

TERRA

Volumen 5 Enero - Junio 1987 Número 1

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

DIVISION I

I
N
D
I
C
E

Relación entre procesos pedogenéticos y horizontes genéticos, y sus aplicaciones a la cartografía de serie de suelos.

L. DIAKITE D. 3

Metodología para la evaluación del potencial de maíz y frijol en base a clima, suelo y manejo.

E. OJEDA T. y
H. H. CUANALO DE LA C. 13

Efecto de las malezas sobre algunas propiedades físicas del suelo cultivado con duraznero en condiciones de riego y temporal.

R. D. VALDEZ C. y
J. L. CHAN C. 26

DIVISION II

Evaluación de la calidad forrajera de una especie arvense y su comportamiento en asociación con especies cultivadas.

M. G. LUCERO A. y
D. FLORES R. 33

Balance hídrico en maíz de temporal en Sandoval, Aguascalientes.

M. A. MARTINEZ G. 43

Captación de agua en maíz de temporal en Aguascalientes.

M. A. MARTINEZ G., M. ANAYA G.
y J. L. TOVAR S. 51

DIVISION III

Optimización de la fertilización nitrogenada y fosfórica, y de la humedad, en pasto Bermuda Cruza 1 bajo riego en Tomatlán, Jal.

L. E. VALDEZ D. 62

INDICE

EDITORIAL

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. Organó
oficial de divulgación de la Sociedad
Mexicana de la Ciencia del Suelo A. C.
Volumen 5-1, enero-junio 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.

ARTICULOS CIENTIFICOS

División I: Diagnóstico, Metodología y Evaluación del Recurso Suelo

- Relación entre procesos pedogenéticos y horizontes
genéticos, y sus aplicaciones a la cartografía de serie
de suelos. LAMINE DIAKITE D. 3
- Metodología para la evaluación del potencial de
maíz y frijol en base a clima, suelo y manejo. ENRIQUE
OJEDA TREJO y HERIBERTO H. CUANALO DE
LA CERDA 13
- Efecto de las malezas sobre algunas propiedades
físicas del suelo cultivado con duraznero en condi-
ciones de riego y temporal. RICARDO D. VALDEZ
C. y JOSE L. CHAN C. 26

División II: Relación Suelo-Clima-Biota

- Evaluación de la calidad forrajera de una especie
arvense y su comportamiento en asociación con
especies cultivadas. MARTHA G. LUCERO ARANDA
y DAVID FLORES ROMAN. 33
- Balance hídrico en maíz de temporal en
Sandoval, Aguascalientes. MIGUEL ANGEL
MARTINEZ GAMIÑO. 43
- Captación de agua en maíz de temporal en
Aguascalientes. MIGUEL ANGEL MARTINEZ
GAMIÑO, MANUEL ANAYA G. y JORGE L.
TOVAR S. 51
- Optimización de la fertilización nitrogenada y
fosfórica, y de la humedad, en pasto Bermuda Cruza
I bajo riego en Tomatlán, Jal. LUIS E. VALDEZ
DÍAZ. 62

División III: Aprovechamiento del Recurso Suelo

- Metodología para la evaluación de materiales
envolventes blandos usados en drenaje subterráneo. A.
ZERMEÑO GONZALEZ y J.F. PISSANI ZUÑIGA. 70
- Los contenidos de materia orgánica de suelos en
áreas bajo el sistema agrícola roza-tumba-quema:
importancia del muestreo. LUCIANO POOL N. y E.
HERNANDEZ X. 81
- Metodología indirecta para la evaluación
económica de experimentos de respuesta de los cultivos
forrajeros a insumos de la producción. LUIS E.
VALDEZ DIAZ y HERIBERTO DIAZ SOLIS. 93

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, 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. Organó
 oficial de divulgación de la Sociedad
 Mexicana de la Ciencia del Suelo A. C.
 Volumen 5-1, enero-junio 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.

*Division I: Diagnostic, Methodology and Evaluation of
 the Soil Resource*

Relationship between pedogenetic processes and
 genetic horizons, diagnostic horizons, and its
 application in soil series cartography. LAMINE
 DIAKITE D. 3

Methodology for assessment of the yield potential
 of maize and beans based on soil, climate and
 management. ENRIQUE OJEDA TREJO and
 HERIBERTO H. CUANALO DE LA CERDA. 13

Effect of weeds on some physical properties of soil
 cultivated with peach in irrigated and rainfed
 environments. RICARDO D. VALDEZ C. and JOSE
 L. CHAN C. 26

Division II: Soil-Climate-Biota Relationship

Forage quality evaluation of a weed species and
 its behavior towards cultivated species. MARTHA
 G. LUCERO ARANDA and DAVID FLORES
 ROMAN. 33

Water balance on non-irrigated corn in
 Sandoval, Aguascalientes, Mex. MIGUEL ANGEL
 MARTINEZ GAMIÑO. 43

Water harvesting for corn under dry land
 conditions in Aguascalientes. MIGUEL ANGEL
 MARTINEZ GAMIÑO, MANUEL ANAYA G. and
 JORGE L. TOVAR S. 51

Optimizing levels of nitrogen and phosphate
 fertilizers and moisture in irrigated Bermuda Cross 1
 grasslands at Tomatlan, Jalisco. LUIS E. VALDEZ
 DIAZ. 62

Division III: Use of the Soil Resource

Methodology for the evaluation of soft
 materials in subterranean drainage. A. ZERMEÑO
 GONZALEZ and J.F. PISSANI ZUÑIGA. 70

Organic matter contents in soils under slash
 and burn agriculture: importance of the sampling
 methods. LUCIANO POOL N. and E.
 HERNANDEZ X. 81

Indirect procedure for economical analysis of
 forage crops response experiments to production
 inputs. LUIS E. VALDEZ DIAZ and HERIBERTO
 DIAZ SOLIS. 93

EDITORIAL

Hace algunos años, cuando se nos entregó la responsabilidad de dirigir editorialmente Terra, nos propusimos un plan, que lentamente se ha ido implementando. La publicación de la revista estaba en ese entonces rezagada, y hoy continuamos estándolo (escribo estas líneas en agosto de 1989). Sin embargo, comenzamos a ver la luz al final del túnel. Como primera tarea nos propusimos organizar todo un sistema que permitiese un seguimiento de los trabajos recibidos para publicación. Gracias a la decidida participación de la Sra. Ina Aalmers de Aguilar, nuestra editora administrativa, esta misión ha sido cumplida y todo trabajo que llega para publicación sigue un procedimiento expedito, como lo habrán notado nuestros colaboradores. La segunda tarea a que nos abocamos fue establecer un cuerpo de revisores, a quien aprovecho de agradecer su valiosa colaboración. Sin ellos no sería posible realizar este trabajo. En tercer lugar tuvimos que resolver problemas logísticos de cómo hacer la revista. Terra, como lo notarán, ha entrado de lleno en la era computacional, la empresa no ha sido fácil y los lectores encontrarán varios pequeños errores. Estamos aprendiendo y prometemos mejorar. La composición electrónica no está exenta de problemas. Debimos comenzar por entender de qué se trataba y formar personal necesario para esta tarea. Agradezco la dedicación y paciencia de las Srtas Marcelina Espejel y Bárbara Zamora quienes compartieron conmigo las decepciones de los fracasos iniciales. Pero aquí estamos. Con las medidas que tomamos y las que tomaremos, tenemos confianza en que pronto llegaremos a Ustedes oportunamente y sin retrasos.

El Editor.

RELACION ENTRE PROCESOS PEDOGENETICOS Y HORIZONTES GENETICOS, Y SUS APLICACIONES A LA CARTOGRAFIA DE SERIE DE SUELOS

Relationship between Pedogenetic Processes and Genetic Horizons, Diagnostic Horizons, and its Application in Soil Series Cartography

Lamine Diakite D.

Departamento de Irrigación

Universidad Autónoma Chapingo, 56230 Chapingo, Méx.

RESUMEN

La serie de suelo como unidad cartográfica constituye la base para la planeación del uso, manejo y conservación de los suelos, se define en base a la similaridad morfológica de los suelos. Sin embargo, la complejidad de los procesos pedogenéticos y la variación espacial de los factores de diferenciación de suelo no hacen a menudo fácil la labor de identificación correcta de los horizontes genéticos de suelo. Este trabajo tiene por meta, hacer una sistematización de la nomenclatura de los horizontes genéticos y la relación que existe entre ellos, los procesos pedogenéticos y los horizontes de diagnóstico. Los aspectos más relevantes de esta sistematización consisten en los siguientes:

(a) El sistema propuesto para la nomenclatura y designación de los horizontes orgánicos fue diferente para los suelos orgánicos (histosol) y para las capas orgánicas de los suelos minerales.

(b) Seis horizontes mayores fueron distinguidos O, A, E, B, C y R.

(c) La designación de los subhorizontes se basa en la utilización de símbolos alfanuméricos.

Palabras clave: Regolito, Perfil, Horizonte, Subhorizonte, Horizontes orgánicos, Horizontes minerales, Sequum, Discontinuidad litológica, Horizonte eluvial, Horizonte iluvial, Material saprico, Hemico, Limnico.

SUMMARY

The soil series considered as cartographic unit constitutes the base for soil use planning, management and soil conservation. However, the complexity of pedogenetic processes and the spatial variation of soil differentiation factors don't make the correct identification of the soil genetic horizons easy. The objective of this article is to systematize the nomenclature of soil genetic horizons and to establish the relationship between those horizons, the pedogenetic processes, and the diagnostic horizons. The most relevant aspects of this systematization consist of the following:

(a) The proposed system for the nomenclature and designation of the organic horizons was different for organic soils (histosol) and organic mantles of the mineral soils.

Recibido 6-87.

(b) Six main horizons were distinguished O, A, E, B, C and R.

(c) The designation of the subhorizons is based on the use of the alphanumerical symbols.

Index words: Regolith, Profile, Horizon, Subhorizon, Organic horizons, Mineral horizons, Sequum, Lithologic discontinuity, Eluvial horizon, Iluvial horizon, Sapric material, Hemic material, Limnic material.

INTRODUCCION

La acción combinada de los factores físicos y bióticos como clima, relieve, organismos bióticos sobre el sustrato geológico conduce al intemperismo y desintegración de las rocas desarrollándose un regolito cuya profundidad y grado de diferenciación en el sentido vertical aumentarán progresivamente con el tiempo, mientras no esté involucrado un transporte a gran escala de los productos resultantes. El carácter y las propiedades del regolito quedan determinados por la acción de ciertos procesos que dependen del clima, modificado por la topografía. Estos procesos son representados por un conjunto de diferentes fenómenos físico-químico y biológico que transcurren en los suelos, determinan la composición química de la masa del suelo y conducen al desarrollo de diferentes clases de suelo con una morfología particular. El perfil genético y su grado de diferenciación reflejan siempre los procesos elementales, por eso, para clasificar y mapear correctamente los suelos dentro de cualquier sistema, es necesario conocer bien éstos. El horizonte de diagnóstico constituye un método práctico de evaluación de los procesos elementales, presenta definiciones precisas y de sencilla aplicación, sin embargo, para la elaboración de estos criterios de diagnóstico, se requirió un profundo conocimiento de los procesos elementales de la pedogénesis. Para los fines de clasificación y de mapeo de series de suelo, se requiere medir y comparar los tipos y grados de procesos que

transcurren en cada suelo. Uno de los principales criterios de comparación constituye la morfología de los suelos. El valor de los estudios morfológicos depende del sistema de nomenclatura y de designación de los horizontes genéticos. El mejor sistema de nomenclatura y de designación de los horizontes es aquel que toma en consideración los procesos principales y secundarios de formación de suelos.

Nomenclatura de los Horizontes del Suelo

La designación correcta de los horizontes o capas de la base de los estudios morfológicos: a) permite mostrar las relaciones genéticas que existen entre los horizontes de un perfil así como la secuencia en profundidad de los mismos; b) hace posible las comparaciones útiles entre los suelos; c) constituye el fundamento básico de los levantamientos de series de suelos y determina en gran proporción la calidad de los mismos. En base a la experiencia que se tiene de los estudios morfológicos y de levantamiento de los suelos de la República Mexicana, se presenta a continuación una sistematización de la identificación y designación de los horizontes de suelo sobre la base de los sistemas de mayor uso en el mundo: Inglaterra (Bridges, 1978; Hodson, 1978), Francia (Duchaufour, 1965, 1968, 1972, 1978), Estados Unidos (USDA, 1955, 1975; Carlisle y Brown, 1982).

Las reglas que gobiernan el uso de los símbolos son las siguientes: 1) los horizontes genéticos de los suelos pueden ser agrupados en dos: los horizontes orgánicos y los horizontes minerales. Los horizontes orgánicos de los suelos minerales son designados por las letras A_{oo} y A_o y consisten de hojarasca y restos vegetales más o menos descompuestos. Estos horizontes alcanzan espesores significativos en los suelos forestales; los libros que tratan de estos suelos usan letras L, H y F para referirse a las capas de literas con grado de descomposición nulo, mediano y alto respectivamente. Los horizontes orgánicos de los histosoles (o suelos orgánicos) son designados por las letras O_i, O_e y O_a y los materiales

límnicos que suelen hallarse debajo de estas capas orgánicas son designados por las letras Lma, Lco, Ldi. Los horizontes minerales, contienen menos de 30% de materia orgánica son identificados por las letras A, E, B, C, y R; 2) los horizontes A, E, B, C y R indican las clases de divergencia dominante a partir del material de origen. Estos horizontes mayores se subdividen en subhorizontes, los cuales se indican colocando una o dos letras minúsculas a manera de sufijo al símbolo del horizonte; estas letras-sufijos indican propiedades diferenciadoras que traducen procesos pedogenéticos secundarios o principales. Así se obtienen los símbolos Ah, Ap, Br, Bt, Bh, C, Cg, etc.; 3) los subhorizontes anteriormente definidos pueden ser sujetos a otras subdivisiones verticales, los cuales se indican colocando un número arábigo después del símbolo del subhorizonte; las subdivisiones verticales son aplicables a cualquier subhorizonte incluyendo los subhorizontes Ap y C; así se obtienen los símbolos Cg1, Cg2---- Cca1, Cca2----etc. Apl, Ap2, etc.----Btl, Bt2,----Bhl, Bh2----Bvl, Bv2, etc.----; 4) los números romanos se usan en prefijo a los símbolos de los horizontes mayores o capas, para indicar discontinuidades litológicas ya sea dentro del solum o abajo de éste. Por ejemplo una secuencia de horizontes desde la superficie hacia abajo, puede ser Ah, A/B, IIBt, IICr, IIICm. La discontinuidad litológica se reconoce por un cambio en textura o en mineralogía indicando diferencia en material a partir del cual se ha formado el horizonte; 5) un horizonte iluvial B junto con un horizonte eluvial A encima si está presente se denomina sequum; si existe más de un sequum en una secuencia vertical, al sequum de abajo se le designa A B con apóstrofes, se usa también para los suelos enterrados, A'B'.

Horizontes Orgánicos de los Histosoles (USDA, 1975).

Las letras O y L se usan para designar las capas u horizontes de los suelos orgánicos, la letra O para los horizontes orgánicos y la letra L para designar a los materiales subyacentes a los anteriores. Pueden subdividirse en:

Oi = capa formada de materiales orgánicos edáficos fibricos¹); descompuestos. Contiene grandes cantidades de fibras bien conservadas, fácilmente identificable como el origen botánico. La capa Oi contiene materiales fibricos en una proporción superior a 2/3 del volumen total del suelo y tiene una densidad aparente < 0.1.

Los colores de estos materiales son comúnmente pardo amarillento claro, pardo oscuro o pardo rojizo.

Oe = capa formada por materiales edáficos orgánicos hémico. (Gr hemi=medio; implica una descomposición intermedia). Los materiales hémicos presentan un grado de descomposición intermedio entre los materiales fibricos menos descompuestos y los materiales sápricos de mayor descomposición. Su contenido de fibras normalmente está entre 1/3 y 2/3 del volumen del suelo; su densidad aparente varía comúnmente entre 0.07 y 0.18.

Oa = capa formada de residuos orgánicos sápricos (Gr. sapros = podrido), estos corresponden a los materiales orgánicos más descompuestos, con un contenido de fibra bajo (menor de 1/3 del volumen del suelo) y una densidad aparente más alta, comúnmente > 0.2.

Debajo de las capas orgánicas O, suelen encontrarse materiales humilúvicos y límnicos, de naturaleza orgánica e inorgánica, los cuales fueron designados con la letra L. Las capas L se dividen en subcapas en base a la naturaleza de los materiales que las constituyen:

1) Una fibra es un fragmento de tejido vegetal, con exclusión de las raíces vivas, lo suficiente grande como para quedar retenido en un tamiz de malla 100 (abertura de 0.15 mm). Además la estructura celular de la planta de origen es suficientemente reconocible.

Lh = capa de humus iluvial acumulado en las partes inferiores del horizonte O de algunos suelos orgánicos ácidos que han sido drenados y cultivados. El subhorizonte Lh se ubica comúnmente en contacto del horizonte O con un horizonte mineral arenoso.

Lco = capa de tierra coprogénica (turba sedimentaria), es una capa límnic que deriva de plantas acuáticas submarinas y flotantes y que fueron posteriormente modificadas por animales acuáticos; presenta las siguientes características:

(1) contiene muchos gránulos fecales de algunos cientos a décimas de milímetros en diámetro;

(2) tiene un valor, en húmedo, < 5 ;

(3) a) forma una suspensión ligeramente viscosa en agua que es ligeramente plástica pero no adhesiva o, b) se contrae al secarse formando terrones que son difíciles de rehumedecer y que frecuentemente tienden a agrietarse a lo largo de planos horizontales.

Ldi = capa de tierra de diatomeas; el color de la matriz tiene valores de 3 a 5 si no se ha secado previamente, y el valor cambia irreversiblemente con el secado. El cambio de color se debe a la contracción irreversible de recubrimientos de materia orgánica sobre las diatomeas, que se pueden identificar en el microscopio (440X) en muestras secas; y

Lma = capa margosa y marga que presenta las siguientes características:

(1) tiene un valor, en húmedo ≥ 5 ; y

(2) reacciona con el HCl diluido.

Capas Orgánicas de los Suelos Minerales (Duchaufour, 1965).

Corresponden a las capas de tierra más o menos gruesa que ocurre comúnmente en la superficie de los suelos forestales. Se usan las letras Aoo, y Ao para su designación:

Aoo = capa de litera fresca, formada de hojarasca y residuos vegetales identificables;

Ao = capa de litera mediana o completamente descompuesta en la que la estructura original de los residuos vegetales está destruida; contiene más del 30% de materia orgánica.

Horizontes y Subhorizontes Minerales

Horizonte A. Es el horizonte superficial de los suelos minerales, que contiene materia orgánica humificada, íntimamente incorporada a la fracción mineral; incluye los siguientes subhorizontes:

(A) = horizonte que se diferencia de la roca madre por una simple disgregación física.

Ah ó Al = horizonte mixto no perturbado que contiene una mezcla de materia orgánica (menos del 30%) y materia mineral.

Ap = horizonte A perturbado por labranza u otros manejos y con límite inferior neto.

Ag = horizonte A gléico.

A/B = horizonte de transición entre los horizontes eluvial e iluvial, marcando un principio de acumulación de elementos finos o amorfos.

AB = horizonte de transición entre A y B.

A+B = horizonte A que incluyen partes reconocibles del B en menos del 50% del volumen.

AhB = horizonte con humus "evolucionado" procedente de la insolubilización de ciertos complejos organominerales, característico de ciertos perfiles humíferos (andosoles por ejemplo).

AC = horizonte de transición entre A y C.

Horizonte E. Horizonte subsuperficial que descansa debajo de un horizonte Ah; es más claro en color y contiene menos materia orgánica sesquióxidos de hierro y arcilla que los horizontes superiores y subyacentes (corresponde a los horizontes Ae ó A2). Incluyen a los siguientes subhorizontes:

Ea = horizonte blanqueado de los espodosoles.

Eb = horizonte de color más claro y desprovisto de sesquióxidos y arcilla de otros suelos.

Eg = horizonte E gléico.

E/B = horizonte de transición entre los horizontes E y B, marcando un principio de acumulación de elementos finos o amorfos.

E+B = horizonte E que incluye partes reconocibles de B en menos del 50% del volumen.

Horizonte B. El horizonte B, descansa debajo de un A o E y se distingue de los horizontes adyacentes por su color y su estructura. Es un horizonte enriquecido, por iluviación, en elementos finos o amorfos: arcilla, óxidos de hierro y de aluminio y a veces humus. Puede resultar también de una simple alteración del material parental por lavado de las bases tales como carbonatos sin iluviación significativas de arcillas u óxidos. El horizonte B puede ser dividido en:

(B) = horizonte B estructural o de alteración sin iluviación significativa. Difiere de la roca madre por su grado de alteración más fuerte (presencia de Fe_2O_3 libre) y del horizonte de superficie A por su diferente estructura (corresponde al horizonte Bw); este horizonte se halla en varios inceptisoles y algunos vertisoles.

Bt = horizonte B de acumulación de arcilla.

Bh = horizonte B de acumulación de humus.

Box = horizonte de acumulación de sesquióxidos residuales de los suelos tropicales.

Bca = horizonte enriquecido en carbonato de calcio.

Bcs = horizonte de acumulación de sulfato de calcio (yeso).

Bcn = horizonte de acumulación de concreciones enriquecidas de sesquióxidos.

Bcu = horizonte que contiene plintita.

Bsa = horizonte de acumulación de sales solubles.

BC = horizonte de transición entre B y C.

Bs = horizonte de suelos de regiones templadas, de color ocre, enriquecido en sesquióxidos iluvial; se hallan en los espodosoles.

Bfe = horizonte plácico: banda aliótica sinuosa corresponde a un pan de hierro delgado.

Bx = fragipan denso compacto.

Bca = horizonte enriquecido de carbonato de calcio.

Bl = horizonte ágrico, formado debajo de un horizonte Ap, (corresponde al piso de arado).

Bg = horizonte B a pseudogley, con hidromorfismo temporal, abigarrado de manchas grises, blancas y del herrumbre y a veces con concreciones negras.

BtBs = horizonte con carácter mixto, "argílico" y "espódico" caracteriza los espodosoles.

BG = horizonte fuertemente gleizado que cambia de color al exponerse al aire.

Horizonte C. Material originario a expensas del cual se forman los horizontes superyacentes. Puede ser subdivido en:

Cr = material parental no consolidado.

Cca = material parental enriquecido con carbonato de calcio.

Ccs = material parental enriquecido con yeso.

Cg = material parental pseudogleizado, en hidromorfismo temporal, moteado de manchas grises, blancas y de herrumbre y a veces con concreciones negras.

C_G = material parental fuertemente gleizado, de colores grises, gris-verdoso o gris-azulado.

Cm = material cementado por piroconsolidación.

Horizonte R. Roca basal consolidada como granito, basalto, arenisca o caliza.

Símbolos Usados para Indicar Procesos y Características Diferenciadoras de los Horizontes Mayores

Los horizontes mayores A, E, B, C, se subdividen en subhorizontes en base a los efectos reconocibles o medibles de ciertos procesos pedogenéticos. Los índices que se aplican según los casos, a los diferentes horizontes principales son los siguientes:

a = 1) materiales orgánicos sápricos en los histosoles, 2) indica un horizonte eluvial E de los espodosoles

b = indica un horizonte E de otros suelos, excepto los espodosoles

ca = acumulación de carbonatos, comúnmente de calcio

co = materiales coprogénicos

cs = acumulación de sulfato de calcio

cn = acumulación de concreciones enriquecidas de sesquióxidos

cu = plintita

di = presencia de diatomeas

e = materiales orgánicos hémicos

f = suelos congelados

fe = presencia de pan de hierro delgado

g = características de pseudogleización; moteados grises, blancos y de herrumbres, a veces concreciones negras.

G = fuerte gleización, colores grises, gris-verdoso o gris azulado que cambian al exponerse.

h = acumulación de humus iluvial

i = materiales orgánicos fíbricos, no alterados

l = presencia de un piso de arado

m = fuerte cementación

ox = acumulación residual de sesquióxidos

p = horizonte perturbado por arado, pastoreo y otros

r = material rocoso suelto

s = acumulación de sesquióxidos iluviales

sa = acumulación de sales solubles

t = acumulación de arcilla iluvial

v = horizonte B estructural o de alteración

x = presencia de fragipan

Relación entre Procesos Pedogenéticos y Horizontes Genéticos.

Los procesos elementales de formación de suelo, pueden ser divididos en tres grupos fundamentales en base a los tipos de horizontes que forman.

(1) Procesos pedogenéticos que condicionan la formación de los horizontes de alteración (horizontes cámbico y óxico).

Procesos Elementales Horizontes Genéticos

- a) Procesos primarios..... (A)
- b) Procesos sialíticos..... (B) textural
- c) Procesos de feritización..... (B) textural
- d) Procesos de gleización..... B_G
- e) Procesos de pedoturbación..... (B) estructural
- f) Procesos alíticos..... B_{ox}

(2) Procesos pedogenéticos que condicionan la formación de los horizontes de acumulación (horizontes argílico; nátrico, espódico, cálcico, yesífero y horizonte Ca).

- g) Procesos de iluviación o de lessivage..... A/B, Bt, Bs, EB
- h) Procesos fersialíticos..... Bts
- i) Procesos de salinización.... Bsa, Bcs
- j) Procesos solonetz..... Bna
- k) Procesos de podzolizació.. Bh, BhBt, Ea
- l) Procesos de calcificación... Bca

(3) Procesos pedogenéticos que condicionan la formación de los horizontes de acumulación de materia orgánica (epipedón mólico e histórico).

- m) Acumulación de humus..... Ah, Aoo, Ao, AhB
(Proceso chernozómico)
- n) Acumulación de turba..... Oi, Oe, Oa.

El Cuadro 1 que se presenta a continuación, muestra algunos ejemplos de la interrelación entre los horizontes genéticos, los procesos pedogenéticos, horizonte diagnóstico y las correspondientes clases edominantes de suelo.

Cuadro 1. Ejemplos de interrelación entre horizontes genéticos-procesos- pedogenéticos- y horizontes de diagnóstico.

Horizontes o subhorizontes genéticos	Proceso pedogenéticos	Horizontes de diagnóstico	Ejemplos de suelos
(A)	Procesos primarios	—	Suelos minerales brutos o entisoles
Al		Ocrico	Varias clases de suelos pobres en humus
Ah	Acumulación de humus (puede ser el proceso chernozómico)	Umbrico (PSB<50%)	Suelos humíferos desaturados, (Umbrept, Humult, Humox)
		Mólico (PSB>50%)	Suelos isohúmicos, calcimagnésicos, y emparentados (molisoles y los subgrupos mólicos)

Cuadro 1. Continuación

Horizontes o subhorizontes genéticos	Proceso pedogenéticos	Horizontes de diagnóstico	Ejemplos de suelos
Ap	Influencia humana	—	
Ag	Gleización	Varios	Suelos hidromorfos a gley (suelo a régimen de humedad acuico y peracuico)
AhB	Proceso andico o de criptopodzolización	Cámbico	Ranker cripto podzólico (Typic criortod), algunos vertisoles, andisoles.
A/B A+B	Iluviación	Varios	Varios
Ea	Podzolización	Albico	Podzol (Espodosol)
Eb	Seudopodzolición	Albico	Polzol, Albol, algunos udul
Eg	Podzolización y gleización	Albico	Gley podzólico
(B)	Argilización o Pedoturbación	Cámbico	Inceptisol, algunos vertisoles y andisoles
Bg	Gleización	Cámbico	Suelos hidromorfos (suborden acuico en el USDA)
Bh	Iluviación o Podzolización	Espódico	Espodosoles y suelos a carácter espódico
Bt	Iluviación o Lessivage	Argílico	Alfisol: SB>35% Ultisol: SB<35% SB: Saturación de base
Bs	Iluviación		Espodosoles
BtBs	Iluviación y podzolización	Argílico y espódico	Espodoluvisoles (subgrupos de intergrados)
Box	Ferralítico	Oxico	Oxisoles y algunos suelos ferralíticos
Bl	Iluviación-tipo antrópico	Agrico	Suelos agrícolas continuamente labrados

Cuadro 1. Continuación

Horizontes o subhorizontes genéticos	Proceso pedogenéticos	Horizontes de diagnósticos	Ejemplos de suelos
Bca	Iluviación y calcificación	Cálcico	Grandes grupos o subgrupos de suelos cálcicos
Bcn	Plintización	Plintita	Grandes grupos de los alfisoles, ultisoles y oxisoles
Bsa	Salinización	Sálico	Suelos salinos

CONCLUSIONES

La cartografía de series de suelos es la agrupación espacial de los pedones, se basa en sus similitudes morfológicas y mineralógicas. Los levantamientos de campo de las series consisten fundamentalmente en un estudio morfológico de los suelos. Considerando que los factores que provocan la diferenciación de los suelos varían en forma lenta y progresiva en el espacio geográfico, la influencia de los procesos pedogenéticos se manifiesta también en forma paulatina. Este fenómeno no simplifica la comparación de los perfiles genéticos si no se usa un enfoque pedogenético que constituye la mejor evidencia convergente. Así, el menor sistema de nomenclatura es aquel que refleja en su sistema de designación de horizontes, los procesos pedogenéticos principales y secundarios. El sistema presentado en este trabajo constituye un sistema de nomenclatura de horizontes muy comprensibles que garantiza una buena calidad de los levantamientos de serie de suelo. Además ayuda a una identificación preliminar de los horizontes de diagnóstico en el campo. Es, sin embargo,

necesario apoyar los estudios morfológicos de campo por análisis de laboratorio para confirmar los horizontes de diagnóstico probablemente definidos durante la etapa de campo.

LITERATURA CITADA

- BRIDGES, E. M.** 1978. World soils. Second edition. pp. 10-13 Cambridge University Press.
- CARLISLES, V.W. y R.B. BROWN.** 1982. Florida soil identification handbook. pp. 9-16. University of Florida-Soil Science Department in cooperation with USDA-Soil Conservation Service.
- DUCHAUFOR, PH.** 1965. Précis de pédologie. Masson & Cie.
- DUCHAUFOR, PH.** 1968. L'évolution des sols. Essai sur la dynamique des profils. Masson & Cie.
- DUCHAUFOR, PH.** 1972. Processus de formation des sols. Biochimie et Géochimie. Academic de Nancy-metz.

DUCHAUFOR, PH. 1977. Atlas ecologique des sols du monde. pp. 4-5. Toray-masson, S.A., Barcelona.

DUCHAUFOR, PH. 1978. Manual de edafología. pp. 218-219. Toray-masson.

HODSON, J.N. 1978. Soil sampling and soil description. pp. 5-8. Monograph on soil survey. Oxford University Press.

USDA. 1955. Handbook No. 18. Soil Survey Staff.

USDA. 1975. Soil taxonomy.

METODOLOGIA PARA LA EVALUACION DEL POTENCIAL DE MAIZ Y FRIJOL EN BASE A CLIMA, SUELO Y MANEJO

Methodology for Assessment of the Yield Potential of Maize and Beans Based on Soil,
Climate and Management.

Enrique Ojeda Trejo y Heriberto H. Cuanalo de la Cerda.

Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados,
56230 Chapingo, México.

RESUMEN

Debemos enfocar nuestra atención en lo que tenemos para incrementar la producción de alimentos, siendo el medio ambiente físico de primordial importancia. Se hace necesario evaluar la aptitud de la tierra y el potencial de producción que ella tiene en las áreas de temporal. Para conseguirlo se propone realizar el análisis conjunto de los factores clima, suelo y manejo. La metodología de zonas agroecológicas (FAO, 1978) nos ubica en ese camino. En este trabajo se propone aplicar la metodología de zonas agroecológicas a nivel regional: (a) colectando datos sobre clima, cultivo y manejo durante un año; (b) creando un banco de datos en forma digital y elaborando los programas para su análisis; (c) realizando en base a ello la validación y ajuste de la metodología; y (d) creando la infraestructura para el estudio conjunto de clima, suelo y manejo.

Palabras clave: Zonificación agroecológica, Evaluación de tierras, Agroclimatología.

SUMMARY

Attention should be paid to Mexico's potential for increasing food production, considering the environment as the main factor. It is necessary to evaluate the ability of the land and its potential for production in rainfed areas. We propose the allied analysis of climate, soil and management. The methodology of agroecological zones (FAO, 1978) is a good technique. In this project we propose to apply the methodology at the regional level, to collect data about climate, soil and management during one year, to create a data bank and programs for data analysis and to validate and adapt the methodology. Furthermore, we are creating the framework for simultaneous research on climate, soil and management.

Index words: Agroecological zones, Landevaluation, Agroclimatology.

Recibido 3-85.

INTRODUCCION

Para el año 2000 la población de México se incrementará en 59 millones de habitantes (Oláiz y Pérez, 1976), por lo que se hace necesario dar respuesta a la pregunta "¿Contamos con suficiente superficie de tierra para producir los alimentos requeridos?" Debemos enfocar nuestra atención en lo que tenemos para incrementar la producción y planear en todos los niveles desde la política agraria hasta el programa de cultivos del agricultor.

Es necesario iniciar con el estudio de los cultivos básicos maíz y frijol y evaluar la aptitud de los diferentes tipos de tierra para su producción. Sobre esta base se podrá planear más eficientemente los programas agrícolas encaminados a incrementar la producción de estos cultivos.

Para lograr lo anterior es necesario considerar al clima, el suelo y el manejo del cultivo, ya que su efecto sobre el rendimiento no es individual sino conjunto.

La metodología de "Zonas Agroecológicas" propuesta por la FAO en 1978, es un buen principio para iniciarse en este campo ya que considera de forma conjunta a los factores mencionados, permitiendo calcular el período de tiempo dentro del cual es posible la producción de temporal, el rendimiento potencial, el rendimiento cuando existen impedimentos agroclimáticos, y su semicuantificación para considerar las pérdidas en el rendimiento que es probable se presenten debido a ellos.

La aplicación de una nueva metodología supone que se dispone de la información básica requerida, sin embargo, en este caso la información meteorológica no está disponible para algunos elementos, por lo que se hace necesario modificar la metodología y ajustarla en base a la información disponible.

