



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

F.E.S. CUAUTITLAN

INGENIERIA AGRICOLA

CLASIFICACION DE SUELOS CON FINES AGRICOLAS DE RIEGO.

T E S I S

Que para obtener el Título de
INGENIERO AGRICOLA

p r e s e n t a

RAYMUNDO GOMEZ ORTA

ASESOR: M.C. RICARDO TORRES COSSIO

DICIEMBRE 1982



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

S I M B O L O G I A

(A ₁)	Salinidad
(A ₂)	Sodicidad
amp.	Amperes
cm	Centímetros
cm/seg	Centímetros por segundo
°C	Grados centígrados
(D ₁)	Drenaje superficial
(D ₂)	Profundidad del manto freático
(D ₃)	Profundidad del estrato impermeable
(E)	Erosión
ha	Hectárea
hr	Hora
(I)	Inundación
Ia	Índice de aridez
Ih	Índice de humedad
Im	Índice pluvial
m	Metros
mm	Milímetros
mmhos	Milimhos
msnm	Metros sobre el nivel del mar
(P ₁)	Pedregosidad en el perfil
(P ₂)	Pedregosidad en la superficie
(P ₃)	Afloramientos rocosos

S	Demasía de agua
(S ₁)	Textura
(S ₂)	Profundidad a los lechos de gravas o capas duras.
(S ₃)	Permeabilidad
(T ₁)	Pendiente
(T ₂)	Relieve

Indice de contenido.	pag.
Introducción.....	1
Capítulo 1 Antecedentes.....	1
Capítulo 2 Objetivos.....	4
Capítulo 3 Localización del área.....	6
3.1 Situación geográfica.....	6
3.2 Superficie estudiada y sus límites.....	7
3.3 Vías de comunicación.....	8
Capítulo 4 Aspectos fisiográficos.....	12
4.1 Geología superficial.....	12
4.2 Geomorfología local.....	14
4.3 Topografía local.....	15
4.4 Hidrología.....	16
4.4.1 Corrientes y depósitos superficiales....	16
4.4.2 Aguas subterráneas.....	17
4.5 Vegetación natural.....	17
4.6 Climatología.....	19
4.6.1 Generalidades.....	19
4.6.2 Datos meteorológicos.....	20
4.6.2.1 Temperatura.....	21
4.6.2.2 Precipitación.....	22
4.6.2.3 Evaporación.....	23
4.6.2.4 Vientos.....	24
4.6.2.5 Nortes.....	24

	pag.
4.6.3 Clasificación del clima.....	26
4.6.4 Análisis del clima.....	26
Capítulo 5 Metodología.....	38
5.1 Etapa I. Trabajos de gabinete, 1a. fase.	40
5.1.1 Recopilación de material cartográfico y bibliográfico.....	40
5.1.2 Selección y obtención de material fo- tográfico aéreo.....	40
5.1.3 Recopilación de datos climatológicos...	41
5.1.4 Fotointerpretación 1a. fase.....	42
5.2 Etapa II. Trabajos de campo.....	43
5.2.1 Reconocimiento del área y sus linderos.	43
5.2.2 Apertura de pozos agrológicos.....	43
5.2.3 Estudio y muestreo de los perfiles de los pozos.....	44
5.3 Etapa III. Trabajos de gabinete, segun- da fase.....	44
5.3.1 Realización de los análisis químicos y físicos y su interpretación.....	44
5.3.2 Fotointerpretación de segunda fase.....	45
5.3.3 Clasificación de los suelos con fiens de riego.....	45
5.4 Etapa IV. Discusión de los resultados...	45
5.5 Materiales.....	46

	pag.
5.6 Factores y parámetros para la clasificación de los suelos con fines de riego -- que usa la SARH.....	47
Referencias bibliográficas.....	64
Capítulo 6 Resultados.....	66
Capítulo 7 Discusión.....	70
7.1 Clase 1.....	71
7.1.1 Textura (S_1), Profundidad de los lechos rocosos (S_2) y permeabilidad (S_3).....	71
7.1.2 Salinidad (A_1).....	75
7.1.3 Sodicidad (A_2).....	78
7.1.4 Pedregosidad en el perfil (P_1) y en la superficie (P_2).....	79
7.1.5 Afloramientos rocosos (P_3).....	84
7.1.6 Erosión (E).....	87
7.1.7 Pendiente (T_1) y relieve (T_2).....	96
7.1.8 Drenaje superficial (D_1), profundidad del manto freático (D_2) y profundidad del estrato impermeable (D_3).....	106
7.1.9 Inundación (I).....	113
7.2 Clase 2.....	116
7.3 Clase 3.....	118
7.4 Clase 4.....	120
7.5 Clase 6.....	123

	pag.
Capítulo 8 Conclusiones.....	126
8.1 Modificaciones propuestas.....	129
8.1.1 Textura (S_1).....	129
8.1.2 Profundidad de los lechos rocosos (S_2)..	129
8.1.3 Permeabilidad (S_3).....	130
8.1.4 Salinidad (A_1).....	132
8.1.5 Sodicidad (A_2).....	132
8.1.6 Pedregosidad en el perfil (P_1).....	132
8.1.7 Pedregosidad en la superficie (P_2).....	133
8.1.8 Afloramientos rocosos (P_3).....	134
8.1.9 Erosión (E).....	138
8.1.10 Pendiente (T_1) y relieve (T_2).....	140
8.1.11 Drenaje superficial (D_1).....	146
8.1.12 Profundidad del manto freático (D_2)....	148
8.1.13 Profundidad del estrato impermeable --- (D_3).....	150
8.1.14 Inundación (I).....	150
Bibliografía.....	153
Anexo de planos.	

Indice de cuadros

pag.

4-1	Gastos máximos, mínimos, y volúmenes del Río San - Pedro, estación El Cardón.....	28
4-2	Datos de la estación climatológica El Cardón.....	29
4-3	Promedio de las temperaturas máximas, medias y mínimas en °C. Precipitación y evaporación en mm. de - la estación considerada en el estudio.....	30
4-4	Temperatura máxima, mínima, oscilación térmica, mes más seco y mes más húmedo.....	31
4-5	Clasificación del clima según el segundo sistema de el Dr. C.W. Thornthwaite.....	32
6-1	Superficie de las clases de suelos con fines de riego identificadas en una área de 5000 ha en las mar- genes del Río San Pedro, Hgo.....	69
7-1	Clases relativas de permeabilidad propuestas y su relación con las clases agrícolas del sistema de clasificación en discusión.....	76
7-2	Distancias aproximadas entre piedras y metros cú- bicos de piedra que se encuentran en una ha a 30 cm de profundidad con porcentajes de superficie - cubierta.....	85
7-3	Clasificación para erosión (1954) FAO-UNESCO.....	90

7-4	Proposición para las equivalencias de clases entre la clasificación para la erosión de la FAO-UNESCO y la del sistema que utiliza la SARH.....	91
7-5	Drenaje superficial. Equivalencias de clasificación.....	112
7-6	Clase 2. Factores de demérito y superficie afectada.....	116
7-7	Clase 3. Factores de demérito u superficie afectada.....	119
7-8	Clase 4. Factores de demérito y superficie afectada.....	122
7-9	Clase 6. Factores de demérito y superficie afectada.....	124
8-1	Clases relativas de permeabilidad propuestas y su relación con las clases agrícolas del sistema de clasificación en discusión.....	131
8-2	Distancias aproximadas entre piedras y metros cúbicos de piedra que se encuentran en una ha a 30 m de profundidad con porcentajes de superficie cubierta.	137
8-3	Proposición para las equivalencias de clases entre la clasificación para la erosión de la FAO-UNESCO, y la del sistema que utiliza la SARH.....	138
8-4	Clasificación FAO para erosión (1954).....	139

	pag.
8-5 Pendiente. Equivalencias de clasificación.....	145
8-6 Drenaje superficial. Equivalencias de clasifica- ción.....	149

Indice de figuras

pag.

