°C y una media de las máximas del mes más cálido (junio) de 36.4°C.

La vegetación corresponde al matorral desértico micrófilo, constituido principalmente por diversas asociaciones de fisonomía arbustiva donde Larrea tridentata y Prosopis glandulosa aparecen como dominantes o sub-dominantes en zonas de cerros, lomas y bajadas, y por pastizales o estepas subarbustivas dominadas por Hilaria mutica, Sporobolus airoides, Suaeda nigrescens y Atriplex canescens, en zonas de bajadas y de playas.

Los suelos son del tipo litosoles y regosoles en los relieves y piedemonte; del tipo yermosoles o xerosoles en las zonas de bajada y de playa, con la presencia de horizontes de acumulación secundaria de sales solubles, yeso y/o carbonato de calcio; y del tipo solonchaks en las zonas más bajas de la playa.

La principal actividad humana es la ganadería extensiva de bovinos.

EL SUELO: FACTOR LIMITANTE DE LA PRODUCCION EN ZONAS ARIDAS

Entre los diferentes factores que limitan la productividad agrícola de las zonas áridas y semiáridas, el suelo aparece como un factor importante. En efecto, en este tipo de zona climática el suelo interviene de manera diferencial o selectiva sobre la potencialidad de producción en función de sus características propias y son ellas las que introducen variaciones y diferencias en la producción.

Por eso es indispensable estudiar y determinar de manera muy precisa el funcionamiento y la dinámica de los suelos, antes de clasificarlos en relación con la potencialidad de producción.

En este sentido, podemos distinguir dos categorías de suelos:

- los que no tienen, o muy poca, capacidad o potencialidad de producción;
- los que son potencialmente aptos para ello.

Suelos no Potencialmente Productivos

En esta categoría entran los suelos del tipo litosol constituidos por afloramientos de rocas duras con la presencia de un horizonte edafológico muy poco espeso y muchas veces discontinuo. En este caso, el suelo se caracteriza por la ausencia o la casi-ausencia de tierra utilizable agrónomicamente. Además, las rocas forman un obstáculo que se opone a la penetración hacia la profundidad de las raíces.

El regosol es otro tipo de suelo de esta categoría, cuando está constituido por coluviones de piedras de todo tamaño, por aluviones de material fino o grueso (cauces de río) y por arenas de modelado eólico. La potencialidad de producción de estos regosoles es nula o muy baja y son la constitución litológica del suelo y su pobreza química las que no permiten un buen desarrollo de la vegetación y la fijación de las raíces.

En el Bolsón de Mapimí todos los suelos arriba mencionados son localizados en los cerros, sierras y lomas y sus piedemontes en el caso de los litosoles y regosoles de coluviones, y en las zonas bajas de concentración de las aguas superficiales en el caso de los regosoles de aluviones.

Los suelos de arena eólica se encuentran sobre todo en las zonas de playa y de bajada inferior.

Estos suelos sin potencial productivo no son dominantes y ocupan una escasa extensión (cerca de 10%) en la zona árida del norte del país. Además, no son suelos característicos de este tipo de zona climática porque son "azonales", es decir, que se encuentran en todas las regiones climáticas del mundo.

Entre los suelos potencialmente productivos y los que no son aptos para ello, existe, en el Bolsón de Mapimí, una gama de suelos más profundos que los anteriores pero poco productivos debido a su pobreza química. Son localizados en las zonas de transición bajada-playa y en las playas y son del tipo xerosoles y yermosoles de textura media con pedregosidad, regosoles de textura media a fina y todos los intergrados entre estos tipos. En este caso, la potencialidad de producción es muy reducida, únicamente por motivo de pobreza de estos suelos.

Suelos Potencialmente Productivos

Esta categoría es la más importante en el Bolsón de Mapimí y los suelos que la constituyen tienen grados variables de potencialidad de producción en función de varias propiedades o características particulares de los suelos.

Mientras que las plantas necesitan agua para crecer, el factor limitante de la productividad en zonas áridas y semiáridas es la lluvia, la cual tiene como característica en estas zonas una gran variabilidad a la vez en el tiempo (inter- e intra-anual) y en el espacio. La redistribución de esta agua de origen pluvial en el paisaje y en el suelo es muy variable y diferente según la topografía y las características intrínsecas de los suelos (como textura, porosidad, estructura...). Son estas características las que van a generar una hidrodinámica particular influyendo sobre la utilización de esta agua por la vegetación y luego sobre la potencialidad de producción.

Suelos arcillosos con hidrodinámica desfavorable. Como primer ejemplo de la influencia del factor edáfico, podemos mencionar los xerosoles y yermosoles de textura arcillosa localizados en las bajadas inferiores y en las playas, con pendientes débiles, y que ocupan extensas áreas en el Bolsón de Mapimí.

a) Hidrodinámica vertical

La característica principal de estos suelos es su porcentaje de más del 50% de arcilla de tipo smectita en los horizontes superiores, sin otros factores desfavorables como salinidad o alto contenido de yeso o de carbonato de calcio.

Con una tal textura y en relación con la organización estructural, la porosidad del suelo es muy débil y las posibilidades de circulación del agua son muy reducidas. Cuatro años de mediciones de humedad en diferentes estaciones experimentales con este tipo de suelo demuestran que nunca el frente de humectación del suelo llegó más allá de 50 ó 60 cm de profundidad, sea cual sea la altura de lluvia. En conformidad con esta distribución vertical del agua, hay una adaptación en la repartición de las raíces: más del 90% de la biomasa de ellas está localizado de 0 a 50 cm de profundidad.

El funcionamiento hidrodinámico de este tipo de suelo es el siguiente. Hay una saturación progresiva de las arcillas, lo que, combinado con su propiedad de expanderse, crea condiciones desfavorables para la infiltración del agua hacia la profundidad. Así, según las alturas de las lluvias, parte más o menos importante de ellas se queda en la superficie del suelo o escurre en función de la topografía. Como la mayor parte de las lluvias ocurre en verano, gran parte de ellas se pierde por evaporación directa por no ser almacenada en el suelo. La potencialidad de producción se encuentra así reducida porque la vegetación no puede aprovechar toda el agua disponible, debido a una hidrodinámica poco favorable a la infiltración y al almacenamiento del agua en el suelo.

b) Hidrodinámica lateral

Además de esta hidrodinámica vertical del agua en el suelo, existe una redistribución horizontal y diferencial en función de la topografía y sobre todo de la repartición de la cobertura vegetal; ésta, en el Bolsón de Mapimí, es discontinua y se encuentran unidades contiguas, unas de áreas sin

vegetación y otras con vegetación, cada una de ellas más o menos extensas (varias decenas o hectómetros de largo o de diámetro) pero sin ninguna regularidad en la distribución espacial. En estos dos tipos de unidades la cobertura edafológica es homogénea con un suelo similar en la sucesión morfológica de los horizontes y en sus principales características analíticas.

En las unidades sin vegetación, la superficie del suelo en seco está formada por una capa o película casi sin porosidad de unos milímetros de espesor, que resulta de una reorganización estructural de la parte superior del suelo, debido a las alternancias de fases de humectación y de disecación. Tal superficie del suelo se opone a la infiltración del agua y favorece un escurrimiento muy importante hacia las zonas más bajas en la topografía. Las mediciones de humedad en estas unidades muestran que nunca el frente de humectación del suelo rebasó los 20 ó 30 cm de profundidad.

En este caso el suelo es potencialmente productivo porque es similar en sus características y propiedades a los suelos vecinos de las unidades con vegetación que son productivos. Sin embargo, el suelo de estas unidades sin vegetación llegó a un nivel de no productividad que corresponde ahora a un estado de degradación del medio ambiente, debido a una dinámica negativa o regresiva. Esta dinámica se puede resumir de la manera siguiente: desaparición de la vegetación de un suelo potencialmente productivo, por causas humanas por ejemplo; luego, reorganización estructural de la superficie del suelo que genera una hidrodinámica desfavorable (infiltración y almacenamiento reducidos, escurrimiento importante) y no favorece la implantación de semillas (presencia de una película dura y lisa en la superficie del suelo sin cavidades u hoyos para retener las semillas).

Es el estado extremo de degradación del medio ambiente, que además parece irreversible, pero es uno de los riesgos importantes de evolución negativa hacia la desertificación de las zonas áridas y semiáridas.

En las unidades con vegetación que son contiguas con las unidades sin vegetación arriba mencionadas, la vegetación está en forma de matas de unos decímetros de diámetro, que alternan con micro-zonas sin vegetación y en depresión de varios centímetros. Con esta micro-topografía, el agua se acumula en las depresiones donde se evapora directamente porque la infiltración es muy reducida: el frente de humectación no rebasa los 30 a 50 cm de profundidad. Al contrario, en las matas vegetales, el agua va más en profundidad (60 a 80 cm) porque el suelo tiene una estructura y una porosidad más favorable (acción de la materia orgánica). Así, se observa una distribución y un almacenamiento diferenciales y selectivos del agua en estas unidades de vegetación, en función de la micro-topografía y de las alternancias de matas vegetales y de micro-depresiones sin vegetación. Aunque estas zonas de vegetación están actualmente en un estado de equilibrio, existe un riesgo importante de degradación de estas formaciones vegetales hacia un estado último que serían las zonas sin vegetación y no productivas arriba mencionadas.

Con este primer ejemplo vimos que a partir del mismo suelo, la potencialidad de producción es variable en función de diferentes factores como el estado de la superficie del suelo, su textura, su organización estructural y la micro-topografía que crean una hidrodinámica diferencial, a la vez vertical y lateral. Además, un suelo potencialmente productivo puede llegar a ser no productivo cuando se genera una dinámica evolutiva negativa o regresiva del ecosistema, bajo la influencia de las actividades humanas realizadas de manera irracional.

Suelos con vegetación de tipo mogote. Un segundo ejemplo de la influencia del factor edáfico sobre la potencialidad de producción es representado por las formaciones vegetales llamadas mogotes que ocupan extensas áreas en el Bolsón de Mapimí, y que son zonas muy importantes para la alimentación del ganado.

Estas formaciones están constituidas por alternancias, con regularidad y repetitividad,

de bandas o arcos de vegetación densa y de áreas desnudas entre los arcos. El suelo es del tipo xerosol o yermosol de textura media a fina (contenido máximo de arcilla: 35%, de tipo illita y smectita), con una buena porosidad y una infiltración notable del agua que puede llegar hasta 1 a 1.20 m de profundidad. En tanto que las características morfológicas y analíticas del suelo son similares en los arcos de vegetación y en los espacios interarcos, es el estado de la superficie del suelo de estos últimos lo que genera una hidrodinámica diferencial entre las dos unidades constitutivas de los mogotes.

En los espacios interarcos, la parte superior del suelo forma una película casi sin porosidad oponiéndose a la infiltración, de la misma manera que en las zonas sin vegetación del ejemplo anterior. Se crea así un escurrimiento en estos espacios interarcos que, con la pendiente, llega al arco de vegetación siguiente, lo cual, estando formado por vegetación densa, forma un obstáculo al escurrimiento hacia las zonas más bajas en la topografía. La mayor parte del agua superficial se queda adentro del arco vegetal donde se infiltra y se almacena gracias a la protección contra la evaporación que ofrece la vegetación densa del arco.