En este trabajo se trata de obtener, a partir de la información existente, una primera serie

de datos sobre el aprovechamiento actual y potencial del recurso tierra, generando una metodología para obtener la base de datos sobre clima, suelo y manejo que nos permita planificar a nivel regional el desarrollo de la agricultura, introduciéndonos a este nuevo campo a través de la aplicación del método de zonas agroecológicas a nivel regional, detectando los problemas para su aplicación y probando los resultados obtenidos en base a observaciones de campo.

El procedimiento aquí generado nos permitirá la aplicación de método en cualquier parte de México.

ANTECEDENTES

Estrategia para Hacer un Inventario de las Tierras y de su Potencial de Producción.

Las proyecciones indican que para alimentar a la población mundial en el año 2000 será necesario que la producción de alimentos aumente en 60%. Una pregunta a responder es: ¿Contamos con suficientes tierras para ello?. La información que existe es poca para dar una respuesta fidedigna (FAO, 1978; 1981).

En México la población se incrementará en 59 millones de habitantes para el año 2000 (Oláiz y Pérez, 1976), por lo cual la misma interrogante es válida.

En nuestro país, en 1982, la Dirección General de Economía Agrícola reportó que la superficie total cosechada de cultivos, plantaciones de frutales y agaves fue de 16'445,000 ha; de ellos 12'010,000 ha de cultivos. Esto nos indica que sólo aproximadamente el 6% de la superficie total está siendo cosechada de acuerdo a estos datos (INEGI, 1984).

Smyth (citado por Slayter, 1973) señala que debemos enfocar nuestra atención en lo que tenemos para incrementar la producción de alimentos, y que aun cuando el ambiente físico no es el único factor en el desarrollo de plantas y animales, éste sí es un factor limitante de importancia fundamental.

El aumento de la producción de alimentos debe ser planeado en todos los niveles, desde la política agraria, hasta el programa de cultivos del agricultor, siendo en todos ellos vital el factor climático y meteorológico (World Meteorological Organization, 1970).

No es posible deducir correctamente el potencial o uso óptimo de la tierra de un área por el examen del clima, a menos que conozcamos los efectos del estado del tiempo sobre suelos, plantas y animales y almacenamiento de alimentos, por lo que se tienen dos requerimientos básicos: el conocimiento del clima, sin el cual no tenemos material con el estado del tiempo, y los procesos biológicos, sin el que no tenemos clara la dirección en la que se debe interpretar dicho material.

La FAO (1978, 1981) señala que en las metodologías para la estimación de la superficie de tierras de labor para la producción de alimentos, no se consideran las diferencias en el potencial de producción y que es de fundamental importancia tomarla en cuenta para: (1) diferentes cultivos los cuales tienen exigencias climáticas diversas; (2) diferentes niveles de insumo como son cultivos de subsistencia o la producción comercial de un cultivo.

Por lo que, para estimar de una manera realista el potencial agrícola de los diversos tipos de tierras, es necesario considerar dichos aspectos.

Para planificar de la mejor manera posible el aprovechamiento de los recursos de la tierra, se debe tomar en cuenta que dichos recursos son inmóviles y no están uniformemente distribuidos, por lo cual no todos los cultivos pueden sembrarse en las mismas zonas y el aumento en la producción mediante un incremento en los insumos y las inversiones habrá de planificarse y conseguirse sobre la base de un buen inventario de tierras y de su potencial de producción.

El Método de Zonas Agroecológicas de la FAO

En 1976 la FAO inició el proyecto para evaluar las posibilidades de aprovechamiento agrícola de los recursos mundiales de tierras, el cual se fundamenta en los principios básicos de la evaluación de tierras, en los que se habla de la evaluación de un uso de la tierra específico, sosteniendo, evaluando la tierra a través de la comparación de varios usos, sobre una base económica y mediante un enfoque multidisciplinario.

Una parte del proyecto es el desarrollo del estudio del uso potencial del suelo por zonas agroecológicas, el cual tiene por objeto obtener una primera aproximación del potencial de producción de los recursos de la tierra a nivel mundial y reunir la base de datos necesaria para planificar el desarrollo de la agricultura en el futuro.

Inicialmente, el estudio se ocupa del potencial de producción para la agricultura de temporal, considerando dos niveles de insumos, teniéndose terminados los trabajos en Africa, el sudoeste de Asia, el sudeste de Asia y América del Sur y Central.

La metodología de zonas agroecológicas de la FAO permite: (1) dividir los continentes en regiones (divisiones) climáticas principales, que reflejen las variaciones en la distribución geográfica y estacional de los cultivos, objetos de estudio; (2) calcular el período de tiempo dentro del cual es posible la producción de temporal; (3) calcular el rendimiento que es posible conseguir en ausencia de impedimentos; (4) proceder a una semicuantificación de los impedimentos agroclimáticos mediante una escala de puntos, para tener en cuenta las pérdidas de rendimientos.

Las fases a desarrollar en la definición de zonas agroecológicas son las siguientes: (1) revisión y mejora de las propuestas hechas para la evaluación e identificación de los datos básicos y las hipótesis que han de usarse; (2) selección de los distintos usos posibles de la tierra que han de considerarse; (3)

determinación de las exigencias edáficas y climáticas de los distintos usos seleccionados; (4) compilación de un inventario climático y edáfico de las tierras (zonas agroecológicas) a partir de unidades cartográficas; (5) comparación de las exigencias con los resultados de la inventarización de tierras y cálculos del potencial previsto de producción en las diferentes zonas agroecológicas identificadas; (6) estimación de los costos de producción de identificación de las varias clases de idoneidad que han de utilizarse y de sus parámetros distintivos; (7) clasificación de las tierras en varias clases de idoneidad para los distintos usos elegidos y presentación de resultados.

Para el desarrollo de la metodología anterior se requiere lo siguiente:

- a) Una clasificación climática cuantitativa de agricultura de temporal.
- b) Una clasificación de la adaptabilidad agroclimática de los cultivos en forma adecuada para los cultivos con los recursos climáticos y edáficos.
- c) Datos sobre costos de producción de los cultivos por zonas edáficas y climáticas.

El esquema de zonas agroecológicas no se ha desarrollado completamente ya que no existía toda la información requerida, este es una parte del esquema total y nos indica la extensión de tierras idóneas en diversos grados para la producción de cultivos dentro de un marco climático con cuatro clases de idoneidad potencial.

Zonificaciones Agroclimáticas en México

En 1981, Ortiz aplicando la metodología FAO de zonas agroecológicas, realiza la evaluación de la aptitud para la producción de maíz, frijol y sorgo utilizando los datos de 640 estaciones meteorológicas distribuidas en todo el país.

Este autor señala que es común apreciar en general una falta de datos meteorológicos en

nuestro país como son entre otros, la duración de la insolación, intensidad de precipitación, velocidad del viento, diámetro de gotas de lluvia, nubosidad, etc. Lo anterior motiva que muchas de las metodologías generadas en otros medios no sean aplicables en nuestro país.

En 1983 se publica la obra agrometeorología cuantitativa en la cual se plasman las experiencias obtenidas en el campo de agrometeorología y se desarrollan fórmulas y modelos a partir de los que se pueden estimar de manera indirecta parámetros como insolación, evaporación, evapotranspiración, etc. lo cual sienta la base para aplicar algunas metodologías generadas en otros países. (Ortiz, 1983).

Morales (1983), trató de adecuar la metodología del nivel continental y nacional a una zonificación a nivel regional, concluyendo que el método de zonas agroecológicas permite realizar una adecuada zonificación de los cultivos a nivel regional, que las zonas agroecológicas así definidas constituyen una base para orientar y planificar el desarrollo agrícola de la región, y que el cálculo de rendimientos en base a datos climáticos por los métodos usados permite una buena estimación de los observados en el área estudiada.

En 1981, la Dirección General de Distritos de Temporal de la SARH, (1981) llevó a cabo una zonificación fenoclimatológica de los principales cultivos en el país. En este trabajo se hizo una comparación de los requerimientos de temperatura y humedad en cada etapa fenológica de un cultivo, en base a los elementos climáticos de la zona. De esta forma se ha obtenido una clasificación de adaptabilidad climática y en lo futuro se considerarán las restricciones que impone el suelo.

En octubre de 1981 el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas llevó a cabo el "primer taller de capacitación y orientación a los investigadores del programa nacional de agroclimatología", donde se sientan las bases para el manejo de instrumental meteorológico y se plantean las bases para iniciar el estudio de

la relación del estado del tiempo y desarrollo de los cultivos, y principalmente en cuanto a la sequía y su efecto en las plantas, proceso, habilidad de lluvias, heladas, granizadas, etc. (INIA, 1981).

La adopción de una metodología siempre supone que se dispone de la información básica necesaria para desarrollarla, lo cual por regla general no se cumple en los países subdesarrollados. Esto hace necesario modificar la metodología adaptándola a la información, los recursos y el personal disponible, por lo cual dichas metodologías se aplican infringiendo el supuesto arriba mencionado, obteniéndose resultados que no son confiables y en consecuencia realizando interpretaciones, recomendaciones y tomando decisiones basadas en resultados poco confiables.

Por otra parte, en México, en los últimos años se ha enfocado la atención de muchos investigadores a desarrollar este nuevo campo de la agrometeorología, pues ofrece grandes posibilidades de aplicación de metodologías en las que se relacionan parámetros climáticos y rendimientos de los cultivos; sin embargo, no cuentan sólo el entusiasmo y los buenos deseos sino disponer de un banco de información climática y de cultivos y realizar la aplicación de metodologías e interpretación de los resultados de una forma rigurosa.

En base a lo expuesto surgió la idea de este trabajo, en el que se trata de obtener a partir de la información existente una primera serie de datos sobre aprovechamiento actual y potencial de los recursos de tierras y ofrecer la base de datos físicos necesarios para planificar el desarrollo futuro de la agricultura en México a nivel regional, ampliando y desarrollando la metodología con observaciones a nivel puntual lo que permitirá un mayor grado de precisión y validez de los resultados en el uso de las zonas agroecológicas.

DESARROLLO DEL PROYECTO

El proyecto comprende dos fases: en la primera se aplica la metodología de la FAO (1978) para definir las áreas que tienen diferente aptitud para la producción de maíz y frijol y los rendimientos esperados; y en la segunda se valida la metodología y ajustan los modelos de predicción empleados en base a rendimientos observados en una zona de temporal en México.

A. Aplicación de la metodología FAO (1978) para la evaluación de aptitud de tierras para producción de maíz y frijol en base a zonas agroecológicas.

En esta parte del proyecto se aplicará la metodología de zonas agroecológicas propuesta por la FAO (1978), con ello se establecen las necesidades para su adecuada implementación y paralelamente se irán dando las recomendaciones para planificar la obtención de los datos y generando las modificaciones requeridas para hacer posible su aplicación con la información existente en nuestro país.

La metodología se desarrolla con los siguientes pasos:

Selección de Cultivos.

Los cultivos seleccionados son maíz y frijol, ya que son granos básicos para la alimentación humana y han ocupado desde siempre una gran superficie en las áreas de riego y temporal.

Se realizará el trabajo en un radio de 100 km alrededor de Chapingo, Edo. de Méx., ya que en él se tiene variabilidad climática para probar el esquema: en el norte áreas semiáridas, en el centro templadas y en el sur subtropicales (Morelos), además de que en este trabajo sólo se intenta aplicarlo y validar la metodología para que ella sea aplicada de forma extensiva por las instituciones correspondien-

tes, y se generen los modelos para las diferentes regiones de México de una forma precisa y eficiente.

Exigencias Edáficas y Climáticas de los Cultivos.

La FAO realizó el inventario climático de los cultivos en función a las exigencias climáticas por razón de fotosíntesis y fenología, con lo que se determinan las exigencias de temperatura necesarias para el crecimiento.

Se deben obtener los períodos de crecimiento, que es el período del año (en días) durante el cual las precipitaciones son superiores a la mitad de la evapotranspiración potencial, más el período necesario para evaporar 100 mm de agua. Se definen dos períodos de crecimiento: uno normal como el antes mencionado, y otro el intermedio cuando la evapotranspiración es mayor que la precipitación (Figura 1).

Conocido lo anterior, el rendimiento depende del potencial genético de las variedades, por lo cual se deben cuantificar y analizar los recursos genéticos disponibles y las posibilidades de mejorarlos.

Las exigencias edáficas de los cultivos, que son importantes para su desarrollo, fueron determinadas por la FAO (1981), subdividiendo cada propiedad cuantitativamente, determinando así el punto óptimo y la posible escala aceptable; en base a la lista de valores óptimos y mínimos por cultivos se clasificaron las diferentes unidades de suelos.

Inventario de Tierras y Unidades Cartográficas.

Se obtendrá el inventario de los recursos de la tierra. Se elaborarán mapas de períodos de crecimiento de longitud similar a escala 1:500,000 y 1:50,000, y se obtendrán para cada zona los valores medios de los elementos climáticos principales (radiación, temperatura,

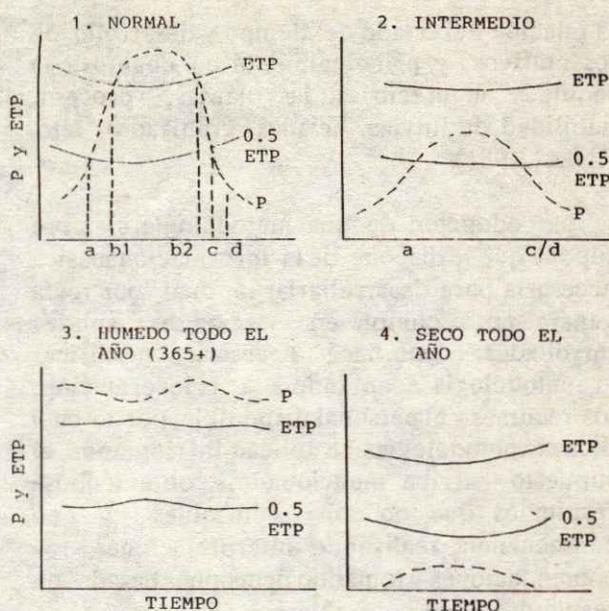


Figura 1. Ejemplo de cuatro tipos de período de crecimiento (a=comienzo de las lluvias y del período de crecimiento; b1 y b2=inicio y final del período húmedo, resp.; c=final de las lluvias y de la estación de lluvias; d=final del período de crecimiento con agua almacenada; P=precipitaciones; ETP=evapotranspiración potencial).

evaporación, vientos, etc.), que caracterizan al clima por período de crecimiento en base a datos mensuales. Se establecerán las divisiones climáticas generales en base a los regímenes de temperatura.

El inventario de suelos se basará en el mapa de unidades de suelos de acuerdo al sistema de clasificación de la FAO/Unesco (SARH, 1972) escala de 1:2,000,000 y los mapas de suelos de S.P.P. Escala 1:50,000.

Una vez obtenidos los mapas de isolíneas de períodos de crecimiento (inventario climático) se superpondrá el mapa de inventario de suelos. El resultado de ello son las zonas agroecológicas, dentro de las que aparecen delimitadas las zonas de suelos y climas similares.

Coadaptación entre las Exigencias de los Cultivos y el Inventario de Tierras.

La coadaptación constituye la base de la evaluación de idoneidad del suelo; en ella cada cultivo se considera individualmente, teniendo en cuenta dos niveles de insumos.

El procedimiento para realizar la coadaptación será el siguiente:

Comparación de las exigencias de temperatura de los principales cultivos con las divisiones climáticas consideradas. Se comparan las exigencias de temperatura de los cultivos con las divisiones climáticas que se definan para el área de estudio.

Determinación del rendimiento de cultivos en ausencia de limitaciones. Se determina el rendimiento potencial de los cultivos mediante el cálculo de la producción de biomasa neta y el rendimiento en base a la biomasa económicamente aprovechable.

Cálculo de la producción de biomasa neta. Para calcular la producción de biomasa neta (B_n) se debe conocer la producción de biomasa bruta (B_g) y las pérdidas de respiración (R). Por lo tanto se calcula la velocidad de producción de biomasa neta, bruta y respiración.

La velocidad máxima de producción de biomasa neta (B_{nm}) se da cuando el cultivo cubre totalmente la superficie. La curva de crecimiento acumulativo tiene forma sigmoideal en donde el punto de inflexión de la curva de crecimiento se denomina B_{nm} (Figura 2) y es igual a la primera derivada del crecimiento neto que se produce durante el máximo período de crecimiento. Si se representa gráficamente la primera derivada del crecimiento (crecimiento por unidad de tiempo) en función del tiempo, la curva resultante tiene la forma de la normal (Figura 3). En el modelo usado se presupone que la velocidad estacional media de producción de biomasa neta (M_{na}) es la mitad de la velocidad máxima de crecimiento del cultivo o sea $0.5 b_{nm}$. Por lo que para un cultivo que desarrolle en N días la ecuación será:

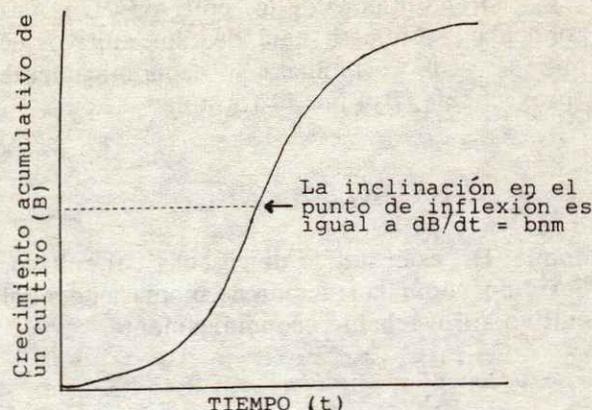


Figura 2. Curva típica de crecimiento acumulativo de un cultivo, que muestra el punto de inflexión durante el período de máximo crecimiento, cuando la inclinación dB/dt equivale a la velocidad máxima de producción de biomasa neta (b_{nm}).

$$B_n = 0.5 b_{nm} \times N$$

Para conocer la biomasa neta producida se requiere conocer b_{nm} ; para ello se calcula la velocidad máxima de producción de biomasa bruta y la velocidad de respiración en ese tiempo.

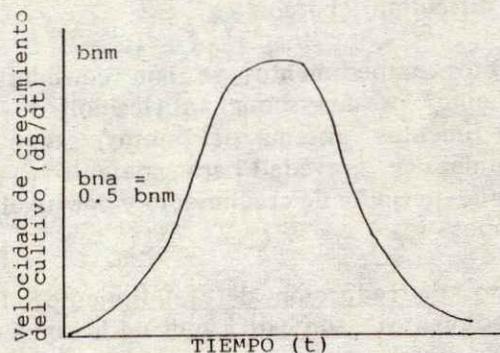


Figura 3. Forma normal de la curva de velocidad de crecimiento de un cultivo en función del tiempo, en el que puede verse que la velocidad media de crecimiento de un cultivo (b_{na}) = $0.5 b_{nm}$.

Rendimiento de los cultivos. Una vez conocida la biomasa neta de los cultivos se obtiene la biomasa económicamente aprovechable (By) por la fórmula:

$$By = Bn \times Hi$$

donde Hi es el índice de cosecha del cultivo, definido como la fracción de biomasa neta del cultivo aprovechable económicamente.

Impedimentos Agroclimáticos.

Los rendimientos calculados por la metodología anterior se logran en ausencia de impedimentos (agroclimáticos y edáficos) durante el período de crecimiento.

Impedimentos que afectan al rendimiento. Los impedimentos causan pérdidas en la producción de los cultivos considerándose cuatro categorías: (1) pérdidas de rendimiento por carencia de agua; (2) pérdidas de rendimiento por la acción de plagas, enfermedades y malas hierbas; (3) pérdidas de rendimiento debidas a carencia de agua, plagas, enfermedades e impedimentos climáticos en los componentes del rendimiento para producir materia económicamente aprovechable y en la calidad del producto; (4) pérdidas de rendimiento por impedimentos que dificultan laboreo.

Estos impedimentos se han considerado mediante una semicuantificación de los impedimentos (sistema de puntos) según su naturaleza y gravedad para cada cultivo, por zona de periodo de crecimiento y por nivel de insumos.

Grado de reducción del rendimiento. Los impedimentos son calificados de la siguiente forma:

0 puntos, ausentes o pérdidas insignificantes

1 punto, ausentes o pérdidas de rendimiento del orden del 25%.

2 puntos, graves pérdidas del rendimiento del orden del 50%.

Coadaptación entre las Exigencias Edáficas de los Cultivos y las Características del Suelo.

Se comparan las exigencias edáficas de los cultivos con el inventario de suelos, existiendo una clasificación de todas las unidades del mapa mundial de suelos de la FAO/UNESCO en relación con las exigencias edáficas de los distintos cultivos a dos niveles de insumos. La clasificación se modifica considerando las limitaciones importantes derivadas de inclinación, textura y fase (Figura 4).

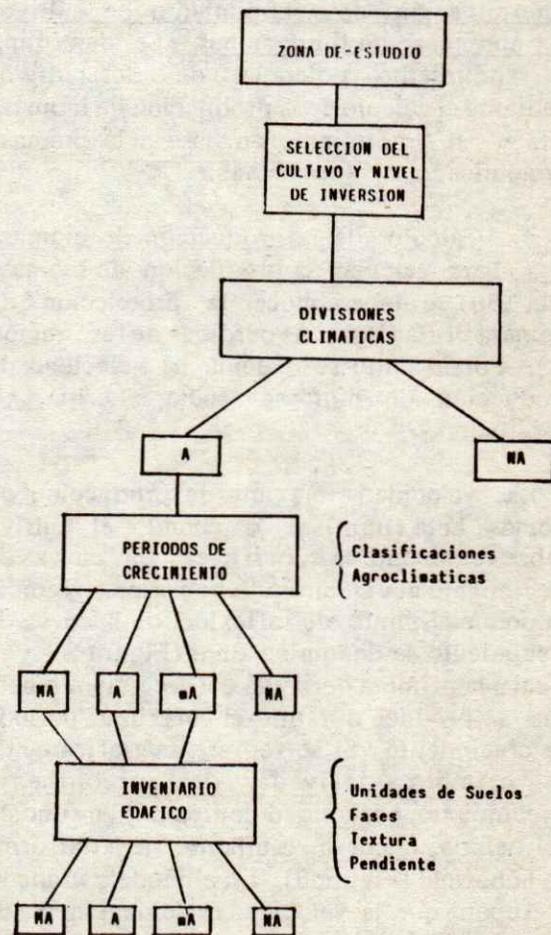


Figura 4. Adaptación de la zonificación agroecológica de cultivos para su aplicación en México. (Ortiz, 1981).

Se distinguen tres clases básicas de idoneidad del suelo para cada cultivo y nivel de insumos: muy idóneas (S_1) sin limitaciones, marginalmente idónea (S_2) afectan el desarrollo del cultivo pero no como para convertirla en idónea y no idónea (N).

La Clasificación de Idoneidad.

Los atributos de la tierra y las exigencias de los cultivos son combinados para obtener un panorama simplificado de idoneidad de la tierra para diversas formas de utilización en régimen de temporal.

Para llegar a la clasificación de idoneidad se desarrollarán las siguientes etapas:

Semicuantificación (puntuación) de los impedimentos agroclimáticos. Se semicuantifican los impedimentos que obstaculizan el crecimiento de los distintos cultivos en las varias zonas de períodos de crecimiento.

Aplicación de los impedimentos a los rendimientos calculados para cada zona en ausencia de impedimentos. Los impedimentos agroclimáticos se aplican a los rendimientos en ausencia de impedimentos para obtenerlos agronómicamente posibles.

División de los rendimientos obtenidos en cuatro clases de rendimiento (idoneidad agroclimática). Se clasifican las zonas agroecológicas en muy apta, apta, marginalmente apta y no apta de acuerdo a períodos de crecimiento.

Aplicación de las modificaciones por clasificación de suelos a las extensiones obtenidas por idoneidad agroclimática. Se aplica a las extensiones de tierra, que de acuerdo a los cálculos anteriores, corresponden las diversas clases de rendimientos, las modificaciones derivadas de la clasificación de suelos inventariados para obtener la evaluación de idoneidad.

Las clases de idoneidad son cuatro:

- Muy idónea 80% o más del rendimiento máximo posible.

- Idónea del 40 al 80% del rendimiento máximo posible.

- Marginalmente idónea del 20 al 40% del rendimiento máximo posible.

- No idónea menos del 20% del rendimiento máximo posible.

Para el cálculo de rendimiento sin impedimentos y con bajos insumos, se supone que para todos los cultivos, es un 25% menos de lo obtenido con altos insumos.

Los datos de FAO (1981) se refieren a cultivos desarrollados con un período de crecimiento normal, en zonas de período de crecimiento intermedio, los rendimientos previstos para todos los cultivos (excepto arroz) serán inferiores en un 50% respecto a las zonas con período de crecimiento normal.

Cálculo de la Superficie Idónea.

Al conocer la superficie de cada zona de período de crecimiento, su idoneidad agroclimática para cada cultivo específico y la extensión y el grado de limitaciones edáficas, se calcula la superficie de tierras idóneas en diversos grados, con los dos niveles de insumos.

B. Validación de la metodología de la evaluación de aptitud de tierras para la producción de maíz y frijol y ajuste de los modelos de predicción de rendimientos en base a los rendimientos observados.

Una vez aplicada la metodología de zonas agroecológicas y evaluada la aptitud de la tierra para producción de maíz y frijol en muy apta (MA), apta (A), marginalmente apta (mA) y no apta (NA), es necesario validar si el método

funciona. Para ello se toma como base, a los rendimientos reales para las zonas agroecológicas que muestran diferente aptitud para la producción, y se evalúa la precisión con la cual los rendimientos pronosticados con los modelos de la metodología estiman a los reales.

El método de validación, que se empleará, utilizará los rendimientos obtenidos en parcelas de agricultores en las que se consideren datos climatológicos cercanos y se tenga un seguimiento durante todo el ciclo de cultivo, complementado con datos de rendimiento al final del ciclo y el apoyo de encuestas para caracterizar el ciclo del cultivo.

La metodología general comprendería los siguientes puntos: (1) selección de los cultivos (variedad); (2) selección de las áreas de estudio y sitios; (3) colección y análisis de la información meteorológica ambiental y agronómica de las áreas y sobre los cultivos considerados; (4) aplicación de la metodología de zonas agroecológicas, a) delimitación de las zonas agroecológicas, b) cálculo del rendimiento potencial, c) evaluación de la aptitud de zonas agroecológicas; (5) rendimientos obtenidos en las zonas agroecológicas, a) medición del rendimiento en las parcelas de agricultores, b) rendimientos estimados por zonas agroecológicas a través de encuestas y observaciones en las parcelas de los agricultores; (6) validación de las zonas agroecológicas por clase de aptitud. Validación y ajuste de los modelos para predicción de rendimientos en base a los rendimientos observados y calculados.

La aplicación de la metodología será en la siguiente forma:

Selección de cultivos. Se seleccionarán las variedades que obtengan los mayores rendimientos o tengan el mayor potencial genético en la zona.

Selección del área, cultivos, y niveles de inversión. Se ubicarán los sitios donde las tierras de temporal ocupen un área significa-

tiva, y sean representativas de las condiciones generales de la agricultura de temporal. Los cultivos a estudiar tentativamente son maíz y frijol. Los niveles de inversión considerados serán el alto y bajo.

Colección y análisis de la información meteorológica del ambiente de las áreas y datos agronómicos sobre los cultivos considerados. La producción de alimentos depende de cuatro factores principales: material genético de plantas y estado del tiempo, suelo y hombre. Para tener éxito en los cultivos es necesario que analicemos la interrelación existente entre ellos.

En esta parte se coleccionará y analizará la información necesaria para poder realizar dicho análisis y tener la evidencia requerida para una validación objetiva del esquema.

Colección y análisis de la información meteorológica. Se efectuará un análisis del instrumental, ubicación, distribución y representatividad de las estaciones y observatorios meteorológicos; período de tiempo de información disponible, accesibilidad a la información y datos coleccionados. Con ello se tendrá un criterio para evaluar la confiabilidad de los datos.

Información del ambiente. Se obtendrá la información sobre los factores ambientales (estudios de suelos, climas, topografía, etc.) y se realizará la descripción general de la zona tratando de entender los factores que tienen mayor relación con la producción agrícola. Se coleccionarán los estudios de suelos requeridos para aplicar la metodología agroecológica.

Colección de datos agronómicos sobre los cultivos considerados. Se coleccionarán datos sobre el potencial genético de las variedades y los tipos de uso de la tierra para los cultivos estudiados con alto y bajo nivel de insumos (ejidal y pequeña propiedad) y sus características más relevantes.

Aplicación de la metodología de zonas agroecológicas. Se aplicará el esquema de zonificación agroecológica, realizando los

ajustes y modificaciones que se requieran de acuerdo a la información existente, se tratará de definir con el mayor rigor los períodos de crecimiento y la predicción de rendimiento sin impedimentos y la evaluación de aptitud de zonas agroecológicas con los impedimentos agronómicos; ya que ello será ajustado y validado en la siguiente etapa del trabajo.

Delimitación de zonas agroecológicas. En el área de estudio en función de los datos meteorológicos se delimitaron las zonas con igual período de crecimiento y las unidades de suelo de acuerdo a la clasificación FAO/UNESCO y por medio de su sobreposición se obtendrán las zonas agroecológicas que servirán como base en el trabajo.

Cálculo del rendimiento potencial. Basándose en los datos meteorológicos y aplicando las fórmulas de la FAO (1978) para predicción de rendimiento, se calcularán los rendimientos potenciales para las zonas agroecológicas. Estos son los rendimientos potenciales sin restricciones a partir de los que se realizará la evaluación de aptitud de las zonas agroecológicas con las restricciones existentes.

Evaluación de la aptitud por zonas agroecológicas. Las zonas agroecológicas son evaluadas aplicando las restricciones que se presentan en cada una de ellas al rendimiento máximo potencial; estos son los rendimientos que es posible obtener en las zonas agroecológicas.

Rendimientos reales obtenidos en las zonas agroecológicas. Para poder validar la metodología de zonas agroecológicas es necesario tener los rendimientos reales para las zonas clasificadas con diferente potencial agroecológico. En esta parte se colectará información de los rendimientos que se obtienen en dichas zonas y con estos datos se validará el procedimiento seguido o se ajustará de acuerdo a ellos.

Medición directa del rendimiento en las parcelas del agricultor. En las zonas agroecológicas seleccionadas para validar la

metodología se seleccionará a los mejores agricultores y se tomarán los datos de los rendimientos que obtengan, y/o se sembrará una parcela aplicando la tecnología recomendada por las instituciones de investigación o la utilizada por el mejor agricultor de la zona. En estas parcelas se hará un seguimiento durante todo el ciclo agrícola obteniendo los datos climáticos y de cultivo.

Rendimientos colectados a través de encuestas y observaciones en las parcelas. Al final del ciclo agrícola se realizará una encuesta y se medirá el rendimiento obtenido en la parcela del agricultor para conocer la variabilidad en rendimientos entre las zonas agroecológicas estudiadas.

Validación de las zonas agroecológicas por clase de aptitud, validación y ajuste de los modelos para predicción de rendimientos en base a rendimientos observados y calculados. Una vez aplicada la metodología de zonificación agroecológica es necesario evaluar si el procedimiento es válido. Esto se logrará a través del análisis estadístico de los rendimientos observados vs calculados. En el caso de que el modelo no sea válido se ajustará en base a regresión lineal entre los rendimientos obtenidos en el trabajo y los modelos propuestos en el esquema.

Las zonas agroecológicas y los rendimientos pronosticados con y sin restricciones agroclimáticas serán validados a través de un análisis de correlación, y en caso de no ser válidos se ajustarán mediante análisis de regresión.

El modelo usado será el siguiente:

$$R_R = f(R_O)$$

donde:

R_R = Rendimiento Real

R_O = Rendimiento Observado

Se correrá el análisis de correlación entre los rendimientos observados y calculados, si la $p > 0.80$ se considera el modelo válido y si es menor de 0.80 se ajustará con diferentes modelos (cuadrático, logarítmico, etc.), si no mejora se correrá un análisis de regresión en función al siguiente modelo.

$$R_R = A_0 + A_1 (R_E)$$

donde:

R_R = Rendimiento Real A_1 = Coeficiente de R_E

A_0 = Ordenada al origen R_E = Rendimiento estimado

La ecuación a ajustar será la siguiente:

$$B_y = A_0 + A_1 (B_n \times H_i)$$

donde:

B_n = Biomasa neta calculada

H_i = Índice de cosecha

RESULTADOS ESPERADOS

La aplicación de la metodología propuesta en este trabajo permitirá concluir sobre los siguientes aspectos: (a) la aplicabilidad de la metodología de zonas agroecológicas (FAO, 1978) en México de acuerdo a la información y medios disponibles; (b) la metodología para la definición de zonas agroecológicas y la predicción de rendimientos; (c) la aptitud de las tierras para la producción de cultivos, su superficie y ubicación geográfica; (d) la posibilidad de utilizar en forma extensiva y económica la metodología a nivel regional con las modificaciones propuestas en este trabajo.

Las recomendaciones serán sobre la conveniencia de aplicar la metodología FAO (1978) de zonas agroecológicas para evaluar la aptitud de la tierra en la producción de cultivos y los modelos de pronóstico de cosechas usados en la misma.

LITERATURA CITADA

FAO, 1978. Report on the Agroecological Zones Project. Vol. 1. Methodology and Results for Africa. World Soils Resource Report 48/1. Rome Ita.

FAO, 1981. Informe del Proyecto de Zonas Agroecológicas, Vol. III: Metodología y resultados para América del Sur y Central. Reporte de los Recursos Mundiales de Suelos 48/3. Roma, Ita.

INIA, 1981. Primer Taller de Capacitación y Orientación a los Investigadores del Programa Nacional de Agroclimatología, D.F. Méx. Bol. Inf. 29. México.

INEGI, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1984. Agenda Estadística, México.

MORALES CARRILLO, NICOLAS, 1983. Aplicación de la metodología de zonas agroecológicas (FAO) para la evaluación de la aptitud de producción de maíz, frijol y trigo en la parte sur del estado de Zacatecas. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

OLAIZ Y PEREZ, ALFONSO, 1976. Proyecciones de población 1970-2000. México. Comisión del Plan Nacional Hidráulico.

ORTIZ SOLORIO, CARLOS A. 1981. Evaluación de la aptitud de las tierras de México para la producción de maíz, frijol y sorgo. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx. (En revisión).