3-1 Croquis de localización.....	11
4-1 Unidades geotectónicas.....	36
4-2 Geología regional.....	37

Indice de gráficas

4-1 Variación mensual de temperatura y precipitación de la estación meteorológica "El cardón", Ver.....	33
4-2 Variación mensual de la evaporación de la estación meteorológica de "El cardón", Ver.....	34
4-3 Evapotranspiración potencial calculada y precipita ción registrada en la estación "El cardón", Ver....	35

I N T R O D U C C I O N

La dinámica que se sigue en todos los procesos de la ciencia, conduce a la realización de un esfuerzo continuo por actualizar nuestros conocimientos para poder hacer uso de ellos de manera efectiva en beneficio de nuestra sociedad. De allí, que los elementos de que nos valemos para sistematizar el conocimiento también tengan que renovarse constantemente, al mismo ritmo que nos va marcando las necesidades del medio.

En nuestro país, las demandas cada vez mayores de alimentos obligan a adquirir y actualizar aquellas técnicas que nos ayuden a explotar racionalmente, sacando el mayor provecho sin menoscabo de la preservación, los recursos naturales con que contamos para nuestro beneficio. De esos recursos, indudablemente que el suelo y el agua resaltan por su importancia en la producción de alimentos, especialmente aquellos suelos que en determinadas épocas pueden contar con el suministro de agua que previamente haya sido almacenada. Estos suelos se mantienen en una situación privilegiada pues las zonas áridas y semiáridas de temporal, constituyen en México el grueso de las tierras cultivables, lo cual hace que en las áreas con riego descansa la responsabilidad de producir el mayor volumen de alimentos básicos en proporción relativa. Por ello, la utilización de un sistema de clasificación con fines de

riego que esté acorde con la realidad del agro mexicano y con los nuevos conocimientos que con ello se relacionen es necesario para poder partir de una base sólida hacia la optimización de nuestros recursos. (2)

En el presente trabajo de tesis se hace una revisión de la metodología para clasificar los suelos con fines de riego que utiliza la SARH con el propósito de contribuir al mejoramiento de las técnicas de uso y manejo de aquellos suelos que pueden explotarse bajo condiciones de riego.

CAPITULO 1. ANTECEDENTES.

C A P I T U L O 1
A N T E C E D E N T E S

En todas las actividades intelectuales que el ser humano desarrolla para conocer el universo y sus leyes, ha requerido - constantemente de sistematizar y clasificar toda la serie de descubrimientos y conocimientos que de la tierra y el cosmos_ adquiere, y que con el paso del tiempo va ampliando y profundizando llegando a elaborar una taxonomía para encuadrar en - ella a seres vivos, fenómenos sociales, procesos mentales, -- etc., y componentes de la tierra misma, como es el caso de la ciencia del suelo.

Una clasificación sistematizada en la cual se agrupen individuos bajo un esquema lógico a causa de sus características, -

haciendo un agrupamiento principiando por los grupos más grandes y descendiendo después a los grupos más pequeños, es necesaria para estudiar provechosamente a los individuos como tales y en su conjunto. En el caso de las plantas y los animales, las características diferenciales de los individuos se usan como base para agruparlos. (9)

En el caso de los suelos, las características del perfil así como sus condiciones extrínsecas se usan para su clasificación taxonómica.

En taxonomía de suelos, los criterios para su elaboración no se encuentran unificados debido a la existencia de diversos parámetros y sistemas de clasificación que agrupan a los suelos bajo diferentes clases de acuerdo con el propósito con el que están hechos, lo que no permite la elaboración de un sistema único para su uso mundial, excepción hecha del sistema propuesto por la FAO-UNESCO, para usarse en la elaboración del mapa mundial de suelos tomando las características y los términos más comunes de otros sistemas de clasificación, tales como la clasificación de la escuela rusa que inicia Vladimir Dokuchaev, la de Thorp y Smith, y la de la 7a. aproximación (hasta 1966). (9)

De igual importancia, y aunque no se basen en la definición de taxones, existen otras clasificaciones de suelos con crite

rios edafológicos que tienen como fin agrupar a los suelos -- por afinidad de alguna característica en especial que interesa en determinado momento, dejando a un lado su pertenencia a otro tipo de clasificación taxonómica. Este tipo de agrupamientos se refieren, por ejemplo, a suelos con diversos grados de erosión, con uso actual y uso potencial parecido, capacidad agrológica afín, y en particular, suelos con diferente capacidad para ser explotados bajo condiciones de riego.

La importancia de este tipo de clasificaciones radica fundamentalmente en el método que se emplea, por lo que en la clasificación con fines de riego es muy importante analizar la relación de los factores de demérito que se manejan con los parámetros que definen las clases de suelo.

CAPITULO 2. OBJETIVOS.

C A P I T U L O 2

O B J E T I V O S

Los objetivos que se persiguen en la realización del presente trabajo de tesis son:

- Aplicar la metodología de la SARH en la clasificación de los suelos con fines de riego en un área seleccionada para el efecto.

- Discutir los resultados obtenidos al verificarlos en el campo, analizando cada uno de los factores de demérito utilizados, así como los parámetros de cada uno de los factores.

- **Generar las recomendaciones convenientes en cuanto a la aplicación de los factores de demérito y de los parámetros_ de cada uno de estos; así como las modificaciones que se - consideren pertinentes.**

CAPITULO

3.

LOCALIZACION DEL AREA.

CAPITULO 3
LOCALIZACION DEL AREA

3.1 Situación geográfica.

El área de estudio que comprende este trabajo, se ubica en --
ámbas márgenes del Río San Pedro, el cual se encuentra locali-
zado en la parte Norte del Estado de Hidalgo.

La cuenca del Río San Pedro corresponde a la vertiente del --
Golfo de México; siendo el San Pedro afluente de la margen iz-
quierda del Río Tempoal.

Los terrenos susceptibles de irrigarse se ubican aproximada--

mente de la cota 100 msnm a la cota 50 msnm, en ambas márgenes del Río y cubren exclusivamente extensiones del Estado de Hidalgo.

Las coordenadas geográficas entre las que se encuentra la zona de estudio son: latitud $21^{\circ} 17'$ y longitud $98^{\circ} 28'$ a $98^{\circ} 34.5'$ W G.

Véase croquis de localización. (Fig. 3-1).

3.2 Superficie estudiada y sus límites.

El área que comprende el presente estudio abarca una superficie de 5032 Has., las cuales tienen como colindancia los siguientes límites.

- Al Norte, el Estado de San Luis Potosí, cuyo límite lo constituye el propio Río San Pedro por un lado, y por el otro el arroyo San Martín, que es afluente izquierdo del Río San Pedro y que baja de los límites que circundan al poblado denominado "Paso del Aguacate".
- Al Poniente, el límite lo constituye la línea que bordea el pie de los lomeríos de la margen izquierda del Río San Pedro y que se proyecta en dirección aproximada Norte-Sur,

que va de los poblados Paso del Aguacate hasta Santo Domingo.