Es un doble aporte de agua que recibe esta formación vegetal: el agua de escurrimiento y el agua pluvial, el total correspondiendo a 1.5 a 2 veces la lluvia anual, lo que explica la densidad y la diversidad de la cobertura vegetal, aunque estando en zona árida.

En este ejemplo, a partir de un mismo suelo apareció una vegetación discontinua, en forma de arcos separados por espacios desnudos, en función de la topografía, de la distribución lateral de las aguas superficiales y de un almacenamiento diferencial de estas aguas en el suelo. El desconocimiento de esta dinámica podría generar una degradación de estas formaciones. Por ejemplo, la utilización de los espacios interarcos por la implantación de especies o por un tratamiento anti-erosivo, serían el origen de un desequilibrio y de la desaparición de la dinámica lateral del agua y, como consecuencia, la desaparición de los arcos

vegetales. Así, aparece como indispensable el conocimiento muy preciso de los mecanismos de funcionamiento del ecosistema, antes de elaborar estrategias de desarrollo y de utilización.

Suelos con abundancia de uno o varios elementos. Uno de los factores limitantes de la potencialidad de producción es la presencia, en el suelo, de uno o varios elementos en abundancia, entre los cuales, los más frecuentes son el carbonato de calcio, el yeso y las diferentes sales solubles como los cloruros y sulfatos. Cada uno de estos elementos se puede encontrar solo y en abundancia en el suelo, o con uno o varios de los otros elementos.

En forma general, las especies vegetales aprovechables no toleran un exceso en el contenido de los elementos arriba mencionados, a partir de un límite variable según estos elementos. Cuando este límite está rebasado, las especies aprovechables desaparecen poco a poco, reemplazadas por especies específicas de los elementos en abundancia y que, en general, son poco aprovechables.

a) Suelos con carbonato de calcio.

Muchos de los suelos del Bolsón de Mapimí contienen carbonato de calcio con contenidos muy variables y la vegetación es, en general, muy tolerante en relación con este elemento.

El carbonato de calcio constituye un factor limitante de la producción sobre todo cuando se presenta en forma de costra dura, a media profundidad en el suelo (entre 30 y 60 cm). Esta formación se encuentra en las zonas de piedemonte y de bajada superior de los relieves calcáreos. La costra resulta de una dinámica lateral en el suelo de las aguas que contienen en solución el carbonato de calcio. Este elemento se deposita poco a poco en el suelo, formando una capa dura o costra que constituye un obstáculo para la penetración de las raíces.

b) Suelos con yeso.

El yeso es frecuente en la mayor parte de los suelos del Bolsón de Mapimí, y hasta un

porcentaje que no rebasa del 15 a 20%. La vegetación tolera este contenido y no es afectada. Es más allá de estos valores que la producción empieza a reducirse.

El caso extremo es representado por las dunas de origen eólico que rodean las lagunas, las cuales constituyen el nivel de base de las cuencas endorréicas del Bolsón y donde se acumulan las aguas de escurrimiento superficial. En estas formaciones el yeso alcanza el 60 a 70% y la vegetación es casi inexistente.

En las playas se encuentran yermosoles y xerosoles yesíferos, de textura fina, con un horizonte de acumulación secundario de yeso a media profundidad (40 a 60 cm) con un contenido de 30 a 40%. Se observa en estos suelos una disminución de la producción en relación con los mismos suelos que contienen 15 a 20% de yeso solamente. Correlativamente, hay aparición de especies específicas del yeso, poco aprovechables. Estas últimas especies son todavía más abundantes cuando a estos suelos yesíferos se añade una salinidad a media profundidad o en superficie.

c) Suelos con sales solubles.

En las zonas bajas de playa, los suelos tienen una textura fina que no favorece la infiltración hacia la profundidad de las aguas superficiales. Estas contienen en solución varias sales solubles que poco a poco se depositan en las partes superiores de los suelos. La cobertura edafológica de las playas presenta así grados variables de salinidad y se encuentran diferentes tipos de suelos:

- Yermosoles yesíferos, con un horizonte de acumulación secundaria de yeso a media profundidad, con una fase salina y/o sódica. A veces, estos suelos presentan características vérticas.
- Regosoles moderadamente salinos, con fase sódica.
- Vertisoles crómicos con fase salina y sódica.

- Solonchaks órticos fuertemente salinos; algunos de ellos presentan un horizonte de acumulación secundario de yeso.

Los suelos con carbonato de calcio y sobre todo los suelos con yeso (menos las dunas yesíferas con alto contenido de yeso) son de moderadamente a poco productivos. Pero estos suelos están en un nivel de equilibrio y el contenido de carbonato o de yeso no va aumentando. En efecto, estos elementos son de origen antiguo y las condiciones climáticas actuales no permiten mucho una redistribución y nuevos depósitos en el paisaje y en el suelo de estos elementos. Así, si no hay influencia humana negativa, estos suelos continúan siendo moderadamente productivos.

Al contrario está el caso de las sales como los cloruros, que son mucho más solubles que el carbonato de calcio y el yeso. En cada episodio lluvioso hay disoluciones, luego depósitos de estas sales solubles en los suelos y éstos se salinizan en forma irreversible, porque estando en cuencas endorréicas, no hay evacuación de las aguas salinas. Aparece así un riesgo importante de degradación del ecosistema, con la extensión de los suelos cada vez más salinos, correlativamente con la disminución de los espacios potencialmente productivos.

CONCLUSIONES

A partir de estudios y datos obtenidos en estaciones experimentales localizadas en la Reserva de la Biosfera de Mapimí presentamos los principales tipos de suelos de la zona árida de temporal del Bolsón de Mapimí, en relación con la producción y la utilización de los recursos naturales, sobre todo para la ganadería extensiva.

Si la mayor parte de los suelos (80 a 90%) es potencialmente productivo, éstos presentan grados muy variables de productividad, debido a las características y propiedades propias e intrínsecas de los suelos. Un factor muy importante es el estado de la parte superficial del suelo que tiene una organización estructural muy específica en las zonas áridas, que condiciona infiltración y almacenamiento del agua en el suelo y que da origen a una hidrodinámica diferencial según la micro-topografía, la distribución espacial de la vegetación y la repartición de las aguas superficiales en el paisaje.

Además, aparece como indispensable conocer con precisión los mecanismos de funcionamiento y la dinámica evolutiva de los diferentes componentes del ecosistema. Esto a fin de evitar acciones humanas irracionales que podrían generar una degradación irreversible del medio ambiente, el cual se encuentra actualmente en un equilibrio ecológico muy frágil.

LA FAUNA SILVESTRE COMO ALTERNATIVA EN EL APROVECHAMIENTO DE LAS REGIONES ARIDAS Y SEMIARIDAS DE MEXICO

F. Clemente S.

Colegio de Postgraduados. CREZAS. Area de Fauna Silvestre. Iturbide 73, 78600 Salinas, SLP.

INTRODUCCION

Durante la conferencia de las Naciones Unidas llevada a cabo en Nairobi, Kenia, sobre la desertificación, se informó que anualmente en el mundo 5'600 000 hectáreas se convierten en desierto. Este proceso es lento y produce de forma gradual efectos sobre la vegetación, y posteriormente, por acción del viento y agua, provoca la erosión hasta quedar únicamente rocas y arena.

Este deterioro, punto de partida de la desertificación, en la mayoría de las veces producto del manejo inadecuado en el aprovechamiento de los ecosistemas. Prueba de ello son el sobrepastoreo en las zonas áridas y semiáridas de México, y la persistencia del desmonte en terrenos no aptos para la agricultura pero destinados para tal fin.

En respuesta a toda gama de alteraciones sobre el ambiente natural, se ha podido observar la persistencia de animales silvestres que han respondido al mínimo manejo de conservación y que además presentan características de aprovechamiento superiores en muchos de los casos a sistemas agrícolas y

ganaderos, los cuales por la selección dirigida, requieren de condiciones más favorables para su aprovechamiento, haciéndolos más susceptibles a las condiciones que caracterizan a las regiones áridas y semiáridas de México.

Es por esto que el uso de la Fauna Silvestre como una alternativa en el aprovechamiento de las regiones áridas y semiáridas se justifica en el concepto (Hernández, 1964) de que el hecho de que el hombre dependa de los recursos naturales, le impone la responsabilidad de que los esfuerzos por obtener mayor producción, sea mediante TECNICAS CONSERVACIONISTAS que redunden en el mantenimiento y mejoramiento de los recursos básicos.

UTILIZACION DE LOS RECURSOS

Entre los países que comparten las tierras áridas y semiáridas de Norteamérica, México cuenta con una vasta extensión (Figura 1; Cuadro 1) dentro de las cuales se encuentran grupos étnicos con larga experiencia empírica en el uso de los recursos, que según Coe (1962), datan hace más de 14 mil años y que incluyen actividades como la cacería, recolección y agricultura primitiva.



Figura 1. Regionalización ecológica (SEDUE, 1986).

A partir de los grupos étnicos, durante la colonia y hasta nuestros días, las zonas áridas y semiáridas de México han experimentado actividades tendientes a un mayor aprovechamiento de los recursos naturales que van desde el conocimiento de las propiedades alimenticias, medicinales y estimulantes de los vegetales hasta la identificación de plantas, su uso en la alimentación animal y humana, los períodos de desarrollo y su manejo productivo mediante la domesticación y su cultivo. A partir de la colonización española hubo cambios importantes en la utilización de los recursos como lo fueron la explotación mineral, la obtención de madera, carbón y leña. Se presentó la necesidad de abrir mayor número de tierras al cultivo y se dio inicio a la introducción de la ganadería en vegetaciones de pastizal y matorrales.

Los avances tecnológicos posteriores y hasta la fecha, han tenido gran impacto sobre determinadas regiones áridas del país debido a los beneficios aportados principalmente por el uso de fertilizantes, la conservación de suelos, el manejo de aguas, el uso de semillas mejoradas, la aplicación de insecticidas y herbicidas, y la introducción de una gran extensión de tierras irrigables.

En la actualidad se puede decir que en las tierras áridas y semiáridas de México su aprovechamiento se ha venido concentrando en el control de agua para el riego de tierras áridas,

el cambio del uso de las tierras a la agricultura de secano, la acumulación de productos útiles de la vegetación nativa y en la producción ganadera.

PRODUCTIVIDAD DE LOS RECURSOS

Analizar el desarrollo productivo de la utilización de los recursos naturales, requiere de una separación basada en la disponibilidad del potencial productivo que representa el recurso suelo-agua. De esta manera podemos dividir las zonas áridas y semiáridas en dos grupos: 1) Aquellas tierras que se encuentran enclavadas en cuencas o áreas susceptibles al aprovechamiento de agua para riego proveniente del subsuelo y de pequeñas o grandes obras hidráulicas, pero que además presentan características del suelo propicias para la agricultura. 2) Las extensiones de tierra, que representan por su topografía un riesgo grande a la erosión, con suelos poco profundos y sin perspectivas del manejo y conservación del agua.

Cuadro 1. Superficie por zona ecológica (SEDUE, 1986).