_____, 1983. Agrometeorología cuantitativa. Universidad Autónoma Chapingo, México.

SARH. SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS, 1972. Mapa de unidades de suelos de la República Mexicana según el sistema de clasificación FAO/UNESCO. 3er. Intento. ESC. 1:2,000,000. Dirección General de Agrología, México.

SARH. SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS, 1981. Zonificación fenoclimática para cinco cultivos básicos en sus diferentes ciclos vegetativos

con diferentes niveles de rendimiento a un setenta y cinco por ciento de probabilidades en Zacatecas. Dir. Gen. de Dist. y Unid. de Temporal. D.F., México.

SLAYTER, R.O. Ed. 1973. Plant response to climatic factor. UNESCO, Paris, Fra.

SPP. SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO, 1978. Cartas temáticas, escala 1:50,000. D.E.T. Nal. México.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION, 1970. Agricultural meteorology No. 310 W.M.O. Geneve, Swi.

_____, 1971, Agroclimatology in the semiarid south of the Sahara. Proc. of Reg. Tech. Conference. Dakar 8-20 Fed. 1971. Geneve, Swi.

EFFECTO DE LAS MALEZAS SOBRE ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS DEL SUELO CULTIVADO CON DURAZNERO EN CONDICIONES DE RIEGO Y TEMPORAL

Effect of Weeds on Some Physical Properties of Soil Cultivated with Peach in Irrigated and Rainfed Environments.

Ricardo D. Valdez C. y José L. Chan C.

UACH - URUZA, Apartado Postal 8, 35230 Bermejillo, Dgo.; INIFAP - CIFAPZAC, Apartado Postal 18, 98500 Calera de V.R., Zac.

RESUMEN

Con el objetivo de identificar el efecto de la presencia y ausencia de malezas sobre algunas propiedades físicas del suelo, se determinaron la densidad aparente (D_a) y la infiltración del suelo (I). Las determinaciones se hicieron en huertas experimentales de duraznero bajo riego (R) y temporal (T) en la región de Jerez, Zacatecas. Los resultados indican que la D_a , a las profundidades de 0-30 y 30-60 cm, fue mayor en la huerta de temporal que en la de riego. En general, el tratamiento con malezas mostró una D_a mayor en la profundidad 0-30 cm, pero en la profundidad 30-60 cm en condiciones de temporal el tratamiento sin malezas mostró la D_a más elevada. Respecto a la velocidad de infiltración inicial, ésta fue mayor en el tratamiento con malezas en temporal y sin malezas en riego. Este resultado indica la posibilidad de aumentar la eficiencia en el uso del agua.

Palabras clave: Densidad aparente, Infiltración, Sortividad, Ecuaciones de infiltración, Kostiakov-Lewis, Philip.

SUMMARY

In order to identify the effect of weeds on some physical soil properties, bulk density (D_a) and infiltration rate (I) were determined in experimental peach orchards under irrigated (R) and rainfed (T) conditions in the region of Jerez, in the state of Zacatecas, Mexico.

Results showed that D_a in the rainfed orchard was higher than in the irrigated orchard. Treatment with weeds showed its highest D_a at 0-30 cm depth, but the treatment without weeds showed its highest D_a at 30-60 cm depth. Initial infiltration rates were highest in treatments with and without weeds under rainfed and irrigated conditions, respectively. This result opens the possibility of increasing water use efficiency.

Index words: Bulk density, Infiltration, Sorptivity, Infiltration equations, Kostiakov-Lewis, Philip.

Recibido 12-86.

INTRODUCCION

Conocer el proceso de infiltración del agua de lluvia o de riego en el suelo, es de suma importancia técnica, ya que de ahí se desprende parte del manejo racional y eficiente de los recursos naturales utilizados en la producción del duraznero, *Prunus persica* L. Batsch. Infiltraciones bajas y aportes de agua abundantes incrementan los riesgos de erosión y pérdidas de agua por escurrimiento superficial, facilitando así la posibilidad de exponer a los árboles a deficiencias hídricas y por consecuencia a reducir su capacidad productiva. Una forma efectiva de reducir o eliminar la posibilidad de ocurrencia de escurrimientos superficiales es mantener al suelo con velocidad(es) de infiltración alta(s) durante los períodos de riego o lluvias de alta intensidad.

La infiltración principia cuando el agua de riego o lluvia entra en contacto con el suelo. Su velocidad depende de la capacidad de éste para adsorberla. La infiltración vertical en el suelo, inicialmente no saturado, está influenciada por una combinación de gradientes mátricos y gravitacionales principalmente (Norero, 1978). Sin embargo, el primer tipo de gradiente es el que define tanto la velocidad de infiltración inicial (Norero, 1978) como la conductividad hidráulica transitoria (Jasso, 1985). Conforme el agua penetra a mayor profundidad en el suelo, la influencia del gradiente mátrico disminuye y la del gravitatorio adquiere mayor importancia hasta alcanzar la velocidad de infiltración mínima o conductividad hidráulica en condición saturada (K_s).

Dado que la infiltración inicial procede en mayor grado por efecto de succión que por carga hidrostática, su descripción es más precisa por la ecuación (1) de flujo de Philip en términos de sortividad (S), es decir, la capacidad del suelo de adsorber agua en función del contenido de humedad previo a la infiltración (Dirksen, 1975; Ghosh y Maity, 1976; Norero, 1978).

$$I = St^{1/2} + At \quad (1)$$

donde:

I = infiltración acumulativa

S = sortividad

t = tiempo

A = parámetro (equivalente a K_s , si el tiempo es largo).

A medida que el contenido de humedad inicial tienda a cero, el valor de A será menor y S dominará el flujo, por lo que I , probablemente, equivaldría a $St^{1/2}$ (Ghosh y Maity, 1976). En estas condiciones se podría obtener de manera rápida y fácil (Hillel, 1971) con pruebas *in situ* y representarse gráficamente por la relación lineal entre I y $t^{1/2}$ (Dirksen, 1975; Jasso, 1985; Norero, 1978).

$$S = I/t^{1/2} \quad (2)$$

En muchos casos, la ecuación (1) no describe satisfactoriamente la infiltración en pruebas *in situ*, porque fue desarrollada para suelos homogéneos de estructura estable (Norero, 1978) y para un tiempo corto (1 hora, aproximadamente). Por consecuencia, frecuentemente se han utilizado modelos, quizá, físicamente menos apropiados para describir el proceso de infiltración en tiempos largos o hasta alcanzar K_s . La ecuación de Kostiaikov-Lewis describe mejor el proceso en tales circunstancias a pesar de que sus parámetros empíricos no son indicadores de los factores físicos que inciden sobre el fenómeno (Norero, 1978).

$$I = Ct^a \quad (3)$$

donde:

I = infiltración acumulativa

C y a = parámetros empíricos

La razón principal del mejor ajuste de datos obtenidos *in situ* a la ecuación de Kostiakov-Lewis, es que los parámetros empíricos pueden ser manejados más apropiadamente para determinar los factores que tienen mayor incidencia sobre la infiltración natural; considerando los valores de C como una función de la carga superficial efectiva y "a" como función de los factores de reducción-incremento de la infiltración. Así, valores grandes de C indican una mejor condición para altas infiltraciones iniciales y *viceversa*. Además, valores de "a" cercanos a cero, a uno y mayores a uno, indican la dominancia de factores de reducción, equilibrio y de incremento de la infiltración, respectivamente (Dixon, 1975).

Son varios los factores que afectan la infiltración, sin embargo, la condición física de la capa superficial es más importante que el tipo de suelo y contenido de humedad (Duley y Russell, 1931; Eckert *et al.*, 1979). Por esta razón la práctica de barbecho continuo de las huertas reduce la capacidad de infiltración en comparación con terrenos enhierbados (Haynes, 1980), sobre todo en suelos arcillosos por la facilidad para adquirir altos valores de densidad aparente (Darrell *et al.*, 1978). La infiltración es mayor en terrenos enhierbados, particularmente en la vecindad de las plantas (Tromble *et al.*, 1980). Sin embargo, al no labrar el suelo con cultivos anuales, como el maíz, se forma una condición superficial indeseable, caracterizada por una alta densidad aparente y baja conductividad hidráulica (Lindstrom y Onstad, 1984). La densidad aparente es una de las propiedades físicas del suelo que más afectan la infiltración del agua de lluvia (Darrell *et al.*, 1978). De aquí la existencia de la correlación negativa entre estos dos parámetros.

El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de la presencia o ausencia de malezas sobre la densidad aparente (D_a) e infiltración (I) del suelo cultivado con duraznero en condiciones de riego y temporal en la región de Jerez, Zac., Méx.

MATERIALES Y METODOS

La información de este artículo es parte del subproyecto "Determinación del potencial productivo del duraznero en Zacatecas", el cual se conduce desde 1983 en la zona duraznera de Jerez, tanto en la huerta de riego como en la de temporal; ubicadas en Los Haro y Palmas Altas, respectivamente. El diseño experimental es de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas y cuatro repeticiones. Aquí sólo se presenta la parte de la matriz de tratamientos que involucra el factor malezas en sus dos niveles: con y sin malezas todo el año, para determinar su efecto hasta 1986 en condiciones de riego y hasta 1985 en temporal. El suelo en Los Haro de acuerdo a la clasificación de la "7a. Aproximación" es un Plinthustalf (Rubio y Valdez, 1985), mientras que en Palmas Altas es un Rhodustalf (Valdez y Rubio, 1985).

El tratamiento con malezas consistió en dejar crecer libremente las hierbas nativas; en cambio, el correspondiente a sin malezas consistió en eliminar las hierbas con los rastreos necesarios.

En cada localidad se determinó la densidad aparente (D_a) considerando la condición de malezas (con y sin), las profundidades 0-30 y 30-60 cm y tres repeticiones. En Los Haro se usó el método de campo y en Palmas Altas él de cilindros. Asimismo, se hicieron tres pruebas de infiltración de dos horas por el método de cilindros concéntricos para cada condición de malezas, en ambas localidades.

Los datos de las pruebas de infiltración se ajustaron a los modelos de Kostiakov-Lewis y de Philip. Este último con la finalidad de conocer la sortividad (S) del suelo por efecto de los tratamientos.

Para analizar la variable dependiente D_a , se estructuró un análisis de varianza en parcelas sub-divididas, donde la parcela mayor fue ocupada por el régimen hídrico (R y T), la

mediana por la presencia de malezas (con y sin malezas) y la parcela chica por la profundidad de muestreo (0-30 y 30-60 cm). Los parámetros de las ecuaciones obtenidas fueron analizadas como un factorial completo de régimen hídrico y condición de cubierta vegetal en el diseño experimental completamente al azar.

invirtió en el estrato 30-60 cm. El análisis de varianza reveló diferencias a $P = 0.01$ entre regímenes hídricos y profundidades; y a $P = 0.05$ entre condiciones de cubierta vegetal, regímenes hídricos x profundidades, regímenes hídricos x condiciones de cubierta vegetal, y profundidades x condiciones de cubierta vegetal.

RESULTADOS Y DISCUSION

Densidad Aparente (Da)

La Da del suelo fue mayor en el huerto bajo condiciones de temporal (Cuadro 1), y dentro de cada huerto en la profundidad 30-60 cm. Bajo condiciones de riego se presentaron Da's más altas por efecto del tratamiento con malezas en ambas profundidades. Por el contrario, en la de temporal las Da's más altas en el estrato 0-30 cm ocurrieron por efecto de la presencia de malezas; pero el efecto se

Parámetros de las Ecuaciones Obtenidas.

Los valores de los parámetros de las ecuaciones de velocidad de infiltración e infiltración se presentan en los Cuadros 2 y 3 para riego y temporal, respectivamente.

K. Este parámetro adquirió valores más altos en el tratamiento sin malezas en la condición de riego (Cuadro 2), y con malezas en temporal (Cuadro 3). Es decir, el efecto de las malezas sobre la velocidad de infiltración inicial es negativo en riego y positivo en temporal.

Cuadro 1. Valores medios de la densidad aparente del suelo cultivado con duraznero en riego (Los Haro, 1986) y temporal (Palmas Altas, 1985) para dos profundidades y dos condiciones de cubierta vegetal.

Localidad	Profundidad cm	Condición cubierta vegetal		Densidad aparente
				g/cm ³
Los Haro (riego)	0-30	Con malezas		1.86
		Sin malezas		1.23
	30-60	Con malezas		1.37
		Sin malezas		1.31
Palmas Altas (temporal)	0-30	Con malezas		1.56
		Sin malezas		1.47
	30-60	Con malezas		1.68
		Sin malezas		1.78

Cuadro 2. Valores de los parámetros de las ecuaciones de velocidad de infiltración e infiltración acumulativa en el suelo del huerto bajo condiciones de riego, con y sin presencia de malezas. Los Haro, Jerez, Zac. 1986.

Condición de cubierta vegetal	VI = Kt ⁿ			I = Ct ^a (Kostiakov-Lewis)			I = St ^{1/2} + At (Philip)		
	K (cm.h ⁻¹)	n	R ²	C (cm.min ⁻¹)	a	R ²	S (cm.seg ^{-1/2})	At (cm.seg ⁻¹)	R ²
Sin malezas	62.57	-0.50	0.78	2.35	0.44	0.97	0.25	-0.07	0.99
	44.82	-0.56	0.66	2.11	0.36	0.96	0.15	0.89	0.99
	61.88	-0.55	0.68	2.16	0.42	0.97	0.21	0.51	0.99
Con malezas	27.53	-0.45	0.85	0.77	0.53	0.99	0.13	-0.62	0.99
	24.40	-0.52	0.86	0.73	0.46	0.98	0.08	-0.09	0.99
	26.14	-0.51	0.92	0.65	0.50	1.00	0.08	0.01	0.99

Además, los mayores valores de K coinciden con los menores de Da, lo cual confirma lo señalado por Darrell *et al.* (1978) quienes reportaron una correlación negativa entre estos dos parámetros. Sin embargo, únicamente la interacción de régimen hídrico y condición de cubierta vegetal, resultó significativa al nivel de 5%.

n. Los menores valores (más negativos) de este parámetro, correspondieron al tratamiento sin malezas en riego (Cuadro 2) y con malezas en temporal (Cuadro 3). Esto significa que la velocidad de infiltración (VI) disminuye más rápidamente en la condición sin malezas en riego y con malezas en temporal. Puesto que la velocidad de infiltración inicial es dependiente del gradiente mátrico (Norero, 1978), entonces el papel de las malezas es proporcionar al suelo mayor capacidad de adsorción en condiciones de riego.

C. Los mayores valores de este parámetro se obtuvieron en los tratamientos sin malezas

en riego (Cuadro 2) y con malezas en temporal (Cuadro 3). Esto significa un efecto negativo de las malezas sobre la infiltración inicial en riego y positiva en temporal, coincidiendo con lo reportado por Tromble (1980) y Dixon (1975); al señalar que la infiltración es mayor en suelos con cubierta vegetal. No obstante, los efectos principales no resultaron diferentes significativamente, pero sí la interacción régimen hídrico x presencia de malezas (P = 0.05). Esto coincide con lo reportado por Duley y Russell (1931) y Eckert *et al.* (1979), quienes señalaron la importancia de la condición de la cobertura superficial sobre la infiltración.

a. En condiciones de riego el efecto de la presencia de malezas no es tan evidente como en condiciones de temporal. El efecto de las malezas sobre este parámetro es positivo en riego y negativo en temporal. Sin embargo, las diferencias no fueron diferentes estadísticamente.

Cuadro 3. Valores de los parámetros de las ecuaciones de velocidad de infiltración e infiltración acumulativa en el suelo del huerto bajo condiciones de temporal, con y sin presencia de malezas. Palmas Altas, Jerez, Zac. 1985.

Condición de cubier- ta vegetal	$VI = Kt^n$			$I = Ct^a$ (Kostiakov-Lewis)			$I = St^{1/2} + At$ (Philip)		
	K	n	R^2	C	a	R^2	S	At	R^2
	($cm.h^{-1}$)			($cm.min^{-1}$)			($cm.sec^{-1/2}$)	($cm.sec^{-1}$)	
Sin malezas	17.82	-0.33	0.78	0.49	0.61	0.99	0.13	-1.28	0.97
	19.81	-0.26	0.67	0.50	0.79	0.96	0.26	-2.24	0.98
	42.31	-0.50	0.66	1.56	0.43	0.96	0.17	-0.02	0.97
Con malezas	54.16	-0.51	0.70	2.53	0.38	0.95	0.21	0.44	0.97
	52.81	-0.51	0.71	2.51	0.38	0.95	0.20	0.57	0.98
	44.72	-0.57	0.68	2.42	0.31	0.91	0.13	1.12	0.96

S. Los mayores valores de este parámetro (Sortividad) correspondieron al tratamiento sin malezas en ambos regímenes hídricos (Cuadros 2 y 3). No obstante, la diferencia entre los tratamientos es más evidente en condiciones de riego, donde los valores de S en presencia de malezas son muy cercanos a cero. En el análisis estadístico de este parámetro no se registraron diferencias significativas.

At. En condiciones de riego los mayores valores de este parámetro se obtuvieron en el tratamiento con malezas (Cuadro 2), mientras que en temporal con el tratamiento sin malezas (Cuadro 3). Aun cuando en el primer caso los valores resultaron muy cercanos a cero, el análisis de varianza no detectó diferencias significativas.

LITERATURA CITADA

- DARRELL, N.V., T.L. WHIGHAM y B.M. SPEARS. 1978. Effect of burning on infiltration, sediment and other soil properties in a mesquite tobograss community. *J. Range Manage.* 31: 420-5.
- DIRKSEN, C. 1975. Determination of soil water diffusivity by sorptivity measurements. *SSSAP.* 39:22-7
- DIXON, R.M. 1975. Infiltration control through soil surface management. *In: ASCE. Watershed management.* New York, U.S.A. pp. 543-67.

DULEY, F.L. y J.C. RUSSELL. 1931. The use of crop residues for soil and moisture conservation. *JASA.* 31: 703-9.

ECKERT, R.E. Jr., M.K. WOOD, W.H. BLACKBURN y F.F. PETERSON. 1979. Impacts of off-road vehicles on infiltration and sediment production of two desert soils. *J. Range Manage.* 31: 394-7.

GHOSH, R. K. y S. P. MAITY. 1976. Influence of antecedent moisture on infiltration of water into soils (*in situ*). *Soil Sci.* 122: 124-5.

HAYNES, R. J. 1980. Influence of soil management practice on the orchard agro-ecosystem. *Agro- Ecosystems.* 6: 3-32.

HILLEL, D. 1971. Soil and water: Physical principles and processes. *In:* KOZLOWSKI, T. T. (Ed). *Physiological ecology: A series of monographs, texts and treatises.* Academic Press. U.S.A. 288 p.

JASSO, CH. C. 1985. Influencia de algunos sistemas de labranza sobre las propiedades físicas del suelo, producción de materia seca

y extracción de nitrógeno en sorgo bajo condiciones de temporal. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx. 133 p.

LINDSTROM, M.J. y C.A. ONSTAD. 1984. Influence of tillage systems on soil physical parameters and infiltration after planting. *J.S. W.C.* 39: 149-52.

NORERO, A. 1978. El agua y el aire en el suelo. CIDIAT, Mérida. Venezuela. 116 p.

RUBIO, S. y R.D. VALDEZ. 1985. Clasificación del suelo cultivado con duraznero en condiciones de riego. Resúmenes Analíticos de Investigación. SARH-INIFAP-CIANOC-CAEZAC.

TROMBLE, J.M. 1980. Infiltration rates on rootplowed rangeland. *J. Range Manage.* 33: 423-5.

VALDEZ, R.D. y S. RUBIO. 1985. Clasificación del suelo cultivado con duraznero en condiciones de temporal. Resúmenes Analíticos de Investigación. SARH-INIFAP-CIANOC-CAEZAC.

EVALUACION DE LA CALIDAD FORRAJERA DE UNA ESPECIE ARVENSE Y SU COMPORTAMIENTO EN ASOCIACION CON ESPECIES CULTIVADAS

Forage Quality Evaluation of a Weed Species and its Behavior towards Cultivated Species.

Martha G. Lucero Aranda y David Flores Román.

Instituto de Geología, U N A M , Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, 04510 México, D.F.

RESUMEN

La finalidad de este estudio fue determinar el potencial bajo domesticación de la especie arvense Tithonia tubaeformis (Jacq.) Cass., en condiciones de invernadero. Con el objeto de evaluar su producción de forraje y calidad nutritiva en diferentes etapas de su ciclo de vida cuando se le cultiva sola o asociada bajo diferentes niveles de fertilización. Los resultados experimentales señalan que Tithonia tubaeformis mostró mayor eficiencia en la producción de materia seca, contribuyó con más proteína cruda que la gramínea y respondió a la fertilización. El rendimiento óptimo de proteína cruda se obtuvo al segundo mes de la emergencia. Esta especie arvense que tiene características forrajeras favorables, tanto en la producción de forraje como en la calidad nutritiva del mismo, responde satisfactoriamente a los niveles de domesticación probados.

Palabras clave: Maleza forrajera, Calidad forrajera, Domesticación de malezas.

SUMMARY

The objective of this research was to determine the domestication potencial of the weed species Tithonia tubaeformis (Jacq.) Cass. in greenhouse conditions as well as to evaluate its forage production and nutritional quality at different growth stages when grown alone or associated with a gramínea under different fertilization levels.

Results indicate that Tithonia showed greater efficiency in the dry matter yield, produced greater crude protein than gramínea and responded to fertilization. Optimum crude protein yield was obtained the second month of germination.

Tithonia is a weed species that has favorable forage characteristics, such as production and nutritional quality; it also responds satisfactorily to the already proven domestication levels.

Index words: Forage weed, Forage quality, Weed domestication.

INTRODUCCION

Para la alimentación del ganado, independientemente de incrementar la productividad de especies forrajeras, se ha planteado la utilización de los esquilmos agrícolas, germinado de diversos granos, plantas acuáticas de diferentes especies, pulpa de henequén, y otros (Elliot, 1981).

Otro recurso alternativo es la utilización de las plantas arvenses, por sus múltiples ventajas, tal como: a) gran capacidad competitiva, b) niveles eficientes de producción y propagación de semillas, y c) gran potencial genético (Bunting, 1959; Harlan y De Wet, 1965).

Tithonia se conoce de modo común "acahual", "andan", "gigantón" y otros nombres. Es una planta anual de la familia Compositae que se considera maleza, mala hierba o arvense. Es una hierba erecta, robusta, de 0.5 a 4 m de altura, con hojas alternas, pecioladas, lámina ovalada a triangular-ovalada de 7 a 18 cm de largo, ápice agudo, bordes crenadó-aserrados, haz densamente hispido y envés pubescente. Consta de pedúnculos largos, involucros de 1.5 a 3.5 cm de ancho; filarias de dos a tres series, agudas o acuminadas. Lígulas amarillo claro, de 1.5 a 3 cm de largo; las del disco de 6 a 7 mm de largo. Aquenios pilosos de 4 a 5.5 mm de largo; vilano formado por dos cerdas rígidas de 1 a 3.5 mm de largo (Nash y William, 1976). Villegas (1970) mencionó que, en parcelas de maíz, esta especie es una de las más características. Segura (1979) evaluó, en cultivos de maíz, la presencia de Tithonia que fue de 80 a 100%. Díaz (1983) estimó la frecuencia de su uso forrajero en 67%.

Tithonia, además, es una de las especies más ampliamente distribuidas en México (La Duke, 1980) y es un recurso muy prometedor para satisfacer la alimentación de varios tipos de ganado, principalmente en aquellas áreas donde en condiciones de temporal y terrenos

de baja calidad agrícola se sostiene una ganadería de subsistencia. Es probable que, en corto plazo, pueda incorporarse a explotaciones ganaderas intensivas.

Con base en lo anterior, fueron planteados los objetivos siguientes: a) evaluar a Tithonia en su producción y calidad como planta forrajera, cuando se cultiva sola o asociada bajo diferentes niveles de fertilización, b) determinar su producción de forraje y calidad nutritiva en diferentes etapas de su ciclo de vida, y c) evaluar el efecto de la fertilización sobre el número y diámetro de capítulos y la producción de semilla.

MATERIALES Y METODOS

En función de los objetivos, el trabajo se estructuró en tres experimentos: asociaciones, cortes y producción de semilla.

Campo

La densidad de población de Tithonia fue estimada con base en muestreos en terrenos de cultivo. La variación observada fue de 48 plantas/m² a 352 plantas/m², con promedio de 160 plantas/m². De esta manera, se decidió utilizar 4 plantas/maceta, lo que equivale a 133 plantas/m².

Laboratorio e invernadero

El suelo utilizado para estos experimentos corresponde taxonómicamente con la unidad Feozem Calcárico (S.P.P., 1981). Las determinaciones físicas y químicas fueron realizadas con base en el Soil Survey Manual 18 (U.S.D.A., 1975).

Las asociaciones que se establecieron fueron: Tithonia/leguminosa (Macroptilium atropurpureum (DC) Urb.) asociación representada por T/L; Tithonia/gramínea (Panicum maximum Jacq. cv. Green panic), T/G;

Tithonia/leguminosa/gramínea, T/L/G; gramínea/leguminosa G/L; para determinar el efecto individual de cada especie se establecieron solas Tithonia, T; leguminosa, L; y gramínea, G.

Cuando se cosecharon los experimentos de asociaciones y de cortes, se cuantificó su peso fresco. Las muestras se secaron a 80°C hasta peso constante; se estimó el peso seco de las plantas y se determinó el rendimiento en base seca. Posteriormente este material se trituró y a las muestras se les determinó: nitrógeno total y proteína cruda (AOAC, 1980).

Las asociaciones y especies solas estuvieron sujetas a los niveles de fertilización siguientes: nitrógeno 0, 0.325 g y 0.650 g de urea/maceta. El fósforo en niveles de 0, 0.220 g y 0.440 g de superfosfato de calcio triple/maceta y se establecieron tres dosis de fertilización: N_0P_0 , N_1P_1 y N_2P_2 .

Para las asociaciones se utilizó un diseño experimental bifactorial, con arreglo en parcelas divididas y distribución de los tratamientos en bloques al azar con tres repeticiones. Las "parcelas grandes" las constituyeron las asociaciones y las "parcelas chicas" los niveles de fertilización. De la combinación de las asociaciones con los niveles de fertilización, resultaron 21 tratamientos, por tres repeticiones, 63 unidades experimentales. Se cosechó a los 98 días a partir de la emergencia, cuando la gramínea alcanzó el 50% de floración.

Para los cortes, se efectuaron cuatro en diferentes estados de desarrollo vegetativo de Tithonia. Fueron hechos a los 37 días el primer corte, a los 67 días el segundo, a los 147 días el tercer corte, y a los 186 días el cuarto corte.

En este ensayo de producción de forraje se aplicó una dosis de fertilización constante de 0.650 g de urea y 0.440 g de superfosfato de calcio triple por maceta. Al considerar cuatro cortes y tres repeticiones, resultaron 12 unidades experimentales. Fue utilizado un diseño experimental simple con distribución de los tratamientos completamente al azar.

Para producción de semilla se establecieron las dosis de fertilización siguientes: 0-0, testigo; 0-0.220 g; 0-0.440 g; 0.325 g - 0; 0.325 g - 0.220 g; 0.325 g - 0.440 g; 0.650 g - 0; 0.650 g - 0.220 g; 0.650 g - 0.440 g. La primer cantidad correspondió a urea y la segunda a superfosfato de calcio triple. Con los nueve tratamientos y cuatro repeticiones resultó un total de 36 unidades experimentales. Se utilizó un diseño experimental en bloques al azar.

Con los resultados de asociaciones, cortes y producción de semilla, se realizaron análisis de varianza. Donde éste manifestó efecto significativo se practicó la prueba de alcance múltiple de Duncan. Las variables de estudio para asociaciones y cortes fueron: rendimiento de forraje seco, contenido de proteína cruda y rendimiento de proteína cruda; para la producción de semilla: número y diámetro de capítulos, número de semilla pura por capítulo y por planta.

RESULTADOS Y DISCUSION

Asociaciones

Rendimiento de forraje seco. En el Cuadro 1 se presenta el rendimiento de forraje seco de las asociaciones en gramos/maceta y la significación estadística de los resultados.

El análisis de varianza manifestó efecto significativo para asociaciones y altamente significativo para fertilización. La prueba de Duncan separó a seis de las siete asociaciones con valores estadísticamente equivalentes; es decir, rindieron lo mismo T, G, T/G, T/L, G/L y T/G/L; L obtuvo el rendimiento más bajo y diferente al resto de las asociaciones.

Para la variable fertilización las asociaciones respondieron a las dosis probadas a excepción de una, cuando se cultivó la leguminosa sola; del resto, que son las que más rindieron, en cuatro de ellas, T/L, T, G/L y T/G sólo se mostró el efecto de la fertilización en la dosis

Cuadro 1. Rendimiento de forraje seco de las asociaciones. Promedio de tres repeticiones (gramos/maceta).

Rendimiento medio de forraje seco	Significación estadística			
	Asociación	Fertilización		
46.20*	T/G/L	F0 35.40	F1 44.07	F2 59.15
45.00	T/L	F0 34.10	F1 46.60	F2 54.27
43.10	G	F0 31.37	F1 48.92	F2 49.02
40.97	T	F0 34.57	F1 39.35	F2 49.00
40.45	G/L	F0 33.50	F1 38.50	F2 49.37
40.32	T/G	F0 31.82	F1 43.60	F2 45.60
25.82	L	F0 25.12	F1 25.50	F2 26.85

* Valores con la misma línea son estadísticamente iguales (P = .05).

F2 en relación a FO. En la gramínea se obtuvo la dosis óptima, F1, ya que rinde lo mismo que F2, pero diferente de FO. En T/G/L se alcanzó el rendimiento máximo en F2.

Tal variación en respuesta es debida, en el caso del rendimiento máximo de T/G/L, a la intervención de las tres especies que permitió un mejor aprovechamiento de los nutrimentos disponibles. Para las asociaciones de dos especies, no existió efecto marcado entre las dosis altas de fertilización, aspecto que también se manifestó en una especie sola T,

pero en G se observó la capacidad relativa de extraer nutrimentos por la gramínea al responder con la dosis óptima. En L se acusó poca respuesta a la fertilización.

Al analizar la composición botánica de las asociaciones, el porcentaje promedio de cada especie fue el siguiente: en T/G/L: T obtiene 78.8, G 13.6 y L 7.6; en T/L: T alcanza 90.5 y L 9.5; en G/L: G 71.7 y L 28.3; en T/G: T 83.3 y G 16.7.

Lo sucedido en la asociación triple nos indica que, a igualdad de condiciones y número de plantas en la asociación, T mostró mayor competencia en la producción de materia seca y G mostró ser más competitiva que L. En T/L al competir T, la más eficiente, con L, la menos eficiente, se incrementa dicha capacidad de T para producir materia seca. En G/L se observa lo sucedido en la primera asociación donde G obtiene mayor porcentaje que L. Para T/G también se guarda cierta proporción en los porcentajes obtenidos al competir las tres especies. De todo lo anterior destaca la gran capacidad competitiva de Tithonia.

Cuando se cosecharon las asociaciones, Tithonia estaba al 50% de su desarrollo, la gramínea en plena floración y la leguminosa en etapa de esbozo floral. Es decir, al efectuarse el corte, el estado fenológico de las especies fue distinto, no obstante, Tithonia rindió más.

Los porcentajes de composición botánica son muy variables, en la asociación gramínea/leguminosa siempre la mayor parte del forraje es producida por la gramínea (Bogdan, 1977). Flores (1983) encontró para la asociación Green panic/siratro, G/L para este estudio, porcentajes de 86.02 para G y 13.98 para L. Grof y Harding (1970), en la asociación Panicum maximum/Centrosema pubescens, reportaron 57% para la gramínea y 43% para la leguminosa. Flores (1984), en la asociación Chloris gavana/Centrosema pubescens, obtuvo 73.7% para la primera y 26.3% para la segunda. Lo obtenido en este trabajo está en el intervalo observado en otros estudios.

Contenido de proteína cruda. En el Cuadro 2 se expone el contenido de proteína cruda en porcentaje de las asociaciones y la significación estadística de los resultados.

El análisis de varianza mostró efecto altamente significativo para asociaciones y fertilización. La prueba de Duncan separó a L que obtuvo el contenido más alto. Además, estratificó a dos pares de asociaciones, el contenido fue el mismo para T/L y G/L; de

Cuadro 2. Contenido de proteína cruda en porcentaje de las asociaciones. Promedio de tres repeticiones.

Contenido medio de proteína cruda	Significación estadística Asociación	Fertilización		
		F1	F2	F0
16.00	L	14.90	16.51	16.54
10.80*	T/L	9.82	10.41	12.12
10.43	G/L	9.96	10.64	10.70
9.13	T/G/L	9.03	9.04	9.31
5.90	T	5.40	5.73	6.50
5.60	T/G	5.21	5.40	6.20
5.04	G	4.60	5.14	5.40

* Valores con la misma línea son estadísticamente iguales (P = 0.05).

manera similar pero independientemente sucedió para T y T/G. T/G/L logró un contenido intermedio diferente al resto de las asociaciones. G obtuvo el porcentaje más bajo.

Para fertilización se observa que no hubo respuesta en L, G/L, T/G/L, y G. En T/L se alcanzó el porcentaje máximo en F2. En T y T/G únicamente se mostró el efecto en la dosis F2.

Para gramíneas tropicales solas y asociadas se han reportado porcentajes diferentes: en gramíneas solas, Butterworth (1963) señala 5.7%, 4.5% y 3.2%, Grieve y Osbourn (1965) citan 4.8%; Butterworth y Butterworth (1965) 5.8%. En gramíneas asociadas con leguminosas, Kretschmer (1972) señala 9.5%; S.R.H. (1976) 5.73% y Flores (1983) 9.12%.

Al comparar los datos anteriores se trata de encontrar una relación con lo producido por *Tithonia*. El mejor valor obtenido cuando T está asociada se debe a la asociación con la leguminosa pero cuando está sola, su valor se considera bajo (Wilman, 1970), aunque equivalente al de varias gramíneas y, en algunos casos, superior.

Rendimiento de proteína cruda. En el Cuadro 3 se presenta el rendimiento de proteína cruda de las asociaciones en gramos/maceta y la significación estadística de los resultados.