- Hacia el Sur, por la margen derecha del Río, el límite lo constituye otra línea que va al pie de los lomeríos y que se desarrolla en dirección aproximada Suroeste a Noreste; de los poblados de Santo Domingo al Cerro.
- Por el Oriente, el límite lo constituye el arroyo Tamachoco que es afluente del Río San Pedro por su margen derecha, y que también representa el límite con el Estado de Veracruz.

3.3 Vías de comunicación.

En general, se puede decir que el sistema de comunicaciones dentro de la zona de estudio, es deficiente y que carece de una infraestructura adecuada para las necesidades de la región. La red ferroviaria no toca ningún punto cercano; la pista aérea más próxima se encuentra en la población de Platón Sánchez, Veracruz; y esta es de corto alcance.

En cuanto a caminos de acceso, por la margen derecha del Río San Pedro, se localizan dos de terracería. Uno, el que se encuentra en mejores condiciones, parte de Platón Sánchez y lle

ga al Ejido de Las Piedras, Hidalgo; este camino es transitable en todo tiempo, a excepción de los días con lluvias torrenciales, en los que el nivel del agua se eleva sobre los vados y cruces de arroyo que tiene dicho camino.

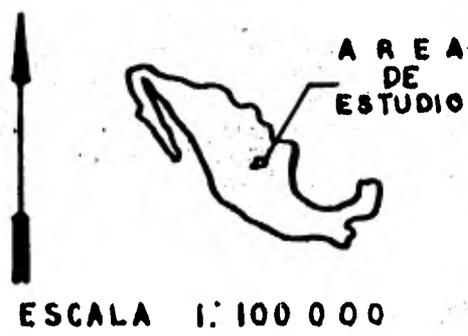
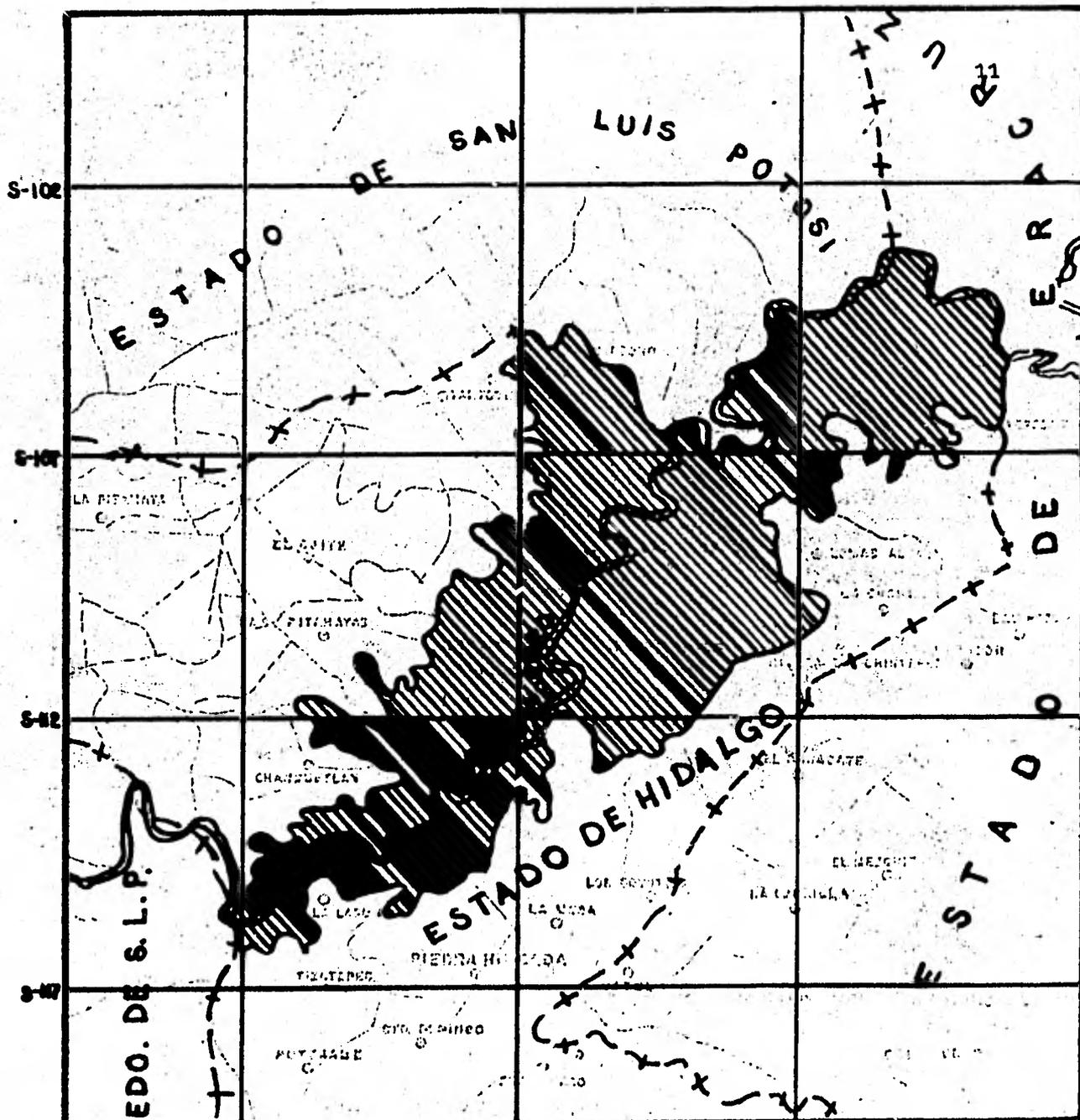
El otro camino de acceso hacia la derecha de la margen del Río San Pedro, parte del poblado de Santa Cruz, Hidalgo, y se localiza en las inmediaciones del camino que comunica a Huejutla, Hgo., con San Felipe Orizatlán, Hgo. Este camino también es de terracería y solo es transitable en época de secas. Se localiza principalmente al pie de Monte de los Cerros; que por la margen derecha constituye el límite del área factible de riego.

El camino que comunica a la rancharía de Chintepec y el Ejido de las Piedras, recientemente ha sido rehabilitado con una nueva carpeta de grava.

Por la margen izquierda, únicamente se cuenta con un camino a la Rancharía de Chacuala con la población de Nexpa. Desde este poblado, el camino de terracería continúa a la población de San Martín Chalchicuautla, que corresponde al Estado de San Luis Potosí.

Por otra parte, no existe dentro del área de estudio ningún puente que permita el cruce del Río San Pedro.

De conformidad con lo anterior, se puede observar que en la actualidad, el área de estudio es muy deficiente en cuanto a vías de comunicación; y aún la principal vía de acceso, Las Piedras-Platón Sánchez, no es adecuada.



 Area de estudio
CROQUIS DE LOCALIZACION

Fig 3-1

CAPITULO 4. ASPECTOS FISIOGRAFICOS

C A P I T U L O 4
A S P E C T O S F I S I O G R A F I C O S

4.1 Geología superficial.

Geológicamente, el área de estudio se localiza en la cuenca - Tampico-Misantla, la cual corresponde a la Era del Cenozoico, al sistema Terciario, a la serie del Eoceno y Paleoceno, a - los Pisos Presiano Sparnaciano y Landeriano Mantiano; y de la cuenca sedimentaria de Tampico-Misantla, a las formaciones - Chicontepec superior, medio e inferior. Véase cuadro N^o 4-1_ de "Unidades geotectónicas" y el cuadro N^o 4-2 de "Geología - regional". (5)

Dicha cuenca sedimentaria se encuentra en la porción oriental de la República Mexicana, ocupando gran parte de la llanura costera del Golfo de México. Sus límites son: Al Norte, el Río Guayalejo y el extremo Sur de la sierra de Tamaulipas; al Sur el Macizo de Teziutlán; al Este el Golfo de México, y al Oeste la Sierra Madre Occidental. (3)

Los materiales geológicos superficiales que fundamentalmente tienen influencia en la formación de los suelos, están constituidos por areniscas, margas y lutitas. Estos materiales, debido a su agregación y su relativa facilidad para ser penetrados por el agua, así como por incidir en ellos con relativa facilidad los agentes formadores del suelo, dan lugar a que se produzcan alteraciones mas o menos rápidas, de las cuales los sedimentos resultantes son arrastrados por efecto de la erosión hídrica hacia otros lugares en los que, una vez depositados y acumulados, continúan su proceso de intemperización y formación de suelos. (5)

Las areniscas tienen elevados contenidos de cuarzo, y las margas y lutitas, de carbonatos, por lo que los suelos resultantes presentan contenidos importantes de tales componentes.