Zona ecológica	Superficie km ²	% del total nacional
Árida	1'027,051	52.47
Templada	390,241	19.92
Trópico húmedo	258,983	14.60
Trópico seco	254,927	13.01
T o t a l	1'958,202	100.00

LA AGRICULTURA

Los beneficios agrícolas obtenidos en el primer grupo, han sido satisfactorios y de gran impacto tanto nacional como mundialmente. Este es el caso de todas aquellas tierras abiertas al cultivo y que se encuentran caracterizadas en este grupo. Tanto así que de ser tierras improductivas, han pasado a ser áreas agrícolas de importancia.

Su incremento se muestra en la Figura 2, donde se reporta la superficie de riego cosechada en los diferentes años agrícolas de 1944 a 1966 y donde más del 95% de esta superficie se encuentra en las regiones áridas y semiáridas de México. Las características actuales de estas tierras son: a) elevado grado de mecanización; b) incremento en el uso de fertilizantes; c) diversificación de cultivos; d) programas de investigación; e) demanda de servicios de extensión agrícola, y f) alta productividad.

La variación en el rendimiento promedio para trigo, maíz, algodón y sorgo es consecuencia, en gran parte, del nivel tecnológico aplicado en estas tierras (Cuadro 2).

No obstante de que en la actualidad existen tierras susceptibles de ser irrigadas cada vez se

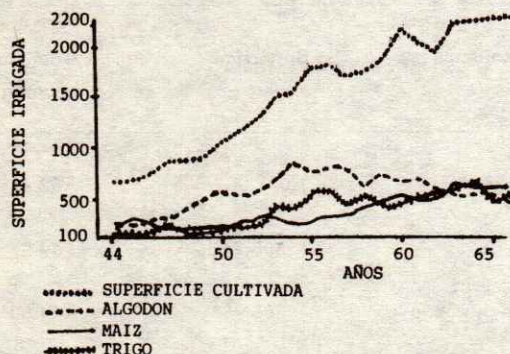


Figura 2. Superficie total cultivada en distritos de riego de las zonas áridas y semiáridas de México (Hernández, 1987).

Cuadro 2. Superficie cosechada, producción y variación en rendimiento de los cultivos principales en las áreas de riego de las zonas áridas y semiáridas (Hernández, 1987).

Cultivo	Superficie cosechada	Producción total	Variación en rendimiento prom.
	ha	ton	kg/ha
Trigo	473,861	1'563,416	1350-4000
Maíz	451,734	1'022,816	1500-3200
Algodón	414,128	993,293	1500-3500
Sorgo	247,015	723,676	1500-3200

torna más reducida, y surgen nuevos problemas a resolver dentro de las ya aprovechadas, como es el caso de la eliminación de los cultivos de grandes áreas debido al aumento de salinidad, tanto así que se estiman por encima de las 200,000 ha con este problema.

Es de considerar, que el aprovechamiento de tierras irrigables tiene un potencial que no está lejos de ser alcanzado y una gran limitante de expansión que está también a punto de ser agotada.

El segundo grupo de tierras representa el mayor porcentaje de la superficie de las zonas áridas y semiáridas de México. Además no es estático sino que su incremento cada vez se muestra más alarmante, llegando a ocupar extensiones que anteriormente ocupaban el primer grupo.

Cada año, más de 2.5 millones de hectáreas se preparan para ser cultivadas con maíz y frijol en las regiones semiáridas de Coahuila, Chihuahua, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas. La siembra de estos cultivos ha sido normada por el inicio de las lluvias y cuando

éstas se retrasan hasta el mes de agosto o principios de septiembre, el agricultor opta por sembrar maíz esperando recoger algo de forraje.

En años críticos según Hernández (1987), llegan a ser hasta 500 mil hectáreas las que no obstante de haber sido preparadas han quedado sin sembrarse y que bajo las condiciones de vegetación, suelo y clima quedan aptas para el desarrollo de erosión eólica típica de las zonas áridas y semiáridas (FAO, 1960; 1980).

Los daños ocasionados al respecto son dramáticos según lo muestra Amante (1985) quien obtuvo valores de erodabilidad de hasta 275 toneladas de suelo perdidas por hectárea en un año dentro del área de influencia del Centro Regional para Estudios de Zonas Áridas y Semiáridas del Colegio de Postgraduados (CREZAS-CP).

Estrada (1985) realiza la importancia de este fenómeno diciendo que las pérdidas ocasionadas por la erosión eólica son importantes en bosques y áreas de pastizales, pero que las pérdidas de la tierra usada para el cultivo es definitiva.

Es necesario detenerse un momento y meditar si en realidad este tipo de agricultura es una alternativa hacia el aprovechamiento de los recursos naturales o, de lo contrario, es la forma idónea de perder el potencial de nuestros recursos.

Esto queda de manifiesto al observar el caso específico que para 1960 la Dirección General de Estadística reporta en Aguascalientes un total de 28,606 ha de bosques con 14,996 ha clasificadas como improductivas. Para 1970 de bosques sólo quedaban 4,426 ha, con 19,728 ha improductivas. En sólo 10 años en Aguascalientes se había reducido en un 83.36% la superficie con bosque de pino y encino; mientras que la superficie improductiva había aumentado en un 31.55%. En contraste y para 1970 el Estado contaba con 175 ejidos con un total de tierra improductiva de 13,819 ha, la que representa el 70.04% de la superficie improductiva del estado. La población rural

crecía de 97,603 habitantes a 122,982 de 1960 a 1970 respectivamente y su incremento representó el 26.0% con respecto a 1960 (SPP, 1982). Esto indica en parte que la tenencia de la tierra y específicamente la que presenta menor potencial productivo está en manos de la población con menor recurso económico y que esta situación se ha venido incrementando año con año. Bajo estas características resulta comprensible y manifiesto el estancamiento productivo que la agricultura refleja, quedando sujeta a los volúmenes de precipitación presentes (Cuadro 3).

LA GANADERIA

Las zonas áridas y semiáridas están ocupadas por diversos tipos de vegetación dentro de los cuales el pastizal, áreas arbustivas y de matorral, se destinan al aprovechamiento de la ganadería.

El pastoreo en estas regiones ha producido la remoción y el agotamiento de la vegetación original, provocando el inicio de la erosión (FAO, 1961; Chepil, 1960; González y Scheffey, 1964; Rzedowski, 1978)

Cuadro 3. Rendimiento (ton/ha) en zonas áridas y semiáridas de cultivos de temporal en el año agrícola 1977 (SARH, 1977).

	Rendimiento		
	Frijol	Maíz	Trigo
	ton/ha		
Coahuila	.613	.331	.650
Nuevo León	.371	.837	1.321
Zacatecas	.217	.438	.643
San Luis Potosí	.325	.237	.453

El tipo vegetativo de mayor utilidad a la ganadería es el pastizal abierto, con áreas importantes en los estados de Chihuahua, Coahuila y Durango y en algunos valles altos de Sonora. El valor ganadero de este tipo de vegetación disminuye cuando se va entremezclando otro tipo vegetativo como lo son agaves, opuntias, acacias, prosopis e inclusive algunas gramíneas como el toboso (*Hilaria mustica*) y el zacatón alcalino (*Sporobolus* sp.); de tal manera que los coeficientes de agostadero oscilan entre las 40 y 10 hectáreas por unidad animal.

Al igual que en la situación de la agricultura, la ganadería de las regiones áridas y semiáridas de México se puede dividir en dos grupos. Primero los sistemas de producción en las grandes extensiones de pastizales, donde su principal limitante es la escasez de agua para el ganado, problema que en algunos casos se ha venido solucionando. Son definitivos los avances que en materia de manejo de pastizales y en nutrición mediante técnicas de suplementación, se han tenido y se siguen generando. El sistema de producción en estas regiones es característico y su rentabilidad se ha venido sosteniendo gracias a la demanda y buen precio de las exportaciones en pie hacia el vecino país de los Estados Unidos. De tal manera que los elementos que caracterizan al sistema son (De Alba, 1976): A) mercadeo fácil de becerros de destete a precios iguales o mayores que los de ganado gordo; B) reducidas inversiones en capital y mano de obra por área o cabeza; C) estacionalidad muy marcada en los partos y destetes, y D) dependencia exclusiva de forrajes naturales. Con raras excepciones en sequías extremas o para animales seleccionados.

Pero el interés del presente trabajo no va hacia el análisis de esta ganadería, sino a aquella que ocuparía el segundo grupo, y que se encuentra enclavada en una comunidad vegetativa de los tipos: a) matorral micrófilo con dominancia de los géneros *Larrea*, *Flourenzia*, *Celtis* y *Prosopis*; b) matorral rosetófilo donde predominan los géneros *Agave*, *Yucca*, *Hechtia* y *Dasilirion*; y c) matorral crasicauale con los géneros *Opuntia*,

Mirtillocaactus y *Carnegia* entre otros. Los estados de Nuevo León, Coahuila y San Luis Potosí poseen el mayor porcentaje de este tipo de vegetaciones y en ellas la actividad ganadera se concentra principalmente en la explotación de caprinos, pero donde la cabra es muy poco productiva y representa una especie de ahorro minúsculo de un capital de unos cuantos pesos por familia. Debe mencionarse que el sistema es todavía indefinido para la tecnología reportada, pero sí muy importante para la economía familiar, a veces por tradición, pero en otras porque representa un nivel precario, pero práctico, de utilizar los recursos naturales.

La caracterización de los sistemas de producción de cabras criollas en agostaderos del Altiplano Potosino (López, 1983, 1985) nos muestra la problemática a que se enfrenta esta ganadería, la que se manifiesta por los siguientes aspectos: 1) el agostadero es la única fuente de alimentación en rebaños ejidales; 2) el sistema de agostadero no está sujeto a ningún manejo; 3) el recorrido del rebaño llega a ser hasta de 12 km; 4) los pastores no pueden combinar otra actividad, y 5) una gran incidencia de reabsorción embrionaria y abortos. El mismo autor concluye en que el patrón de uso del agostadero ha conducido o está conduciendo a su degradación. Situación más alarmante en el ejido debido a la mayor relación tierra/hombre. Consecuencia que se refleja sobre la productividad de los rebaños, afectando los índices reproductivos, la velocidad de crecimiento y el peso de los animales (Cuadro 4). No obstante la población caprina ocupa después de los bovinos la principal actividad ganadera (8'193,451 cabezas) en México, con más del 50% de su población dentro de la Región Árida y Semiárida del País (SARH, 1977).

LA FAUNA SILVESTRE

Existen aproximadamente (SEDUE, 1986) en todo México 1,501 especies de mamíferos y 1,051 especies de aves. El interés por su uso se concentra en el 9.3% de mamíferos y el 11% de aves. Existen otros grupos que se

Cuadro 4. Indices reproductivos en tres hatos del Altiplano Potosino (López, 1985).

	Hato		
	1	2	3
Fertilidad:			
Porcentaje de cabras paridas por cabras expuestas a macho	67.57	56.48	44.21
Sobrevivencia:			
Porcentaje destetados del total nacidos	79.35	86.67	-----
Cosecha neta:			
Porcentaje de cabritos destetados del total de cabras expuestas a macho	60.81	36.11	-----

aprovechan como los reptiles y anfibios con 1,210 y 227 especies, respectivamente.

Según la regionalización ecológica, el uso actual de la Fauna Silvestre (Cuadro 5), representa un mayor potencial para las regiones áridas de México, principalmente en especies de aves y mamíferos en uso.