Mediante el análisis de varianza se detectó efecto altamente significativo para asociaciones y fertilización. La prueba de Duncan separó dos grupos de asociaciones, el primero, con las cuatro que más rindieron y con valores equivalentes, T/L, T/G/L, G/L y L; en el segundo, las tres que rindieron menos, T, T/G y G.

Al comparar los resultados anteriores con aquellos de proteína cruda, se manifiesta que las mismas cuatro asociaciones que obtuvieron mayor contenido de proteína, son las que rinden más. Se confirma la influencia de la leguminosa como aportador principal de proteína en la asociación; sin embargo, sólo en una asociación

Cuadro 3. Rendimiento de proteína cruda de las asociaciones. Promedio de tres repeticiones (gramos/maceta).

Rendimiento medio de proteína cruda	Asociación	Significación estadística Fertilización		
		F0	F1	F2
4.89	T/L	3.54	4.57	6.57
4.21	T/G/L	3.19	4.10	5.34
4.21	G/L	3.58	3.83	5.25
4.12	L	3.79	4.15	4.43
2.43	T	1.86	2.25	3.18
2.27	T/G	1.65	2.35	2.82
2.15	G	1.44	2.39	2.64

el incremento en rendimiento de proteína es debido al mayor contenido de proteína cruda. En las asociaciones restantes, fue debido a la mayor producción de forraje seco.

Para efecto de fertilización las asociaciones respondieron a las dosis probadas de la siguiente manera: en T/L no hubo diferencia entre F0 y F1, pero si entre éstas y F2 que alcanza el rendimiento más alto, reafirmandose la respuesta de T a la dosis alta de fertilización. Para T/G/L y G/L hubo una respuesta similar. Para T solamente se encontró diferencia entre F0 y F2. T/G no respondió a la fertilización. Por último, G sólo alcanzó diferencia entre F0 y F2.

De lo anterior destaca que, en T/L, T/G/L y T/G el mayor incremento en rendimiento fue debido a T, por la mayor producción de materia seca, lo cual se confirma con el incremento en rendimiento a mayor dosis de fertilización. En G/L resultó al contrario; el incremento en rendimiento se debió al mayor contenido de proteína cruda aportado por L y no a la producción de materia seca.

Cortes

Rendimiento de forraje seco. En el Cuadro 4 se expone el rendimiento de forraje seco por corte en gramos/maceta y la significación estadística de los resultados. El análisis de varianza manifestó efecto de tratamiento a nivel altamente significativo. La prueba de Duncan separó al rendimiento más alto (corte 4) y al más bajo (corte 1) de los rendimientos intermedios.

Cuadro 4. Rendimiento de forraje seco de los cortes de *Tithonia*. Promedio de tres repeticiones (gramos/maceta).

Rendimiento medio de forraje seco	Significación estadística	Cortes al
64.25		final de floración (4)
40.25		inicio de floración (3)
26.50		segundo mes de emergencia (2)
8.00		primer mes de emergencia (1)

El rendimiento alcanzado por *Tithonia* al segundo mes de la emergencia e inicio de floración es similar, aunque la diferencia en el tiempo de producción es considerable; por otra parte, resultó incremento significativo del primer al segundo mes de emergencia y del inicio al final de la floración.

Al analizar el rendimiento a través de los cortes se observa que en el corte 1 se tuvieron 30 días de crecimiento y se obtuvieron 8 g de materia seca; en el corte 2, con 30 días de crecimiento se obtuvieron 18.5 g de rendimiento; en el corte 3, con intervalo de 80 días el rendimiento fue de sólo 13.75 g de incremento; y en el corte 4, con intervalo de 39 días la producción de planta fue de 24 g de materia seca.

Lo anterior indica que en el período correspondiente al corte 3, se obtuvo la producción más baja de materia seca, 0.17 g/día, mientras que en el corte 1, la tasa de crecimiento fue de 0.26 g/día, y en los cortes 2 y 4 se obtuvo la producción más alta de materia seca, 0.61 g/día en cada uno.

Contenido de proteína cruda. En el Cuadro 5 se presenta el contenido de proteína cruda en porcentaje por corte y la significación estadística de los resultados. El análisis de varianza demostró efecto de tratamientos altamente significativo. La prueba de Duncan detectó diferencia estadística significativa entre los valores obtenidos en los cuatro cortes.

Como era de esperarse, el mayor porcentaje se obtuvo en el corte 1, decrece en el segundo, alcanza el valor más bajo al inicio de la floración y se incrementa nuevamente al final de la misma. Se considera que tal tendencia es debida al desplazamiento de los compuestos nitrogenados, de las partes vegetativas hacia las partes florales; sin embargo, se esperaba que el porcentaje más bajo de proteína se obtuviera en la última etapa, al final de la floración y no al inicio de la misma.

Rendimiento de proteína cruda. En el Cuadro 6, se presenta el rendimiento de proteína

Cuadro 5. Contenido de proteína cruda en porcentaje de los cortes de *Tithonia*. Promedio de tres repeticiones.

Contenido medio de proteína cruda	Significación estadística	Cortes al
12.9		primer mes de emergencia (1)
10.6		segundo mes de emergencia (2)
7.7		final de floración (4)
5.8		inicio de floración (3)

cruda por corte en gramos/maceta y la significación estadística de los resultados. El análisis de varianza demostró efecto de tratamientos altamente significativo. La prueba de Duncan separó los valores de rendimiento en dos bloques, en el que más rindió quedaron los cortes 4 y 2. En el bloque que rindió menos quedaron incluidos también los cortes 2, 3 y 1.

Tales rendimientos manifiestan variación en las causas que los originaron; el valor más alto obtenido en el corte 4, se debió fundamentalmente a la producción de forraje seco, ya que fue el valor más alto en esta variable y su porcentaje de proteína cruda uno de los más bajos. El siguiente valor correspondiente al corte 2, fue debido tanto al forraje seco como al contenido de proteína cruda, ya que para ambas variables se alcanzaron valores medios. En el corte 3, fue la producción de forraje seco y no el contenido de proteína cruda, puesto que éste fue el más bajo. Por último, el rendimiento menor, corte 1, se debió al contenido de proteína cruda, que fue el valor más alto y no a la producción de forraje seco, que fue la más baja.

Cuadro 6. Rendimiento de proteína cruda de los cortes de Tithonia. Promedio de tres repeticiones (gramos/maceta).

Rendimiento medio de proteína cruda	Significación estadística	Cortes al
4.94		final de floración (4)
2.80		segundo mes de emergencia (2)
2.33		inicio de floración (3)
1.03		primer mes de emergencia (1)

Producción de Semilla

Número de capítulos por planta. Para esta variable no hubo efecto de tratamientos, lo que significa que estadísticamente todos los resultados son equivalentes. Tales valores fluctuaron de 3.94 a 6.25 capítulos por planta, con un valor promedio de 5.

Diámetro de capítulos. El análisis de varianza mostró efecto significativo para los tratamientos y la prueba de Duncan detectó que sólo el tratamiento con la dosis de fertilización más alta resultó diferente a los demás. Los diámetros fluctuaron de 1.24 a 1.51 cm, el valor promedio fue de 1.33.

A pesar de los resultados obtenidos en el número de capítulos por planta, que no mostraron efecto de tratamientos, existe una relación entre el número de capítulos y el diámetro de éstos, ya que a mayor número de capítulos por planta, menor es el diámetro de los mismos.

Número de semilla pura por capítulo y por planta. En ambos casos el análisis de varianza señaló efecto significativo para los

tratamientos y la prueba de Duncan separó al tratamiento con la dosis de fertilización más alta con diferencia significativa sobre los restantes. En el primer caso el número de semilla varió de 4.2 a 18.7 por capítulo, el valor promedio fue de 8.2. En el segundo, el intervalo de valores fue de 16.6 a 111.6 semilla pura por planta, con promedio de 43.5.

CONCLUSIONES

Asociaciones

1. La asociación de las tres especies permitió un mejor aprovechamiento de los nutrimentos disponibles.

2. Tithonia mostró mayor eficiencia en la producción de materia seca y contribuyó con más proteína cruda que la gramínea.

3. Tithonia incrementó el rendimiento de forraje seco y el contenido de proteína cruda al aumentar la dosis de fertilización.

4. Los mejores contenidos de proteína cruda se obtuvieron en las asociaciones donde intervino la leguminosa.

Cortes de Tithonia.

1. El rendimiento máximo de forraje se alcanzó al final de la floración.

2. El porcentaje máximo de proteína cruda se obtuvo al aprimer mes de la emergencia.

3. El rendimiento óptimo de proteína cruda se obtuvo al segundo mes de la emergencia, debido tanto al volumen de forraje seco como al contenido de proteína cruda.

Producción de Semilla

1. No hubo efecto de la fertilización en el número de capítulos por planta, pero si existió en el diámetro de los mismos.

2. Hubo respuesta a la fertilización en la producción de semilla pura.

Conclusión General

Tithonia es una especie arvense que tiene características forrajeras favorables, tanto por la producción de forraje como en la calidad nutritiva del mismo. Asimismo, responde satisfactoriamente a los niveles de domesticación probados. Es recomendable continuar con esta línea de investigación a nivel de campo.

AGRADECIMIENTOS

Al M. en C. Rubén Guajardo Viera por el asesoramiento brindado en las determinaciones de laboratorio; al M. en C. Jorge E. Gama Castro por su ayuda en los trabajos de campo y la revisión del manuscrito; al Sr. Pedro Avilés Jaimes por su colaboración en los trabajos de campo y laboratorio.

LITERATURA CITADA

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMIST (AOAC). 1980. Official methods of analysis, Washington, D. C. Broad, William and Herwats, 1018 p.

BOGDAN, A.V. 1977. Tropical pasture and fodder plants. Tropical Agriculture Series. Longman, London and New York. 475 p.

BUNTING, A.H. 1959. Some reflections on the ecology of weeds. In: Biology of weeds. Ed. Harper, L. J. Black Well Scientific Publ., Oxford, England. p. 11-26.

BUTTERWORTH, M.H. 1963. Digestibility trials on forage in Trinidad and their use in the prediction of nutritive value. J. Agric. Sci. 60: 341-345.

BUTTERWORTH, M. H. y J. P. BUTTERWORTH. 1965. Some aspects of utilization of tropical forages. J. Agric. Sci. 65: 389-395.

DIAZ, P.R. 1983. Valor forrajero de las plantas arvenses (malezas de los cultivos). Tesis profesional. Fac. de Med. Vet. y Zootec. Univ. Nal. Autón. de México, D.F. 90 p.

ELLIOT, R. 1981. El uso de pulpa de henequén ensilada como alimento animal. In: curso sobre producción y utilización de forrajes tropicales. Fac. de Med. Vet. y Zootec. Univ. Nal. Autón de México. Memorias: 75-87.

FLORES, R.D. 1983. Evaluación de asociaciones gramínea-leguminosa en el municipio de Puente de Ixtla, Morelos. Univ. Nal. Autón. de México. Instituto de Geología, Revista (enviada para su publicación el 29 de noviembre de 1983).

FLORES, R.D. 1984. Rendimiento de la asociación Chloris gayana/Centrosema pubescens bajo diferentes métodos y densidades de siembra en suelos del municipio de Miaatlán, Morelos. Univ. Nal. Autón de México. Instituto de Geología. Revista (enviado para su publicación el 11 de abril de 1984).

GRIEVE, C.M. y D.F. OSBOURN. 1965. The nutritional value of some tropical grasses. J. Agric. Sci. 65: 411-417.

GROF, B. y W.A.T. HARDING. 1970. Dry matter yields and animal production of Guinea grass (Panicum maximum) on the humid tropical coast of North Queensland. Trop. Grasslds. 4 (1): 85-95.

HARLAN, R.J. y J.M. DE WET. 1965. Some thoughts about weeds. Econ. Bot. 19 (1): 16-24.

LA DUKE, J.C. 1980. Systematics of Tithonia Desf. ex Gucelin (Compositae, Heliantheae) Ph. D. Thesis. Univ. Columbus, Ohio, E.U.A. 187 p.

NASH, L.D. y L.O. WILLIAM. 1976. Flora de Guatemala, Fieldiana Botany. Published by Field Museum of Natural History 24 (12): 326-327.

SEGURA, P.L.R. 1979. Estudio florístico ecológico de las plantas arvenses en el cultivo de maíz de temporal en diferentes localidades del estado de Morelos, México. Tesis profesional. Esc. de Cienc. Biol., Univ. Autón. del Edo. de Morelos, México. 141 p.

SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO. 1981. Síntesis geográfica de Morelos. Dirección General de Geografía del territorio nacional. México, D.F. 110 p.

SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS (VALDIVIESO, G.R. et al.). 1976. Praderas tecnificadas tipo Temascalcingo en el

Centro Nacional para la Educación, Investigación y Extensión de la Zootecnia. Memorándum Técnico Núm. 352. México, D.F. 59 p.

U S D A. 1975. Soil Survey Manual 18. Soil Survey Staff. U.S. Govt. Print Office, Washington, D.C. 136 p.

VILLEGAS, D.M. 1970. Estudio florístico y ecológico de las plantas arvenses de la parte meridional de la Cuenca de México. An Esc. Nac. Cienc. Biol. Méx. 18:17-89.

WILMAN, D. 1970. The effect of nitrogenous fertilizer on the rate of growth of Italian ryegrass. 3. Growth up to ten weeks: nitrogen content and yield. J. Brit. Grassland Soc. 25 (3): 242-245.

BALANCE HIDRICO EN MAIZ DE TEMPORAL EN SANDOVALES, AGUASCALIENTES

Water Balance on Non-Irrigated Corn in Sandoval, Aguascalientes, Mex.

Miguel Angel Martínez Gamiño

CIFAP-AGUASCALIENTES, INIFAP, AGUASCALIENTES, MEXICO

RESUMEN

En Aguascalientes, el principal factor limitante de la producción de maíz de temporal es la escasez e irregularidad de las lluvias, lo cual ocasiona períodos con déficit hídrico para la planta los cuales coinciden con la floración y el llenado de grano. El objetivo de este trabajo fue determinar el balance hídrico para maíz de temporal así como cuantificar los escurrimientos superficiales, evapotranspiración y erosión hídrica. El estudio se realizó en Sandoval, Ags., en un suelo franco arcillo-arenoso y 6% de pendiente durante 1980 y 1981. Se establecieron dos parcelas de ocho surcos a .76 m entre si y 30 m de longitud, se delimitaron dos surcos centrales por 10 m de largo con láminas enterradas 0.2 m al suelo, en la parte baja se colocó un depósito con capacidad de 600 l para medir el escurrimiento. Una de las parcelas se cubrió con rastrojo a razón de 5 ton/ha y la otra quedó como testigo. Se empleó la variedad VS-202 a una dosis de 12 kg/ha y se fertilizó con el tratamiento 40-40-00. Se cuantificó la humedad del suelo por el método gravimétrico dos veces por semana en los estratos 0-25 y 25-50

cm. Se obtuvo que el 90% del total de las lluvias que ocurrieron durante el ciclo del maíz se presentó antes de la floración y que en la etapa de llenado de grano se acentuó el déficit hídrico. La evapotranspiración actual se incrementó un 17% con el uso de 5 ton/ha de rastrojo y se disminuyeron un 35% los escurrimientos superficiales y 40% la erosión hídrica.

Palabras clave: Balance hídrico, Erosión hídrica, Coberturas, Maíz temporal, Aguascalientes, México.

SUMMARY

In the state of Aguascalientes (north-central Mexico), the main problem for dryland farming systems is the scarcity and untimely distribution of rainfall, resulting in periods with water deficits for corn plants. These drought periods coincide with the flowering and grain filling stages. The objective of this study was to estimate the water balance on corn under limited natural rainfall as well as runoff, evapotranspiration, and soil erosion. The study was conducted in Sandoval, Aguascalientes during 1980 and 1981, the soil texture is shallow sandy loam with a 6% slope. Two

Recibido 3-87.

parcels were established with eight furrows .76 m wide and 30 m long. Two central furrows were used as a runoff plot (10 m long). A 600-liter-tank was placed for collecting run off and for estimating soil erosion. One plot was mulched with 5 ton/ha of stubble. It was seeded with the VS-202 cv. at a rate of 15 kg/ha and fertilized at a rate of 40-40-00. Soil moisture was monitored during the entire growing season using the gravimetric method. Soil moisture samples were taken twice a week at 0-25 and 25-50 cm depth. From total rainfall, 90% occurred before the flowering stage. During the grain filling stage the water deficit was marked. The present evapotranspiration increased 17% with the 5 ton/ha of mulch used. Runoff decreased about 35% and water erosion 40%.

Index words: Water balance, Corn, Water erosion, Mulching, Water deficit, Aguascalientes. Mexico.

INTRODUCCION

En el estado de Aguascalientes el principal factor que limita la producción agropecuaria en las áreas de temporal es lo aleatorio con que ocurren las lluvias año tras año, de tal manera que para el período de 1977 a 1982 se reportan pérdidas por sequía desde el 10 al 99% de la superficie de los cultivos tradicionales en temporal: maíz y frijol. Los registros de lluvia para la zona denominada El Llano, principal zona temporalera del estado, señalan eventos hasta con intensidad mayor a los 100 mm/h, lo cual ha generado efectos tales como la erosión y pérdida de la fertilidad del suelo. Sin embargo, no se tiene una caracterización precisa que permita evaluar a partir del ciclo hidrológico sus componentes. El objetivo del presente trabajo fue determinar el balance hídrico para maíz de temporal así como cuantificar los escurrimientos superficiales, evapotranspiración y erosión hídrica.

Para la cuantificación del balance hídrico en la literatura se presentan varios métodos, los cuales se pueden clasificar en directos e indirectos. Los primeros se basan en medir bajo condiciones reales los componentes del ciclo hidrológico por separado, y los indirectos son aquellos que emplean en sus análisis datos meteorológicos, además de las condiciones generales de suelo y cultivos.

Métodos Directos.

Dado lo específico del balance hídrico, la National Academy of Science (1974), señala que es necesario considerar: a) Suelo. Especialmente características de retención, escurrimientos e infiltración del agua; b) Topografía. Pendiente del área y dirección de arroyos; c) Precipitación. Total, frecuencia e intensidad; d) Cultivos. Necesidades hídricas durante el ciclo vegetativo; e) Otros factores climáticos como: viento, temperatura, luminosidad, etc.

Evenari *et al.* (s.f.) mencionan que para restaurar un sistema hidráulico para uso agrícola en el desierto del Negev en Israel, fue necesario realizar un estudio hidrológico basado en un balance hídrico. Para tal fin acondicionaron parcelas de escurrimiento de 20 m² y en la parte baja de la pendiente colocaron un tanque de 500 l para cuantificar los escurrimientos. Reportaron que los escurrimientos representaron el 42% de la lluvia anual. El estudio comprendió además el análisis de la lluvia anual, en cuanto a su distribución, frecuencia e intensidad, el porcentaje de escurrimiento por lluvia, análisis químico y mecánico del suelo; la evapotranspiración y la eficiencia del uso del agua en vid, pistacho, durazno, chabacano, pastos y arbustos forrajeros.

Por su parte Lombardi (1976) describió un sistema para determinar el escurrimiento superficial en estudios del balance hídrico mediante parcelas de 20 m de largo por un metro de ancho, con un colector con capacidad de 1,000 litros en la parte baja. Al evaluar frijol, algodón, mijo y soya, reportó que para frijol y algodón las pérdidas de agua por escurrimientos

fueron del 13% del total de las lluvias y para mijo y soya de 5 y 7%, respectivamente. Consideró a este método como aceptable para determinar la evapotranspiración real de los cultivos a nivel de campo.

El Colegio de Postgraduados (1977) describió un método por medio de lotes de escurrimiento de 2 m de ancho por 20 m de largo con un depósito graduado en litros en la parte baja. Este sistema permitió cuantificar el agua que se perdió por escorrentía y la que retuvo el suelo, los cuales al constituir parte del ciclo hidrológico permitieron realizar un balance hídrico, bajo condiciones de campo.

Dada la variación del área experimental que se reporta en trabajos relacionados al balance hídrico, Ortiz (1982), considera que el tamaño del área experimental estará en función de los objetivos a estudiar. Por ejemplo Johnson *et al.* (1978), señalaron que en trabajos de labranza es necesario considerar parcelas hasta de una hectárea por tratamientos para evaluar los componentes del ciclo hidrológico.

Métodos Indirectos

Anaya (1977), cita un método para la obtención del balance hídrico mediante el análisis de la precipitación comparado con el uso consuntivo del cultivo obtenido por el método de Blaney-Criddle en períodos mensuales.

Por otra parte Villalpando (1984), propone un método de la FAO para el balance hídrico, el cual involucró datos de precipitación; evapotranspiración potencial (ETP) definido como el producto de la evaporación de un tanque tipo "A" multiplicado por 0.7 como factor de ajuste, el cual señala la cantidad de agua necesaria para que el cultivo no presente déficit hídrico; un coeficiente de cultivo K_c para cada etapa fenológica del mismo, la evapotranspiración real obtenida de considerar el valor de la ETP y el K_c , así como la humedad residual en el suelo en función de la capacidad de almacenamiento de agua por el suelo mediante el siguiente balance:

Precipitación - Evapotranspiración real =
Humedad del suelo (3).

Evapotranspiración (ET)

Ortiz-Solorio (1984), consignó que la ET es la suma de la cantidad de agua evaporada desde el suelo y transpirada por las plantas, señaló además que la evapotranspiración potencial (ETP) es la máxima cantidad de agua capaz de ser perdida por una capa continua de vegetación que cubre todo el terreno, cuando es ilimitada la cantidad de agua suministrada al suelo. Por otra parte señala que la evapotranspiración real (ETR), es la cantidad de agua perdida por el complejo planta-suelo en las condiciones meteorológicas, edáficas y biológicas existentes. En estas últimas se incluye el tipo de cultivo y su fase de crecimiento y desarrollo. La evapotranspiración actual (ETA), puede ser considerada como la cantidad de agua perdida por el complejo planta-suelo bajo condiciones actuales, principalmente de humedad sin considerar la fase de crecimiento y desarrollo del cultivo.

Efecto de Coberturas Vegetales en el Suelo

Varios autores han evaluado y reportado los beneficios del uso de cubiertas vegetales en la superficie del suelo, entre ellos se cuenta a Hardy (1970), Fournier (1975) y Winter (1977), quienes indicaron que las coberturas influyeron favorablemente en las condiciones físicas del suelo dado que aíslan la superficie de la acción de las gotas de lluvia, disminuyen la escorrentía, incrementan la infiltración y reducen la evaporación. Por su parte, Hardy (1970) señaló que el efecto de las cubiertas en períodos muy secos o muy húmedos tiende a ser igual al de los suelos sin cubierta y que este efecto sólo ocurre antes que el cultivo pierda agua por transpiración.

MATERIALES Y METODOS

Clima

La localidad donde se realizó el experimento fue el Campo Agrícola Experimental Auxiliar Sandoval, en el estado de Aguascalientes, cuyas coordenadas son 22°09' de latitud norte y 102°18' de longitud oeste con respecto al meridiano de Greenwich y una altitud de 2,000 msnm. El clima se define como BS₁KW(w) que corresponde a un clima semi-seco, con lluvias en verano y escasas a lo largo del año, temperatura media anual entre 12-18°C según García (1973). La variación de la precipitación fluctúa entre 182 y 486 mm con una media de 363 mm en un periodo de 10 años (1973-1982). El 85% del total anual de lluvia se acumula en los meses de junio a octubre y durante el periodo del maíz el 75% del total se registró en los meses de junio a agosto.

Suelo

Los suelos del área se presentan en terrenos planos ligeramente ondulados y pendiente menor de 8% por lo que se clasifican como planosol eútrico, con textura franco arcillo-arenoso y con duripán o tepetate a menos de 50 cm de profundidad; su densidad aparente promedio es de 1.38 g cm⁻³; sus constantes de humedad a capacidad de campo y punto de marchitez permanente promedio son de 22.13 y 11.35% en base a peso seco. El contenido de nitrógeno, fósforo y materia orgánica, es pobre.

Planta y Manejo Agronómico

Se utilizó la variedad VS-202, recomendada por el Campo Agrícola Experimental Pabellón (1980) para temporal, con densidad de siembra de 12 kg ha⁻¹. El suelo se barbechó, rastreó y surcó en mayo de 1980 y 1981; se fertilizó con el tratamiento 40-40-00; como fuente de nitrógeno se usó nitrato de amonio y de fósforo el superfosfato simple.

Características y Diseño de las Parcelas

Las características de las parcelas fueron ocho surcos a 0.76 x 30 m de largo, en la parte central se tuvo un área de 2 x 10 m delimitadas con lámina, 0.20 m enterradas y 0.20 m sobre la superficie. En la parte baja se colocó un depósito con capacidad de 600 l. Después de cada día con lluvias se midió el volumen de los escurrimientos. La humedad del suelo se determinó por el método gravimétrico a dos profundidades: 0 a 25 y 25 a 50 cm. Dos veces por semana.

Tratamientos

Una vez delimitadas las parcelas, a una de ellas le esparcieron 5 ton ha⁻¹ de rastrojo seco de maíz.

Balance Hídrico

Se cuantificó la evapotranspiración actual (ETA) en base a la información de los muestreos de la humedad del suelo. Se consideró como entradas al sistema únicamente la lluvia *in situ* y como salidas la ETA y escorrentías. La diferencia entre ambas se atribuyó a la infiltración e intercepción del agua por el dosel vegetal.

Puesto que un análisis global no establece cabalmente lo ocurrido durante el ciclo de cultivo, se procedió a realizar el análisis de la precipitación y balance hídrico a través de etapas fenológicas del maíz. Para ello se dividió el ciclo del cultivo en cuatro etapas de desarrollo de acuerdo a Jugenheimer (1981) que fueron las siguientes:

Etapa I. Denominada etapa vegetativa, que comprende desde la germinación hasta la diferenciación de órganos reproductores, Etapa II. Llamada de transición es en esta etapa en la cual se diferencian los órganos reproductores en sus características ontogénicas y morfológicas, Etapa III. Es la etapa reproductiva, que se inicia con la aparición de las inflorescencias masculinas, y abarca el periodo de floración, Etapa IV.

Corresponde a la etapa durante la cual se efectúan los procesos físico-químicos de formación y llenado de grano hasta llegar a la madurez fisiológica.

Para determinar la erosión hídrica se tomaron tres muestras de un litro cada una después de un día con lluvia, previa determinación del volumen de los escurrimientos, de cada muestra se obtuvo el peso seco de los sedimentos en suspensión.

RESULTADOS Y DISCUSION

Análisis de la Precipitación

Para el año de 1980 el total de lluvia durante el ciclo de maíz fueron 252.1 mm (Cuadro 1) de los cuales el 70% se distribuyó en la etapa vegetativa inicial y se acumuló casi el 90% del total hasta antes del inicio del periodo de floración como se puede observar en el Cuadro 1. Así mismo se aprecia que las lluvias que contribuyeron con mayor porcentaje al

Cuadro 1. Total de precipitación para intervalos de lluvia por evento en el ciclo del maíz de temporal en Sandoval, Aguascalientes. 1980.

Precipitación	Etapa Fenológica				Total	
	Veg.	Trans.	Repr.	Llen.	Precipi- Gran. tación	%
mm						
0.1 - 5.0	6.5	13.0	8.0	1.0	28.5	11
5.1 - 10.0	40.1	-	9.0	11.0	60.1	24
10.1 - 15.0	37.5	-	-	-	37.5	15
15.1 - 20.0	34.0	-	-	-	34.0	13
20.1 - 25.0	21.0	-	-	-	21.0	8
25.1 - 30.0	-	-	-	-	-	-
30.1 - 35.0	-	33.0	-	-	33.0	13
35.1 - 40.0	38.0	-	-	-	38.0	15
Total	177.1	46.0	17.0	12.0	252.1	
%	70	18	7	5		

volumen total, estuvieron entre los intervalos de 5.1 a 10.0 mm, con el 24% y sólo el 28% del volumen total fue debido a lluvias superiores a 25.0 mm. Esta distribución aleatoria de la precipitación generó que en las etapas de transición y reproductiva el cultivo contase con menor volumen de agua disponible que el registrado principalmente en la etapa vegetativa.

Cabe señalar que en las dos primeras etapas señaladas anteriormente las lluvias menores a 5.1 mm predominaron por lo que la efectividad de las lluvias en el cultivo fue poca.

Durante 1981 la distribución y cantidad de la lluvia (Cuadro 2) fueron distintas al ciclo anterior en cuanto a una mejor distribución de las lluvias en las dos primeras etapas del maíz, pero la cantidad de lluvia fue menor durante todo el ciclo, pues solo se registraron 93.6 mm de la fecha de siembra, el 20 de julio, al 19 de noviembre fecha de la madurez fisiológica. Se observó además que de los eventos registrados ninguno superó los 20.0

Cuadro 2. Total de precipitación para intervalos de lluvia por evento en el ciclo del maíz de temporal en Sandoval, Aguascalientes. 1981.

Precipitación	Etapa fenológica				Total	
	Veg.	Trans.	Repr.	Llen.	Precipi- Gran. tación	%
mm						
0.1 - 5.0	9.8	17.6	1.3	1.2	29.9	32
5.1 - 10.0	9.0	16.8	14.2	7.7	47.7	51
10.1 - 15.0	-	-	-	-	-	-
15.1 - 20.0	16.0	-	-	-	16.0	17
20.1 - 25.0	-	-	-	-	-	-
25.1 - 30.0	-	-	-	-	-	-
30.1 - 35.0	-	-	-	-	-	-
35.1 - 40.0	-	-	-	-	-	-
Total	34.8	34.4	15.5	8.9	93.6	
%	37	36	17	10		

mm, por lo cual fueron en su mayoría lluvias de baja cantidad. Esta situación generó fuertes déficits hídricos al cultivo del maíz los cuales se manifestaron en el balance hídrico.

Balance Hídrico.

El balance hídrico para 1980 en maíz de temporal indicó que dicho cultivo tuvo un déficit hídrico total de 23.23 y 19.60 cm, cuando cultivado sin y con cobertura de rastrojo respectivamente, en su ciclo vegetativo que abarcó del 24 de julio, fecha de siembra, al 20 de noviembre, el cual fue más acentuado después de la floración (Cuadro 3 y 4). En el primero de éstos se reporta que en la etapa vegetativa inicial la ETA obtenida de los registros de la humedad en el suelo en dicho período satisfizo las necesidades hídricas del cultivo e incluso superó ligeramente a la ETR, no obstante que 5.22 cm se perdieron por escurrimiento superficial. Lo anterior concuerda con lo descrito en el análisis de la precipitación, la cual fue más abundante en la

primera etapa y así contribuyó a un oportuno abastecimiento de agua a las plantas, pero conforme avanzó el ciclo del cultivo las lluvias fueron más esporádicas y de menor volumen al mismo tiempo que la demanda evapotranspirativa del maíz fue en aumento generándose así un déficit hídrico el cual llegó al máximo durante la etapa IV con 11.23 cm en relación a la demanda del cultivo. Esta etapa fue la que correspondió al llenado de grano por lo cual dicho déficit ocasionó en gran parte un rendimiento en grano del cultivo de sólo 120 kg ha⁻¹.

En 1981 la duración del ciclo del maíz fue del 20 de julio al 19 de noviembre para un total de 122 días. En los Cuadros 5 y 6 se reportan los valores arrojados por el balance hídrico obtenidos sin y con cobertura de rastrojo respectivamente. En ambos casos la precipitación fue menor que los requerimientos hídricos del cultivo a través de su ciclo vegetativo lo cual generó un déficit hídrico de 28.39 cm y 25.78 cm sin y con cobertura respectivamente.

Cuadro 3. Balance hídrico con la evapotranspiración actual, real y potencial (ETA, EIR y EIP) para maíz de temporal sin cobertura de rastrojo en Sandoval, Aguascalientes. 1980.

Etapa Fenológica	Precipitación	Escurrimiento	cm			ETA-ETR
			ETA	ETR	ETP	
Vegetativa	17.71	5.22	5.50	5.20	13.00	0.30
Transición	4.60	1.07	7.99	12.25	15.31	- 4.26
Reproductiva	1.70	-	1.37	9.41	9.41	- 8.04
Llen. Grano	1.20	-	0.79	12.02	15.02	-11.23
Total	25.21	6.29	15.65	38.88	52.74	-23.23

Cuadro 4. Balance hídrico con la evapotranspiración actual, real y potencial (ETA, EIR y EIP) para maíz de temporal con cobertura de rastrojo en Sandoval, Aguascalientes. 1980.

Etapa Fenológica	Precipitación	Escurrimiento	cm			ETA-ETR
			ETA	ETR	ETP	
Vegetativa	17.71	4.08	5.89	5.20	13.00	0.69
Transición	4.60	0.65	9.70	12.25	15.31	- 2.55
Reproductiva	1.70	-	1.77	9.41	9.41	- 7.64
Llen. Grano	1.20	-	1.92	12.02	15.02	-10.10
Total	25.21	4.73	19.28	38.88	52.74	-19.60

Cuadro 5. Balance hídrico con la evapotranspiración actual, real y potencial (ETA, ETR y ETP) para maíz de temporal sin cobertura de rastrojo en Sandoval, Aguascalientes. 1981.

Período	Precipitación	Escurrimiento	cm			ETA-
			ETA	ETR	ETP	ETR
I	3.48	1.47	1.29	5.16	12.91	- 3.87
II	3.44	-	5.42	11.22	14.01	- 5.80
III	1.55	0.73	0.64	6.79	6.79	- 6.15
IV	0.89	-	0.29	12.86	16.07	-12.57
Total	9.36	2.20	9.64	36.03	49.79	-28.39

Cuadro 6. Balance hídrico con la evapotranspiración actual, real y potencial (ETA, ETR y ETP) para maíz de temporal con cobertura de rastrojo en Sandoval, Aguascalientes. 1981.

Período	Precipitación	Escurrimiento	cm			ETA-
			ETA	ETR	ETP	ETR
I	3.48	0.67	2.24	5.16	12.91	- 2.92
II	3.44	-	5.65	11.22	14.01	- 5.57
III	1.55	0.32	0.77	6.79	6.79	- 6.02
IV	0.89	-	1.59	12.86	16.07	-11.27
Total	9.36	0.99	10.25	36.03	49.79	-25.78

Cuando se usó cobertura en el suelo los escurrimientos disminuyeron un 45% en relación al testigo sin cobertura, lo cual permitió una mayor infiltración de las lluvias en el suelo y así el cultivo dispuso de mayor volumen de agua. Sin embargo, dicho volumen sólo disminuyó 1.69% el déficit hídrico en relación a la evapotranspiración real. El valor obtenido por la evapotranspiración actual representó el 27 y el 28% de la evapotranspiración real. Este hecho pone de manifiesto el fuerte déficit hídrico del cultivo del maíz bajo las condiciones imperantes en dicho año lo cual generó que el rendimiento de grano fuera nulo.