Posteriormente, la intemperización de estos materiales da lugar a la formación de arcillas de tipo expandible, o sea, del grupo de las montmorillonitas.

4.2 Geomorfología local.

Geomorfológicamente, el área de estudio comprende formas de -segundo orden las cuales están constituidas por montañas complejas cuya orografía es el resultado de la combinación de -- pliegues y fallas. Dentro del marco de estas formas de segundo orden, se localizan formas de tercer orden, en fases que -representan tres etapas de desarrollo: erosional, residual y deposicional; siendo la tercera de estas la que propiamente -comprende los suelos que topográficamente son irrigables. (5)

En el área circundante a la superficie de las pequeñas planicies, debido al carácter sedimentario de los materiales geológicos de los cuales están constituidas las rocas subyacentes, y el carácter climático que prevalece, que es predominantemente lluvioso, las formas fisiográficas existentes corresponden a montañas con laderas pronunciadas y escarpes, característicos de las zonas con materiales poco resistentes.

En la superficie estudiada, las geoformas corresponden a pe--queñas planicies con lomeríos muy suaves, los cuales a su vez están circundados por las laderas de los cerros y montañas -- que rodean la zona de estudio. Esta disposición geomorfológica ha influido en la formación de los suelos de manera preponderante ya que las áreas planas con pendiente leve presentan, generalmente suelos in situ, en tanto que aquellos que son --

producto del acarreo y depósito de la corriente son aluvia---
les.

4.3 Topografía local.

En el área de estudio, los suelos presentan tres condiciones_ topográficas de forma predominante, siendo éstas las siguientes: zonas con topografía cuya forma es irregular, es decir, que no presentan una disposición uniforme en alguna dirección, donde el relieve contiene altibajos de varios metros en ondulaciones medianamente pronunciadas y en donde como consecuencia no existe una pendiente uniforme y hay un microrelieve -- pronunciado. Estas son las áreas en que la topografía es más desfavorable para la utilización agrícola de los suelos.

Las siguientes zonas con una topografía distintiva corresponden a las áreas que se localizan en el contorno de los límites del área de estudio hacia las partes elevadas. Aquí se presenta generalmente una topografía con forma plano-cóncava con pendiente suave y poco microrelieve.

La tercera condición topográfica se presenta en las áreas en que se localizan pequeñas planicies de pendientes muy leves y en ocasiones con someras depresiones y con microrelieve poco_ acentuado. Esta última condición topográfica es la mas favo-

rable, exceptuando las áreas en depresión.

4.4 Hidrología.

4.4.1 Corrientes y depósitos superficiales.

La corriente principal y propiamente la única para aprovechamiento de sus aguas con fines de riego, está constituida por el Río San Pedro, el cual es afluente del Río Tempoal. Dicho río nace en la Sierra Madre Occidental con el nombre de arroyo Tultitlán a una elevación de 1550 msnm, inicialmente su rumbo es hacia el norte y luego en su descenso hacia la planicie del Golfo de México, pasa por la población de Orizatlán, Hgo. A partir de este sitio toma dirección noreste y recibe el nombre de San Pedro, hasta su desembocadura al Río Tempoal por la margen izquierda de este último. Hasta el punto en que se localiza la estación hidrométrica el Cardón, el Río San Pedro drena una cuenca de 609 Km². (8)

En el área del presente estudio, el Río San Pedro tiene como afluente también en el límite de los Estados de Hidalgo y San Luis Potosí; en la margen derecha, desembocan, al San Pedro, el arroyo Amaxcac y el arroyo Tamachoco, coinciden con el límite de los Estados de Hidalgo y Veracruz.

En el cuadro 4-1 se puede observar que el gasto medio varía de $4.615 \text{ m}^3/\text{seg.}$ del año de 1964, a $21.485 \text{ m}^3/\text{seg.}$ del año 1976. (8)

4.4.2 Aguas subterráneas.

En la superficie que comprende el área de estudio, la profundidad de los mantos acuíferos observada en diversas norias a cielo abierto tuvo una variación de 3 a 15 m.

En las zonas de planicie donde la elevación relativa es menor, la profundidad de las aguas freáticas es pequeña, encontrándose se agua a menor profundidad en comparación con aquellas zonas donde la elevación relativa es mayor, y la profundidad del -- manto freático de acuerdo a las observaciones realizadas, fue hasta de 15 m., como en el caso de algunas norias localizadas en las cercanías del rancho El papayal, el cual se encuentra en la margen izquierda del Río San Pedro.

4.5 Vegetación natural.

En el área de estudio adyacente al Río San Pedro, Hgo., gran parte de su extensión se encuentra desprovista de la vegetación natural pues esta ha sido eliminada para ser reemplazada por vegetación cultivada. En su mayor parte la vegetación na

tural que cubría esta región estuvo constituida por una selva mediana perennifolia y sub-perennifolia, así como selva baja caducifolia y vegetación riparia.

Entre las especies de más valor de la selva perennifolia se tiene el cedro rojo (Cedrela mexicana), de la cual en la actualidad solo se observan unos cuantos ejemplares. La especie de la cual aún existen numerosos ejemplares, que se han dejado como sombreadores para el ganado es el orejón (Enterolobium cyclocarpum); asimismo hay algunos ejemplares de ceiba (Ceiba parviflora Rose). En las áreas cercanas al Río y en aquellas donde la presencia del agua es común se tienen al sauce (Salix spp) y otate (bambú) (Bambusa Vulgaris S.) (6)

Es muy común aún en la actualidad y también se utiliza para sombra del ganado el chijol (Ichthy methia Comunis) y el chote (Farmentiera edulis). Casi se ha extinguido el hule (Castilloa elástica) y la palma real (Rayistonea sp) así como el palo de rosa (roble) (Quercus sp). Las especies de porte mediano que aún se conservan, pero que en el área de estudio se tienen pocos ejemplares, son quiebra platos -- (Solanun torum Sw), jovo (Spondias lutea), y espino blanco (Accacia sphaerocephal). (6)

De la vegetación natural de porte bajo que es más frecuente -

se tiene al cornezuelo (Accasia cornigera), malva (Malvas-trum scaparium), huizache (Accasia farmaciana). Existen algunas especies que son muy comunes en aquellas zonas en que con mayor medida la vegetación natural se ha conservado como lo es el palo solo ó cocuite (Echtnqomethia comuhis), la guásima (Guasuma ulmifolia laur) y el mulato (Bursela si-marula). (6)

Finalmente, aquellas que ya poco se observan son el zapote -- chico (Acras zapota), guayacán (Switia panamensis), el -- guapaque. (Dialium guanesis), caoba (Switenia macrophylla), peinecillo o sombrerete (Terminalia amazónica), palo de cue-ro (Chaetoptelea mexicana), guapaque (Dialium quianeses) y ojoche (Brosium alicastrum). (6)

4.6 Climatología

4.6.1 Generalidades

Para el desarrollo de este capítulo se consideraron los datos de la estación climatológica El Cardón, de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, por ser la más cercana a la zona de estudio y por disponer de un amplio período de observación, el cual abarca 19 años, comprendidos de 1961 a 1979.