No obstante de la gran disponibilidad de especies faunísticas, éstas se han visto reducidas y amenazadas hasta llegar al punto de peligrar su existencia. En el Cuadro 6 se observa el grupo taxonómico de especies que actualmente se enfrenta a este problema.

Una de las principales causas ha sido la expansión dirigida hacia el aprovechamiento agrícola de áreas que representaban o representan el habitat de una o varias especies de fauna. La otra es el interés sobre la ganadería así que, por consecuencia, toda aquella especie (no doméstica) que interfiera de alguna manera deberá ser combatida y si es posible aniquilada.

Esto ha sido el caso del lobo mexicano, el coyote, gato montés, puma y jaguar. Y la competencia (supuesta) por las pasturas con venados, berrendos y borregos salvajes. Además de la culpabilidad por la presencia de enfermedades en el ganado.

Pero nuevamente el interés de la Fauna Silvestre debe ser enfocado hacia las Regiones Áridas y Semiáridas de México y hacia aquellas en donde la agricultura ni la ganadería presentan un desarrollo productivo y que es donde se encierra la problemática en el aprovechamiento de los recursos naturales de estas zonas.

En el Colegio de Postgraduados dentro del Area de Fauna Silvestre del Centro Regional para Estudios de Zonas Áridas y Semiáridas (CREZAS-CP) se llevó a cabo un estudio sobre la utilización de la Fauna Silvestre en el Altiplano Potosino-Zacatecano.

Los resultados mostraron que: 1) el uso de la fauna es una actividad importante para el campesino; 2) la presión de su uso por el campesino no ha producido efectos negativos sobre las poblaciones faunísticas, y 3) que el uso es diversificado siendo éste para consumo humano, medicinal, amuletos, aves de jaula, ornamentales, cetrería, peletería y taxidermia

Cuadro 5. Uso actual de la Fauna Silvestre (SEDUE, 1986).

Región ecológica	Número de especies (aprovechadas)	
	Aves y mamíferos	Aves canoras y de ornato
Árida	58	15
Templada	46	19
Trópico seco	42	18
Trópico húmedo	48	19

Cuadro 6. Fauna Silvestre amenazada y en peligro de extinción (SEDUE, 1986).

Grupo	Número de especies	Endémicas
Mamíferos	92	1
Aves	155	16
Reptiles	11	3
Anfibios	48	7
Peces	52	12
Invertebrados	21	17
Total	379	56

entre otros. El campesino en estas regiones lleva a cabo sistemas de aprovechamiento de la fauna, de donde obtiene beneficios varios, tanto de carácter alimenticio o de autoconsumo como comercial, por la venta del producto. Es consciente del deterioro que se hace sobre este recurso y se preocupa por mantenerlo hasta donde le es posible.

Es indiscutible que toda la Fauna Silvestre es de importancia socioeconómica y ambiental, pero existen dentro de ésta especies que presentan un potencial apto para su aprovechamiento de las zonas áridas y semiáridas tales como los rumiantes silvestres, como el venado, berrendo, venado bura, y el borrego cimarrón.

Estudios tendientes a observar el uso de la cubierta vegetal se han llevado a cabo en estas regiones (Clemente *et al.*, 1985) donde se ha demostrado que por ejemplo el venado cola-blanca no compite con el ganado por el agostadero y que es factible aprovechar la cubierta vegetal estableciendo sistemas de producción que consideren a los venados con

otras especies animales, ya sean silvestres o domésticas con diferentes hábitos alimenticios.

Aspectos nutricionales se han tocado para un mayor aprovechamiento de las poblaciones de venado cola-blanca, de modo que se han determinado deficiencias nutricionales y se ha sugerido (Clemente, 1984) la suplementación alimenticia a través del año, bajo condiciones de alimentación única del agostadero.

Sin embargo, los sistemas de producción con rumiantes silvestres en México comienzan a establecerse por lo que su evaluación productiva está por demostrarse en lo futuro. No obstante, en otros países con condiciones semejantes a las nuestras y enclavadas en las Regiones Áridas y Semiáridas del Mundo han mostrado la productividad del sistema y lo más importante, se ha logrado evitar el deterioro del agostadero, tanto así que la diversidad de especies presentes se ha aumentado. Razón por la cual se muestran los resultados obtenidos por Hopcraft (1975) en el sistema ecológico de Kenia, donde evaluó la productividad y el efecto sobre el agostadero entre la gacela Thomson y el ganado doméstico (Cuadros 7, 8 y 9).

El autor concluye diciendo: "Fue un gran impacto descubrir que los animales silvestres, que en el pasado habían sido considerados casi como una molestia o una curiosidad, pudieran ser mucho más productivos que el ganado, en regiones semi-desérticas".

Como inicio en el establecimiento de sistemas de producción y específicamente con venado cola-blanca, el CREZAS-CP, ha iniciado un sistema de alternativas, basado en la organización ejidal donde se lleva a cabo un seguimiento que comprende aspectos de 1) educación ecológica, 2) conocimiento del recurso, 3) organización administrativa, 4) vigilancia del predio, 5) adiestramiento sobre manejo del venado, y 6) mecanismos de aprovechamiento.

Este sistema está planteado para desarrollarse en las áreas de improductividad

Cuadro 7. Resultados sobre el agostadero en lotes experimentales con gacela Thomson y ganado doméstico en Kenia (Hopcraft, 1975).

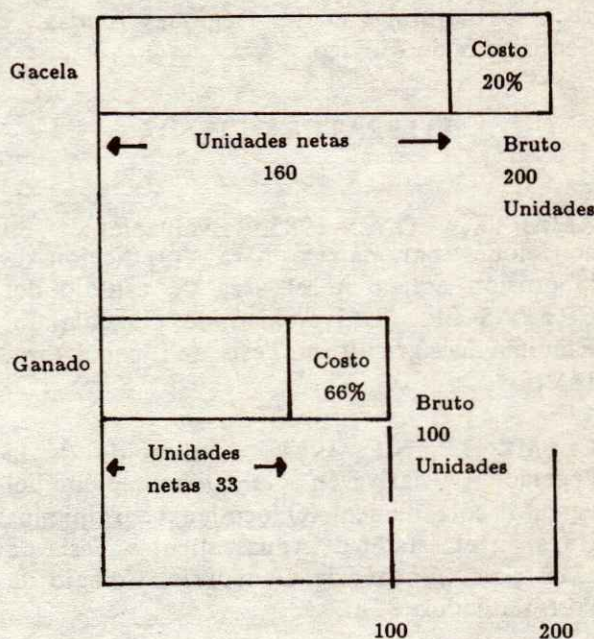
Factor de medición	Sección de ganado	Sección de gacela
Espesura del pasto	Significativamente reducida	32% más que en la de ganado
Varietades de pasto	Reducidas	100% más variedades que en la de ganado
Terreno trillado	Significativa y seriamente, en especial hacia el abrevadero	Ninguno
Deterioro alrededor del abrevadero.	Serio y extensivo	Ninguno

agropecuaria, pero con los recursos suelo-planta existentes. Consiste en el establecimiento, conservación e incremento del venado a partir de reintroducciones

Cuadro 8. Producción de carne magra con gacela Thomson y ganado con diferentes manejos (Hopcraft, 1975).

Tipo de ganado	Carne magra
	kg/0.40 ha
Gacela experimental	6.62
Ganado experimental	3.58
Ganado rancharo	1.81
Ganado nómada	0.45

Cuadro 9. Ingresos (carne y pieles) y costos de producción de los sistemas con gacela Thomson y ganado (Hopcraft, 1975).



directas al agostadero y de un pie de cría en cautiverio temporal. Las actividades son llevadas a cabo por ejidatarios asesorados por el Area de Fauna Silvestre del CREZAS-CP y normados por la SEDUE.

Esta alternativa se fundamenta en el concepto de aprovechar los recursos basados en su mantenimiento y mejoramiento como una técnica conservacionista.

CONCLUSIONES

- Existen grandes extensiones dentro de las Regiones Aridas y Semiáridas donde la agricultura y ganadería presentan un aprovechamiento precario.
- Los sistemas de producción agropecuaria en estas extensiones, están produciendo un deterioro acelerado de los recursos naturales.

- Es indispensable desarrollar sistemas de producción capaces de mantener los recursos naturales, como la utilización de la Fauna Silvestre que presenta posibilidades de aprovechamiento, con mantenimiento de los recursos naturales en las Regiones Áridas y Semiáridas de México.

LITERATURA CITADA

AMANTE, O.A. 1985. Evaluación de ecuaciones paramétricas para la predicción de la erosión eólica en el área de estudio del CREZAS-CP. Universidad de Guadalajara. Facultad de Agricultura. Tesis de Licenciatura. 145 p.

CLEMENTE, S.F. 1984. Utilización de la vegetación nativa en la alimentación del venado cola-blanca (*Odocoileus virginianus* Hays) en el estado de Aguascalientes. Tesis de Maestría. Centro de Ganadería, Colegio de Postgraduados. 87 p.

CLEMENTE, S.F., E. RIQUELME V., A. SALDIVAR F. y J. HERRERA H. 1985. Estimación de la composición botánica de la dieta del venado cola-blanca en Aguascalientes. Asociación Latinoamericana de Producción Animal. Memoria Vol. 20. R-77. 43 p.

COE, M.D. 1962. Ancient peoples and places. México. Ediciones Lara, México, D.F.

CHEPIL, W.S. 1960. The cycle of wind erosion. Transactions of the ASAE 1:225-231.

DE ALBA, M.J. 1976. Panorama actual de la ganadería mexicana. In: Seminario Internacional sobre Ganadería Tropical. FIRA. México, D.F. 41-62 pp.

ESTRADA, L.A. 1985. Influencia de la labranza sobre la erosión eólica y caracterización de algunos de sus efectos en Pánfilo Natera, Zac. Escuela Superior de Agricultura "Hermanos Escobar" A.C. Tesis de Licenciatura. 190 p.

FAO. 1960. Soil erosion by wind and measures for its control on agricultural lands. FAO. Agricultural Development Paper No. 71. Rome, Italy. 88 p.

FAO. 1961. La erosión eólica y medidas para combatirla en los suelos agrícolas. FAO. Roma, Italia.

FAO. 1980. Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos. FAO Y PNUMA. Roma, Italia. 86 p.

GONZALEZ, C.A. y A.J. SCHEFFEY. 1964. Los recursos espontáneos y su economía. In: Las Zonas Áridas del Centro y Noroeste de México y el Aprovechamiento de sus Recursos. IMRNAR. 29-95 pp.

HERNANDEZ, X.E. 1964. Los pastos y pastizales. In: Las Zonas Áridas del Centro y Noreste de México. IMRNR, México. 97-127 pp.

HERNANDEZ, X.E. 1987. Experiencia mexicana en zonas áridas. In: Xolocotzia, Tomo II. Universidad Autónoma Chapingo. 551-563 pp.

HOPCRAFT, D. 1975. Comparación de la productividad entre la gacela de Thomson y el ganado doméstico, y su relación dentro del sistema ecológico de Kenya. Ph.D. Thesis. Cornell University.

LOPEZ, T.Q. 1983. Estudio de cinco explotaciones caprinas en agostaderos del Altiplano Potosino. Tesis de Licenciatura. Dpto. de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. 130 p.