Erosión Hídrica.

La cuantificación de las pérdidas de suelo en los escurrimientos hídricos señalaron que en 1980 la erosión para el tratamiento testigo fue de 12.63 ton/ha contra 2.66 ton/ha del tratamiento con 5 ton/ha de rastrojo. En 1981 sin cobertura la erosión fue de 16.87 contra 90.5 ton/ha del tratamiento con cobertura. Lo anterior coincide con lo reportado por Winter (1977), en el sentido de que el rastrojo disminuye la pérdida del suelo y al mismo tiempo incrementa la infiltración del agua en el suelo.

CONCLUSIONES

Con base en las condiciones del sitio experimental se puede concluir que el balance hídrico para maíz de temporal en Aguascalientes indicó que la etapa más afectada por la ausencia de lluvias lo cual generó un déficit hídrico fue después de la floración. Los escurrimientos y erosión hídrica disminuyeron un 35% y un 40% respectivamente con el empleo de una cobertura de rastrojo de 5 ton ha⁻¹. Dado que la precipitación ocurrida en los dos años de estudio es típica en Aguascalientes, es necesario considerar el empleo de otras especies mejor adaptadas que el maíz o bien considerar la presente información en la generación de maíces adaptados a estas condiciones.

LITERATURA CITADA

ANAYA, G. M. 1977. "Optimización del aprovechamiento del agua de lluvia para la producción agrícola bajo condiciones de temporal deficiente". In: Hernández Xolocotzi, E. (Ed.) *Agrosistemas de México*. Chapingo, Méx., Colegio de Postgraduados. pp 85-100.

CAEPAB. 1980. Guía para la asistencia técnica. Campo Agric. Exp. Pabellon, Ags. CIANOC, INIA México, 194 pp.

COLEGIO DE POSTGRADUADOS. 1977. Manual Conservación Suelo y Agua. Chapingo, México.

EVENARI, M. s.f. Ancient desert agriculture. Israel, Youvol. p.v.

FOURNIER, F. 1975. Conservación de Suelos. Madrid, Mundiprensa.

GARCIA, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana), U.N.A.M. México,

JOHNSON, H. P. et al. 1978. Tillage system effects on sediment and nutrients in runoff from small watershed. *Transactions ASAE (USA)*. 22 (25): 1110- 1114.

JUGENHEIMER, R. N. 1981. Maíz; variedades mejoradas, métodos del cultivo y producción de semillas. México, Limusa. pp. 56-58.

HARDY, F. 1970. Edafología tropical. México, Herrero Hnos.

LOMBARDI, N. F. 1976. Sistemas para determinacao do escoamento superficial e, estudos do balanço hidrico. *Bragantia* 35: 15-18.

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

ORTIZ, V. B. 1982. Estudio experimental sobre la conservación del suelo, la erosión y el escurrimiento. Chapingo, Méx., Universidad Autónoma de Chapingo. 94 p.

ORTIZ SOLORIO, C. 1984. Agrometeorología. México, Universidad Autónoma de Chapingo. 221 p.

VILLALPANDO IBARRA, J. F. 1984. Taller de agroclimatología. Calera, Zac. Méx. INIA, Centro de Investigaciones Agrícolas Norte-Centro.

WINTER, E. J. 1977. El agua, el suelo y la planta. México. Diana.

CAPTACION DE AGUA EN MAIZ DE TEMPORAL EN AGUASCALIENTES

Water Harvesting for Corn under Dry Land Conditions in Aguascalientes.

Miguel Angel Martínez Gamiño, Manuel Anaya G. y Jorge L. Tovar S.

CIFAP-Aguascalientes, México; Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Montecillos, México.

RESUMEN

En Aguascalientes, el principal factor limitante de la producción de maíz de temporal es la escasez e irregularidad de las lluvias. El objetivo de este estudio fue generar una técnica que permita un óptimo aprovechamiento del agua de lluvia con maíz de temporal deficiente. Este trabajo se estableció en el Campo Experimental Auxiliar Sandoval, Ags., en 1984; la textura del suelo es franco-arcillo-arenoso; la lluvia en el ciclo del cultivo fue de 374.1 mm; la siembra se realizó el 25 de junio; se fertilizó con el tratamiento 40-40-00 en la siembra. Los factores en estudio fueron cuatro tamaños de microcuencas: 0.76, 1.14, 1.52 y 1.90 m y seis superficies por planta: 0.1748, 0.2052, 0.2432, 0.2736, 0.3040 y 0.3420 m²; se empleó un factorial incompleto quedando 12 tratamientos más tres testigos sin microcuencas con las tres primeras superficies por planta. El diseño fue bloques al azar con cuatro repeticiones. La humedad del suelo se midió en el estrato 0-25 cm dos veces por semana durante todo el ciclo del cultivo. Se cuantificaron los escurrimientos y precipitación diaria. El

volumen total de agua apartada al área de siembra por los escurrimientos superaron al testigo sin microcuena en un 22, 27 y 34% para microcuencas de 1.14, 1.52 y 1.90 m, respectivamente. Se obtuvieron modelos de predicción que señalaron lo siguiente: La humedad del suelo durante el ciclo se incrementó a medida que la microcuena y superficie por planta aumentaron, así mismo el rendimiento de grano tanto por planta como por hectárea se incrementó significativamente conforme aumentó el tamaño de microcuena y superficie por planta.

Palabras clave: Maíz, Captación de agua, Microcuencas, Temporal, Aguascalientes, México.

SUMMARY

In Aguascalientes, Mexico, the main obstacles in corn yield in semi-arid conditions are the scarcity and untimely rainfall distribution. The objective of this study was to generate a technique capable of getting an improved soil-water-plant relationship in corn yield production under dryland conditions. This study was established in Sandoval, Aguascalientes, Mexico, in 1984;

Recibido 3-87.

the soil is a shallow loam; the rain during the growing season was 374.1 mm, the seeding was on June 25, and it was fertilized with the treatment 40-40-00 units per hectare. The treatments were microwatersheds of four sizes: 0.76, 1.14, 1.52 and 1.90 m with six different areas per plant: 0.1748, 0.2052, 0.2432, 0.2736, 0.3040, and 0.3420 m². An incomplete factorial design was used with 12 treatments. Additionally three control treatments were used which were without microwatersheds and had plant areas of: 0.1748, 0.2052 and 0.2432 m². The experimental design was random blocks with four replicates. Soil moisture content was monitored during the entire growing season using the gravimetric method. Soil moisture samples were taken twice a week at 0-25 cm depth. Runoff and precipitation were monitored daily during the entire growing season. The total volume of rainfall added to crop area with microwatershed size of 1.14, 1.52, and 1.90 m was 22, 27, and 34% in comparison with the control, respectively. Prediction models were used for soil moisture and grain yield which suggested that: soil moisture was increased when microwatersheds and areas per plant increased, also grain yield per plant per hectare was increased significantly in accordance with the microwatersheds and area per plant.

Index words: Corn, Water harvesting, Microwatershed, Non Irrigated agriculture, Aguascalientes, Mexico.

INTRODUCCION

El principal factor que limita la producción agropecuaria en las zonas semiáridas y áridas de México es el agua, pues generalmente la única fuente de este líquido son las lluvias, las cuales en su mayoría no satisfacen plenamente las necesidades hídricas de los cultivos. El objetivo de este trabajo fue generar una técnica que permita un óptimo aprovechamiento del agua de lluvia para reducir los riesgos de producción de zonas con temporal deficiente, así como generar una nueva metodología de planificación y análisis en investigaciones sobre captación de agua de lluvia *in situ*.

La captación de agua de lluvia fue definida por Geddes (1970) como la colección y almacenamiento en campo del agua de escurrimientos superficiales o avenidas en cárcavas para su uso posterior en irrigación de cultivos. Por su parte, Tovar (1975) considera que la captación *in situ* es artificial y se basa en el manejo del suelo para captar la lluvia. Según Anaya (1977) un sistema de captación *in situ* está formado por un área de escurrimiento (Ae), la cual tiene como función conducir y coleccionar el agua de lluvia; un área de siembra (As) que recibe el volumen coleccionado por Ae y además es el área de raíces del cultivo.

Dado que los cultivos de captación de agua de lluvia *in situ* fueron reportados para condiciones específicas por National Academy of Sciences (1974) y Evenari *et al.* (s.n.), quienes señalaron que previo a instalar un sistema de este tipo se deben conocer los siguientes aspectos de la región en estudio: (a) Suelo: características de retención de agua, coeficiente de escurrimiento, infiltración y erosionabilidad. (b) Topografía: pendiente y dirección de escurrimiento naturales. (c) Características de la precipitación: total, distribución y frecuencia en el ciclo de cultivo. (d) Climatología y meteorología en general. (e) Genotipos: necesidades hídricas, períodos de crecimiento y prácticas culturales.

Para el caso de la precipitación, Anaya (1977) sugirió el análisis de su distribución, cantidad, intensidad y frecuencia, predicción a corto y largo plazo, comparación de cantidad y distribución de la lluvia con las necesidades hídricas de los cultivos de la región.

Kemper, citado por Fairbourn (1975) señala que los surcos facilitan una mejor distribución de la lluvia en el suelo y favorecen la infiltración. Durante cinco años probó los siguientes tratamientos: a) siembra en plano, b) surcos con relación al área de escurrimiento: área de siembra (Ae:As) 3:1, y c) surcos con Ae:As de 4:1, con hileras simples y en doble hilera. En años lluviosos no hubo diferencias significativas entre tratamientos, y en años secos el rendimiento aumentó a medida

que se incrementó el área de escurrimiento. Por su parte Fairbourn (1975) concluyó que esta tecnología está sujeta a la intensidad y duración de las lluvias.

Por otra parte Tovar (1977) consignó que las técnicas de captación de lluvia con microcuencas, incrementó el rendimiento de grano y forraje de maíz en comparación con la tecnología tradicional, además de controlar la erosión y aumentar la disponibilidad de agua por las plantas. Terrazas (1973), Ortíz (1975) y Campos (1982), coincidieron en señalar que para el área de Chapingo, Méx. los rendimientos por planta se incrementaron a mayor distancia entre hileras y el rendimiento por hectárea disminuyó, efecto atribuido a la densidad de población y a lo benigno del temporal en los años de estudio.

MATERIALES Y METODOS

El experimento se desarrolló en Sandoval, Aguascalientes, México. La precipitación pluvial media es de 363 mm concentrándose el 85% del total de las lluvias en los meses de junio a octubre. La textura del suelo es franco-arcillo-arenoso, con profundidad media de 50 cm. Se realizó un balance hídrico para maíz como un diagnóstico para determinar el uso de microcuencas por el método descrito por Anaya (1977). En el Cuadro 1 se reportan los valores obtenidos y se observa que sólo en julio existió un balance positivo de 20.28 mm.

Cuadro 1. Balance hídrico para maíz entre el uso consuntivo obtenido con la fórmula de Blaney-Cridle, y la precipitación mensual, Sandoval, Ags. período 1973-1982.

MES	T	C	P	Fi	F	Fc	U C (mm)	PREC. (mm)	BH (mm)
Junio	18.99		9.09	1.39	12.66	0.48	60.7	29.19	- 31.51
Julio	19.02		9.33	1.40	13.09	0.70	91.6	111.88	20.28
Agosto	19.24		9.00	1.42	12.79	1.07	136.8	87.41	- 49.39
Sept.	18.23		8.30	1.33	11.05	1.00	110.4	50.22	- 60.18
Oct.	17.55		8.13	1.28	10.39	0.85	88.3	31.46	- 56.84
Total							487.8	310.16	- 177.34

Para el cálculo del tamaño de microcuencas se consideró la fórmula propuesta por Anaya *et al.* (1976).

$$TM = Ar + \frac{(UC-P)}{Ce P} \quad (1)$$

donde:

TM = tamaño de microcuenca (m)

Ar = área radical del cultivo (m)

UC-P = déficit hídrico del cultivo (m)

Ce = coeficiente de escurrimiento

P = precipitación media en el ciclo del cultivo (m).

Se consideraron cuatro probabilidades de lluvia para emplearse en dicha fórmula. En el Cuadro 2 se presentan los valores utilizados y el tamaño de microcuenca obtenido para este estudio.

Para facilitar la construcción mecánica, los tamaños de microcuencas se modificaron a 0.76, 1.14, 1.52 y 1.90 m. Estos tamaños se combinaron con seis superficies por planta como se presenta en el Cuadro 3.

La ventaja del presente diseño de tratamiento es en el sentido de que se tiene una mayor exploración de los niveles para las variables evaluadas, lo cual disminuye considerablemente el número de tratamientos finales y por consiguiente abate costos y trabajos de campo principalmente. Además con la ayuda de modelos de predicción lineal es posible pronosticar el comportamiento de las variables en estudio. Cabe señalar que éste es un nuevo enfoque dentro de la investigación que se viene realizando en captación de agua de lluvia *in situ*, para cultivos en hileras, pues generalmente los reportes de investigación indican que la superficie por planta varía conforme se aumenta o disminuye el tamaño de microcuenca, afectando así principalmente a

Cuadro 2. Valores de los parámetros empleados en la fórmula de Anaya *et al.*, para definir el tamaño de microcuenca (TM) en Sandoval, Ags.

Probabilidad de lluvia	Ar ¹⁾	C ¹⁾	UCP ²⁾	P	TM
%	m		mm	mm	m
10	0.60	.5	30.3	454	0.68
45	0.60	.5	141.6	342.7	1.10
55	0.60	.5	216.5	267.8	1.57
90	0.60	.5	264.2	220.1	2.09

1) Estimaciones por referencias bibliográficas.

2) Obtenidos del balance hídrico, método señalado por Anaya en 1977.

la densidad de población. Este diseño de tratamientos permite una mayor exploración de diferentes tamaños de microcuencas con diferentes superficies por planta. Los tratamientos obtenidos se presentan en el Cuadro 4 donde se incluyeron además tres testigos sin microcuencas.

Cuadro 3. Combinación diagonal de los niveles de superficie por planta (SP) con los niveles de tamaño de microcuencas (TM).

TM	Superficie por planta (m ²)					
	0.1748	0.2052	0.2432	0.2736	0.3040	0.3420
m						
0.76	1	2	3			
1.14		4	5	6		
1.52			7	8	9	
1.90				10	11	12

Cuadro 4. Tratamientos obtenidos y factores utilizados.

Tamaño de microcuencas	Superficie por planta	Número de identificación
m	m ²	
0.76	0.1748	1
	0.2052	2
	0.2432	3
1.14	0.2052	4
	0.2432	5
	0.2736	6
1.52	0.2432	7
	0.2736	8
	0.3040	9
1.90	0.2736	10
	0.3040	11
	0.3420	12
Testigo	0.2432	13
	0.2052	14
	0.1748	15

El diseño experimental fue bloques al azar con cuatro repeticiones. Se utilizó la variedad de maíz VS-202. Se fertilizó con la fórmula 40-40-00 en la siembra. La humedad del suelo se determinó por el método gravimétrico a dos profundidades 0 a 25 y 25 a 50 cm dos veces por semana. Se cuantificó el volumen de agua aportado por el área de escurrimiento al área de siembra. En el Cuadro 5 se señalan las etapas fenológicas en que se dividió al cultivo del maíz.

RESULTADOS Y DISCUSION

Precipitación

La duración del ciclo del cultivo fue de 128 días que comprendió de la siembra a madurez fisiológica (del 25 de junio al 30 de noviembre). La lluvia en este período fue de 374.1 mm. En el Cuadro 6 se presenta la distribución de la precipitación durante el ciclo del maíz. Del total de la lluvia, el 83% ocurrió en las tres primeras etapas, con lo cual el cultivo contó sólo con el 17% de la lluvia durante la floración y el llenado de grano, esto indica una distribución errática para las necesidades del cultivo, pues como lo señalaron Hiler y Clark (1971) el maíz requiere de una cantidad de agua menor en la etapa vegetativa y una mayor durante la floración y el llenado de grano.

Cuadro 5. Duración de las etapas en que se dividió el ciclo del cultivo de maíz. Sandoval, Aguascalientes. 1984.

Etapas	Período	Duración (días)	Fenología
I	25-VI al 29-VII	33	Desarrollo vegetativo
II	30-VII al 12-VIII	14	Desarrollo vegetativo
III	13-VIII al 27-VIII	14	Desarrollo vegetativo
IV	28-VIII al 10-IX	14	Floración
V	12-IX al 26-IX	14	Llenado de grano
VI	27-IX al 10-X	14	Llenado de grano
VII	11-X al 30-XI	50	Maduración del grano

Cuadro 6. Lámina en mm ocurrida por intervalo de lluvia en las etapas del maíz en Sandoval, Ags. 1984.

Precipitación	Etapas fenológicas							Total	%
	I	II	III	IV	V	VI	VII		
mm									
0.1 - 5.0	25.3	10.5	11.3	5.5	-	-	5.0	57.6	15
5.1 - 10.0	15.5	10.0	-	9.0	-	-	-	34.5	9
10.1 - 15.0	26.5	-	-	-	-	-	23.5	50.0	13
15.1 - 20.0	-	-	20.0	-	18.5	-	-	38.5	10
20.1 - 25.0	22.0	21.0	-	-	-	-	-	43.0	12
25.1 - 30.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30.1 - 35.0	65.5	-	-	-	-	-	-	65.5	18
35.1 - 40.0	38.0	-	-	-	-	-	-	38.0	12
40.1 - 45.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45.1 - 50.0	47.0	-	-	-	-	-	-	47.0	13
Total	239.8	41.5	31.3	14.5	18.5	-	28.5	374.1	100
%	64	11	8	4	5	-	8	100	

Escurremientos

En el Cuadro 7 se presentan los eventos que aportaron escurremientos al área de siembra durante el ciclo del maíz. En las tres primeras etapas se acumuló el 90% de los escurremientos, debido a que las lluvias fueron más frecuentes y de mayor cantidad. Se compactará y aumentará su contenido de humedad y por consiguiente el volumen de la precipitación que escurreió fue mayor.

En el Cuadro 8 se reporta el incremento en el volumen total de agua extra aportado al cultivo por las microcuencas, en relación al testigo sin microcuenca y que fue del 27, 22 y 34% para microcuencas de 1.14, 1.52 y 1.90 m, respectivamente.

Humedad del Suelo.

Con los valores de 32 muestreos de humedad se generó un modelo de predicción en función del tamaño de microcuenca así como de la distancia entre plantas para el estrato 0-25 cm.

Cuadro 7. Eventos que causaron escurrimientos en las microcuencas de captación de lluvia *in situ* durante el ciclo del maíz, Sandoval, Ags. 1984.

Precipitación	Etapas							Esc.	Total	Event.	%
	I	II	III	IV	V	VI	VII				
mm											
0.1- 5.0								-	20	-	
5.1-10.0	1							1	4	25	
10.1-15.0	2							2	4	50	
15.1-20.0			1					2	2	100	
20.1-25.0	1	1			1			2	2	100	
25.1-30.0								-	-	-	
30.1-35.0	2							2	2	100	
35.1-40.0								-	-	-	
40.1-45.0								-	-	-	
45.1-50.0	1							1	1	100	
Total	7	1	1		1			10			
%	70	10	10		10						

Cuadro 8. Volumen total de agua aportado al área de siembra para los diferentes tamaños de microcuencas, durante el ciclo del maíz, Sandoval, Ags. 1984.

Tamaño de microcuencas	Volumen total escurrimientos	Volumen total agua	Incremento
m	mm	mm	%
1.14	102	476	27
1.52	82	456	22
1.90	126	500	34

En el Cuadro 9 se aprecia a los modelos sobresalientes y altamente significativos, los cuales al analizar la suma de cuadrados extra entre dichos modelos no hubo diferencias significativas por lo que se aceptó el modelo que solo implicó al tamaño de microcuencas.

El modelo obtenido fue:

$$Y = 12.32 + 0.0142 TM \quad (2)$$

donde:

Y = valor estimado de la humedad del suelo
TM = tamaño de microcuenca.

Lo cual indica que en promedio se tuvo un incremento de 0.0142% de humedad del suelo por cada centímetro que se aumentó al tamaño de microcuenca.

Cuadro 9. Análisis de varianza para los modelos de predicción sobresalientes de la humedad del suelo. Sandoval, Aguascalientes. 1984.

Modelo	GL	CMRegr.	F
TM, DP, TM ² , DP ²			
TMP	5	84.46	9.62**
Dev. Regr.	9	6.25	0.71
TM	1	38.75	43.36**
Dev. Regr.	13	7.57	0.86
Error	14		

** Significativo al 0.01 de probabilidad.

Para la distancia entre plantas en el Cuadro 10 se reportan los valores del análisis de varianza y dado que la suma de cuadrados extras entre los modelos no reportaron diferencias significativas se aceptó al modelo lineal.

La ecuación del modelo fue:

$$Y = 11.07 + 11.97 A \quad (3)$$

donde:

Y = valor estimado de la humedad del suelo.

A = superficie por planta.

Así el incremento en la humedad del suelo fue de 11.97% por cada metro cuadrado que se aumentó a la superficie por planta.

Cuadro 10. Análisis de varianza para los modelos de predicción de la humedad del suelo en función de la superficie por planta. Sandoval, Aguascalientes, 1984.

Modelo	GL	CMRegr.	F
Cuadrático	2	167.82	19.11**
Desv. Regr.	12	11.91	1.36
Lineal	1	305.84	34.83**
Desv. Regr.	13	13.29	1.51
Error	14		

**Significativo al 0.01 de probabilidad.

Rendimiento de Grano.

En el Cuadro 11 se presenta el análisis de varianza para los modelos de predicción del rendimiento de grano por hectárea, en función del tamaño de microcuenca, donde fueron las variables independientes las que mejor predijeron el rendimiento.

La suma de cuadrados entre ambos modelos no fue significativa por lo que se aceptó el siguiente modelo:

$$Y = 307.1 + 8.7 TM - 0.0177 TM^2 \quad (4)$$

donde:

Y = rendimiento de grano por hectárea estimado

TM = tamaño de microcuenca.

Cuadro 11. Análisis de varianza para los modelos de predicción del rendimiento en función del tamaño de microcuenca y distancia entre plantas. Sandoval, Aguascalientes, 1984.

Modelo	GL	CM	F
TM, DP, TM^2 , DP^2 , TMP	5	300586	21.67**
Desv. Regr.	6	24188	1.74
TM, TM^2	1	713407	51.45**
Desv. Regr.	10	24583	
Error	33		

** Significativo al 0.01 de probabilidad.

lo cual indica que el incremento medio del rendimiento de grano por hectárea fue de 8.7 kg por cada centímetro que se aumentó al tamaño de microcuencia, una vez ajustado al valor de TM^2 .

Al considerar la superficie por planta como variable predictora del rendimiento de grano por hectárea, el mejor modelo entre el lineal y el cuadrático fue el primero, como se reporta en el Cuadro 12.

El modelo fue:

$$Y = -348.8 + 3328.6 A \quad (5)$$

donde:

Y = rendimiento de grano por hectárea estimado.

A = superficie por planta.

Cuadro 12. Análisis de varianza para los modelos de predicción sobresalientes del rendimiento en función de la superficie por planta. Sandoval, Aguascalientes. 1984.

Modelo	GL	CM	F
Cuadrático	2	5804	41.85**
Desv. Regr.	9	54134	3.90**
Lineal	1	1115252	80.42**
Desv. Regr.	10	53281	3.84**
Error	33		

** Significativo al 0.01 de probabilidad.

Esto indica que el rendimiento de grano por hectárea tuvo un incremento de 3328.6 kg por cada metro cuadrado que se incrementó el área por planta. Este modelo debe considerarse como una aproximación dado que su desviación de regresión fue significativa (Cuadro 12).

Los modelos anteriormente señalados indican que el rendimiento de grano se incrementó conforme el tamaño de microcuencia y superficie por planta fueron mayores, lo cual sugiere que las microcuencias de mayor tamaño debido a que captaron más agua debido a los escurrimientos al área de siembra proporcionaron mejores condiciones de humedad en el suelo y así el cultivo tuvo mayor disponibilidad de agua.

Por otra parte, cuando la superficie por planta fue mayor, el rendimiento se incrementó debido a que la planta contó con menos competencia de otras plantas y una mayor disponibilidad de agua en un área de suelo dada.

En el Cuadro 13 se indican los rendimientos obtenidos con los tratamientos empleados.

Los resultados del Cuadro 13 en relación a los testigos sugieren que la escarda que se realizó a estos tratamientos, dado que las microcuencias permanecieron inalteradas durante el ciclo del cultivo, fue determinante para que el rendimiento superará al obtenido con los tratamientos de la matriz experimental, pero dado que no entraron en dicha matriz se consideran como un punto de comparación.

CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos y para las condiciones de suelo y clima del área de estudio, se puede concluir:

1. El uso de microcuencias permitió un mejor aprovechamiento del agua de lluvia al generar escurrimientos al área de siembra con lo cual se redujo el riesgo de pérdida por sequía del maíz en Aguascalientes.

Cuadro 13. Rendimiento de grano con diferentes tamaños de microcuencas y superficie por planta con maíz de temporal. Sandoval, Sandoval, Aguascalientes. 1984.

Tamaño microcuenca	Superficie por planta	Rendimiento grano
m	m ²	kg/ha
Test.	0.1748	840
Test.	0.2052	762
1.90	0.3420	740
1.90	0.3040	715
1.52	0.2736	704
Test.	0.2432	673
1.90	0.2736	645
1.52	0.2432	616
1.52	0.3040	602
1.14	0.2432	504
1.14	0.2052	419
0.76	0.2432	367
1.14	0.2736	352
0.76	0.2032	283
0.76	0.1748	141

2. A mayor espaciamiento entre plantas y microcuencas el rendimiento de grano y la humedad del suelo se incrementaron.

3. El enfoque dado al presente trabajo en la metodología de selección de tratamientos permitió generar modelos cuantitativos en apoyo a los resultados obtenidos.

4. Se sugiere continuar evaluando esta metodología en trabajos de captación de agua considerando aspectos de conservación de la misma.

LITERATURA CITADA

ANAYA, G.M. 1977. Optimización del aprovechamiento del agua de lluvia para la producción agrícola bajo condiciones de temporal deficiente. In: Hernández, X.E., ed. Agrosistema de México. Colegio de Postgraduados. México. pp. 85-100.

ANAYA, G.M., TOVAR, S.J.L. y MACIAS, L.A. 1976. Métodos de captación de lluvia para zonas agrícolas con temporal deficiente. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. (Mimeografiado).

CAMPOS, J.S. 1982. Efecto de la captación de lluvia, estiércol y rastrojo sobre la humedad del suelo y producción en la asociación maíz-frijol. Tesis de MC., Chapingo, Méx.

EVENARI, M., U. NESSLER, A. ROGEL y O. SCHENK. (s.n.) Fields and pastures in deserts. Bundesrepublik Deutschland. 37 p.

FAIRBOURN, M. L. 1975. Field evaluation of microwatershed and vertical mulch systems. In: Frasier, G.W., Ed. Proceeding of the water harvesting symposium. U.S. Department of Agriculture, A.R.S.W. aa pp. 233-243.

GEDDES, H.J. 1970. Water harvesting. In: Proceeding of the national symposium of water resources-use and Management. Australia, Academy of Sciences.

HILER, E.A., y R.N. CLARK. 1971. Stress day index to characterize effects of water stress on crop yields. Trans. ASAE. 14: 757-761.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE. 1974. More water for arid lands. Washington, D.C.

ORTIZ, M.J. 1975. Efecto de las microcuencas para la captación *in situ* de la lluvia sobre el régimen de humedad del suelo y la producción de maíz (*Zea mays* L.) y girasol (*Heliantus annuus* L.). Tesis de M.C. Chapingo, Méx.

TERRAZAS, G.J. 1973. Captación y conservación in situ del agua de lluvia para el cultivo del girasol en la zona oriental del Estado de México. Tesis profesional.

TOVAR, S.J.L. 1975. Captación in situ del agua de lluvia bajo cinco diferentes tratamientos al suelo para la producción de

rábano. Tesis profesional. E.N.A., Chapingo, Méx.

TOVAR, S.J.L. 1977. Captación y aprovechamiento del recurso lluvia como una alternativa para la producción de grano y forraje de maíz en zonas de temporal deficiente. Tesis de M.C. Chapingo, Méx.

OPTIMIZACION DE LA FERTILIZACION NITROGENADA Y FOSFORICA, Y DE LA HUMEDAD, EN PASTO BERMUDA CRUZA 1 BAJO RIEGO EN TOMATLAN, JAL.

Optimizing Levels of Nitrogen and Phosphate Fertilizers and Moisture in Irrigated Bermuda Cross 1 at Tomatlan, Jal.

Luis E. Valdez Díaz.

Prog. de Suelos del CAECJAL (CIAPAC, INIFAP).

RESUMEN

El presente estudio fue desarrollado en Tomatlán, Jal., siendo su objetivo principal optimizar, desde los puntos de vista agronómico y económico, el uso de los fertilizantes nitrogenados y fosfóricos, así como del agua de riego, que permita incrementar la productividad de las praderas de la región. El pasto Bermuda Cruza 1 responde favorablemente a las aplicaciones de nitrógeno, principalmente. En lo que se refiere al fósforo, las producciones de materia verde y seca se incrementan hasta el nivel de 60 kg P₂O₅/ha y luego se estabilizan. Para praderas de más de cinco años de establecimiento se sugiere fertilizar con una dosis anual de 600-60-00 fraccionada de la siguiente manera: 60-60-00 previo al inicio de la engorda y 60-00-00 después de cada pastoreo. Con respecto al manejo del agua, se sugiere regar de dos a tres veces entre cada pastoreo, con espaciamiento de siete a diez días entre sí.

Palabras clave: Forrajes, Materia verde, Materia seca, Fertilizantes, Irrigación.

Recibido 3-87.

SUMMARY

This work was conducted in Tomatlan, Jalisco, Mexico. Its main objective was to determine the best fertilization levels of nitrogen, phosphorus and moisture, that allow for an increase in the productivity of grasslands in the region. It was concluded that fertilization did increase green and dry matter yield. For grasslands like the experimental site (more than five years in use), fertilization with a formula 600-60-00 as follows: 60-60-00 before starting to use the pasture and 60-00-00 after each pasture cycle, is suggested. With regard to water management it is suggested that the grasslands be irrigated two or three times between each pasture cycle.

Index words: Forages, Green matter, Dry matter, Fertilizers, Irrigation.

INTRODUCCION

En el área de riego del Distrito de Desarrollo Rural 068 en Tomatlán, Jal., se han establecido cultivos como arroz, maíz, sorgo, girasol, pastos, y pequeñas superficies de frutales (cítricos, mango, etc.) y piña. Sin

embargo, y dada la baja redituabilidad principalmente de los cultivos cíclicos, una alternativa que ha representado buenos resultados ha sido el establecimiento de praderas irrigadas de pasto Bermuda Cruza 1, que se utilizan en su mayoría para la engorda de toretes.

Actualmente se tienen establecidos alrededor de 6500 ha, las cuales se manejan empíricamente en lo que se refiere a los componentes fertilización y uso del agua, de ahí que no manifiesten su máximo potencial, impidiendo a los productores obtener utilidades económicas satisfactorias. Aunado a lo anterior, la compactación del suelo por el agua y sistemas de manejo deficientes, ocasionan que la persistencia de la pradera se vea seriamente disminuida a partir del segundo año de explotación.

Herrera (1978) realizó un trabajo donde observó como se afectan algunos componentes del valor nutritivo de Bermuda Cruza 1 con la estación del año y el nitrógeno. Aunque los indicadores estudiados respondieron al tratamiento con 400 kg de N de forma favorable, con excepción de la proteína bruta (PB), ésta disminuyó a consecuencia de un efecto de dilución durante la época de lluvia. El porcentaje de materia seca (MS) presentó un mínimo de 24.50 en el mes de agosto y un máximo de 32.70 en abril, ambos para 400 kg de N. Deinum en 1966, citado por este autor, concluyó que el porcentaje de MS varía en forma directamente proporcional con la intensidad lumínica e inversamente proporcional con el suministro de agua. El porcentaje de hoja (H) mostró una tendencia a aumentar con el nivel de N en la época seca, mientras que en la época de lluvia ésta fue a la inversa. El nitrógeno originó un mayor contenido de PB en la época seca y los valores de las cenizas fueron siempre inferiores cuando se fertilizó. La fibra cruda (FC) mostró una tendencia a aumentar con la época de lluvia y disminuyó con la fertilización. El nivel de 400 kg de N parece ser el mejor para los componentes estudiados y en especial en la época de lluvia.

En nuestro país, Oriol (1974) efectuó en el ciclo 1973-74 un experimento de pastoreo con ganado, en praderas irrigadas, de Bermuda Cruza 1. Concluyó que mediante aplicaciones de 600 kg de N y 120 kg de P_2O_5 /ha se obtuvo una producción de 1750 kg de carne/ha. En otro estudio, el mismo autor (1977) señaló que hubo efecto positivo de nitrógeno sobre los incrementos de peso diario de becerros en desarrollo, sobre el aumento total por animal y sobre la producción de carne/ha. Díaz (1981) en Tomatlán, Jal., encontró que 1250 kg de N/ha/año y una carga animal de 12 toretes/ha fue uno de los tratamientos sobresalientes, que produjo 1700 kg de PV en 283 días.

Medina (1981) estableció, también en Tomatlán, Jal., un experimento donde manejó tres niveles de abatimiento de humedad aprovechable en tres variedades de pasto bajo condiciones de riego por aspersión, concluyendo que el rendimiento de forraje verde se incrementó cuando el riego se aplicó al 30% de abatimiento. El más alto rendimiento de pasto correspondió a la variedad Estrella Africana, superando a Bermuda Cruza 1 y a Buffel Biloela. Por otra parte, señaló que la heterogeneidad del suelo influyó sobre el control de humedad en el experimento.