Dicha estación climatológica está situada dentro del Estado - de Veracruz, a los 21° 24' de latitud y a los 98° 29' de longitud W.G., a una altitud de 45 msnm.

En el cuadro N° 4-2 se exponen las características geográficas y el período de observación.

4.6.2 Datos meteorológicos.

Para el análisis de la temperatura, precipitación y evaporación, se obtuvieron los siguientes datos:

Precipitación media anual _____ 1,258 mm.

Precipitación del año más
seco _____ 913.6 mm. (1971)

Precipitación del año más
húmedo _____ 1,663.5. (1975)

Temperatura media anual _____ 24°C

Temperatura máxima extrema
anual. _____ 48.5°C.

Temperatura mínima extrema anual. _____

0°C

Evaporación media anual. _____ 1,310.9 mm.

Días con helada. _____ 19 en 19 años.

Para la determinación de vientos, se obtuvieron los datos de dirección e intensidad diarios.

4.6.2.1 Temperatura.

La temperatura media anual en la estación El Cardón es de -- 24°C, tiene una variación de 10.9°C., ya que la media más alta es 28.3°C, (junio) y la más baja es de 17.4°C, (enero).

La temperatura máxima extrema es de 48.5°C. y se presentó en abril de 1971; la máxima extrema es de 0°C. y ocurrió en enero de 1973/ En los cuadros 4-2 y 4-3 así como en la gráfica 4-1 se exponen los datos relacionados a este factor -- climático.

De lo anterior se establece que la temperatura en el área de

estudio es favorable para el desarrollo de todos aquellos cultivos adaptados climáticamente a la zona. Dado que las temperaturas en general son altas con poca oscilación térmica, se favorece el desarrollo de los cultivos en todo tiempo, siempre y cuando sean satisfactorios los demás factores climáticos, sobre todo la disponibilidad de agua.

4.6.2.2 Precipitación.

La precipitación media anual es de 1,258 mm.

El período lluvioso está comprendido en los meses de Junio a Octubre, ya que en dicho lapso se registra una lámina de --- 901.7 mm. que representa el 71.7 por ciento. El 28.3 por -- ciento se registra en los meses restantes.

Aunque los niveles totales de precipitación en el área de estudio son elevados, la realidad es que su distribución en el año es irregular, puesto que en tres o cuatro meses se alcanzan los volúmenes mayores, lo que trae como consecuencia que en los meses mas secos se presenten problemas de disponibilidad de agua para los cultivos.

4.6.2.3 Evaporación.

El nivel de evaporación anual en la estación El Cardón es de 1,310.9 mm. Se observa que los meses de abril y mayo presentan un registro alto de evaporación que coincide con la época más crítica de estiaje. Ver gráfica 4-3.

Al relacionar la evaporación a la agricultura de riego, es -- conveniente señalar que la mayor importancia de dicho proceso debe afocarse a los meses secos, que es cuando la evaporación aumenta, lo cual conlleva a aumentar las pérdidas del agua de riego. En la gráfica Nº 4-2 se exponen los valores máximos de evaporación en un mes, observándose que es principalmente_ en el mes de mayo, donde se acusan dichos valores.

En la tabla de cálculo del clima encontramos en los meses de abril y mayo que hay deficiencia de agua. Ver cuadro 4-5.

Por el contrario, en los meses de mayor lluvia, también son - altos los niveles de evaporación pero a diferencia de la época seca, existe la dotación de agua necesaria para no afectar las funciones vitales de la planta. (4)

4.6.2.4 Vientos.

Los vientos en la planicie costera del Golfo de México son -- originados en el núcleo de alta presión de las Bermudas Azorres; cuando este se traslada a 30° - 40° de latitud Norte e -- incidente en el Golfo con una dirección Este-Suroeste.

Son los llamados vientos Alisios, que al entrar en tierra toman direcciones dominantes Norte- Noroeste.

La incidencia de estos vientos produce grandes precipitaciones y oscilaciones térmicas, manifestándose durante el verano.

Estos vientos pueden ser perjudiciales para algunos cultivos anuales del ciclo primavera-verano.

En la zona de estudio, según los datos obtenidos de la estación climatológica El Cardón, la dirección dominante de los vientos es Norte en los meses de noviembre a marzo y Sur en los meses de mayo, junio y agosto. La velocidad de estos vientos varía de 0.5 a 4 m/seg.

4.6.2.5 Nortes.

En la zona de estudio, este fenómeno meteorológico tiene gran

influencia en cultivos anuales de invierno.

Los nortes son perturbaciones atmosféricas que se presentan - en la vertiente del Golfo de México. Son producidos por el - desplazamiento de masas de aire hacia el Sur, que vienen de - los territorios de Estados Unidos y Canadá.

Estas grandes masas de aire frío producen vientos que, cargados con la humedad recogida en el Golfo inciden sobre la planicie costera y provocan gran nubosidad, y al descender la - temperatura se generan precipitaciones de amplio volúmen.

Los nortes se presentan en los meses mas fríos, entre octubre y enero.

Los mayores daños se observan en cultivos como maíz y frijol_ donde provoca daños físicos, que van desde el desgarre de la lámina foliar hasta el acame, y en frutales puede producir el desprendimiento de la flor o el fruto tierno.

En la elección de nuevos cultivos para la zona de los terrenos beneficiados con riego, deberá tenerse especial cuidado, - en la utilización de variedades resistentes al acame en el caso de gramíneas.

4.6.3 Clasificación del clima.

El clima de la zona de estudio se clasificó con base en el Segundo Sistema de Thornthwaite, método usado comunmente para los proyectos de riego. Se apoya fundamentalmente en los factores climáticos de precipitación y evaporación. (4)

C₂rA'a', subhúmedo lluvioso, con pequeña o nula deficiencia de agua.

Megatérmico (cálido), con un régimen de eficiencia térmica normal del clima. (4)

4.6.4 Análisis del clima.

El análisis del clima en relación a la agricultura, de la zona estudiada nos lleva a las siguientes conclusiones.

La temperatura en el área de estudio es favorable para el desarrollo de todos aquellos cultivos adaptados ecológicamente a la zona, dado que las temperaturas en general son moderadamente altas, con poca oscilación y se registran muy pocas heladas (19 en 19 años).

El volúmen de precipitación durante el año es aparentemente e

levado, pero aún para la agricultura de temporal es insuficiente, ya que su distribución en el año es muy irregular.

En los meses invernales se presentan los nortes que son vientos producidos por masas de aire frío que recoge humedad del Golfo de México y al incidir sobre la planicie costera provocan gran nubosidad, descenso de temperatura y posteriormente precipitaciones de consideración.

La influencia de estos meteoros en la agricultura es perjudicial para algunos cultivos anuales de invierno y para especies frutales que se encuentren en períodos de floración o de fruto tierno.

Ver gráficas 4-1, 4-2 y 4-3.

Variación mensual de la evaporación de la estación meteorológica de "El Cardón, Ver."

Variación mensual de temperatura y precipitación de la estación meteorológica "El Cardón, Ver."

Evapotranspiración potencial calculada y precipitación registrada en la estación "El Cardón, Ver."