LOPEZ, T.Q. 1985. Caracterización de cabras criollas en agostaderos del Altiplano Potosino y factores que influyen en la reproducción y el crecimiento. Tesis de Maestría. Centro de Ganadería, Colegio de Postgraduados. 103 p.

RZEDOWSKI, J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa. México, D.F.

SARH. 1977. Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. Dirección de Economía Agrícola. 291 p.

SEDUE. 1986. Informe sobre el estado del

medio ambiente en México. Subsecretaría de Ecología. México, D.F. 83 p.

SPP. 1982. Manual de estadísticas básicas del estado de Aguascalientes. 644 p.

CLASIFICACION Y DELIMITACION DE LAS ZONAS ARIDAS Y SEMIARIDAS

Marcial Ortíz Váldez y Jaime Ruíz Vega

INIFAP-CIFAP, Zacatecas y Oaxaca

DEFINICION DE TERMINOS

Antes de introducirnos en el tema que nos ocupa, es importante definir algunos términos de uso frecuente y relacionados con La Gerigonza Agroclimática.

Clasificación: Acción de clasificar, es decir, ordenar objetos dentro de grupos o conjuntos, en base a su similaridad.

Caracterizar: Determinar con precisión las cualidades de algo o alguien.

Delimitar: Fijar límites.

Región: Gran extensión de terreno, porción de territorio determinado por caracteres geográficos, étnicos, lingüísticos y administrativos.

Regionalización: Acción y efecto de regionalizar. Regionalizar quiere decir adaptar a las necesidades de una región.

Zona: Espacio de la tierra largo y estrecho, caracterizado por alguna circunferencia particular. Parte de una superficie de la esfera comprendida entre dos planos paralelos.

Estación de crecimiento: El período disponible para el desarrollo biológico de las plantas. Este puede ser determinado por humedad, o por temperatura.

Clima: La condición más frecuente de la atmósfera, evaluada a partir de un conjunto de datos históricos de los fenómenos meteorológicos a través del tiempo.

Aridez: Condición de sequedad.

Zona árida: No existe una definición aceptable de zona árida. Una definición basada solo en precipitación es equivocada ya que no toma en consideración otros factores que también influyen la eficiencia de una cantidad de lluvia en la producción de cultivos. Algunos factores serían: 1) distribución de la lluvia a través del año, 2) temperatura, 3) viento, 4) humedad relativa y 5) cantidad de energía solar.

Objetivos de una Clasificación.

La clasificación es un proceso básico en todas las ciencias, y consiste en el reconocimiento de individuos con ciertas características comunes a otros para agruparlos dentro de clases o tipos. Al reducir de muchos a pocos tipos, el científico introduce simplicidad y orden.

Al formular una clasificación de climas se persiguen fines científicos y utilitarios. La necesidad científica es procesar la vasta cantidad de datos climáticos disponibles de la tierra, de tal manera que los patrones de distribución geográfica se vuelven aparentes. Aun el clima de una pequeña área es determinado por una gran variedad de elementos climáticos, siendo casi imposible que dos lugares tengan climas idénticos. El propósito utilitario de una clasificación climática es el de representar en forma objetiva las variantes de clima encontradas en el mundo. Utilizar todos los factores y elementos de clima y fenómenos meteorológicos en la clasificación originaría una enorme variedad de climas, los cuales no podrían ser representados a nivel microclima.

Causas de la Aridez.

Las principales causas de la aridez expresadas por Mosiño y citadas por García (1983) son:

- a) Aire seco en la parte alta de la troposfera encima de los anticiclones o centros de alta presión atmosférica.
- b) Extensos movimientos descendentes de aire.
- c) Calentamiento por compresión adiabática del aire descendente, aun en áreas próximas al mar, si en estas zonas dominan corrientes marinas frías.
- d) Carencia de nubes de desarrollo vertical.
- e) Sombra pluviométrica ocasionada por barreras montañosas.

Las regiones semiáridas usualmente se encuentran entre regiones de clima árido y húmedo. Aquellas regiones generalmente en la costa oeste del continente tienen veranos secos y fríos, pero el invierno es húmedo. Las áreas en la costa este, experimentan temperaturas mayores con lluvias que ocurren durante los meses de verano.

Clasificaciones Climáticas.

Koeppen, en 1936, reconoció cinco grupos principales de clima, los cuales se supone coinciden con cinco grupos de vegetación. El clima seco (B) de Koeppen corresponde al tipo de vegetación xerófita. En este tipo de clima seco la precipitación P es menor que la evaporación media anual (Cuadro 1).

Por otro lado Thornthwaite, en 1948, desarrolló un índice de efectividad de lluvia

$$\frac{P}{E} = 1.64 \left(\frac{P}{T-12.2} \right) \frac{10}{9}$$

donde P es

precipitación media anual en mm y T es la temperatura media en °C. Después de estas dos clasificaciones de Koeppen y de Thornthwaite hubo muchas modificaciones, incluso el mismo Thornthwaite hizo una modificación a su clasificación en 1955 incluyendo el término de

$$\text{evapotranspiración potencial: } Im = \left(\frac{P}{ETP} - 1 \right)$$

donde P es la precipitación media anual en mm y ETP evaporación potencial en mm. De acuerdo a este índice de humedad, para climas secos se obtienen valores negativos, para el clima semiárido, el valor varía de -66.7 a -33.3

Cuadro 1. Grupos principales de clima y grupos de vegetación correspondiente (Fuente: Griffiths y Driscoll, 1982; Trewartha y Horn, 1980; García 1964).

Grupos	Símbolo	Vegetación
Tropical lluvioso	A	Magatérmica
Seco	B	Xerófita
Templado lluvioso	C	Mosotérmica
Boreal	D	Microtérmica
Polar	E	Tundra

y para el clima árido de -100 a -66.7 (Cuadro 2). La clasificación de Thornthwaite y Hare (1955), además del índice de humedad, considera el índice de eficiencia termal, la concentración de la eficiencia termal en el verano, y la variación estacional de la humedad. En cuanto a la variación estacional de la humedad, así como la presencia de humedad anormal por medio de símbolos delimitados por un índice de aridez (Ia) en los climas húmedos y por un índice de no aridez en los climas secos (Cuadro 3). Las condiciones de humedad anormal pueden resultar de 1) excedente en un clima seco y 2) deficiencia de humedad en un clima húmedo.

Con frecuencia se considera a las clasificaciones de Koeppen y Thornthwaite como clasificaciones competitivas o alternativas, cuando éstas deberían de considerarse como

Cuadro 2. Regiones de humedad para, la clasificación de Thornthwaite (Thornthwaite y Hare, 1955).

Tipo de clima	Símbolo	Índice de humedad
Perhúmedo	A	100 y mayor
	B4	80 a 100
Húmedo	B3	60 a 80
	B2	40 a 60
	B1	20 a 40
Húmedo-subhúmedo	C2	0 a 20
Seco-subhúmedo	C1	-33.3 a 0
Semiárido	D	-66.7 a -33.3
Árido	E	-100 a -66.7

Cuadro 3. Variación estacional de la humedad de acuerdo a Thornthwaite (Thornthwaite y Hare, 1955).

Climas húmedos (A, B, C2)	Índice de aridez
r poca o ninguna deficiencia	0 - 10
s deficiencia moderada en verano	10 - 20
w deficiencia moderada en invierno	10 - 20
s2 deficiencia alta en verano	> 20
w2 deficiencia alta en invierno	> 20
Climas secos (C1, D, E)	Índice de no aridez
d pocos o ningunos excedentes	0-16.7
s excedentes moderados en verano	16.7-33.3
w excedentes moderados en invierno	16.7-33.3
s2 excedentes altos en verano	>33.3
w2 excedentes altos en invierno	>33.3

etapas evolutivas hacia una clasificación racional del clima. Carter (1966 b), considera que la clasificación de Thornthwaite es superior a la de Koeppen: "La preferencia del sistema de Koeppen entre los geógrafos no puede justificarse en base a la elegancia de su lógica interna ni en base a la precisión de sus criterios. Ambas clasificaciones han contribuido mucho a la filosofía y metodología de la clasificación climática; ambas están basadas en factores activos (energía y humedad disponibles) y cada una de ellas adoptó la idea del índice de humedad de los climatólogos del siglo XIX como la principal herramienta para identificar los límites lógicos de los climas, sin embargo, Thornthwaite dio un gran paso al incluir el concepto de evapotranspiración potencial en su clasificación".

Los factores del clima, como energía y humedad disponibles son vitales para el funcionamiento de plantas, suelo e hidrología, por lo cual su inclusión en una clasificación para biología ambiental es obligatoria (Carter, 1966 a).

La utilización de la vegetación natural para la delimitación de los límites de los tipos principales de clima en la clasificación de Koeppen es cuestionable. De acuerdo a Carter (1966 b), si se considera que el clima es una condición constante (Steady State), es una contradicción esperar que la vegetación, la cual alterada por la ocurrencia ocasional de sequía severa o excesos de humedad (not Steady State) esté asociada con los tipos de clima. A lo anterior habría que agregar que la distribución de la vegetación también está condicionada por el tipo de suelo. Mather y Yoshioka (1966) concluyeron que la vegetación se desarrolla en respuesta a muchos factores, dentro de los cuales incluye clima, suelo y prácticas culturales. El grado en que la distribución de la vegetación puede ser explicado en base a clima, depende en parte de la selección de los factores climáticos adecuados.

Para Carter (1966a), la clasificación de Koeppen fue un esfuerzo pionero, la cual no puede considerarse una clasificación climática en el sentido estricto, ya que se compone de un conjunto de valores climáticos escogidos mecánicamente debido a su coincidencia aparente con los límites de la vegetación.

La falta de apreciación del papel importante que la evapotranspiración y la humedad del suelo juegan en una clasificación climática, es la razón por la cual la mayoría de las aportaciones de Koeppen y Thornthwaite no han sido mejoradas. Esto ha resultado en la duplicación de esfuerzos y retrogresión en la mayoría de los trabajos recientes en clasificación climática (Carter, 1966c).

Troll (1965), basado en datos de precipitación y evapotranspiración potencial, propuso un índice para clasificar los climas cálidos de acuerdo a la duración de humedad en el suelo (Cuadro 4).

Cuadro 4. Tipos de vegetación y meses húmedos usando el índice de Troll.

Tipos de vegetación	Meses húmedos
Bosque tropical lluvioso	9.5 - 12
Savana (húmeda)	7 - 9.5
Savana (seca)	4.5 - 7
Savana (matorral espinoso)	2 - 4.5
Semiárida	1 - 2
Desierto	0 - 1

Mes húmedo = $P/ETP > 1$

$$I = \frac{P}{ETP}$$

donde:

I = índice de humedad

P = precipitación media mensual (mm).

ETP = evapotranspiración potencial media mensual (mm).

Cochemé y Franquin (1967) utilizaron la precipitación (P) y la evapotranspiración potencial (ETP) para caracterizar la condición de humedad (Cuadro 5).

Hargreaves (1971) propuso un índice de humedad disponible (IHD) donde utilizó para su cálculo un valor de probabilidad de lluvia de 75%, en lugar de la lluvia total. El índice propuesto por este autor es como sigue:

$$IHD = \frac{75\% \text{ Prob. lluvia}}{ETP}$$

Cuadro 5. Límites de P/ETP y condición de humedad (Cocheméy Franquin, 1967).