Objetivos

El presente estudio tiene como objetivo principal optimizar desde los puntos de vista agronómico y económico, el uso de los fertilizantes nitrogenados y fosfóricos, así como del agua de riego, que permita incrementar la productividad de las praderas en la región.

MATERIALES Y METODOS

Al inicio del ciclo primavera-verano 1985 (28-06-85) se estableció el presente experimento en terrenos del Campo Agrícola Experimental Auxiliar Tomatlán (CAECJAL), en un suelo Cambisol eútrico de textura franco arenosa.

El diseño experimental usado fue el de bloques al azar, con tres repeticiones, con un arreglo de tratamientos en parcelas divididas. En las parcelas grandes se ubicaron tres tratamientos de riego en base a abatimientos de humedad aprovechable: 40, 60 y 80%. Los tratamientos de fertilización (parcelas chicas) fueron seleccionados de acuerdo a la matriz Plan Puebla I para dos factores: los niveles de nitrógeno variaron de 600 a 1800 kg de N/ha/año; los de fósforo de 0 a 180 kg de P_2O_5 /ha/año. En el Cuadro 1 se presenta la relación de tratamientos estudiados. El tamaño de las parcelas chicas fue de 5 x 5 m (25 m²); la parcela útil fue de 3 x 3 m (9 m²).

Previo al inicio del estudio se determinaron algunas características básicas del sitio experimental, mismas que se presentan en el Cuadro 2. En el mismo aparecen los contenidos de humedad del suelo para cada nivel, así como la lámina de riego (Lr) correspondiente.

Cuadro 1. Relación de tratamientos involucrados en el experimento de riegos y fertilización en Bermuda Cruza 1. INIFAP, CIAPAC, CAECJAL. 1986.

Tratamientos de humedad	Tratamientos de fertilización
A. Riegos al 40% AH ¹⁾	1. 1000 - 60 - 0 ²⁾
B. Riegos al 60% AH	2. 1000 - 120 - 0
C. Riegos al 80% AH	3. 1400 - 60 - 0
	4. 1400 - 120 - 0
	5. 600 - 60 - 0
	6. 1800 - 120 - 0
	7. 1000 - 0 - 0
	8. 1400 - 180 - 0
	9. 0 - 0 - 0

1) AH: Abatimiento de la humedad aprovechable.

2) Kilogramos de N, P_2O_5 y K_2O /ha/año, respectivamente.

Cuadro 2. Algunas características del sitio experimental. INIFAP, CIAPAC, CAECJAL. 1986.

Determinación	Profundidad	
	0-30 cm	30-60 cm
Textura	Franco arenoso	Arc. arenoso
Capacidad de campo (%)	13.05	24.39
PMH (%)	7.09	13.26
Humedad aprovechable (%)	5.96	11.13
Densidad aparente (g/cm ³)	1.656	1.664
40% Abat. humedad	10.67	19.94
60% Abat. humedad	9.47	17.71
80% Abat. humedad	8.28	15.49
Lr 40% AH	3.40 cm	
Lr 60% AH	5.11 cm	
Lr 80% AH	6.81 cm	

Desde el establecimiento del experimento se llevó un control de la humedad del suelo, haciendo muestreos a la profundidad de 0-30 cm en tres parcelas chicas de cada parcela grande, las que fueron seleccionadas aleatoriamente. Para la determinación del contenido de humedad se usó el método gravimétrico.

Durante la época lluviosa (verano) se efectuaron cortes cada 28 días (fechas 10.-40. corte) y en la época de secas (otoño-invierno) cada 35 días (fechas 50.- 100. corte).

Después de cada corte se fertilizó y aplicó un riego uniforme, a partir del cual se llevó el control de la humedad del suelo.

Los datos de rendimiento de materia verde (MV) y de materia seca (MS), así como los de porcentaje de MS y altura del follaje, se analizaron estadísticamente después de cada corte.

La evaluación económica del experimento se hizo de acuerdo al procedimiento propuesto por Valdez y Díaz (1986), que consiste en estimar indirectamente la capacidad produc-

tiva de los pastos sometidos a tratamientos diferenciales de aplicación de insumos. Para ello se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones: (a) consumo/animal/día: 35 kg de MV¹); (b) estancia en la pradera: todo el día; (c) aumento de peso vivo/día: 0.600 kg²); (d) duración de la engorda: 322 días; (e) costo de 1 kg de N en forma de urea aplicado al suelo: \$ 138; (f) costo de 1 kg de P₂O₅ en forma de superfosfato de calcio triple aplicado al suelo: \$139; y (g) precio de venta del ganado en pie al mes de septiembre de 1986: \$440/kg.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 3 se presentan los valores de F calculados en los análisis de las variables MV y MS (kg/parc.útil), para los componentes riegos (R), fertilización (F) e interacción (RF). En ninguno de los casos hubo significancia estadística para el factor riegos; en la mayoría, diferencias altamente significativas para fertilización; la interacción riegos-fertilización sólo fue significativa para la producción de MV en el 5o. corte.

Al considerar importante la influencia que tiene la época del año sobre la respuesta del pasto Bermuda Cruza 1 a los tratamientos involucrados, se agrupó la información considerando dos épocas: verano (lluvias), que comprendió los cuatro primeros cortes, y otoño-invierno (secas), los seis restantes.

En el Cuadro 4 se presentan los rendimientos promedio de MV obtenidos en los tratamientos en las épocas verano y otoño-invierno, respectivamente. Puede observarse que la producción de MV es mayor en la época verano (lluvias). La respuesta del pasto a las aplicaciones de N es más clara en la época verano (lluvias). En cuanto al fósforo, la

Cuadro 3. Valores de F calculados (kg/parcela útil) en los análisis de las variables materia verde (MV) y materia seca (MS), para los componentes riegos (R), fertilización (F) e interacción (RF) en los 10 cortes de Bermuda Cruza 1 en Tomatlán, Jal. INIFAP, CIAPAC, CAECJAL. 1986.

No. corte	F calculada					
	Riegos		Fertilización		Interacción	
	MV	MS	MV	MS	MV	MS
1	1.01	2.54	15.03**	5.56**	0.80	0.81
2	2.12	1.41	3.91**	2.13	0.51	0.41
3	2.43	3.32	8.00**	4.68**	1.28	0.88
4	2.31	2.09	1.45	1.36	0.80	0.71
5	3.96	4.45	3.19**	4.01**	2.00*	1.96
6	2.12	2.15	6.84**	4.64**	1.51	1.23
7	1.58	1.57	7.42**	5.88**	1.39	0.81
8	0.96	0.98	5.79**	7.02**	0.92	0.88
9	0.55	1.13	8.79**	8.88**	1.55	1.13
10	2.04	1.85	15.13**	18.14**	1.09	1.40

* Significancia estadística al 5% de probabilidades.

** Significancia estadística al 1% de probabilidades.

producción de MV se incrementa hasta el nivel de 60 kg de P₂O₅/ha y después se estabiliza. Aun cuando no hay significancia estadística para el factor riegos, el rendimiento de MV es mayor a nivel de 40% AH.

En el Cuadro 5 se reportan los rendimientos promedio de MS obtenidos por los tratamientos en las épocas verano (lluvias) y otoño-invierno (secas). La mayor producción de MS en el verano se alcanza con niveles de 1000 kg de N y 60 kg de P₂O₅/ha/año; en otoño-invierno se observa una mayor respuesta al fósforo. Al igual que para producción de MV, aquí se observa que el mayor rendimiento de MS se obtiene con el tratamiento 40% AH.

1) Estimación hecha por un grupo de productores de la región.

2) Datos de un experimento de fertilización y carga animal en pasto Bermuda Cruza 1.

Cuadro 4. Rendimiento promedio de materia verde (kg/parcela útil) obtenidos por cada tratamiento en las dos épocas estudiadas. INIFAP, CIAPAC, CAECJAL. 1986.

Fertilización	Epoca verano (lluvias) ¹⁾				Promedio	Epoca otoño-invierno (secas) ²⁾							
	Riegos					Riegos							
	40%	AH	60%	AH		80%	AH	40%	AH	60%	AH	80%	AH
1. 1000- 60-0	10.183		9.633		9.195	9.670	7.811		5.796		4.290		5.966
2. 1000-120-0	11.087		7.944		10.413	9.815	7.893		5.064		6.535		6.497
3. 1400- 60-0	10.842		10.308		11.479	10.876	6.900		7.503		6.284		6.896
4. 1400-120-0	11.514		9.212		11.796	10.841	7.476		5.276		9.351		7.368
5. 600- 60-0	9.748		7.527		8.887	8.721	5.892		5.483		4.636		5.337
6. 1800-120-0	13.116		11.594		11.396	12.035	9.110		6.924		5.354		7.129
7. 1000- 0-0	9.712		6.537		8.916	8.388	7.853		4.348		4.743		5.648
8. 1400-180-0	11.975		9.087		10.866	10.643	9.986		5.396		6.562		7.315
9. 0- 0-0	4.739		4.429		4.942	4.703	1.540		1.278		1.243		1.354
Promedio	10.324		8.475		9.765	9.521	7.162		5.230		5.444		5.945

1) Del 1o. al 4o. Corte.

2) Del 5o. al 10o. Corte.

Cuadro 5. Rendimientos promedio de materia seca (kg/parcela útil) obtenidos por cada tratamiento en las dos épocas estudiadas. INIFAP, CIAPAC, CAECJAL. 1986.

Fertilización	Epoca verano (lluvias) ¹⁾				Promedio	Epoca otoño-invierno (secas) ²⁾							
	Riegos					Riegos							
	40%	AH	60%	AH		80%	AH	40%	AH	60%	AH	80%	AH
1. 1000 -60-0	3.225		2.848		2.968	3.014	2.423		2.084		1.652		2.053
2. 1000-120-0	3.319		2.304		2.985	2.869	2.659		1.746		2.159		2.188
3. 1400- 60-0	3.078		3.065		2.949	3.031	2.229		2.383		2.185		2.266
4. 1400-120-0	3.210		2.813		2.961	2.995	2.358		1.859		2.965		2.394
5. 600- 60-0	2.952		2.407		2.653	2.671	2.044		2.799		1.836		2.226
6. 1800-120-0	3.407		2.793		3.107	3.102	2.823		2.307		1.901		2.344
7. 1000- 0-0	2.947		2.127		2.735	2.603	2.438		1.566		1.794		1.933
8. 1400-180-0	3.368		2.534		3.010	2.971	2.921		1.954		2.230		2.368
9. 0- 0-0	1.747		1.622		1.702	1.690	0.641		0.540		0.500		0.560
Promedio	3.028		2.390		2.785	2.734	2.282		1.915		1.913		2.037

1) Del 1o. al 4o. Corte.

2) Del 5o. al 10o. Corte.

En el Cuadro 6 se reportan los porcentajes promedio de MS obtenidos por los tratamientos involucrados en ambas épocas. Puede apreciarse que en la época verano los porcentajes son significativamente menores a los de otoño-invierno, lo cual coincide con lo reportado por Deinum en 1966 (Herrera, 1978). También se observa que el porcentaje de MS varía inversamente proporcional a las aplicaciones de N. También se observa que a mayor humedad (40% AH) existe un menor porcentaje de MS.

Otro componente del rendimiento es la altura del follaje al momento del corte, que se presenta en el Cuadro 7. La influencia de

la época del año es muy marcada, ya que en verano las alturas son muy superiores a las de otoño-invierno. No se observan diferencias muy notorias entre los tratamientos fertilizados, pero sí entre éstos y el testigo (0-0-0). Con respecto al efecto de la humedad se observa una variación proporcional directa entre ambas.

Al evaluar económicamente este experimento, considerando sólo al factor fertilización por ser el único significativo estadísticamente y con base en la metodología descrita, se encontró que la dosis óptima económica fue la 600-60-00.

Cuadro 6. Porcentajes promedio de materia seca obtenidos por cada tratamiento para las dos épocas estudiadas. INIFAP, CIAPAC, CAECJAL. 1986.

Fertilización	Epoca verano (lluvias) ¹⁾				Promedio	Epoca otoño-invierno (secas) ²⁾				Promedio
	Riegos					Riegos				
	40% AH	60% AH	80% AH			40% AH	60% AH	80% AH		
1. 1000- 60-0	30.5	30.2	31.2	30.6	31.2	35.3	37.2	34.6		
2. 1000-120-0	29.5	29.1	29.6	29.4	33.6	34.2	35.1	34.3		
3. 1400- 60-0	28.6	29.3	27.3	28.4	31.9	32.4	36.4	33.6		
4. 1400-120-0	27.2	29.8	25.4	27.5	31.9	35.5	34.1	33.8		
5. 600- 60-0	29.6	32.2	30.4	30.7	35.3	38.2	39.7	37.7		
6. 1800-120-0	26.1	25.6	27.8	26.5	30.3	33.6	37.3	33.7		
7. 1000- 0-0	30.1	32.3	30.7	31.0	32.3	35.5	38.5	35.4		
8. 1400-180-0	28.2	28.8	27.2	28.1	30.9	36.0	34.7	33.9		
9. 0- 0-0	35.9	35.9	33.9	35.2	43.0	45.5	46.4	45.0		
Promedio	29.5	30.4	29.3	29.7	33.4	36.2	37.7	35.8		

1) Del 1o. al 4o. Corte.

2) Del 5o. al 10o. Corte.

Cuadro 7. Alturas de follaje promedio (cm) obtenidos por cada tratamiento en las dos épocas estudiadas. INIFAP, CIAPAC, CAECJAL. 1986.

Fertilización	Epoca verano (lluvias) ¹⁾					Epoca otoño-invierno (secas) ²⁾							
	Riegos					Riegos							
	40%	AH	60%	AH	80%	AH	40%	AH	60%	AH	80%	AH	
1. 1000- 60-0	53.4		48.5		46.5		49.5	35.6		30.3		28.1	31.3
2. 1000-120-0	51.5		48.9		48.6		49.7	35.0		30.3		31.2	32.2
3. 1400- 60-0	52.1		49.8		48.0		50.0	34.2		34.4		31.7	33.4
4. 1400-120-0	53.2		49.9		49.9		51.0	35.1		32.1		37.0	34.7
5. 600- 60-0	51.8		47.1		48.4		49.1	33.4		30.3		29.4	31.0
6. 1800-120-0	53.5		50.3		47.8		50.5	39.3		32.8		27.9	33.3
7. 1000- 0-0	51.3		48.6		48.5		49.5	35.4		30.9		29.2	31.8
8. 1400-180-0	51.7		49.9		48.9		50.2	37.6		30.4		30.2	32.7
9. 0- 0-0	44.2		41.9		42.9		43.0	21.1		22.1		19.9	21.0
Promedio	51.4		48.3		47.7		49.1	34.1		30.4		29.4	31.3

1) Del 1o. al 4o. Corte.

2) Del 5o. al 10o. Corte.

CONCLUSIONES

De acuerdo a lo antes expuesto, puede concluirse que:

1. El pasto Bermuda Cruza 1 responde favorablemente a las aplicaciones de N, principalmente. Tal respuesta se ve influenciada por la época del año, pues al parecer en el verano hay mayor demanda de este nutrimento por el pasto.

2. Se sugiere aplicar el tratamiento 600-60-00 con una carga animal de 5 cabezas/ha. Praderas recién establecidas, que son de mayor potencial productivo, pueden soportar cargas mayores (hasta 9 cabezas/ha) siempre y cuando

se sometan a un buen programa de fertilización, riegos y manejo de animales.

3. En lo que respecta a riegos, para las condiciones ecológicas del Distrito de Desarrollo Rural 068 se sugiere dar de dos a tres riegos entre cada pastoreo, con espaciamento de siete a diez días.

4. Se hace necesario: (a) manejar la información climatológica existente (precipitación, evaporación, etc.) para estimar el consumo de agua por Bermuda Cruza 1; (b) determinar la curva de retención de humedad del sitio experimental para estar en condiciones de extrapolar la información generada; (c) incluir información bromatológica; (d) continuar el experimento otro ciclo completo.

LITERATURA CITADA

DIAZ S., H. 1981. Determinación de carga animal a diferentes dosis de fertilizante nitrogenado en pasto Bermuda Cruza 1 en Tomatlán, Jal. Informe del Prog. de forrajes. CAECJAL, CIAPAC, INIA. La Huerta, Jal.

HERRERA, R. S. 1978. Efecto de la estación del año y el N sobre algunos componentes del valor nutritivo de la Bermuda Cruzada. Rev. Cubana Cienc. Agric. La Habana, Cuba.

MEDINA D., A. 1981. Calendario óptimo de riegos para tres gramíneas forrajeras en Tomatlán, Jal. Informe Prog. Invest. Aplicada del Dist. de Riego # 93. Tomatlán, Jal.

ORIOLE R., J. M. 1974. Bermuda de la Costa Cruza I, nuevo zacate de riego. Hojas mimeografiadas. CIAS, INIA, SAG. Culiacán, Sin.

ORIOLE R., J. M. 1977. Determinación de carga animal con diferentes dosis de fertilizante nitrogenado en praderas irrigadas de Bermuda Cruza 1. Informe preliminar del Prog. de Forrajes. CIAS, INIA, SARH. Culiacán, Sin.

VALDEZ D., L. E. y H. DIAZ S. 1986. Metodología indirecta para la evaluación económica de experimentos de respuesta de los cultivos forrajeros a insumos de la producción. Resúmenes del XIX Congr. de la Soc. Mex. de la Ciencia del Suelo. Manzanillo, Col. Este número pp 93-98.

METODOLOGIA PARA LA EVALUACION DE MATERIALES ENVOLVENTES BLANDOS USADOS EN DRENAJE SUBTERRANEO

Methodology for the Evaluation of Soft Materials in Subterranean Drainage

A. Zermeño González y J.F. Pissani Zúñiga

Depto. de Riego y Drenaje UAAAN Buenavista, Saltillo, Coah.

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue obtener una metodología para evaluar y seleccionar materiales envolventes blandos usados en el drenaje subterráneo; para esto, es necesario desarrollar ciertas mediciones de resistencia de entrada y de granulometría en un simulador de flujo en medios porosos. Los materiales envolventes evaluados fueron: lana de vidrio con paja de trigo, lana de vidrio con fibra de coco, fibra de vidrio con paja de trigo y fibra de vidrio con fibra de coco. Las evaluaciones indicaron que la lana de vidrio con fibra de coco y paja de trigo presenta las mejores propiedades de permeabilidad con 9.66 y 10.78 días/metro, respectivamente.

Palabras clave: Drenaje subterráneo, Metodología, Materiales blandos, Paja de trigo, Lana de vidrio, Fibra de vidrio, Fibra de coco.

SUMMARY

The objective of this study was to obtain a methodology to evaluate and select envelope materials to be used in subterranean drainage, by measuring resistance in a porous medium using a flow simulator. The envelope materials used were glass wool with wheat straw, glass wool with coconut fiber, fiber glass with wheat straw and fiber glass with coconut fiber. The evaluations indicated that the glass wool with coconut fiber and wheat straw were the most permeable with 9.66 and 10.78 days/meter, respectively.

Index words: Subterranean drainage, Methodology, Soft materials, Fiber glass, Wheat straw, Glass wool, Coconut fiber.

INTRODUCCION

El drenaje subterráneo es sin duda alguna uno de los problemas que más se ha agravado en los últimos años en México y por consiguiente, requiere de una mayor atención para su solución y prevención, ya que tan sólo en los distritos de riego del bajo río Bravo y

bajo río San Juan en la zona noreste del estado de Tamaulipas existen alrededor de 80,000 hectáreas que requieren de drenaje parcelario. Por otro lado, en el país más de un millón de hectáreas han necesitado de modo urgente este tipo de rehabilitación.

Para la solución del problema de drenaje subterráneo (niveles freáticos elevados) se usan generalmente los sistemas cerrados, que consisten en la colocación horizontal de tuberías a una determinada profundidad y espaciamiento. Estas tuberías para un adecuado funcionamiento requieren de un material envolvente, cuya función es proporcionar un adecuado colchón al dren, prevenir el movimiento de partículas hacia el interior del mismo y proveer un material en la inmediata vecindad de las aperturas del dren que sea más permeable que el suelo circundante.

El envolvente que más se ha usado para este fin, es la grava fina y las arenas gruesas (materiales minerales). Estos han funcionado satisfactoriamente, sin embargo, presentan algunas desventajas como son: a) los materiales de grava son muy pesados y difíciles de manejar, b) pueden tener un alto costo o no existir en muchas áreas que necesitan drenaje, c) debido a su peso poseen un alto costo de traslado, d) en suelos blandos son difíciles de transportar.

Debido a las desventajas que presentan los materiales minerales (gravas), éstos están siendo sustituidos por materiales envolventes blandos, los cuales pueden ser orgánicos y sintéticos. De estos, los materiales orgánicos presentan buenas propiedades de permeabilidad, sin embargo, poseen mala calidad de filtro. Por el contrario los materiales sintéticos presentan buenas propiedades en la calidad de filtro reflejando valores bajos de permeabilidad.

Ventajas y Desventajas de los Materiales Envolventes.

Algunas ventajas que se pueden mencionar de los materiales envolventes minerales son:

la grava permite descargas más altas en los drenes que los correspondientes a los de fibra de vidrio, bajo iguales condiciones de operación (Lyons *et al.*, 1964). Los materiales minerales como las arenas gruesas y las gravas finas son ampliamente viables de ser usadas como materiales envolventes, ya que poseen una buena permeabilidad (Willardson, 1974).

En relación a los materiales orgánicos, en San Joaquín y Sacramento, California, se han obtenido buenos resultados cubriendo los drenes de tubo de plástico con envolventes consistentes de rastrojo de cártamo, colocado bajo y sobre el tubo, el costo de instalación ha sido bastante bajo y los drenes han funcionado con gran eficiencia (Pillsbury, 1966).

Los envolventes orgánicos se han difundido ampliamente en los países escandinavos donde las bajas temperaturas evitan su rápida descomposición, y se han obtenido buenos resultados colocando capas de 10 cm de espesor (Segeren y Lostao, 1969).

En relación a los materiales sintéticos, en los Estados Unidos la fibra de vidrio ha resultado más económica que las gravas y funciona satisfactoriamente en la mayoría de los suelos inestables (Nelson, 1960).

Por otro lado, las desventajas de los materiales envolventes consistentes de grava son que presentan algunas dificultades para su uso, ya que estos son muy pesados y difíciles de manejar, además de que pueden ser de alto costo y no existir en muchas áreas que necesitan drenaje (Willardson *et al.*, 1980).

La limitante de los materiales orgánicos es que están restringidos a zonas húmedas y frías, ya que en zonas con clima cálido o templado el uso no es factible debido a que la descomposición de estos materiales se ve notablemente favorecida por las altas temperaturas (Pomareda, 1969). Los envolventes orgánicos consistentes de maleza y paja de trigo no deben ser usados alrededor de tubos de barro (Weir, 1949).

Por último, los materiales sintéticos presentan el problema de que la resistencia de entrada del agua hacia el interior del dren presentada por la lana de vidrio aumenta a medida que aumenta la compresión (Walts y Luthin, 1963). En suelos de textura arenosa fina y suelos limosos, la fibra de vidrio presenta ciertos problemas para su instalación, ya que los poros de ésta pueden ser obstruidos por las partículas finas del suelo (Van Someren, 1964).

Pruebas de Campo sobre Materiales Envolventes.

Buras y Pillsbury (1963) realizaron pruebas de permeabilidad en materiales envolventes de fibra de vidrio y demostraron que la fibra de vidrio alrededor de un tubo de drenaje mejora el flujo del agua hacia las aperturas del mismo. Hansen (1963), mostró mediante pruebas de campo que los drenes instalados en algunos suelos de la región de Vermont, están más protegidos con material de fibra de vidrio que con las gravas naturales de uso común de esa localidad. Baghott y Houston (1965) llevaron a cabo pruebas de campo en la cuenca del lago Tulp en el noreste del estado de California para probar la factibilidad de usar paja de trigo como material envolvente, concluyendo que este material funciona satisfactoriamente y puede reemplazarse por la grava en aquellos lugares donde ésta no es viable de ser usada. Rapp y Riaz (1975) realizaron pruebas de campo usando un envolvente de grava y otro de fibra de vidrio y reportaron que el filtro de grava provee las mejores características de flujo, pero la peor protección contra la sedimentación.

Pruebas de Laboratorio

Sisson y Jones (1962) realizaron un experimento de laboratorio en el cual probaron paja de trigo, aserrín y olote de maíz. De sus observaciones reportaron que únicamente la paja y el aserrín funcionaron bien en la descarga de agua, a la vez que limitaban la descarga de sedimentos. Walts y Luthin (1963), a partir de investigaciones de laboratorio, reportaron que la conductividad hidráulica de

la lana de vidrio decrece a medida que aumenta la compresión.

Broadhead *et al.* (1980) realizaron pruebas de laboratorio sobre materiales envolventes sintéticos, en los cuales encontraron que la falta de gradiente y el volumen de suelo que atraviesa el envolvente están en función tanto del tamaño de las aperturas del envolvente como de la uniformidad del suelo.

En relación a lo anteriormente establecido, los objetivos de esta investigación son: (1) presentar y describir una metodología de laboratorio para la evaluación de materiales envolventes blandos, y (2) evaluar algunas combinaciones de materiales envolventes blandos (orgánicos y sintéticos) y seleccionar aquella o aquellas que presenten las mejores características de operación.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se planteó con la finalidad de obtener una metodología de evaluación de materiales envolventes blandos, así como también evaluar algunas combinaciones de estos mismos materiales. Esta metodología de evaluación se realizó determinando las siguientes propiedades de los materiales envolventes: (a) La resistencia de entrada: que es la resistencia al paso del flujo del agua hacia el interior del dren, la cual es función de la permeabilidad del material envolvente. (b) El coeficiente de uniformidad: que es función del tamaño de partículas de suelo que logran atravesar los materiales envolventes, y depende de la calidad de filtro de los materiales.

Equipo Utilizado.

Para la evaluación de la resistencia de entrada se diseñó un simulador de flujo (Figura 1) consistente de un tanque exterior de 1.90 m de largo por 0.90 m de ancho y 1.20 m de alto, dentro del cual se insertó un tanque interior de acero inoxidable totalmente perforado cada 8 mm con un diámetro de perforaciones de 2 mm.

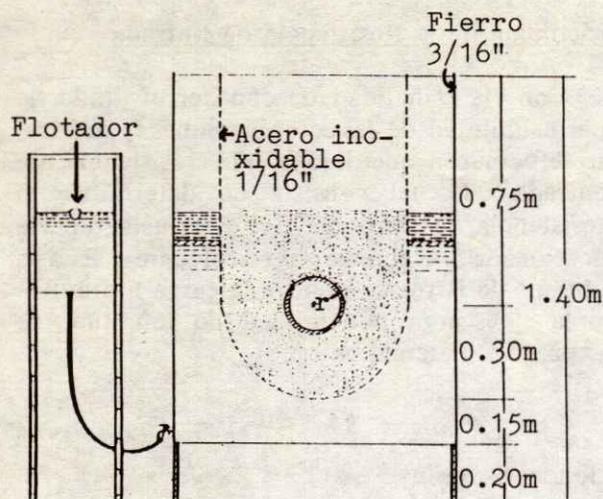


Figura 1. Corte transversal del equipo de pruebas usado en las evaluaciones.

Este consta de una sección semicircular de 0.30 m de radio en la parte inferior. El tanque exterior posee una llave que comunica a éste con un pequeño tanque de regulación del nivel del agua (flotador). Mediante el desplazamiento vertical del tanque de regulación es posible obtener diferentes cargas hidráulicas sobre el tubo de pruebas y por consiguiente diferentes descargas. El tanque interior tiene la función de retener el suelo y es aquí donde fueron colocados el tubo y los materiales envolventes por evaluar.

Instrumentos de Medición.

Para la realización de las diferentes mediciones en el equipo descrito anteriormente se usaron los siguientes instrumentos de medición: (a) Piezómetros. Estos fueron construidos de vidrio de 3/8" de diámetro y una longitud de 95 cm; en el extremo superior de éstos fue colocada una manguera de plástico de aproximadamente 2.0 m de longitud. Dichas mangueras son proyectadas y colocadas en una cara lateral del tanque exterior, la cual fue provista de un papel milimétrico impermeable en la cual fueron realizadas las mediciones de la pérdida de carga hidráulica. (b)

Probeta y cronómetro. Para llevar a cabo las mediciones de las descargas a cada carga hidráulica, se utilizó una probeta graduada y un cronómetro. (c) Balanza analítica, estufa y tamices graduados. Estos instrumentos fueron utilizados para realizar el análisis granulométrico de los sedimentos que lograron atravesar los materiales envolventes.

Materiales Utilizados

En relación a los materiales utilizados éstos fueron: (a) Tubo de drenaje y suelo. Para realizar las mediciones de resistencia de entrada se usaron como constantes para todas las evaluaciones un tubo de drenaje de plástico corrugado de 4" de diámetro y un suelo de clasificación textural franca. (b) Envolventes. Los materiales envolventes utilizados fueron: fibra de coco y paja de trigo como materiales orgánicos y lana de vidrio y fibra de vidrio como materiales sintéticos. Las combinaciones evaluados fueron: (1) Lana de vidrio con paja de trigo. (2) Lana de vidrio con fibra de coco. (3) Fibra de vidrio con paja de trigo. (4) Fibra de vidrio con fibra de coco.

Instalación de los Materiales en el Tanque.

Para esto, primeramente se colocaron los materiales envolventes en el tubo de drenaje. La forma de realizar esta operación consistió en envolver primeramente el tubo con el material sintético y sobre éste se colocó el material orgánico. Los materiales orgánicos se sujetaron alrededor del tubo de drenaje por medio de una arpillera de nailon con el fin de obtener una mejor uniformidad a lo largo de la tubería, a la vez de permitir un mejor manejo de éste a la hora de su colocación en el tanque de pruebas.

Para la colocación del tubo y envolventes en el tanque, primeramente se cubrió el tanque interior con una manta de poliel (alta permeabilidad) con el fin de contener el suelo en éste y facilitar la entrada de agua del tanque exterior. Una vez hecho esto se colocó una

capa de suelo hasta alcanzar la base del orificio de salida, para posteriormente colocar la tubería con la combinación por evaluar. El extremo posterior de la tubería fue tapado para evitar la entrada directa de partículas, mientras que el otro extremo descarga libremente al exterior sujetado por unos retenes de hule. Después de esto se procede a la colocación de los piezómetros la cual fue variable y depende del espesor de los materiales. La posición de los piezómetros en el tanque se muestra en la Figura 2. La numeración de los piezómetros que se observa en esta figura fue la misma para todas las pruebas. Una vez colocados los piezómetros se procede el llenado del tanque interior con el suelo utilizado.

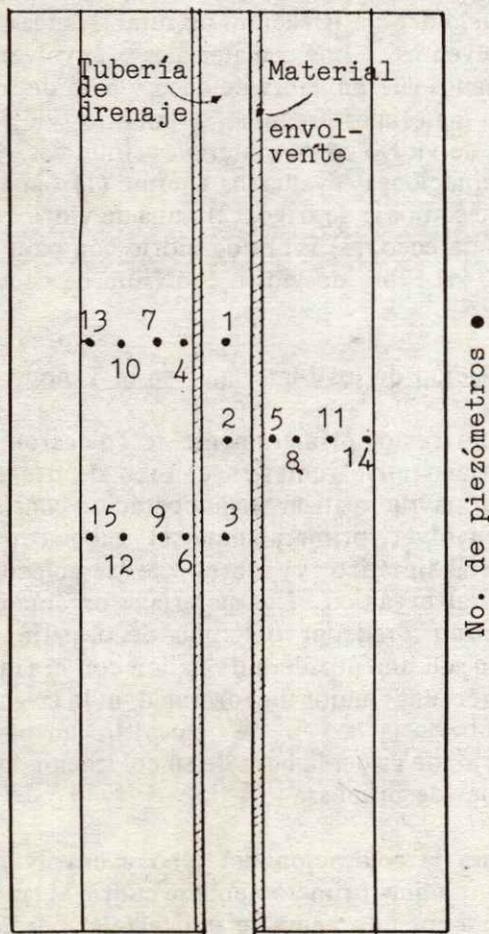


Figura 2. Esquema de la ubicación de los piezómetros.

Medición de la Resistencia de Entrada.

Con la finalidad de conocer el grado de permeabilidad de las combinaciones evaluadas, se efectuaron mediciones de resistencia de entrada, el cual consiste en determinar la resistencia de entrada, del agua a la tubería ocasionada por el material envolvente. Esta se obtiene de la relación entre la carga hidráulica y la descarga por unidad de longitud, su expresión matemática es:

$$W_i = \frac{\Delta h_i}{q}$$

donde:

W_i = resistencia de entrada (días/m)

Δh_i = carga hidráulica medida en la inmediata vecindad del material envolvente (m).

q = descarga unitaria del dren ($m^3/\text{día}/m$)

Las mediciones realizadas en el tanque de prueba para el cálculo de la resistencia de entrada fueron:

a) Medición de la descarga. Esta se realizó tres veces al día a mismos intervalos de tiempo para una misma carga hidráulica. Para esto se utilizaron una probeta y un cronómetro con el objeto de tener un volumen por unidad de tiempo y posteriormente expresar esta descarga por unidad de longitud del dren (q).

b) Medición de las cargas piezométricas. Esta se realizó de la siguiente forma: se tomó como nivel de referencia la parte inferior del tubo. Después de esto se establece la altura de agua en el tanque exterior (primera carga) por medio del tanque regulador de nivel de agua. Posteriormente se miden los valores de $P_1, P_2, P_3, \dots, P_{15}$ que son la distancia desde el nivel de referencia hasta el nivel de agua en cada uno de los piezómetros, para el registro de toda esta información se elaboró el Cuadro 1.

Por cada tres piezómetros que se ubican a una misma distancia del eje del tubo se obtiene la lectura promedio como se muestra en el Cuadro 1 en las columnas h_1, h_2, h_3 y h_4 .