GASTOS MAXIMOS, MINIMOS, MEDIOS Y VOLUMENES DEL RIO SAN PEDRO,
ESTACION EL CARDON.

AÑO	MAXIMOS	MINIMOS	\bar{X}	VOLUMENES MILES DE M ³
1961	303.50	0.380	12.265	376.787
1962	262.000	0.750	8.626	272.019
1963	421.000	0.166	6.250	197.102
1964	188.600	0.550	4.615	145.934
1965	338.000	0.524	7.762	244.780
1966	287.000	1.134	7.459	235.217
1967	854.000	0.288	17.390	548.409
1968	476.000	1.200	16.178	511.579
1969	555.840	0.650	15.482	488.246
1970	550.000	0.505	13.077	412.411
1971	720.400	0.300	10.657	336.092
1972	320.000	0.780	11.822	373.829
1973	392.000	0.313	16.581	522.902
1974	1198.267	0.889	20.374	642.511
1975	1123.320	0.312	18.632	587.582
1976	414.000	0.700	21.485	577.578
1977	177.000	0.210	4.204	132.584
1978	1127.400	0.450	16.143	509.079
1979	666.960	1.163	9.013	284.233
\bar{X}	549.236	0.593	12.527	289.886

• Sólo se tienen datos hasta el año de 1979.

CUADRO N^o 4-2

DATOS DE LA ESTACION CLIMATOLOGICA EL CARDON.

Estación	Dependencia	Latitud N	Longitud WG	Altitud msnm.	Período de Observación.
El Cardón, Ver.	SARH	21°24''	98°29''	45	1961-1979

CUADRO Nº 4-3

PROMEDIO DE LAS TEMPERATURAS MAXIMAS, MEDIAS Y MINIMAS EN °C. PRECIPITACION Y EVAPORACION EN mm. DE LA ESTACION CONSIDERADA EN EL ESTUDIO.

ESTACION													
EL CAR--	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
DON.													
TEMPERATURA.													
Máxima.	30.5	33.8	37.8	40.9	39.8	38.9	36.2	36.0	35.6	33.7	32.5	30.6	35.5
Media.	17.4	18.8	22.6	26.6	28.2	28.3	27.4	27.5	26.7	24.2	21.1	18.8	24.0
Mínima.	3.86	6.0	8.8	13.5	16.5	19.3	19.8	17.6	17.0	13.0	8.5	6.3	12.5
Precipitación.	35.5	29.6	31.5	29.1	84.9	213.3	167.4	162.3	234.7	124.2	68.3	47.2	1258.0
Evaporación.	54.8	70.6	111.0	144.3	156.8	149.0	138.8	140.7	119.2	95.5	67.7	54.5	1304.9

CUADRO Nº 4-4

TEMPERATURA MAXIMA, MINIMA, OSCILACION TERMICA, MES MAS SECO Y MES HUMEDO.

ESTACION: EL CARDON, VER.

LATITUD: 21 °24

LONGITUD: 98 °29

ALTURA: 45 mm.

TEMPERATURA MAXIMA	TEMPERATURA MINIMA	OSCILACION TERMICA	MES CON MAYOR HUMEDAD	MES MAS SECO
°C	°C	°C	mm.	mm.
48.5	0.0	10.8	SEPTIEMBRE 234.7	FEBRERO 29.6

CUADRO 4-5 CLASIFICACION DEL CLIMA SEGUN EL SEGUNDO SISTEMA DEL DR. C.W. THORNTHAWAITE.
 ESTACION EL CARDON LATITUD 21° 24", LONGITUD 98° 29", ALTURA 45 msnm, PERIODO 1961 - 1979.

MES	TEMPERATURA EN °C	I	E.P. INCORRECTA	FACTOR DE CORRECCION	E.P. CORREGIDA	LLUVIA EN CM.	MHS	HA	EPR	d	n	E	RP	DEFINICION DEL CLIMA.
ENE	17.4	6.61	3.7	.95	3.51	3.55	.0	10.00	3.51	0	0	0.6	0.0	CLIMA C ₂ A'a'
FEB	18.8	17.43	4.8	.90	4.32	2.96	-1.36	8.64	4.32	0	0	0.3	-0.3	Subhúmedo. lluvioso,
MAR	22.6	9.82	8.1	1.03	8.34	3.15	-5.19	3.45	8.34	0	0	0.1	-0.6	con poca o nula
ABR	26.6	12.55	13.59	1.05	14.26	2.91	-3.45	0	9.36	4.9	0	0.1	-0.6	deficiencia de
MAY	28.2	13.72	14.94	1.13	16.88	8.49	0	0	8.49	8.4	0	0	-0.5	agua negatér- mico
JUN	28.3	13.80	15.03	1.11	16.68	21.33	4.65	4.65	16.68	0	0	0	0.3	(cálido) con un déficit de eficiencia
JUL	27.4	13.14	14.24	1.14	16.23	16.74	0.51	5.16	16.23	0	0	0	0.0	técnica normal del clima.
AGO	27.5	13.21	14.38	1.11	15.96	16.23	0.27	5.43	15.96	0	0	0	0.0	
SEP	26.7	12.63	13.62	1.02	13.89	23.47	4.57	10.00	13.89	0	5.0	4.8	0.7	
OCT	24.2	10.89	10.0	1.00	10.0	12.42	0	10.00	10.00	0	2.4	3.6	0.2	
NOV	21.1	8.85	6.8	.93	6.32	6.83	0	10.00	6.32	0	0.5	2.1	0.1	
DIC	18.5	7.43	4.8	.94	4.51	4.72	0	10.00	4.51	0	0.2	1.2	0.0	
ANUAL	24.0	130.09			130.09	125.8			13.3			8.1		

EXPLICACIONES:

I: Índice mensual de eficiencia de temperatura

I: Índice anual de calor

E.P: Evapotranspiración potencial

MHS: Movimiento de humedad en el suelo

HA: Humedad almacenada en el suelo.

EPR: Evapotranspiración real.

d: Deficiencia de agua.