Límites de P/ETP	Condiciones de humedad
$P > ETP$	Húmedo
$ETP > P > ETP/2$	Período con humedad moderada
$P = ETP/2$ a $ETP/4$	Período moderadamente seco
$P = ETP/4$ a $ETP/10$	Período seco
$P < ETP/10$	Período muyseco

El IHD y su correspondiente condición de humedad se presenta en el Cuadro 6.

Papadakis (1975) propuso otro índice donde además de la precipitación, incluyó la humedad del suelo.

$$H = \frac{P + W}{ETP}$$

donde:

H = índice de humedad

P = precipitación mensual

ETP = evapotranspiración potencial

W = humedad almacenada en el suelo

Papadakis sugirió la fórmula siguiente para estimar la evapotranspiración potencial mensual:

$$ETP = 5.62 (e_{ma} - e_d)$$

donde:

e_{ma} = presión de vapor saturada (mb) a la temperatura máxima diaria promedio

e_d = promedio mensual de presión de vapor (mb)

Schmidt (1979) hizo una delimitación climática del desierto Chihuahuense basándose en el índice de aridez de Martonne, para ello utilizó datos de 800 estaciones climatológicas, encontró que el desierto Chihuahuense ocupa aproximadamente 350,000 km² e incluye 115 estaciones climáticas.

De acuerdo a Laner y Frankenberg (1979) desde 1910 se han tratado de delimitar los límites de aridez mensual basados en balances hidrológicos mensuales. La definición de un límite ecológico - climático está basada sobre el concepto de evapotranspiración potencial (ETP). Considerar un mes seco si la precipitación es menor que la ETP. De esa manera ellos definieron los límites de zonas áridas para cada mes, después integrando los 12 mapas en uno mostraron los 12 límites de zonas áridas para Africa. La variación anual de los límites mensuales de zonas áridas mostraron fuertes correlaciones con el cambio de las zonas de convergencia intropical y las zonas áridas cambiaron durante mayo/junio y octubre/noviembre cuando la zona de alta presión cambia abruptamente hacia el norte o hacia el sur.

Cuadro 6. Índice de humedad y condiciones de humedad (Hargreaves, 1971).

IHD	Condiciones de humedad
0-00 - 0.33	Muy deficiente
0.34 - 0.67	Moderadamente deficiente
0.68 - 1.00	Ligeramente deficiente
1.01 - 1.33	Humedad adecuada
> 1.34	Humedad excesiva

En la década de los 80's Reddy ha hecho investigación en clasificar los trópicos semiáridos de India, Senegal y Alto Volta. En uno de sus primeros trabajos Reddy (1983) obtuvo un método que involucra los conceptos de Cochemé y Franquin (1967) y Hargreaves (1974 y 1975). Este método estima el periodo húmedo en base a datos semanales para años individuales usando las técnicas de valores medios movidos. El método de Reddy toma en cuenta las secuencias de tiempo actuales, año por año durante el período húmedo completo. Este método utiliza la precipitación y evapotranspiración potencial y sirve para derivar variables las cuales se emplearán para clasificar los trópicos semiáridos en zonas homogéneas. Este autor seleccionó como variables agroclimáticas: la semana promedio de fecha de siembra y su desviación estándar; el período efectivo de lluvia disponible y su desviación estándar; el número de semanas con humedad y el número de semanas secas dentro del período efectivo de lluvia disponible; y finalmente el porcentaje de fracaso de los cultivos en el nivel de riesgo en agricultura de temporal. Después de esos trabajos realizó otros y en 1984 clasificó India, Senegal y el Alto Volta en grupos finitos usando análisis numéricos con 11 variables definidas en estudios anteriores. Se determinaron tres amplias zonas: árida, semiárida y subhúmeda.

La zona semiárida fue subdividida en cinco zonas basadas en el período efectivo de lluvia relacionado al patrón de cultivos.

Clasificación de las Zonas Áridas y Semiáridas en México.

Las zonas áridas y semiáridas se han definido principalmente en base a factores climáticos como precipitación y temperatura. En 1930 se hicieron intentos en delimitar las zonas áridas de México utilizando el índice de Martonne

$\frac{P}{T+10}$ donde P es precipitación media anual y T la temperatura media anual en grados C. Para 1932 Emberger propuso un índice de aridez $P = \frac{100 P}{(M+m) (M-m)}$ donde

P es la precipitación media anual, M es la temperatura media máxima del mes más caliente y m la temperatura media del mes más frío en grados C.

Stretta y Mosiño (1963) presentaron la distribución de las zonas áridas de la república mexicana según un índice derivado del de Emberger. La ecuación que ellos utilizaron tenía la siguiente expresión:

$$I_a = \frac{(M+m) (M-m) (M+45)}{P}$$

García (1964) hizo las modificaciones a la clasificación climática de Koeppen para adaptarla a las condiciones de México. Sin embargo, Carter (1966 c) considera que las modificaciones al sistema de Koeppen hechas por García (1964) son poco valiosas, ya que en general se olvida que la coincidencia de los tipos de vegetación, o de otros fenómenos naturales con la clasificación, no contribuye a hacerla más racional.

Por otra parte, Beltrán (1964) sugirió que los criterios aplicados a definir y delimitar las zonas áridas son el climatológico que toma en cuenta la cantidad y distribución de la precipitación y sus relaciones con la temperatura; y el hidrológico que considera la disponibilidad del agua para su futura utilización de las zonas áridas. Con esos criterios el Instituto Mexicano de Recursos no Renovables delimitó las zonas áridas y semiáridas de México.

Ortiz (1986), utilizando 59 variables de clima para 79 estaciones del área de influencia de CIANOC - INIFAP delimitó seis regiones utilizando análisis de conglomerados. Las regiones encontradas son: región árida semiárida, región seca-subhúmeda, región húmeda y región perhúmeda.

DISCUSION Y RECOMENDACIONES

La delimitación y clasificación de las zonas áridas y semiáridas en México se ha hecho

utilizando diferentes métodos, pero ninguno ha incluido a la evapotranspiración potencial. Aún así, se han realizado contribuciones importantes a el conocimiento de las zonas áridas y semiáridas.

Desde el punto de vista agropecuario y forestal, la clasificación sería más completa si se incluyeran además otras variables, las cuales podrían ser: temperaturas máximas y mínimas, período libre de heladas, altitud, radiación solar, profundidad y pendiente del suelo, etc.

Las variables climáticas más importantes en las zonas semiáridas son la precipitación, la evapotranspiración y la humedad almacenada. También es necesario considerar la variación inherente a las variables precipitación y evaporación, por lo cual se propone un índice de la forma:

$$I_h = \frac{P_p + W}{ETP_p} \times 100$$

donde:

I_h = índice de humedad

P_p = precipitación probable al 75% para la estación de crecimiento¹⁾

W = cantidad de agua almacenada al inicio de la estación de crecimiento¹⁾

ETP_p = evapotranspiración potencial probable al 75% para la estación de crecimiento¹⁾

Los tipos de clima e índices de humedad resultantes se muestran en el Cuadro 7. El rango del índice es tentativo y se ajustará posteriormente en forma empírica.

Una vez obtenidos estos valores para cada estación se procede a definir otras variables de interés agronómico de acuerdo los objetivos, y la precisión deseada, para posterior-

Cuadro 7. Índices de humedad y tipo de clima (Ruiz y Ortiz, 1988).

I_h	Humedad	Tipo	Condición
91 a >100	Excesiva	A	Perhúmeda
71 a 90	Optima	B	Húmeda
51 a 70	Marginal	C	Seca
21 a 50	Baja	D	Semiárida
< 20	Muy baja	E	Arida

mente proceder a la formación de grupos utilizando técnicas de formación de conglomerados o grupos de acuerdo a análisis multivariado. El análisis multivariado es una herramienta estadística probada por muchos investigadores y que ha dado resultados satisfactorios en la clasificación de zonas áridas y semiáridas. La mayoría de las marcas de microcomputadoras disponen de programas para la ejecución de análisis multivariado.

LITERATURA CITADA

BELTRAN, E. 1964. Las zonas áridas de México su presente y su futuro. Las zonas áridas del Centro y Noreste de México y el aprovechamiento de sus recursos. Ediciones del IMRNR, México, D.F.

CARTER, D.B. 1966a. Characteristics of climatic classification p. 305-308. Climatic classification for environment biology. *In*: Publications in climatology. Vol. XIX No. 4 C.W. Thornthwaite Associates, Laboratory of Climatology, Elmer, N.J.

CARTER, D.B. 1966b. Modern climatic classification: competition or evolution. p. 309-325. *In*: Publications in climatology. Vol. XIX No. 4 C.W. Thornthwaite Associates, Laboratory of Climatology, Elmer, N.J.

1) Delimitación en base $P_p/ETP_p \geq 0.33$.

- CARTER, D.B.** 1966c. Recent progress in classification of climates. p. 326-340. In: Publications in climatology. Vol. XIX No. 4 C.W. Thornthwaite Associates, Laboratory of Climatology, Elmer, N.J.
- COCHEME, J. y P. FRANQUIN.** 1967. An agroclimatological survey of a semiarid area in Africa south of the Sahara. Technical Note No. 86. WMO.
- DE MARTONNE, E.** 1926. Une nouvelle fonction climatologique: L'Indice d'aridité. La meteorologie. 68:449-458.
- EMBERGER, L.** 1932. Sur une formule climatique et ses applications en botanique. La Meteorologie Nov-Dec. pp. 423-432 Paris.
- GARCIA, E.** 1964. Modificaciones a la clasificación climática de Koeppen. Universidad Nacional Autónoma de México.
- GARCIA, E.** 1983. Causas, delimitación y caracterización de las zonas áridas de México. Recursos Agrícolas de Zonas Áridas Y Semiáridas de México. CP. Centro de Genética, Chapingo, Méx.
- GRIFFITHS, J.F. y D.M. DRISCOLL.** 1982. Survey of Climatology. Charles E. Merrill Publishing Company, Columbus.
- HARGREAVES, G.H.** 1971. Precipitation dependability and potential for agricultural production in Northeast Brazil. EMBRAPA and Utah State University, 123 pp.
- HARGREAVES, G.H.** 1974. Climatic zoning for agricultural production in Northeast Brazil. Utah State Univ. USAID. 16 pp.
- HARGREAVES, G.H.** 1975. Water requirements manual for irrigated crops and rainfed agriculture. EMBRAPA and Utah State University. 40 pp.
- KOEPPE, W.P.** 1936. Das geographische System der Klimate. Handbuch der Klimatologie, Band, 1 Teil C:41-43, Berlin.
- LANER, W. y P. FRANKERBERG.** 1979. The seasonal shifting of arid land boundaries in Africa. *Erbunde* 33 (4) 249-257. Bonn, German Federal Republic.
- MATHER, J.R. y G.A. YOSHIOKA.** 1966. The role of climate in the distribution of vegetation. p. 372-384. In: Publications in climatology. Vol. XIX No. 4 C.W. Thornthwaite Associates, Laboratory of Climatology, Elmer, N.J.
- ORTIZ, V.M.** 1986. Delimitación agroclimática de áreas homogéneas en el CIANOC. XI Congreso Nacional de Fitogenética. SOMEFI y U. de G.
- ORTIZ, V.M. y RUIZ, V.J.** 1987. Climatología aplicada. Documento interno INIFAP - SARH. 268 p.
- PAPADAKIS, J.** 1975. Climates of the world and their agricultural potentialities. Cordoba, Spain.
- REDDY, S.J.** 1983a. Agroclimatic classification of the semiarid tropics. I. A method for the computation of classificatory variables. *Agric. Meteorol.* 30:185-200.
- REDDY, S.J.** 1983b. Agroclimatic classification of the semiarid tropics. II. Identification of classificatory variables. *Agric. Meteorol.* 30:201-219.
- REDDY, S.J.** 1984. Agroclimatic classification of the semiarid tropics. III. Characteristics of variables relevant to crop production potential. *Agric. Meteorol.* 30:269-292.
- REDDY, S.J.** 1983. Agroclimatic classification of the semiarid tropics. IV. Classification of India, Senegal and Upper Volta. *Agric. Meteorol.* 30:293-325.
- RUIZ, V.J. y ORTIZ, V.M.** 1988. Calibración de un índice de humedad para clasificación agroclimática. Trabajo en preparación.