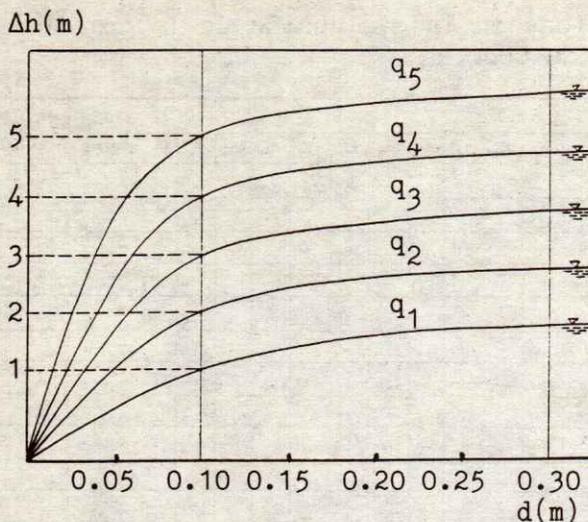


Figura 3. Relación Δh vs d para diferentes descargas (q_n).

los valores de la carga hidráulica medidos a 10 cm del eje del tubo. De acuerdo con la definición de resistencia de entrada, tenemos que ésta estará dada por la tangente del ángulo que forma la recta graficada con la horizontal. Dicha recta es ajustada por medio de regresión lineal.

Pruebas de Granulometría.

Con la finalidad de conocer la calidad de filtro de las combinaciones evaluadas, se llevaron a cabo pruebas de granulometría para determinar el tamaño de partículas que lograron atravesar los envoltentes probados. Para esto se utilizó la técnica descrita por Hansen Allen, citado por Johnson (1966), la cual establece determinando su coeficiente de uniformidad (c_u), el cual es la relación entre el diámetro de partículas de suelo de un 40% de la curva de distribución granulométrica y el diámetro de partículas del 90% de la misma curva.

Para llevar a cabo esto, se procedió de la siguiente forma:

a) Toma y preparación de muestras. Terminada cada medición de resistencia de entrada se tomó muestra de suelo del interior de la

tubería, dichas muestras se secan y posteriormente se llevan a una serie de tamices graduados en orden decreciente, estos tamices son sometidos a un movimiento vibratorio para el cribado de la muestra, para posteriormente determinar el peso retenido en cada criba.

b) Cálculo del coeficiente de uniformidad. Una vez que se tiene el peso retenido en cada criba se procede a determinar el porcentaje de peso retenido en cada criba para posteriormente determinar el porcentaje acumulado. Con la información anterior se grafica el porcentaje acumulado contra el diámetro de malla para obtener la curva de distribución granulométrica. Una vez que se tiene la curva, se procede a determinar el coeficiente de uniformidad (c_u) tal que se muestra en la Figura 4.

RESULTADOS Y DISCUSION

Resistencia de Entrada al Flujo del Agua.

En el Cuadro 1, se muestra el registro de las cargas piezométricas con sus respectivas descargas en la evaluación de la combinación de lana de vidrio con fibra de coco. Con la información del Cuadro 1, se construye la Figura 5, que es la relación de la pérdida de carga contra la distancia respecto al eje del tubo de drenaje para las diferentes descargas. Con los datos de la Figura 5, se traza la línea que se muestra en la Figura 6, para obtener el valor de la resistencia de entrada, de acuerdo con la metodología propuesta. El proceso de cálculo es similar para el resto de combinaciones evaluadas.

En el Cuadro 2, se muestran los resultados de la resistencia de entrada de las combinaciones evaluadas, en el cual se puede observar que las combinaciones de fibra de vidrio con los materiales orgánicos presentan los valores más altos de resistencia de entrada. Por el contrario cuando se combina la lana de vidrio con los materiales orgánicos, los valores de la resistencia de entrada son menores.

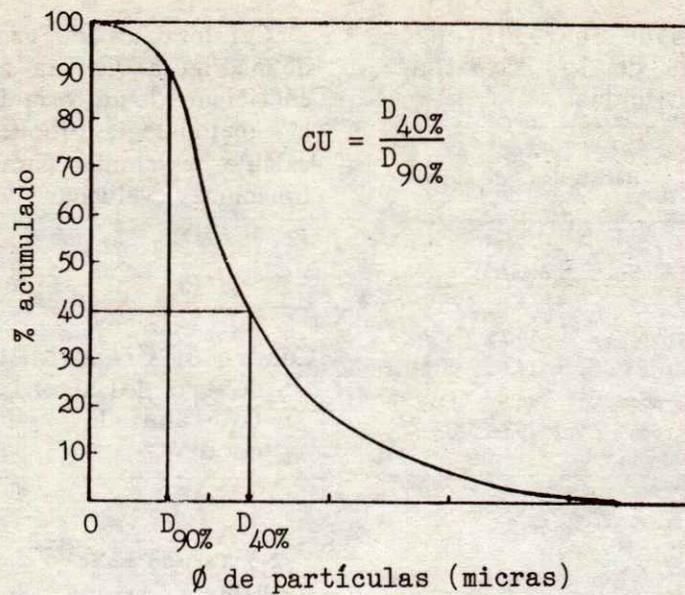


Figura 4. Determinación del coeficiente de uniformidad (cu).

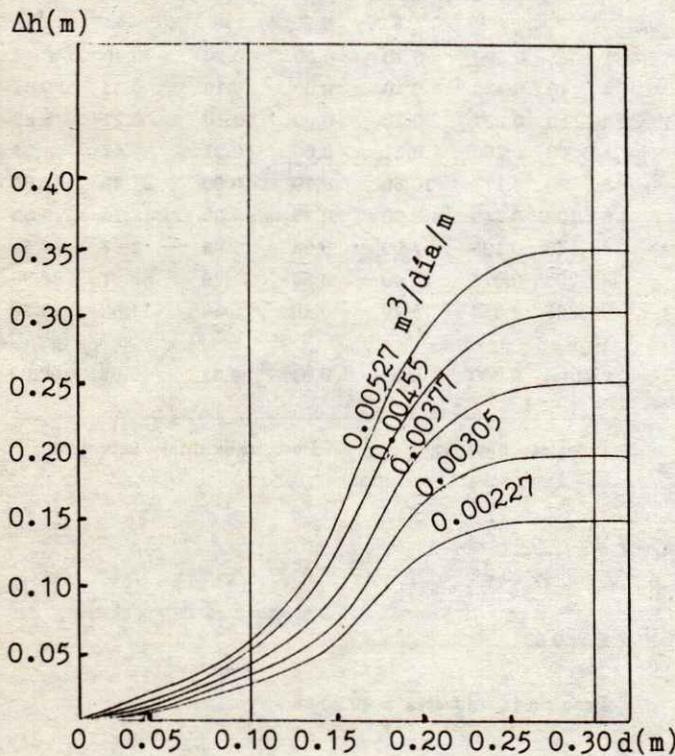


Figura 5. Relación Δh vs d para diferentes descargas en la combinación lana de vidrio con fibra de coco.

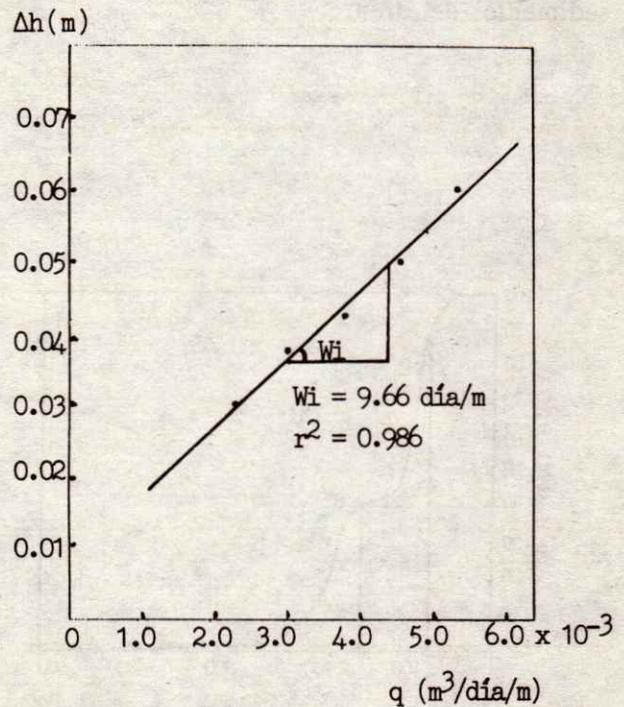


Figura 6. Cálculo de la resistencia de entrada (W_i) - Relación Δh vs q para $d=10$ cm en la combinación lana de vidrio con fibra de coco.

Cuadro 2. Resultados de la resistencia de entrada de las combinaciones evaluadas.

Tratamiento	Resistencia de entradas dias/m
Lana de vidrio con paja de trigo	10.78
Fibra de vidrio con paja de trigo	16.63
Fibra de vidrio con fibra de coco	16.87
Lana de vidrio con fibra de coco	9.66

Granulometría.

El Cuadro 3 muestra el proceso de la toma de datos y cálculo para el análisis de los sedimentos del dren.

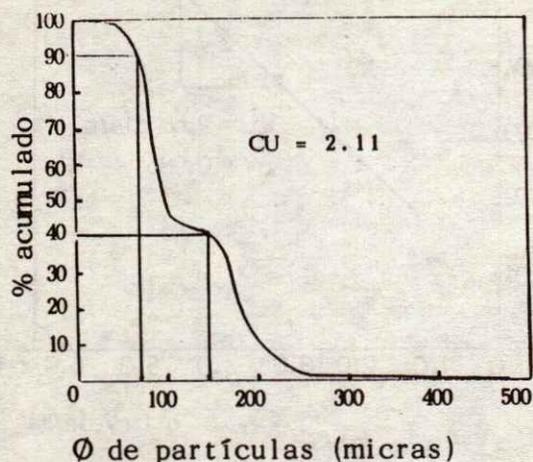


Figura 7. Análisis granulométrico de los sedimentos dentro del dren para la combinación lana de vidrio con fibra de coco.

Con los datos del Cuadro 3 se grafica la curva de la Figura 7. Para así obtener el valor del coeficiente de uniformidad (c u) de acuerdo a la metodología propuesta. El proceso de cálculo es similar para el resto de las combinaciones evaluadas.

Cuadro 3. Granulometría (sedimento dentro del dren) para el tratamiento lana de vidrio con fibra de coco.

No. malla	Tamaño de malla	Peso individual retenido	Factor de corrección B	Peso retenido ajustado	Porcentaje retenido	Porcentaje acumulado
1	35	0.500	0.00	0.20	0.40	0.40
2	40	0.420	0.00	0.10	0.21	0.61
3	50	0.297	0.00	0.10	0.21	0.82
4	60	0.250	0.00	0.21	0.42	1.24
5	80	0.177	10.50	0.19	10.69	21.42
6	100	0.149	8.90	0.16	9.06	18.16
7	140	0.105	1.90	0.03	1.93	3.87
8	200	0.074	21.40	0.39	21.79	43.67
9	325	0.044	5.40	0.10	5.50	11.02
10	Recipiente	0.000	0.30	0.01	0.31	0.62
						100.00

$$B = \frac{\text{Peso perdido}}{\text{Peso total retenido}} \times \text{Peso individual retenido}$$

$$B = \frac{0.90}{49.00} \times X$$

$$B = 0.02$$

$$\text{Peso de la muestra} = 49.90$$

$$\text{Peso perdido} = \text{P. de la muestra} - \text{P. total retenido.}$$

$$\text{Peso perdido} = 49.90 - 49.00$$

$$\text{Peso perdido} = 0.90$$

El Cuadro 4 muestra los resultados de los coeficientes de uniformidad de los sedimentos dentro del dren para cada una de las combinaciones evaluadas, de éste se puede observar que la fibra de vidrio en combinación con los materiales orgánicos presenta los valores más bajos del coeficiente de uniformidad, indicando esto una mayor calidad de filtro. Por el contrario, la lana de vidrio en combinación con los materiales orgánicos de los valores más altos de coeficiente de uniformidad, reflejándose esto en una menor calidad de filtro.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las cuales se llevó a cabo la presente investigación se concluye que: (1) Las combinaciones que presentan las mejores propiedades respecto a permeabilidad, se obtienen cuando se combina la lana de vidrio con los materiales orgánicos, dando un valor de 9.66 días/metro con fibra de coco y 10.78 días/metro con paja de trigo. (2) Las

Cuadro 4. Resultados del análisis granulométrico de los sedimentos dentro del dren para las combinaciones evaluadas.

Tratamiento	Coefficiente de uniformidad (c u)
Lana de vidrio con paja de trigo	2.12
Fibra de vidrio con paja de trigo	1.60
Fibra de vidrio con fibra de coco	1.60
Lana de vidrio con fibra de coco	2.11

combinaciones que presentan las mejores propiedades respecto a calidad de filtro se obtienen cuando se combina la fibra de vidrio con los materiales orgánicos. Dando un valor de coeficiente de uniformidad de 1.60, tanto con paja de trigo como una fibra de coco. (3) Para futuras investigaciones se recomienda evaluar nuevos y más materiales orgánicos y sintéticos para tratar de mejorar las propiedades tanto de permeabilidad como de calidad de filtro, considerando también el costo de los mismos. (4) La metodología aquí presentada ofrece buenas posibilidades para evaluar materiales envolventes en tubos de drenaje subterráneo.

LITERATURA CITADA

- BAGHOTT, K.G. y C.E. HOUSTON.** 1965. Tile drainage solves salinity problems in Tule Lake Basin Calif. Agr. 19(8): 6-7.
- BROADHEAD, R.G., G.O. SCHWAB y R.C. REEVE.** 1980. The evaluation of synthetic envelopes for subsurface drains. Wintor Meeting. American Society of Agriculture Engineers Chicago, Illinois, U.S.A. p. 1-5.
- BURAS, N. y A.F. PILLSBURY.** 1963. Lateral movement of water along a glass fiber sheet utilized as a filter for drain tile. Trans ASAE 6(2): 173-174.
- HANSEN, R.L.** 1963. Filter materials for subsurface drains. Vermont Agr. Exp. Sta. Misc. Pub. 25, p. 7.
- JOHNSON, EDWARD E. Inc.** 1966. El agua subterránea y los pozos. Johnson Division U.O.P. Inc. Saint Paul Minnessota. p. 513.
- LYONS, T.L., L. WERENFELS, y C. HOUSTON.** 1964. Filer envelopes and tiles drainage in Sacramento San Joaquín Delta Tests Calif. Agr. 18(3): 14-16.

NELSON, R.W. 1960. Fiberglass as a filter for closed tyle drains. Trans ASAE 4(10): 690-693.

PILLSBURY, A.F. 1966. Drainage study in the San Joaquin Valley of California. Proceeding of meetings California Irrigation Institute. Fresno, California. p. 224-229.

POMAREDA, C.B. 1969. La resistencia de entrada en los sistemas de drenaje subterráneo. Dentro de Drenaje y Recuperación de tierras. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. p. 145.

RAPP, E., y M. RIAZ. 1975. A comparison of some filter materials for corrugated plastic drains. Canadian Agricultural Engineering 17:106-109.

SEGEREN, W.A., y E.J. LOSTAO. 1969. Diseño de drenes subterráneos, en Segundo Curso Nacional de Drenaje de Tierras Agrícolas. Lima, Perú. 1969. Organizada por CENDRET-Convenio Perú-Holanda. p. 123-129.

SISSON, D.R. y B.A. JONES Jr. 1962. Filter materials for filedrains in a medium sand-laboratory comparison, Trans ASAE 5(1): 54-58.

VAN SOMEREN, C.L. 1964. The use of plastic drainage pipe in the Netherlands. Ministry of Agriculture and Fisheries. Government Service for Land and Water Use. p. 16-27.

WALTS, D.G. y D.N. LUTHIN. 1963. Tests of thick fiber glass filters for subsurface drains. Hiligardia 35(3): 35-45.

WEIR, W.W. 1949. Land drainage. Calif. Agr. Exp. Sta. Circ. 391 p.

WILLARDSON, L.S. 1974. Envelope material. In: Van Schilfgaarde, Jan. Drainage for Agriculture. American Soc. of Agr. Inc. Madison, Wisconsin p. 179-200.

WILLARDSON, L.S., S. AGUIRRE y R.X. WATKINS. 1980. Plastic drainage response in soft envelope materials. Trans ASAE 23(6):1402-1408.

LOS CONTENIDOS DE MATERIA ORGANICA DE SUELOS EN AREAS BAJO EL SISTEMA AGRICOLA ROZA-TUMBA-QUEMA: IMPORTANCIA DEL MUESTREO

Organic Matter Contents in Soils under Slash and Burn Agriculture: Importance of the Sampling Methods.

Luciano Pool N. y E. Hernández X.

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

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

RESUMEN

En Yaxcabá, Yucatán, México, se cultiva maíz, frijol y calabaza bajo el sistema agrícola de roza-tumba-quema (r-t-q). Bajo este sistema se derriba la vegetación, se quema y cultiva el terreno por uno o dos años; posteriormente se deja descansar el terreno por seis o más años para que crezca la vegetación secundaria, permitiendo la recuperación de los niveles de fertilidad y nuevamente se pueda cultivar. A través de un uso más intensivo de la tierra, el período de descanso, base fundamental del sistema agrícola, se está reduciendo, con sus consecuentes efectos en la reducción de rendimiento en los cultivos.

Esta intensificación en el uso de la tierra es relativamente fácil de valorar en sus efectos sobre los rendimientos de los cultivos, comparada con los efectos que se presentan en los suelos de las parcelas en las áreas pedregosas de un carst joven bajo el sistema r-t-q.

En este estudio, se presentan resultados de diferentes métodos de muestreo de suelos bajo

el sistema agrícola r-t-q en el carst joven de la península de Yucatán, en donde se evidencia que: (1) el método de muestreo sistemático estratificado nos permite valorar los principales cambios que ocurren en el suelo bajo el sistema r-t-q; (2) los contenidos de materia orgánica y de fósforo aprovechable del suelo, son los factores más continuos y dinámicos, por medio de los cuales se pueden valorar cambios bajo el sistema agrícola de r-t-q.

Palabras clave: Roza-tumba-quema, Muestreo sistemático estratificado, Carst joven, Intensificación del uso de la tierra, Período de descanso, Vegetación secundaria en crecimiento.

SUMMARY

In Yaxcaba, Yucatan, Mexico, corn, beans and squash are cultivated using slash and burn agricultural techniques. Under this system the young vegetation is slashed, the thick trunk cut with axes and when the litter is dried, it is burned, and the land then cultivated for one or two years. After that, it is left fallow for six or more years, allowing the growth of secondary vegetation, permitting the land to recover its fertility levels before initiating another cycle of cultivation. With the

Recibido 6-87.

intensification of the use of the land, the fallow period, a fundamental base of this agricultural system, is reduced, with consequent effects in the reduction of crop yields. This intensification in land-use with reduction of crop yields is easy to evaluate by comparing the effects on the soil changes in rocky areas in a young carst.

In this study, the outcome of using different soil sample methods under slash and burn agriculture in a young carst in the Yucatan Peninsula is evident in: (1) Systematic stratified soil samples that permit an evaluation of the principal changes that occur in slash and burn techniques. (2) Organic matter and available phosphorus levels are continuous and dynamic factors which permit an evaluation of soil changes using slash and burn agriculture.

Index words: Slash and burn, Systematic stratified soil samples, Young carst, Land-use intensification, Fallow period, Secondary vegetation growth.

INTRODUCCION

El sistema agrícola r-t-q, también conocido en la literatura científica como agricultura migratoria y en el caso particular de Yucatán como milpa o kol, se puede definir como un sistema agrícola en el cual un terreno desmontado y quemado es cultivado por menor número de años de los que se le permite permanecer en descanso (Sánchez, 1976).

La agricultura migratoria se practica actualmente en el 30% de los suelos cultivables del mundo (FAO, 1957). En México, 5 millones de hectáreas se encuentran bajo cultivo con r-t-q (Hernández, 1975). En el estado de Yucatán, el 95% de la superficie del cultivo de maíz de temporal se realiza bajo r-t-q (Navarrete *et al.*, 1982).

En Yaxcabá, Yucatán, la producción maicera se obtiene bajo el sistema agrícola r-t-q, que consta de un período corto de cultivo

(1-2 años) y otro mayor de descanso (6 ó más años) con crecimiento de vegetación secundaria (Arias, 1980). En el sistema r-t-q, la quema disminuye los niveles de materia orgánica, aumenta la disponibilidad de nutrientes en el suelo y, posteriormente, ambos disminuyen en el período de cultivo (Figura 1). Durante el período de descanso se regenera la selva, ocasionando cambios en la fertilidad del suelo que permiten volver a cultivar el área.

En el largo ciclo agrícola de r-t-q, los niveles de materia orgánica y fósforo aprovechables son dinámicos y las prácticas de desmonte, quema, métodos de deshierbe y el descanso con vegetación secundaria, son de alta importancia en los cambios de la materia orgánica. Para las condiciones de carst joven y bajo r-t-q de la península de Yucatán, no se cuenta con métodos de muestreo que nos permiten valorar estos cambios.

El presente estudio, realizado por medio de muestreo, pretende profundizar en el conocimiento de los cambios que suceden en la materia orgánica del suelo bajo r-t-q.

REVISION DE LITERATURA

Varios autores han realizado estudios basados en muestras de suelos tomadas en áreas bajo r-t-q, y todos reportan resultados con escasa descripción sobre el método de muestreo. Suárez de Castro (1956) dice al respecto: "se determinaron microorganismos en la capa 0-10 cm del suelo y fertilidad en la capa 0-20 cm del suelo antes y después de la quema en ambos casos". Cowgill (1962) reporta que "tomó y molió a mano 152 muestras de suelo en sitios con diferente estado sucesional y/o de cultivo dentro del sistema agrícola r-t-q". Perry Jr. *et al.* (1957) mencionan "una serie de cuatro muestras de suelo fue tomada de puntos bien marcados con estacas de fierro después de la operación de tumba del monte y antes de quema... después de la operación de quema, otra serie de muestras se tomó de los primeros 5 cm de la superficie del suelo".

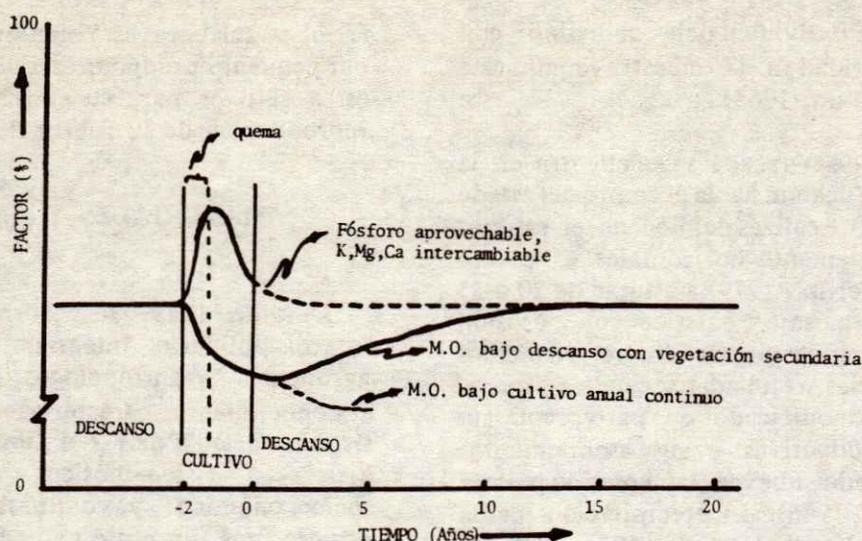


Figura 1. Dinámica de la MO y algunos nutrimentos durante el largo ciclo agrícola de r-t-q: hipótesis para Yaxcabá, Yucatán.

En el presente estudio, los muestreos de suelos se han abocado a la toma de muestras en la selección de campos experimentales y en parcelas experimentales establecidas. En vista de la variabilidad de los suelos, parece imposible establecer un método completamente satisfactorio para la toma de muestras. Los detalles del procedimiento deben quedar determinados por el propósito con que se toma la muestra. Los objetivos y métodos para tomar muestras en perfiles de suelos pueden ser diferentes a los que se persiguen en parcelas experimentales establecidas y aún en la toma de muestras en la selección de campos experimentales. "EL ANALISIS NO PUEDE SER MEJOR QUE LA MUESTRA" (Jackson, 1976).

Petersen y Calvin (1965) reportan cuatro métodos de muestreo: muestreo simple al azar, muestreo dirigido, muestreo simple estratificado y muestreo sistemático. En el muestreo simple al azar, N unidades de la población serán seleccionadas de tal manera que cada combinación posible de N unidades tiene la misma oportunidad de ser seleccionada. En el muestreo dirigido, el investigador generalmente conoce algo acerca de su población y lo aplica para obtener una muestra representativa. En el muestreo al azar

estratificado, la población se divide en varios núcleos agrupados por características observables y una muestra simple al azar es obtenida de cada uno de ellos, permitiendo conocer sus características individuales y también tener una mayor precisión en las estimaciones sobre la población total. En el muestreo sistemático, al encontrarse las unidades seleccionadas a distancias regulares unas de otras (ya sea en una o en dos direcciones), se tiene una mejor cobertura de la población muestreada, que con el muestreo aleatorio simple. En muchas investigaciones de suelos se puede ahorrar en el costo total de los análisis de laboratorio si se realizan sobre muestras compuestas en lugar de muestras individuales. Una muestra compuesta reporta un valor analítico medio representativo para el volumen total de la muestra. Los análisis de carbono, nitrógeno, fósforo y de pH en muestras compuestas, son equivalentes a las medias de los análisis de muestras individuales. Con 20 a 30 muestras individuales se obtiene una muestra compuesta representativa del área muestreada (Jackson, 1976). Para que las estimaciones realizadas sobre muestras compuestas sean válidas, todas las muestras individuales que la conforman deben ser tomadas de la población bajo consideración

y cada muestra individual debe contribuir con la misma cantidad a la muestra compuesta (Petersen y Calvin, 1965).

El ejido de Yaxcabá se encuentra en la península de Yucatán, hacia el centro del estado de Yucatán, sobre calizas del Eoceno en estratos calizos sensiblemente horizontales y planos (Bonnet y Butlerín, 1979) a alturas de 20 a 35 msnm, en un paisaje cárstico con erosión diferencial compuesto por cuatro elementos (altillos, planicies, rejolladas y cenotes), que el productor ha modificado en parte, con sus actividades productivas y sus asentamientos humanos, creando nuevos elementos de paisaje en el área (Pool, 1986). La precipitación media anual (P) en Yaxcabá, es de 1026 mm, la temperatura media anual (T) de 26°C y la relación P/T de 39.3, ubicando el área dentro del subtipo Awo, según García (1974). Se encuentra en el paso de los vientos alisios, con humedad relativa alta durante todo el año. El clima es cálido húmedo, con temporada de lluvias en verano (mayo-octubre), sequía intraestival (julio-agosto) y un período seco definido de noviembre a mayo. Los suelos son principalmente litosoles, rendzinas y luvisoles (Wright, 1970; López, 1980). En los lomeríos, conocidos también como ho'l lu'um, se encuentran principalmente litosoles y rendzinas y en las planicies o k'ankab, predominan luvisoles, y algunas fases líticas de escasa profundidad y afloramientos rocosos (Pool, 1980).

La vegetación es selva baja caducifolia (Miranda, 1959) en un abigarrado mosaico de manchones de vegetación secundaria en diferentes estados sucesionales y de densidad, producto de la agricultura de r-t-q, desarrollando sobre un sustrato altamente rocoso y de profundidad variable.

La población Yaxcabeña maneja una producción silvoagropecuaria diversificada en cuanto a actividades productivas y material genético, la cual gira en torno al sistema agrícola de la milpa bajo r-t-q, presentando un manejo integral de los recursos naturales, basado en el conocimiento del medio y de las prácticas productivas. La producción de maíz,

frijol y calabaza está atendida casi totalmente por pequeños productores, quienes dependen de estos cultivos para su subsistencia y para la reproducción de su fuerza de trabajo.

MATERIALES Y METODOS

Durante 1979 se formó un grupo interdisciplinario integrado por biólogos, agrónomos y antropólogos, que se abocaron al conocimiento, caracterización y análisis del sistema agrícola de r-t-q en sus principales ejes: físico-biótico, tecnológico, socioeconómico y cultural. Esta fase del estudio nos permitió entender la actividad productiva y su problemática en una concepción amplia. En el entendimiento y valoración de los principales cambios en el suelo bajo r-t-q, fue necesario iniciar con la definición de los parámetros de seguimiento y probar los instrumentos y métodos adecuados para realizar un seguimiento continuo y confiable del fenómeno bajo estudio.

Materiales. Machete para escarbar suelos y tomar muestras; libreta, lápices y cámara fotográfica para anotaciones y registro del proceso; cubetas para colecta y homogeneización de muestras; cinta métrica y balanza portátil para determinaciones de longitud y peso; bolsas de plástico, etiquetas y ligas para guardar las muestras de suelos y una mochila de lona para el transporte de las mismas.

Métodos. Recorridos por el área de estudio (ejido de Yaxcabá y terrenos circunvecinos) para conocer y caracterizar las condiciones físico-bióticas y tecnológicas en las que se realiza la r-t-q. Muestreo de suelos en sitios bajo diferentes condiciones de uso y manejo, tomando muestras de la capa 0-15 cm del suelo, para definir las características físicas y químicas de los suelos del área de estudios. Muestreos de suelos en la parcela experimental sometida a cultivo anual continuo, tomando muestras de las capas 0-3 y 3-10 cm del suelo, para valorar los principales cambios ocasionados por el cultivo anual continuo.

El muestreo de la capa 0-15 cm del suelo se realizó con un muestreo aleatorio simple, en áreas bajo cultivo y en las selvas circundantes. Se tomaron muestras en dos tipos de suelo (ho'l lu'um y k'ankab) bajo selvas con 20 ó más años en descanso con vegetación secundaria y en sitios con primero y segundo año de cultivo anual continuo. El muestreo de las capas 0-3 y 3-10 cm del suelo del sitio experimental sometido a cultivo anual continuo (milpa 1), se realizó con un método denominado "muestreo sistemático estratificado con muestras compuestas". El proceso fue:

1. Después de despejar el área experimental de las maderas de la selva tumbada, se dividió en base a una cuadrícula de 10 por 10 metros. El área total fue de 100 por 120 metros, quedando el terreno dividido en seis lotes iguales de 40 por 50 metros. En cinco lotes hubo las dos condiciones de suelo, y en el sexto solamente hubo un tipo de suelo. De estos seis lotes, cuatro fueron quemados y dos no (Figura 2).

2. Se tomaron muestras compuestas de cada tipo de suelo y de cada lote, a las profundidades 0-3 y 3-10 cm, mezclando muestras simples obtenidas por muestreo sistemático a intervalos de 10 m lineales entre puntos de muestreo, en dos direcciones perpendiculares entre sí. Se tomaron en total 22 muestras compuestas/año.

3. La toma de muestras de suelos se realizó en condiciones diversas de paisaje y suelos. Describiremos la toma de muestras de suelos en el complejo de suelos pedregosos (ho'l lu'um) y en ésta, consideramos incluir, en términos generales, las variantes realizadas en el muestreo de suelos del estudio. El proceso de muestreo fue: (a) al llegar al sitio de muestreo, se buscan los sitios en los que hay suelo, se retira la capa de cubierta de mantillo vegetal (cuando la hay), se quitan las piedras superficiales, se remueve con el machete la capa 0-3 cm del suelo, se amontona ésta al centro del área removida, se homogeneiza y van retirando las piedras pequeñas y raíces de plantas (todo este proceso se realiza con las manos directamente), dividiéndolo después en cuatro porciones, eliminando dos porciones opuestas,

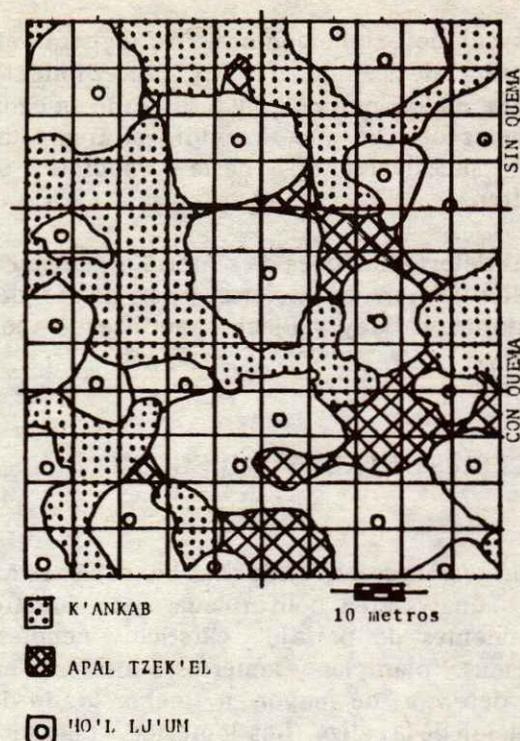


Figura 2. Plano de suelos de la milpa 1. Yaxcabá, Yucatán. 1980.

juntando nuevamente las otras restantes, homogeneizándolas, dividiéndolas nuevamente en cuatro porciones, eliminando nuevamente dos porciones opuestas entre sí, y así sucesivamente hasta llegar a la cantidad de muestra deseada. Se coloca la muestra de la capa 0-3 cm en una cubeta y se procede a tomar la muestra de la capa 3-10 cm, según el procedimiento descrito anteriormente, hasta colocar la muestra de la capa 3-10 cm en otra cubeta. Se pasa al siguiente punto de muestreo, se repite el procedimiento y así sucesivamente, hasta completar todos los puntos de toma de muestras simples que conformarán la muestra compuesta del lote por muestrear. (b) Se guardan las muestras en bolsas dobles de plástico, con etiqueta de control que incluye: la clave de la muestra de suelo, la profundidad, el sitio de muestreo (lugar, uso actual) y la fecha de muestreo. Se ligan las bolsas y quedan listas para ser transportadas.

Observaciones suplementarias se registran en la libreta de campo. (c) El procedimiento descrito en los puntos a y b se repite en cada uno de los lotes en que se dividió el área total y así sucesivamente, hasta concluir el muestreo.

4. Las determinaciones de materia orgánica en el laboratorio, se hicieron por medio del método de Walkley y Black, modificado por Walkley.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los terrenos del ejido de Yaxcabá están sobre una área conformada por cuatro componentes de paisaje cárstico: cenotes, rejolladas, planicies y lomeríos o altillos y en ese orden van de mayor a menor grado de disolución de la caliza. Los lomeríos y planicies son los componentes de paisaje predominantes en el área.