$$Ih = \frac{100 \times 8.1}{130.09} = 6.2\%$$

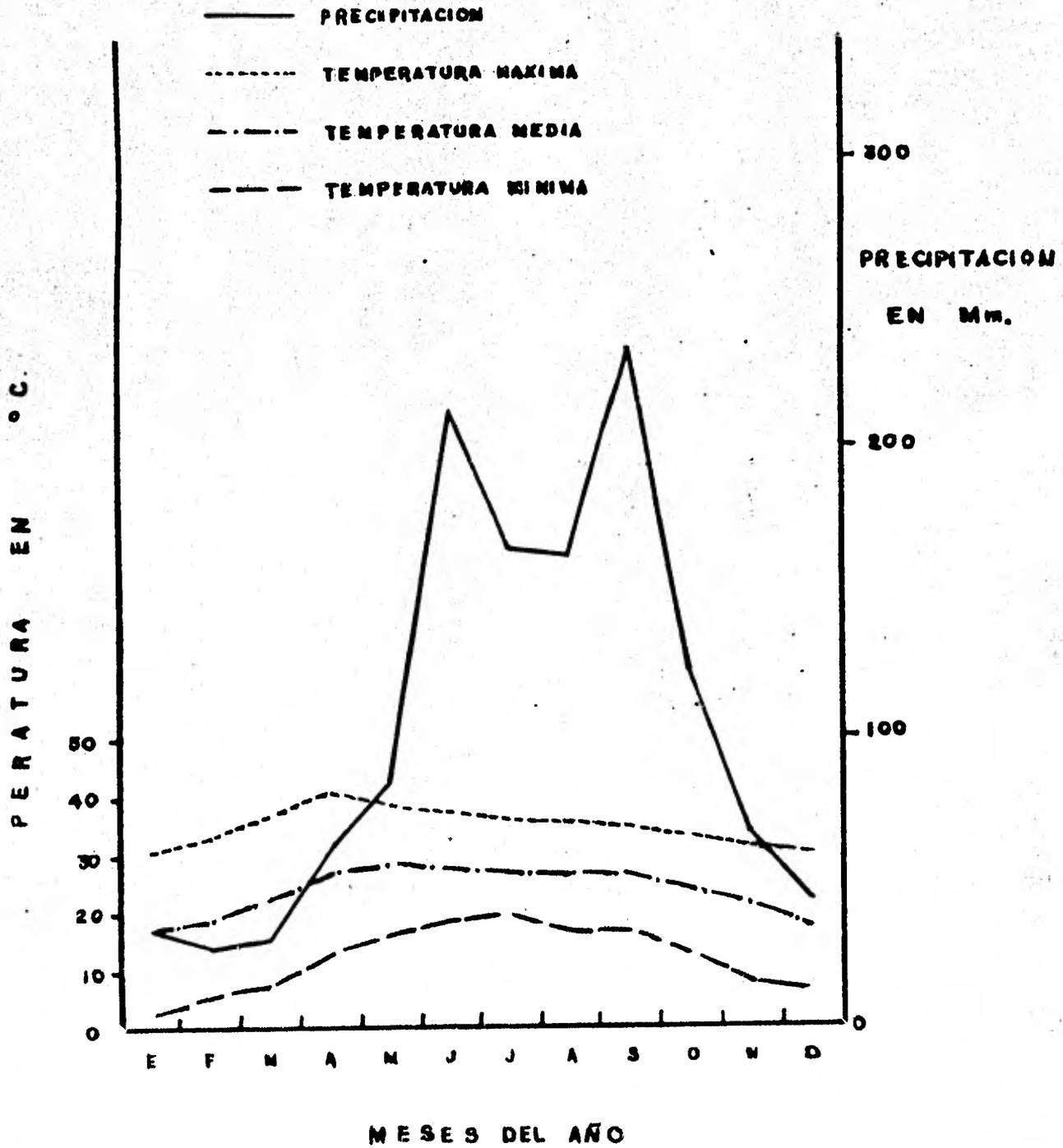
$$Ia = \frac{100 \times 13.3}{130.09} = 10.2\%$$

$$Im = 6.2 - 6 (10.00) + 0.11$$

$$S = 100 \times 46.8 = 35.4$$

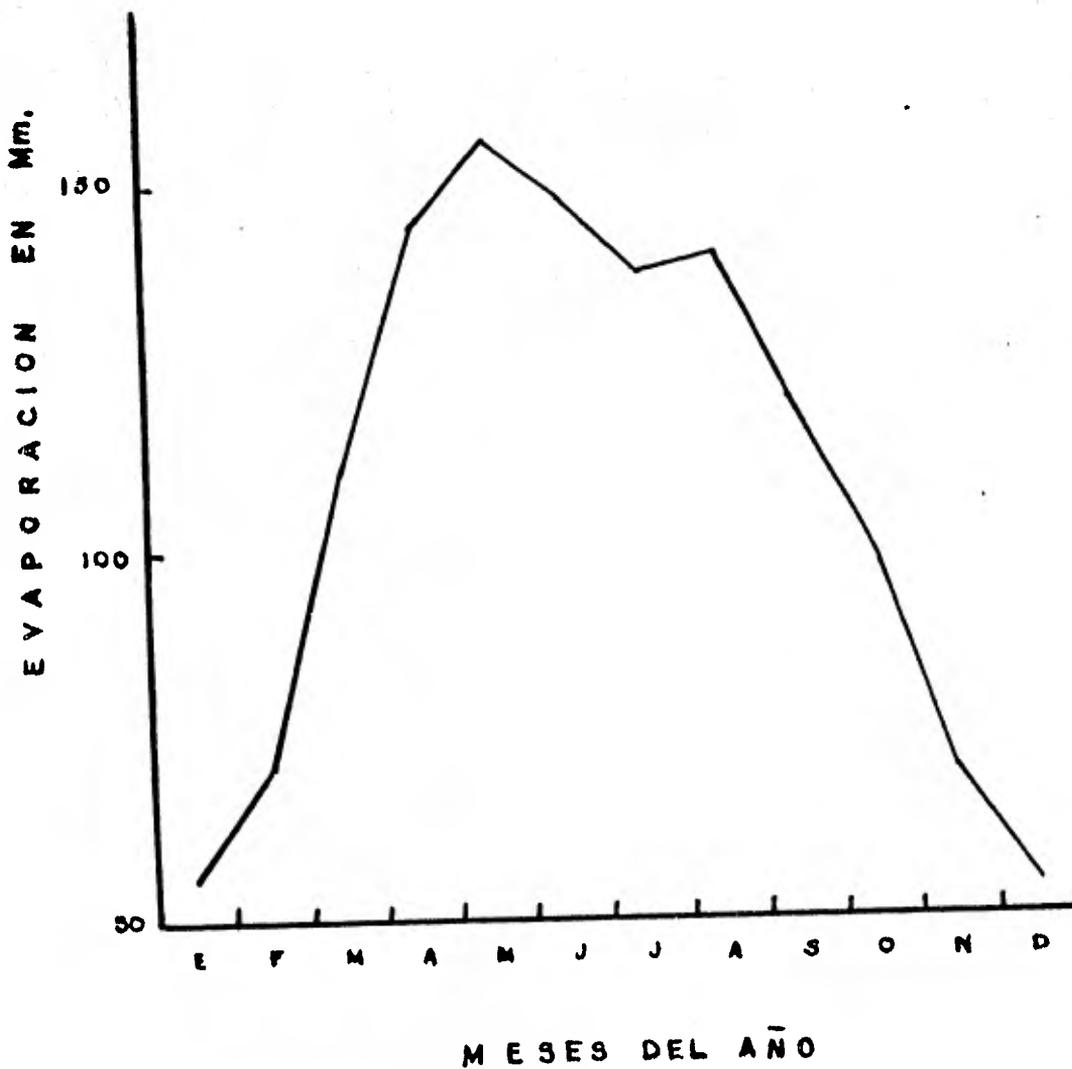
GRAFICA 4-1
 VARIACION MENSUAL DE TEMPERATURA Y PRECIPITACION
 DE LA ESTACION METEOROLOGICA "EL CARDON, VER."