SCHMIDT, R.H. Jr. 1979. A climatic delineation of the real Chihuahuan Desert. *Journal of Arid Environments*. 2(3) 243-250. Dep. of Geological Sciences, University of Texas at El Paso, El Paso, Texas. USA.

STRETTA, E.J.P. y P. MOSIÑO A. 1963. Distribución de las zonas áridas de la República Mexicana, se quía un nuevo índice de aridez derivado del de Emberger. *Rev. Ingeniería Hidráulica en México*. Vol. XVII No. 40. 1.

THORNTHWAITE, C.W. 1948. An approach toward a rational classification of climate. *Geographic Review* 38:55-94.

THORNTHWAITE, C.W. y F.K. HARE. 1955. Climatic classification in forestry. *Unasylnva* 9(2):50-59.

TREWARTHA G.T. y L.H. HARN. 1980. An introduction to climate. Mc Graw Hill book Company, New York.

TROLL, C. 1965. Seasonal climates of the earth. Page 28 in world maps of climatology. E. Redenwalt y H. Jusats Edit, Springer Verlag, Berlin.

INDICE DE AUTORES

- Alcalde B., S. 118
Anaya G., M. 51
- Bravo L., A. G. 126, 132
- Clemente S., F. 170
Cuanalo de la C., H. H. 13
- Chan C., J. L. 26, 126, 132
- Delhoume, J. P. 163
Diakit  D., L. 3
Díaz de León T., J. G. 118
Díaz S., H. 93
- Flores M., F. 126
Flores R., D. 33
- Hernández X., E. 81, 149
Huez L., M. A. 99
- Lucero A., M. G. 33
- Martínez G., M. A. 43, 51
- Ojeda T., E. 13
Ortega E., M. 99
Ortiz V., M. 180
- Pérez-Zamora, O. 110
Pissani Z., J. F. 70
Pool N., L. 81, 149
- Ramírez A., C. 99
Rone P., J. L. 99
Ruíz V., J. 180
- Serna P., A. 140
- Tovar S., J. L. 51
- Valdez C., R. D. 26
Valdez D., L. E. 62, 93
Velásquez V., M. A. 140
- Zárate de L., G. 118
Zermeño G., A. 70

REVISORES QUE HAN COLABORADO CON LA
REVISTA TERRA DURANTE 1987.

- DR. ANDRES AGUILAR SANTELISES, Chapingo
- DR. JORGE BAUS PICARD, Chapingo
- M.C. JAVIER Z. CASTELLANOS, Celaya
- DR. JOSE LUIS CHAN CASTAÑEDA, Zacatecas
- DR. JORGE D. ETCHEVERS B., Montecillo
- M.C. CARLOS FUENTES RUIZ, Montecillo
- M.C. GABRIEL HARO AGUILAR, Montecillo
- M.C. RODOLFO JASSO IBARRA, Gómez Palacio
- DR. RICARDO HUGO LIRA SALDIVAR, Gómez Palacio
- DR. ROBERTO NUÑEZ ESCOBAR, Montecillo
- M.C. ENRIQUE OJEDA TREJO, Montecillo
- DR. OSCAR L. PALACIOS VELEZ, Montecillo
- M.C. JOSEFINA PAREDES GONZALEZ, México D.F.
- DR. OCTAVIO PEREZ ZAMORA, Colima
- M.C. CARLOS RAMIREZ AYALA, Montecillo
- ING. FRANCISCO RODRIGUEZ NEAVE, Chapingo
- M.C. JORGE L. TOVAR SALINAS, Montecillo
- M.C. CARLOS FERNANDO UREÑA CASTELLANO, Chapingo
- M.C. VALENTIN VAZQUEZ AGUILAR, Celaya
- DR. VICTOR VOLKE HALLER, Montecillo

REVISTA TERRA

NORMAS PARA PUBLICACION

TIPO DE MANUSCRITO PARA PUBLICACION

La Revista **TERRA** acepta trabajos, en lengua española, sobre temas relacionados con la Ciencia del Suelo y el Agua. Estos pueden ser Artículos Científicos, Notas de Investigación, Ensayos o Revisiones de Literatura, Cartas al Editor, y Reseña de Libros. Se entiende por Artículo Científico aquel basado en un trabajo de investigación en que se ha aplicado en forma rigurosa el método científico y se ha estudiado el efecto que tienen diferentes tratamientos sobre la respuesta medible de un sistema, como metodología para comprobar o rechazar una hipótesis claramente establecida como objetivo del trabajo.

Las Notas de Investigación son artículos basados en trabajos experimentales que presentan aspectos metodológicos novedosos, o resultados que el autor quisiera publicar antes que finalice la investigación.

Los Ensayos o Revisiones de Literatura son artículos basados en una recopilación de artículos científicos o de investigación existen-

tes, en que el autor aporta su opinión personal sobre el tema y establece conclusiones respecto del estado actual del conocimiento del tema.

TERRA publicará las Cartas al Editor con opiniones o comentarios debidamente argumentados, que reciba. Esta sección tiene por objeto fomentar la discusión sobre temas publicados en sus páginas o de interés para la comunidad científica nacional. La Reseña de Libros es una sección destinada a dar a conocer la obra, particularmente de autores mexicanos e iberoamericanos, que son de interés para los científicos del suelo.

La Revista **TERRA** acepta colaboraciones de todos los miembros de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, así como de individuos que deseen publicar sus trabajos en ella, pero no tengan esta calidad. Los trabajos que se envíen deberán ceñirse a estas Normas para Publicación y estarán sujetos a revisión por el Comité Editorial o por quien éste designe, antes de su publicación.

NOTA: Los manuscritos deberán enviarse con original y dos copias, escritos a doble espacio, a:
Editor de la Revista **TERRA**,
Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A. C.
Apartado Postal 45,
56230 Chapingo, Edo. de México.
México.

Versión revisada 7-88.

CONTENIDO DEL MANUSCRITO

Los Artículos Científicos y las Notas Científicas que se presentan deberán contar de las siguientes partes: (a) Título; (b) Autor(es); (c) Institución(es) responsable(s) del trabajo y dirección de los autores; (d) Resumen; (e) Palabras claves; (f) Summary; (g) Index words; (h) Introducción, que aparte de la motivación, importancia de los objetivos, deberá incluir aquellos aspectos más importantes, relativos del tema central, de la revisión de literatura; (i) Materiales y Métodos, donde se indique claramente el o los método(s) experimental(es) empleado(s) para dar respuesta a las hipótesis del trabajo; (j) Resultados y Discusión; (k) Conclusiones; y (l) Literatura Citada. El Comité Editorial podrá aceptar algunas modificaciones de esta estructura, cuando el tenor del texto así lo aconseje.

Los Ensayos o Revisiones de Literatura deberán constar de las siguientes partes: (a) Título; (b) Autor(es); (c) Institución donde se desarrolló el trabajo; (d) Resumen; (e) Palabras claves; (f) Summary; (g) Index words; (h) Introducción; (i) Desarrollo del tema, con los subtítulos que se estimen convenientes; (j) Discusión, donde fuere procedente; (k) Conclusiones; y (l) Literatura Citada.

Las Cartas al Editor y las Reseñas de Libros no tienen un formato definido, pero no deberán ser de más de dos cuartillas a máquina, doble espacio.

FORMATO DEL MANUSCRITO

Los trabajos deben enviarse mecanografiados en papel tamaño carta a doble espacio dejando márgenes en los cuatro costados de 2.5 cm y con las líneas numeradas. Las páginas, incluyendo los Cuadros y las Figuras, se numerarán correlativamente. El texto no deberá exceder de 20 páginas, siendo 15 el largo ideal para un Artículo Científico y 8 para una Nota Científica. Cada Cuadro o Figura se incluirá en una hoja aparte con su correspondiente número con lápiz de grafito suave en el reverso. Las leyendas correspondientes se mecanografiarán en hojas apartes (una hoja para cada Cuadro o Figura). Los Cuadros y las Figuras contendrán sólo la información esencial y en ningún caso repetir los datos que se presenten en otra forma. Las unidades que se empleen serán los del Sistema Métrico Decimal.

ESPECIFICACIONES PARA EL FORMATO

Título. El título se escribirá con mayúsculas, al inicio y al centro de la página. Se colocará también traducido al inglés, inmediatamente abajo del título en español. El título en inglés se escribirá con minúsculas, excepto las primeras letras de cada palabra, dos espacios sencillos abajo del anterior. El título deberá ser breve e indicar en forma precisa la naturaleza y contenido del artículo. Un título largo no es necesariamente el mejor. Así por ejemplo "Fijación de Fósforo en un Andosol de Colima" es mejor que "Determinación

de la Cantidad de Fósforo Fijado en los Horizontes A y B de un Perfil Alterado en un Suelo Andosol del Estado de Colima".

Autores. Se incluirá el nombre del autor o autores en la forma en que se acostumbran a escribirlo en sus publicaciones. Se sugiere adoptar una forma para toda la vida, que sea breve. Ejemplo: Roberto Núñez E., J. H. Miranda P. o R. Ferrera-Cerrato. Esto ayuda a no crear confusión y a identificar fácilmente a los autores. No se usarán títulos ni grados. La primera letra del nombre y apellidos se escribirán con mayúsculas. Los nombres de los autores se separarán por comas y se centrarán en la página. Se escribirán cuatro espacios debajo del título en inglés y centrados respecto de los márgenes.

Institución(es) patrocinante(s) y dirección de los autores. El objetivo de esta parte del artículo es dar el crédito respectivo a la institución que patrocinó el trabajo y que los lectores puedan contactar a los autores en caso necesario; la dirección postal debe quedar claramente especificada. Ejemplo: Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx. o Departamento de Suelos, UACH, Chapingo, México. Esta identificación se escribirá con minúsculas, excepto las siglas, dos espacios sencillos debajo de los autores.

Pie de páginas. Se podrán utilizar, cuando sea necesario, para identificar información adicional; se numerarán correlativamente a través de todo el texto. Deberán emplearse al mínimo y sólo cuando sea imprescindible.