Los resultados del muestreo de suelos de la capa 0-15 cm se presentan en el Cuadro 1, en donde se evidencian mayores concentraciones de materia orgánica (MO), nitrógeno total (N), fósforo aprovechable, carbonato de calcio y calcio intercambiable por unidad de suelo en los altillos que en las planicies. Los altillos presentan suelos de color oscuro y las planicies suelos de color claro. El carbonato de calcio y el calcio intercambiable es posible que sean mayores en los altillos que en las planicies debido a la presencia de piedras, gravas, guijarros y aún partículas de caliza con diámetro menor de 2 mm mezcladas con el suelo; ahora, que la MO y el N estén presentes en los altillos en mayor concentración que en las planicies, se explica por tres posibles razones, que en ningún momento son antagónicas:

- Mayor densidad de especies vegetales leñosas en los altillos que en las planicies (Illsley y Hernández, 1980), con un mayor aporte de hojas y ramas/año, acumulándose en los altillos mayores cantidades de MO que en las planicies.

Cuadro 1. Diferencias encontradas entre suelos de planicie y de altillo (0-15 cm de profundidad), Yaxcabá, Yucatán, 1979.

Factor o nutrimento	Suelo de altillo (ho'l lu'um, chich lu'um)		Suelo de planicie (chac lu'um, k'ankab)	
	rango	media	rango	media
Materia orgánica (%)	20.8-36.9	31.2	6.7-11.4	8.8
Nitrógeno total (%)	0.8- 1.4	1.2	0.3- 0.6	0.4
Fósforo aprovechable (ppm)	8.3-17.6	11.3	1.8- 3.4	2.6
Carbonato de calcio (%)	6.5-53.8	30.4	2.0- 2.7	2.4
Calcio intercambiable (me/100g)	16.3-31.4	25.1	14.6-19.6	18.3
Color en húmedo	negro-negro		cafésáceo	café - rojo oscuro

El nitrógeno total presente en el suelo, predomina en su forma orgánica asociado a MO, con un coeficiente de correlación del 93% (Cuadro 2).

- Formación de complejos órgano-minerales resistentes a la descomposición de MO. Posiblemente puentes de calcio (Com. pers. con el Dr. Jorge Baus P.) permitiendo mayores acumulaciones de MO en los altillos.

- En los lomeríos, los afloramientos rocosos, al llover y drenar el agua, funcionan como microcuencas de captación (com. pers. con el Dr. Benjamín Figueroa), concentrando la precipitación en las concavidades de los heterogéneos afloramientos rocosos, que es generalmente también donde se concentra el suelo y la MO. El agua se infiltra por las fisuras y la porosidad de las rocas, quedando en las

Cuadro 2. Contenido de materia orgánica (MO), nitrógeno total (N) y la relación carbono/nitrógeno (C/N) en dos tipos de suelo de sitios bajo cultivo y descanso. Yaxcabá, Yucatán. 1979.

Clave	Uso actual	MO (%)	N ₂ ¹⁾ (%)	C/N	S U E L O				USO ACTUAL			
					Altillo		Planicie		Descanso		Milpa	
					MO	C/N	MO	C/N	MO	C/N	MO	C/N
TZ ₁	Descanso	31.5	1.23	14.9	31.5	14.9			31.5	14.9		
TZ ₂	Milpa caña	26.8	1.09	14.3	26.8	14.3					26.8	14.3
TZ ₃	Milpa roza	20.8	0.79	15.3	20.8	15.3					20.8	15.3
TZ ₄	Milpa roza	30.2	1.02	17.2	30.2	17.2					30.2	17.3
TZ ₅	Descanso	28.9	1.01	16.6	28.9	16.6			28.9	16.6		
TZ ₆	Descanso	36.6	1.43	14.5	36.6	14.5			36.6	14.5		
TZ ₇	Milpa roza	36.9	1.23	17.4	36.9	17.4					36.9	17.4
CHO ₁	Descanso	36.9	1.42	15.1	36.9	15.1			36.9	15.1		
CHO ₂	Milpa roza	26.2	1.44	10.6	26.2	10.6					26.2	10.6
CHO ₃	Milpa caña	36.9	1.04	20.6	36.9	20.6					36.9	20.6
K ₁	Milpa caña	8.7	0.29	17.5			8.7	17.5			8.7	17.5
K ₂	Descanso	6.7	0.37	10.5			6.7	10.5	6.7	10.5		
K ₃	Milpa roza	7.4	0.35	12.3			7.4	12.3			7.4	12.3
K ₄	Milpa caña	11.4	0.38	17.4			11.4	17.4			11.4	17.4
K ₅	Descanso	9.4	0.41	13.3			9.4	13.3	9.4	13.3		
K ₆	Milpa roza	7.4	0.35	12.3			7.4	12.3			7.4	12.3
K ₇	Descanso	10.7	0.57	10.9			10.7	10.9	10.7	10.9		
\bar{X}		21.9	0.84	14.7	31.2	15.7	8.8	13.5	23.0	13.7	21.3	15.5
S		12.1	0.43	2.9	5.6	2.6	1.8	2.9	13.5	2.3	11.9	3.1
C.V.		0.55	0.51	0.19	0.18	0.17	0.20	0.21	0.59	0.17	0.56	0.20

1) Coeficiente de correlación del nitrógeno total con los contenidos de MO = 93%.

microcuencas un suelo rico en MO, pero bajo en humedad, propiciándose condiciones físicas para una baja velocidad de descomposición de la MO.

Estos altillos presentan un complejo heterogéneo de litosoles y rendzinas con afloramientos rocosos de diferentes superficies, suelo de profundidad variable con piedras de diversos tamaños y concentraciones,

mismos que consideramos, guardan estrecha relación con los niveles de MO y las cantidades de suelo presentes en cada microcuenca. Existe una rica terminología maya de suelos en la región para estas diferentes condiciones de microambientes en los altillos. Sugerimos realizar estudios de suelos encaminados a profundizar en el conocimiento de estos suelos pedregosos y precisar las consideraciones planteadas.

En el Cuadro 2 se presentan resultados de niveles de MO, N y la relación carbono/nitrógeno (C/N) para dos tipos de suelo: altillos (clave TZ y CHO) y planicies (clave K), de sitios bajo cultivo y descanso con vegetación secundaria. En estas áreas se realizó un muestreo aleatorio simple. En el cuadro se observa que si se toman para su análisis de manera indiferente muestras de suelos provenientes de altillo y de planicie, se reportan coeficientes de variación altos (55 y 51%) para MO y N respectivamente; ahora, la relación C/N reporta coeficiente de variación bajo, al establecerse en ella, en términos relativos para ambos tipos de suelo los niveles de MO y N. Cuando los análisis para MO se realizan estratificando y agrupando en función del tipo de suelo, los coeficientes de variación disminuyen del 55 al 18 y 20% para altillos y planicies respectivamente, fenómeno que no sucede al estratificar los contenidos de MO en función del uso actual, en donde los coeficientes de variación no disminuyen.

Se realizaron análisis de varianza sobre los contenidos de MO en función del tipo de suelo y del uso actual, encontrándose diferencias altamente significativas entre tipos de suelo (al 1% de nivel de significancia), en tanto que entre sitios en descanso y en cultivo, no se reportan diferencias significativas (Cuadro 3). Estos resultados sugieren que si se quiere aumentar la precisión en los estudios de suelos, hay que diferenciar cada uno de los tipos de suelo en los seguimientos que se realicen.

En la milpa 1, se realizó muestreo de suelos por el método de muestreo sistemático estratificado, tomando muestras compuestas en los lotes con y sin quema, a dos profundidades, para valorar el efecto de la quema sobre los niveles de MO del suelo, reportando en el Cuadro 4 los resultados siguientes:

- En los altillos, las diferencias en los contenidos de MO entre las capas 0-3 y 3-10 cm son del 0.7% con un coeficiente de variación del 12%.
- En las planicies, las diferencias en los contenidos de MO entre la capa 0-3 y 3-10 cm

Cuadro 3. Análisis de varianza de los contenidos de materia orgánica de dos tipos de suelo y de sitios bajo cultivo y descanso. Yaxcabá, Yucatán, 1979.

FV	GL	SC	CM	F _c	F tablas	
					5%	1%
Suelos	1	2 100.6	2 100.6	102.9	4.54*	8.68**
Error	15	306.0	60.4			
Total	16	2 406.6				
Sitios	1	57.7	57.7	0.37	NS	
Error	15	2 348.9	156.6			
Total	16	2 406.6				

son del 19% con coeficientes de variación del 19 y 25% para ambas capas, respectivamente.

- En los altillos, las diferencias en los niveles de MO en la capa 0-3 cm entre los lotes con y sin quema son del 15% con coeficientes de variación del 10 y 0.5%, respectivamente. En la capa 3-10 cm, el efecto de la quema es ya demasiado bajo.
- En las planicies, las diferencias en los contenidos de MO en la capa 0-3 cm no se presentan; ahora, en la capa 3-10 cm, se reportan diferencias del 24%, que responden posiblemente a la heterogeneidad del medio, ya que es en este suelo de la milpa 1 en el que también se reportan los coeficientes de variación más altos.
- Se evidencian mayores efectos del fuego en los altillos que en las planicies, afectando solamente la capa más superficial del suelo.

Cuadro 4. Diferencias en los niveles de materia orgánica por efecto del fuego en dos tipos de suelo y a dos profundidades en la milpa 1. Yaxcabá, Yucatán. 1980.

Clave	Quema	MO (%)		MO (%)		MO (%)		MO (%)	
		0-3	3-10	0-3	cm	3-10	cm	3-10	cm
				Sin quema	Con quema	Sin quema	Con quema	Sin quema	Con quema
T ₁	NO	66.5	59.0	66.5	-	59.0	-	-	-
T ₂	NO	71.0	56.0	71.0	-	56.0	-	-	-
T ₃	SI	63.5	62.7	-	63.5	-	-	62.7	-
T ₄	SI	61.3	65.7	-	61.3	-	-	65.7	-
T ₅	SI	57.5	54.5	-	57.5	-	-	54.5	-
T ₆	SI	50.0	45.6	-	50.0	-	-	45.6	-
\bar{X}		61.6	57.3	68.8	58.1	57.5		57.1	
S		7.3	7.1	3.2	5.9	2.1		9.0	
CV		0.12	0.12	0.05	0.10	0.04		0.16	
Diferencia	(%)		-07		-16			-01	
K ₁	NO	20.2	18.7	20.2	-	18.7	-	-	-
K ₂	NO	32.1	30.6	32.1	-	30.6	-	-	-
K ₃	SI	24.7	17.9	-	24.7	-	-	17.9	-
K ₄	SI	30.6	20.2	-	30.6	-	-	20.2	-
K ₅	SI	23.2	17.9	-	23.2	-	-	17.9	-
\bar{X}		26.2	21.1	26.2	26.2	24.7		18.7	
S		5.0	5.4	8.4	3.9	8.4		1.3	
CV		19.0	0.26	0.32	0.15	0.34		0.07	
Diferencia	(%)		-19		00			-24	

En la milpa 1, también se realizó un seguimiento de los niveles de fertilidad del suelo, en cuatro años de cultivo anual continuo, con el método de muestreo sistemático estratificado, tomando muestras compuestas. Los resultados de los contenidos de MO de la capa 0-3 cm se presentan en el Cuadro 5, en donde se reporta:

- Los altillos presentan mayores niveles de MO que las planicies, con 61.7 y 26.2% respectivamente.

- Los niveles de MO tanto para altillos como para las planicies disminuyen fuertemente del primer al tercer año de cultivo anual continuo, disminuyendo en 65 y 76% respectivamente;

Cuadro 5. Contenido de materia orgánica (%) en la capa 0-3 cm de dos tipos de suelo de la milpa 1 con cuatro años bajo cultivo anual continuo. Yaxcabá, Yucatán.

Suelo	Quema	Ciclo agrícola			
		1980	1981 ¹⁾	1982	1983
Atillo	Cada año	58.1	-	16.6	24.0
	Primer año	58.1	-	21.5	22.9
	Nunca	68.8	-	26.5	27.8
	\bar{X}	61.7	-	21.5	24.9
	S	6.2	-	5.0	2.6
	CV	0.10	-	0.23	0.10
Planicie	Cada año	26.2	-	6.4	7.6
	Primer año	26.2	-	5.5	6.5
	Nunca	26.2	-	7.4	8.5
	\bar{X}	26.2	-	6.4	7.5
	S	0.0	-	1.0	1.0
	CV	0.0	-	0.15	0.13

1) = No se analizaron las muestras.

ahora, al cuarto año de cultivo anual continuo, los niveles de MO del suelo aumentan sensiblemente en ambos tipos de suelo, debido posiblemente a la descomposición de los residuos de cosecha y de arvenses presentes en la superficie del suelo.

- En los altillos, los niveles de MO disminuyen más rápido en las parcelas que se quemaron cada

año, en menor grado en las parcelas que solamente se quemaron el primer año y un efecto mucho menor en las parcelas que no se quemaron en los cuatro años; ahora, en las planicies, los niveles de MO disminuyeron más rápido en las parcelas que se quemaron únicamente el primer año y en menor grado en las parcelas que nunca fueron quemadas. Se evidencia para ambos tipos de suelo un efecto sobre los niveles de MO ocasionado por el cultivo anual continuo, acentuándose con la práctica de la quema anual de los residuos de cosecha.

CONCLUSIONES

- Estratificar en función de suelos, es una medida que nos permite conocer mejor las características de cada tipo de suelo y aumentar la precisión de las estimaciones de la población.

- El muestreo sistemático estratificado, tomando muestras compuestas, al permitirnos una amplia cobertura del área muestreada, con un número reducido de muestras, puede ser una herramienta útil para seguirle la dinámica a la materia orgánica del suelo bajo cultivo anual continuo, y aún para seguirle la dinámica a la materia orgánica del suelo en las áreas en descanso con vegetación secundaria.

- El fuego afecta en mayor grado los niveles de materia orgánica en los altillos que en las planicies, afectando en ambos solamente la capa más superficial del suelo.

- El cultivo anual continuo disminuye los niveles de materia orgánica en los suelos de las planicies y de los altillos, acentuándose la disminución por efecto de la práctica de quema anual de los residuos de cosecha.

- Se sugiere realizar estudios de suelos encaminados a precisar el por qué de las altas acumulaciones de materia orgánica en el complejo de condiciones que conforman a los suelos pedregosos de los altillos.

AGRADECIMIENTOS

A la comunidad de Yaxcabá, Yucatán, por su hospitalidad y aceptación, a las Residencias de Agrología de la SARH en Mérida, Yucatán y Campeche, por los análisis de las muestras de suelos; a la Sra. Hannah Riddick por sus comentarios en la revisión del manuscrito y su traducción al inglés y a la Sra. Cenovia Gutiérrez Robles por su valioso apoyo mecanográfico.

LITERATURA CITADA

- ARIAS R., LUIS M.** 1980. La producción milpera actual en Yaxcabá, Yucatán. *In:* Hernández y Padilla (eds.). Seminario sobre producción agrícola en Yucatán, México. pp. 259-302.
- BONNET, F. y J. BUTERLIN.** 1979. Reconocimiento geológico de la Península de Yucatán. *In:* Enciclopedia Yucatanense, tomo 10: 9-31. Mérida, Yucatán, México.
- COWGILL, U.** 1962. An agriculture study of the southern Maya Lowlands. *American Anthropologist* 64: 273-286.
- FAO.** 1957. La agricultura migratoria. *Unasyvla* 11(1): 9-11. Roma, Italia.
- GARCIA, ENRIQUETA.** 1974. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen. Instituto de Geografía. UNAM. México, 246 pp.
- HERNANDEZ X., EFRAIM.** 1975. Conferencia con el grupo sobre alimentación y nutrición. IEPES, Puebla, México. (Transcripción).
- ILLSLEY G.C. y E. HERNANDEZ X.** 1980. La vegetación en relación a la producción en el ejido de Yaxcabá, Yucatán. *In:* Hernández y Padilla (eds.). Seminario sobre producción agrícola en Yucatán. Mérida, Yucatán, México. pp. 343-369.
- JACKSON, M.L.** 1976. Toma de muestras de un suelo. *In:* Análisis químico de suelos. Omega, Barcelona, España. pp. 29-66.
- LOPEZ C., H.** 1980. Capacidad de uso y manejo de los suelos de la Península de Yucatán. Residencia de Agrología de Mérida, Yucatán. SARH, México. 50 pp.
- MIRANDA, F.** 1959. Estudio acerca de la vegetación. *In:* Beltrán, E. (ed.). Los recursos naturales del sureste y su aprovechamiento 2(4): 215-271. IMRNR. México.
- NAVARRETE O., R., G. Uribe V., H. MATA V., O. PEREZ Z. y A. MENDIZABAL.** 1982. Fertilización del maíz de temporal en el sur y oriente de Yucatán, CIAPY, INIA, México. 32 pp.
- PERRY Jr., J.P., J. GIL F., R. FRANCO O. y J. MARTINEZ LIMA.** 1957. Efectos de la quema del monte sobre las propiedades químicas de un suelo de Campeche. *Chapingo* 10 (65): 164-168, 187. México.
- PETERSEN., R.G. y L.D. CALVIN.** 1965. Sampling. *In:* Black, C.A. (eds.). Methods of soil analysis. Part I. American Society of Agronomy, Inc. Publisher. Madison, Wisconsin, USA. pp. 54-72.
- POOL N., LUCIANO.** 1980. El estudio de los suelos calcimórficos con relación a la producción maicera. *In:* Hernández X., E. y R. Padilla O., (eds.). Primer seminario sobre producción agrícola en Yucatán. Mérida, Yucatán, México, pp. 393-422.
- POOL N., LUCIANO.** 1986. Experimentación en producción maicera bajo roza-tumba-quema en Yaxcabá, Yucatán, México. Tesis profesional, Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo, México. 136 pp.
- SANCHEZ, PEDRO.** 1976. Properties and management of soils in the tropic. Willie Inc. Science, New York. USA. 560 pp.

SUAREZ DE CASTRO, FERNANDO. 1956. La quema como práctica agrícola y sus efectos. Tesis Mag. Agr. Turrialba, Costa Rica. IICA. 55

WRIGHT A., C.S. 1970. El reconocimiento de los suelos de la Península de Yucatán. OPNUD/FAO. Roma, Italia. 87

METODOLOGIA INDIRECTA PARA LA EVALUACION ECONOMICA DE EXPERIMENTOS DE RESPUESTA DE LOS CULTIVOS FORRAJEROS A INSUMOS DE LA PRODUCCION

Indirect Procedure for Economical Analysis of Forage Crops Response Experiments to Production Inputs.

Luis E. Valdez Díaz y Heriberto Díaz Solís.

Prog. de Suelos del CAECJAL (CIAPAC, INIFAP) y Prog. de Forrajes del CIAPAC, INIFAP.

RESUMEN

En el presente estudio se propone un procedimiento para evaluar, desde el punto de vista económico, experimentos de respuesta de los cultivos forrajeros a insumos de la producción sin el empleo de animales. A manera de ejemplo se usó información generada en diez cortes de un experimento sobre fertilización en Zacate Bermuda Cruza 1 bajo riego en Tomatlán, Jal. Considerando algunas premisas, fueron estimados para cada tratamiento la cantidad de materia verde disponible, la capacidad de carga y el incremento de peso vivo. Posteriormente se determinó el tratamiento óptimo económico con base en el procedimiento de la tasa de retorno marginal. Se concluye que el procedimiento propuesto es factible, sencillo, fácil de manejar y de bajo costo.

Palabras clave: Productividad, Plantas forrajeras, Economía.

SUMMARY

In this article a procedure is proposed to evaluate, from an economic point of view, response experiments of forage crops to production inputs without use of animals. As an example, information generated from an experiment conducted in Tomatlan, Jalisco, Mexico, with fertilizers in irrigated Bermuda Cross 1 grass, was used. The amount of available green matter, the forage capacity and the increase of living weight were estimated for each treatment based on a series of premises described in this paper. Finally, an economic analysis based on marginal return determined the best fertilizer treatment. The advantages of this procedure are: it is feasible, uncomplicated, easy to use and low cost.

Index words: Productivity, Forage plants, Economy.

INTRODUCCION

Con el propósito de entender mejor la relación entre el rendimiento y la calidad de los forrajes con la respuesta animal, se ha intensificado en los últimos años el empleo de animales en los trabajos de investigación. Durante mucho tiempo, el criterio para la evaluación de los pastos fue la producción de materia verde (MV) y, en el mejor de los casos, el rendimiento de materia seca (MS).

El programa de forrajes del INIA desarrolló un esquema de trabajo para organizar la investigación llevada a cabo en diferentes zonas, el que comprende las siguientes fases: (a) introducción y evaluación de especies y variedades forrajeras; (b) estudio del manejo de factores agronómicos; (c) evaluación con animales; (d) evaluación de sistemas de producción.

Bajo este esquema de investigación, es sin duda de primera importancia el uso de animales para evaluar la calidad de los forrajes. Algunos criterios conocidos para este propósito son: el valor nutritivo (pruebas de digestibilidad), el consumo voluntario (pruebas de consumo) y la eficiencia de utilización (pruebas de producción).

No obstante, sabemos que las pruebas con animales requieren de una gran cantidad de recursos económicos, humanos y de infraestructura. Por otra parte, considerando los limitados recursos que los países en desarrollo pueden dedicar a la investigación, los responsables de ésta se ven precisados a ser más eficientes en el uso de los recursos disponibles mediante el empleo de herramientas específicas para tal fin.

En el presente trabajo se propone y analiza un procedimiento para la evaluación económica de experimentos sobre factores agronómicos en forrajes, que viene a ser un intento para estimar indirectamente la capacidad productiva de los pastos sometidos a tratamientos diferenciales de aplicación de insumos.

ANTECEDENTES

Valdez y Díaz (1982), en Tomatlán, Jal., idearon un procedimiento para evaluar un experimento agronómico sobre fertilización en Zacate Bermuda Cruza 1. Esto surgió de la necesidad de convencer a los productores ganaderos de la región, asistentes a una demostración de campo, del beneficio económico que podría obtenerse con la aplicación de fertilizantes a sus praderas. Para ello, se partió de datos de rendimiento de materia verde (MV) obtenidos en el tercer corte del experimento y de los siguientes supuestos e información:

- Producción uniforme de MV en el tiempo aproximado de duración de una engorda normal (290 días).

- Mermas de 33% en el rendimiento de MV por pisoteo del ganado.

- Consumo/animal/día: 35 kg de MV.

- Estancia en la pradera: todo el día.

- Aumento diario de peso por animal: 0.600 kg.

- Consumo/animal durante la engorda: 10,150 kg de MV.

- Costo de 1 kg de nitrógeno (N) en forma de urea (46% N) aplicado al suelo: \$15.00.

- Costo de 1 kg de pentóxido de fósforo (P_2O_5) en forma de superfosfato de calcio triple (46% P_2O_5) aplicado al suelo: \$15.00.

- Costo de 1 kg de óxido de potasio (K_2O) en forma de cloruro de potasio: \$8.00.

- El precio de venta¹⁾ por kilogramo de carne en pie: \$45.00.

1) Precio vigente en Mayo de 1982.

Con estos supuestos e información se procedió al cálculo de la capacidad de carga, el incremento de peso vivo y los ingresos total y neto para cada tratamiento. La evaluación económica se hizo en base al incremento en ingreso neto (IN) con respecto al testigo sin fertilizar.

Los resultados indicaron que el tratamiento 1500-150-50²⁾ tuvo mayor capacidad productiva, soportando, en teoría, una carga de 11.6 cabezas por hectárea y produciendo un ingreso neto de \$65,840/ha; le siguió el 1000-100-50, con 8.6 cabezas/ha e IN de \$50,105 por unidad de superficie; a su vez el testigo sin fertilizar soportó 1.0 cabezas/ha y dio \$ 7,740/ha de IN.

MATERIALES Y METODOS

Para el desarrollo del procedimiento se debe partir de información generada por experimentos de respuesta de una planta forrajera determinada a insumos de la producción (fertilizantes, agua de riego, etc.), siendo la respuesta de la planta el rendimiento experimental de materia verde (MV) o seca (MS) que multiplicado por el factor 0.8 podría ser transformado a rendimiento comercial.

Como siguiente paso, y dado que en la realidad se lleva a cabo el pastoreo directo, se podría reducir del rendimiento un porcentaje determinado (30%) para considerar las mermas por pisoteo del ganado. De esta forma se obtendrá la cantidad de MV disponible producida por cada tratamiento por corte y anual.

Ahora bien, para la estimación de otros parámetros de interés se considerarán algunas suposiciones como las que a continuación se describen:

2) Las tres cifras del tratamiento significan kilogramos de N, P₂O₅ y K₂O/ha/año, respectivamente.

- Consumo/animal/día en kilogramos de MV.
- Tiempo de estancia en la pradera.
- Aumento de peso vivo (PV) en kilogramos.
- Duración de la engorda en días.
- Costos de los insumos, incluida su aplicación, en pesos.

Con esta información se está en condiciones de estimar la capacidad de carga animal por tratamiento, considerando tanto la cantidad de MV disponible anual como el consumo/animal/día y la duración de la engorda. El aumento de PV total se calcula mediante el producto del número de animales/ha por el aumento de PV/día y la duración de la engorda. Para estimar el ingreso bruto o total se multiplica el aumento de PV total por el precio de venta del producto (carne) vigente al término de la engorda. El ingreso neto (IN) se determina mediante la diferencia entre el ingreso total (IT) y los costos totales (CT) iguales a los costos fijos (CF) más los costos variables (CV) involucrados.

Una vez que se cuenta con esta información, se procede a la evaluación económica del experimento. Algunos de los criterios que podrían considerarse para tal efecto son: (1) capital ilimitado, (2) capital limitado, (3) tasa de retorno al capital, (4) capital ilimitado con la restricción de una tasa de retorno mínima, y (5) minimización de los costos para un nivel de producción determinado. Cada uno de ellos puede presentar ventajas y desventajas según las condiciones de producción presentes.

En este estudio se propone utilizar el procedimiento de la tasa de retorno marginal (TRM) desarrollado por Perrin *et al.* (1976), el cual consiste en estimar una tasa de retorno del incremento del ingreso neto en relación con el incremento del costo total de un tratamiento sobre otro con menor IN y CT o CV.

La secuencia que se sigue al usar este procedimiento es:

- Se calculan los IN para cada tratamiento. En este caso, puesto que los CF son constantes y su exclusión no afecta el análisis, puede trabajarse directamente con los CV.

- Se ordenan los tratamientos en forma decreciente con respecto a IN y se procede a realizar un análisis de dominancia. Este consiste en eliminar los tratamientos con menor IN y mayor CV que alguno superior.

- Con los tratamientos dominantes se calculan los incrementos marginales tanto de IN como de CV, es decir, los incrementos de IN y de CV de cada tratamiento con respecto al inmediato inferior.

- Se determina la tasa de retorno marginal de cada tratamiento con base en la siguiente relación: $TRM = IIN/ICV$, donde IIN e ICV son los incrementos de IN y CV, respectivamente.

- Se elige el tratamiento óptimo económico (TOE), que será aquel que ofrezca la mayor TRM, siempre y cuando ésta sea igual o mayor a un valor mínimo previamente establecido (tasa mínima de retorno).

Aplicación del Procedimiento para Evaluar un Experimento de Fertilización en Pasto Bermuda Cruza 1.

Para el presente trabajo se cuenta con la información generada en diez cortes del experimento de respuesta del pasto Bermuda Cruza 1 a los insumos nitrógeno y fósforo en Tomatlán, Jal.

Para la estimación de la MV disponible, de la capacidad de carga y el aumento de peso vivo por tratamiento, se consideraron las siguientes premisas:

- Consumo/animal/día: 35 kg de MV³⁾
- Estancia en la pradera: todo el día.

3) Estimación directa de un grupo de productores del Ejido Cruz de Loreto.

- Aumento de PV/día: 0.600 kg⁴⁾

- Duración de la engorda: 322 días.
- Costo de 1 kg de N en forma de urea (46% N) aplicado al suelo: \$138.

- Costo de 1 kg de P_2O_5 en forma de superfosfato de calcio triple (46% P_2O_5) aplicado al suelo: \$139.

En el Cuadro 1 se presentan los rendimientos de MV por corte y anual, la MV disponible, la capacidad de carga animal y el aumento de PV/día para cada tratamiento.

Siguiendo la metodología, en el Cuadro 2 se muestran los costos variables (CV) e ingresos total y neto estimados para cada tratamiento. Para el cálculo del ingreso total, se consideró a \$440/kg el precio de venta del ganado en pie vigente al mes de septiembre de 1986. En dicho cuadro puede observarse que los mayores IN fueron proporcionados por los siguientes tratamientos: 1000-120-0 (\$304,372/ha), 1400-120-0 (\$303,556/ha) y 600-60-0 (\$300,768/ha).

En el Cuadro 3 se presenta el análisis marginal de los tratamientos no dominados del experimento. Se observa que el tratamiento 600-60-0 proporcionó la mayor TRM (156.5%) y que el siguiente tratamiento dio una TRM muy baja (5.6%), inferior a la TRM mínima previamente establecida en 100%⁵⁾.

En la Figura 1 quedan representados los tratamientos de fertilización de acuerdo con el IN y los CV respectivos.

4) Datos de un experimento de fertilización y carga animal en Zacate Bermuda Cruza 1 en Tomatlán, Jal.

5) Considerando intereses del capital y riesgo de la inversión

Cuadro 1. Rendimientos promedio de materia verde (MV) por corte y anual, MV disponible, capacidad de carga y aumento de peso vivo estimado para cada tratamiento de fertilización en pasto Bermuda Cruza 1. INIFAP, CIAPAC, CAECJAL. 1986.

Tratamiento ¹⁾	Rend. comercial	comer- de MV	MV disponible	Capacidad de carga	Aumento de peso
	kg/ha/añual		kg/ha/añual	animales/ha	kg/ha/añual
1. 1000- 60-0	82,750		57,925	5.14	993.0
2. 1000-120-0	86,920		60,844	5.40	1,043.3
3. 1400- 60-0	94,300		66,010	5.86	1,132.2
4. 1400-120-0	97,290		68,103	6.04	1,166.9
5. 600- 60-0	74,340		52,010	4.61	890.7
6. 1800-120-0	101,000		70,700	6.27	1,211.4
7. 1000- 0-0	74,930		52,451	4.65	898.4
8. 1400-180-0	96,060		67,242	5.97	1,153.4
9. 0- 0-0	29,930		20,951	1.86	359.4

1) Dosis anual de N, P₂O₅ y K₂O en kg/ha, respectivamente.

Cuadro 2. Costos variables e ingresos total y neto estimados para cada tratamiento de fertilización en pasto Bermuda Cruza 1. INIFAP, CIAPAC, CAECJAL, 1986.

Tratamiento ¹⁾	Costo variable \$/ha	Ingreso \$/ha	
		Total	Neto
1. 1000- 60-0	146,340	436,920	290,580
2. 1000-120-0	154,680	459,052	304,372
3. 1400- 60-0	201,540	498,168	296,628
4. 1400-120-0	209,880	513,436	303,556
5. 600- 60-0	91,140	391,908	300,768
6. 1800-120-0	265,080	533,016	267,936
7. 1000- 0-0	138,000	395,296	257,296
8. 1400-180-0	218,220	507,496	289,276
9. 0- 0-0	0	158,136	158,136

1) Dosis anual de N, P₂O₅ y K₂O en kg/ha, respectivamente.

Cuadro 3. Análisis marginal de los tratamientos no dominados del experimento de fertilización en pasto Bermuda Cruza 1. INIFAP, CIAPAC CAECJAL. 1986.

Tratamiento	Costo variable	Ingreso neto	ICV ¹⁾	IIN ²⁾	TRM ³⁾
	\$/ha		(%)		
2. 1000-120-0	154,680	304,372	63,540	3,604	5.67
5. 600- 60-0	91,140	300,768	91,140	142,632	156.50
9. 0- 0-0	0	158,136	-	-	-

1) Incremento en costo variable.

2) Incremento en ingreso neto.

3) Tasa de retorno marginal = IIN/ICV x 100.

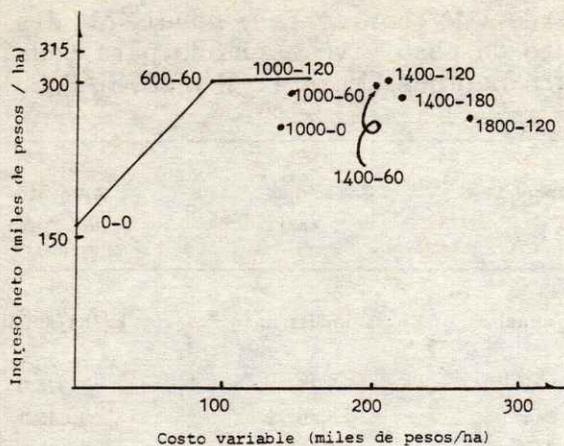


Figura 1. Curva de ingresos en función de los costos variables para el experimento de fertilización en pasto Bermuda Cruza 1. INIFAP, CIAPAC, CAECJAL. 1986.

CONCLUSIONES

De acuerdo a lo antes expuesto puede concluirse que:

1. La metodología propuesta permite estimar indirectamente la capacidad productiva de los forrajes; sin embargo, queda sujeta a posibles mejoras en lo concerniente a estimar con mayor precisión los factores de 0.8 para calcular el rendimiento comercial y de 0.7 de reducción del rendimiento por pisoteo, a través de una comparación con evaluaciones directas utilizando animales.

2. Entre las principales ventajas de la metodología propuesta están la sencillez, facilidad de manejo y el ahorro de recursos.

LITERATURA CITADA

PERRIN R.K. *et al.* 1976. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica: CIMMYT. México, D.F. 54 p.

VALDEZ D., L.E. y H. DIAZ S. 1982. Fertilización del pasto Bermuda Cruza 1 en praderas bajo riego. Evaluación económica en un lote usado para demostración. CAE Aux. Tomatlán (CAECJAL). Sin publicar. 6 p.

Metodología para la evaluación de materiales envolventes blandos usados en drenaje subterráneo.

A. ZERMEÑO G. y
J. F. PISSANI Z.

70

Los contenidos de materia orgánica de suelos en áreas bajo el sistema agrícola roza-tumba-quema: importancia del muestreo.

L. POOL N. y
E. HERNANDEZ X.

81

Metodología indirecta para la evaluación económica de experimentos de respuesta de los cultivos forrajeros a insumos de la producción.

L. E. VALDEZ D. y
H. DIAZ S.

93