De la forma de titular. Los títulos tienen diversos órdenes y ellos señalan automáticamente la posición de una parte del artículo dentro de éste.

Título de primer orden. Es el título principal del artículo y siempre se escribe con mayúsculas, al inicio del artículo, centrado respecto de los márgenes.

Títulos de segundo orden. A este tipo corresponden las diferentes partes del artículo: Resumen, Summary, Introducción, etc. Se escriben con minúsculas, excepto las primeras letras de cada palabra. Se ubican tres espacios simples abajo del último renglón escrito. El texto que le sigue se comenzará a escribir dos espacios simples después del título.

Títulos de tercer orden. Se escriben al margen izquierdo, con minúsculas, excepto la primera letra de las palabras. Se subrayan. Se ubican dos espacios sencillos bajo el último escrito. El texto comienza a escribirse dos espacios sencillos después del título.

Títulos de cuarto orden. Se escriben al margen izquierdo con minúsculas, excepto la primera letra. Van subrayados y con punto final sin dejar sangría, como en el presente párrafo. Si hubiera necesidad de título de mayor orden, se seguirán las normas recién indicadas, pero éstos se colocarán con una sangría de cinco espacios contados a partir del margen izquierdo, para el de quinto orden, y mayor, para el de sexto orden.

Resumen. Esta sección debe sintetizar, en no más de 250-300 palabras, los aspectos más importantes del trabajo, esto es, su motivación, importancia, método experimental (cuando corresponda) y las conclusiones más importantes. Se titula con un título de segundo orden.

Palabras claves. Dos espacios sencillos abajo del texto anterior se colocan al margen izquierdo y con minúsculas: Palabras claves, seguido de dos puntos, y a continuación las palabras que el autor considere clave para su trabajo, las que deberán ser distintas a las empleadas en el título.

Summary. Se siguen las mismas normas que para el Resumen en español. Esta sección es básica para darle difusión internacional a la revista. Se titula también con segundo orden.

Index words. Se seguirán las instrucciones dadas para Palabras claves, pero estas últimas se colocarán en inglés.

Introducción. En esta sección se indica la motivación, la importancia y los objetivos del trabajo que llevan implícito las hipótesis del trabajo. Contienen, además, los aspectos más relevantes del tema, tratados por otros autores e identificados en la Revisión de Literatura. La Introducción no debe exceder de tres cuartillas a doble espacio. Se titula con segundo orden.

Materiales y Métodos. Esta sección debe describir las características relevantes de los materiales usados en el estudio y los métodos experimentales empleados. A la descripción del método experimental utilizado para lograr los objetivos planteados se le debe dar particular importancia. Debe mostrar concordancia plena con las hipótesis. Así por ejemplo, si el propósito de un trabajo es determinar el efecto de la adición de estiércol vacuno en la mineralización del nitrógeno del suelo, deberá describirse el experimento que permitió medir este efecto. Los revisores tendrán muy en cuenta la concordancia entre objetivos planteados y los métodos experimentales empleados. Se titula con segundo orden.

Resultados y Discusión. Bajo este título se incluyen los resultados obtenidos en la investigación. Estos se presentarán en forma de Cuadros, Figuras, Fotografías, etc., y no deberán duplicar la información que se da en el texto. La información presentada en Cuadros y Figuras tampoco deberá duplicarse, así como incluir resultados que puedan ser fácilmente calculables. Ejemplo: presentar en una columna el rendimiento en g/m^2 y en otra en kg/ha . En la Discusión se harán resaltar los principios más importantes y las relaciones causa-efecto derivados del análisis de los resultados. Además, deberá explicar, en función de las observaciones hechas, el por qué de lo observado. Los resultados obtenidos se compararán con los de otros investigadores, señalando las divergencias y las semejanzas. Los Resultados y la Discusión deben tener los mismos subtítulos, si es que los hay, de la sección de Materiales y Métodos. Se titula con segundo orden.

Conclusiones. Las primeras conclusiones que se presentan deben ser aquellas correspondientes a los objetivos planteados. Se pueden incluir, además, otras conclusiones relevantes y recomendaciones que emanen del trabajo. Se titula con segundo orden.

Citas en el texto. Las citas en el texto se harán de acuerdo con la forma en que participan éstas en la oración. Se seguirán las siguientes reglas: (a) se citará el apellido principal del autor(es) y el año, cuando se trate de uno o dos autores, y el apellido principal del primer autor seguido de et al. y el año, cuando se trate de tres o más autores; (b) las citas, cuando más de una, se colocarán en orden alfabético; (c) cuando el nombre del autor(es) participa en la oración se colocará el apellido principal seguido del año entre paréntesis; ejemplo: Martínez (1982) observó que ...; Carrasco (1983) y Merino (1984) encontraron gran diferencia ...; (d) cuando la cita se agrega al final de la oración los nombres de los autores y el año se colocarán entre paréntesis, separados por una coma; ejemplo: ... al final de la cosecha (Martínez, 1982) o (Carrasco, 1983; Merino, 1984) o (Bravo et al., 1979); (e) cuando el autor tiene más de una publicación en un año se adiciona a éste a, b, c; ejemplo: (Moreno, 1984a) o (Moreno, 1984b) según sea el caso; (f) las comunicaciones personales se citarán sólo en el texto; ejemplo: (R. Núñez E., 1984. Comunicación personal); (g) las citas que no aparezcan en la Literatura Citada, por ser documentos de circulación restringida y no sean comunicaciones personales, se colocarán con pie de página, siguiendo la numeración correlativa correspondiente.

Literatura Citada. Para confeccionar la lista de citas de la Literatura Citada se seguirán las normas que se detallan a continuación como ejemplos.

(1) Caso de artículos en revistas seriadas; ejemplo:

NUÑEZ E., R., A. TRINIDAD S., J. J. MARTINEZ H. 1984. Efecto de estiércol de vacuno en la producción de maíz. *Agropecuaria Técnica* 54: 385-388.

Obsérvese que la inicial del nombre propio se ha trasladado al final de los apellidos sólo para el caso del primer autor, y que se ha mantenido la inicial del segundo apellido y del nombre propio en el lugar que corresponde en el resto de los casos. Es común que los nombres ingleses se escriban con dos nombres personales y un apellido; ejemplo: L. J. Brown, el cual se citará en caso de ser primer autor como Brown, L. J. y como L. J. Brown en todos los demás. Los portugueses y brasileños acostumbra colocar el apellido paterno en segundo lugar y éste es el que se debe citar; ejemplo: Antonio Amaro Filho, es Filho, A. A. o A. A. Filho según sea el primer autor o acompañante. Para el caso de los nombres árabes, orientales e hindúes se deberá consultar una guía para citas bibliográficas, como la del Council of Biological Editors o las normas del IICA para citas bibliográficas.

(2) Caso de artículos en una publicación colectiva no periódica con o sin editor; ejemplo:

(i) con editor

TURRENT F., A. 1984. Los agrosistemas del trópico, pp. 315-328. In: E. Hernández X. (ed). Los sistemas agrícolas de México. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.

(ii) sin editor

CORTES F., J. I. 1984. El manejo de los frutales en zonas frías, pp. 181-192. In: La fruta y su perspectiva en México. CONAFRUT, SARH, México, D. F.

(3) Caso de los boletines técnicos u otras publicaciones seriadas no periódicas; ejemplo:

CLEMENT, H. F. 1952. Factors affecting the growth of sugarcane. Univ. Hawaii Agr. Exp. Sta. Tech. Bull. 18.

(4) Caso de los libros; ejemplo:

JACKSON, M. L. 1964. Análisis químico de los suelos. Traducción al español de J. Huerta. Editorial Omega, Barcelona, España.

ZAMUDIO H., B. 1970. Las especies latifoliadas del Cono Sur. 2a. Edición. Editorial Inca, Lima, Perú.

(5) Otras publicaciones; ejemplo:

CAVAZOS L., A. 1971. Efecto de la pendiente en la pérdida de suelo por erosión hídrica. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. (Tesis de Maestría).

La lista de citas se confeccionará en orden alfabético. Sólo se incluirá en ella los trabajos citados en el texto.

OTROS ASPECTOS DEL MANUSCRITO

A continuación se dan algunas indicaciones acerca de los cuidados y consideraciones que hay que tener para la elaboración de las figuras, cuadros, mapas, etc. Los cuadros y las figuras se emplean para reemplazar al texto, cuando el contenido de éstos no puede expresarse claramente con palabras o su uso contribuya a un ahorro importante de espacio. Los cuadros y las figuras deben ser claros, simples y concisos. Para ello es necesario seleccionar los datos de modo que se presenten sólo aquellos que se emplearán para hacer énfasis en algún aspecto o que expliquen otros. Los datos deben ordenarse en una forma tal que sean fácil de interpretar.

En el pie de cuadro se incluirán las llamadas que sean pertinentes. Los asteriscos se reservarán para indicar significación al 5% (*) y al 1% (**), respectivamente. Se recomienda el uso de numerales correlativos para las llamadas.

Los cuadros deben tener tres líneas horizontales sólidas: al inicio del cuadro, al inicio del campo del cuadro, y al final de éste. No se permitirá el uso de líneas verticales.

El encabezamiento del cuadro dará entrada a las columnas y a las líneas. Las unidades correspondientes a las columnas irán en el campo del cuadro, no en el encabezamiento. El campo y el encabezamiento de las columnas se pueden dividir a conveniencia del autor.

Los encabezamientos de columnas y líneas se describirán con minúsculas, excepto la primera letra de la primera palabra.

Se empleará sólo el número de cifras significativas necesarias para destacar el punto que se desea. No tiene sentido hablar de 4,314.3 kg de maíz, probablemente 4.3 ó 4.31 ton/ha es suficiente.

Los cuadros no podrán ser mayores de una página tamaño carta, considerando los márgenes antes dichos.

Los mapas y las figuras deben dibujarse en tinta china sobre papel albanene o papel dibujo de buena calidad. No deben exceder las dimensiones de una página tamaño carta. La leyenda debe ser con letras y números de tamaño lo suficiente grande, como para que puedan leerse al ser reducidos, al igual que el grosor de los ejes y líneas interiores. Para un gráfico del tamaño de una página carta se requieren letras y números de 0.8 a 1.0 cm de altura. Recuerde que en una figura lo que interesa destacar es el contenido y no los ejes. Consecuentemente, el grosor de estos últimos tiene que ser menor que el de las líneas interiores. Los puntos experimentales deben marcarse visiblemente. Para dimensionar los ejes se deben escoger módulos constantes para cada uno.

Los mosaicos fotográficos deben entregarse montados en hojas de papel, totalmente terminados, con leyenda y numeración. El aumento de las microfotografías debe indicarse en la leyenda.

Agradecimientos. Podrán incluirse cuando sea necesario al final del texto, esto es, después de las Conclusiones y antes de la Literatura Citada.

Potencialidades de producción de los suelos áridos en zona de temporal en el Bolsón de Mapimí.

J. P. DELHOUME 163

La fauna silvestre como alternativa en el aprovechamiento de las regiones áridas y semiáridas de México.

F. CLEMENTE S. 170

Clasificación y delimitación de las zonas áridas y semiáridas.

M. ORTIZ V. y J. RUIZ V. 180