PERIODO DE OBSERVACION 1961-1979

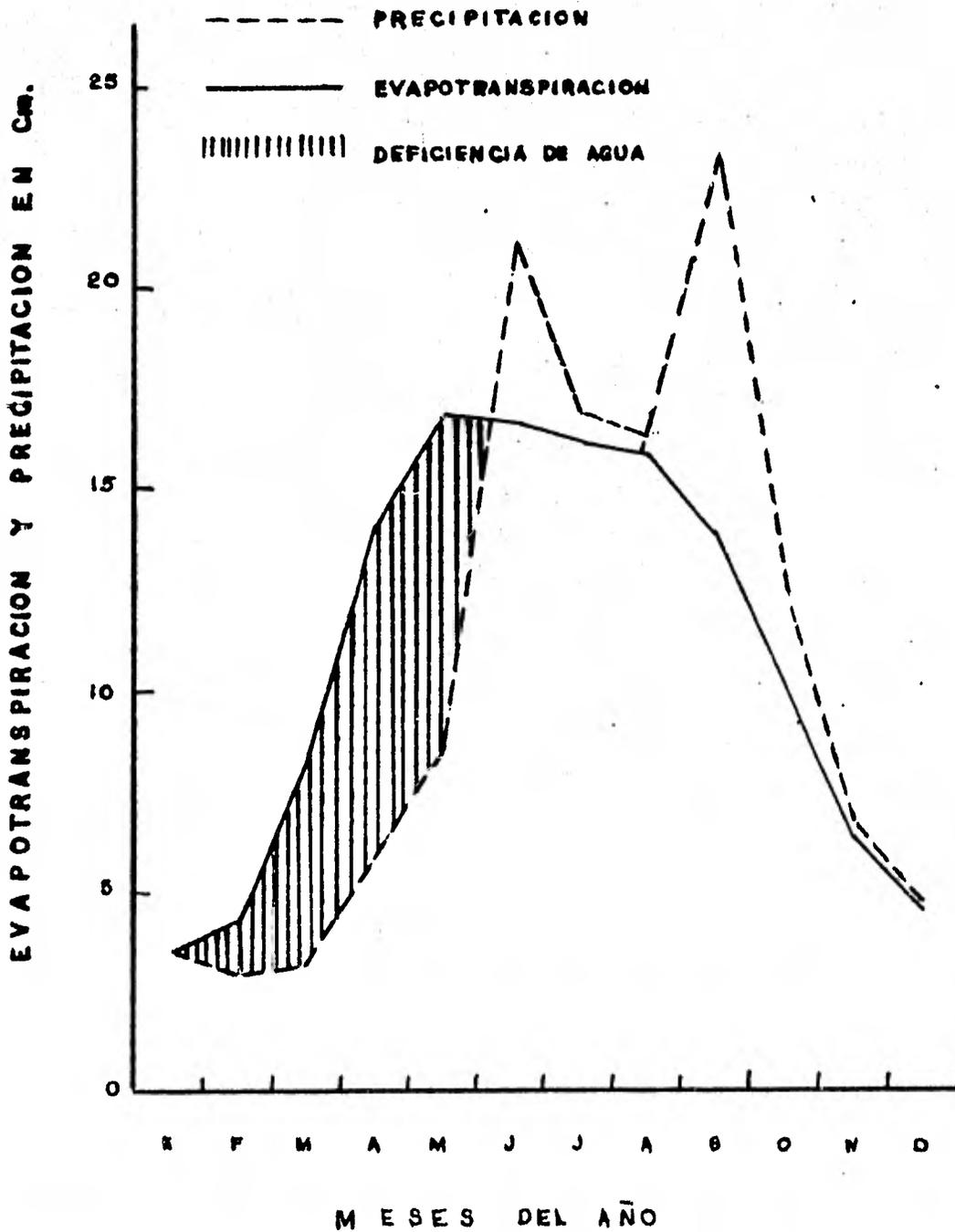


GRAFICA 4-2
VARIACION MENSUAL DE LA EVAPORACION DE
LA ESTACION METEOROLOGICA DE "EL CARDON, VER."

PERIODO DE OBSERVACION 1961-1979
EVAPORACION TOTAL ANUAL 1310.9 mm.

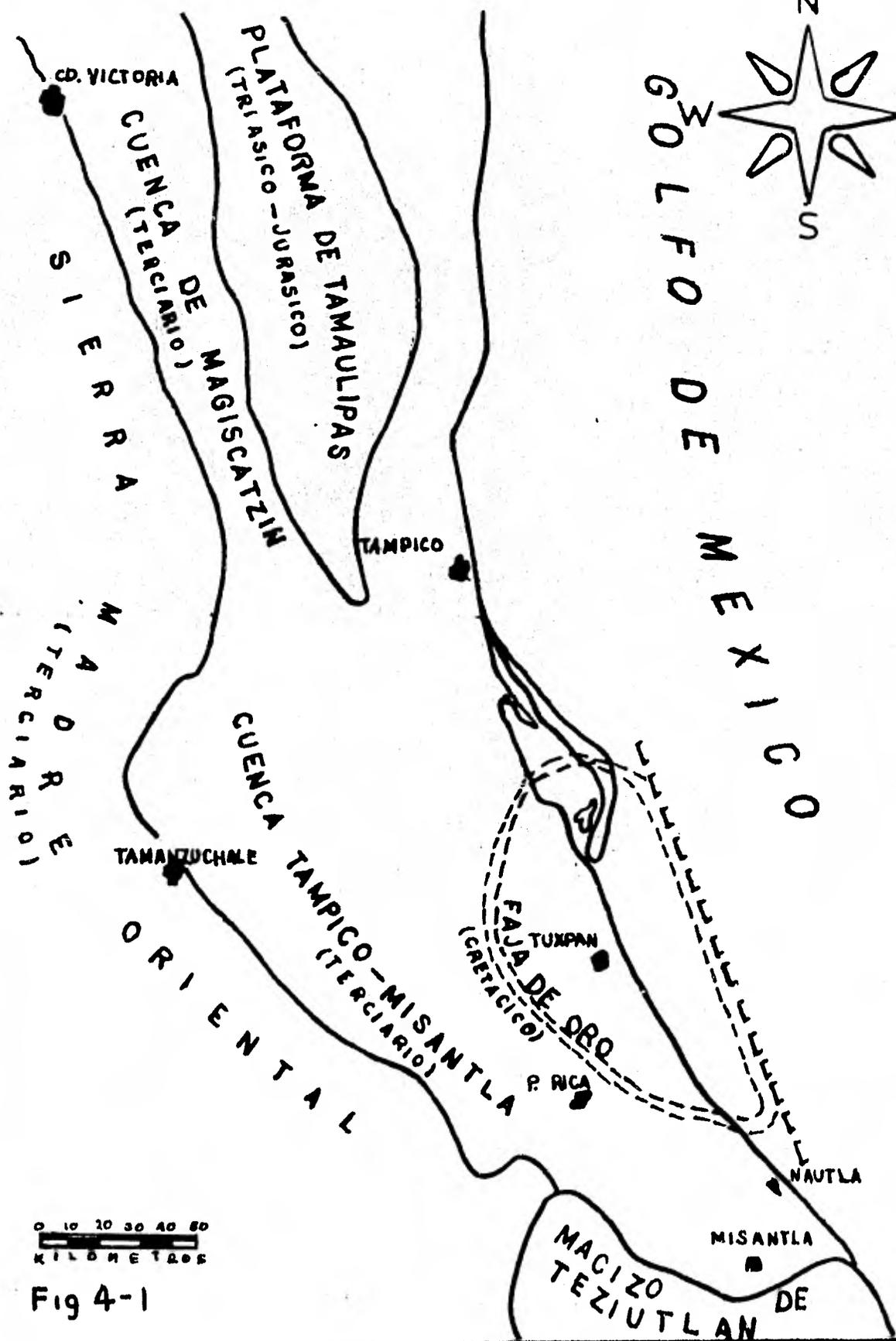
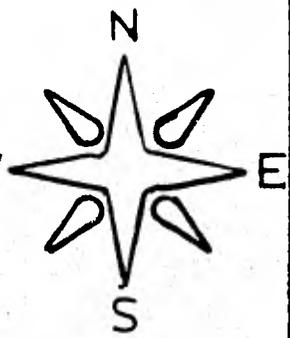


GRAFICA 4-3
EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL CALCULADA Y PRECIPITACION
REGISTRADA EN LA ESTACION "EL CARDON, VER."



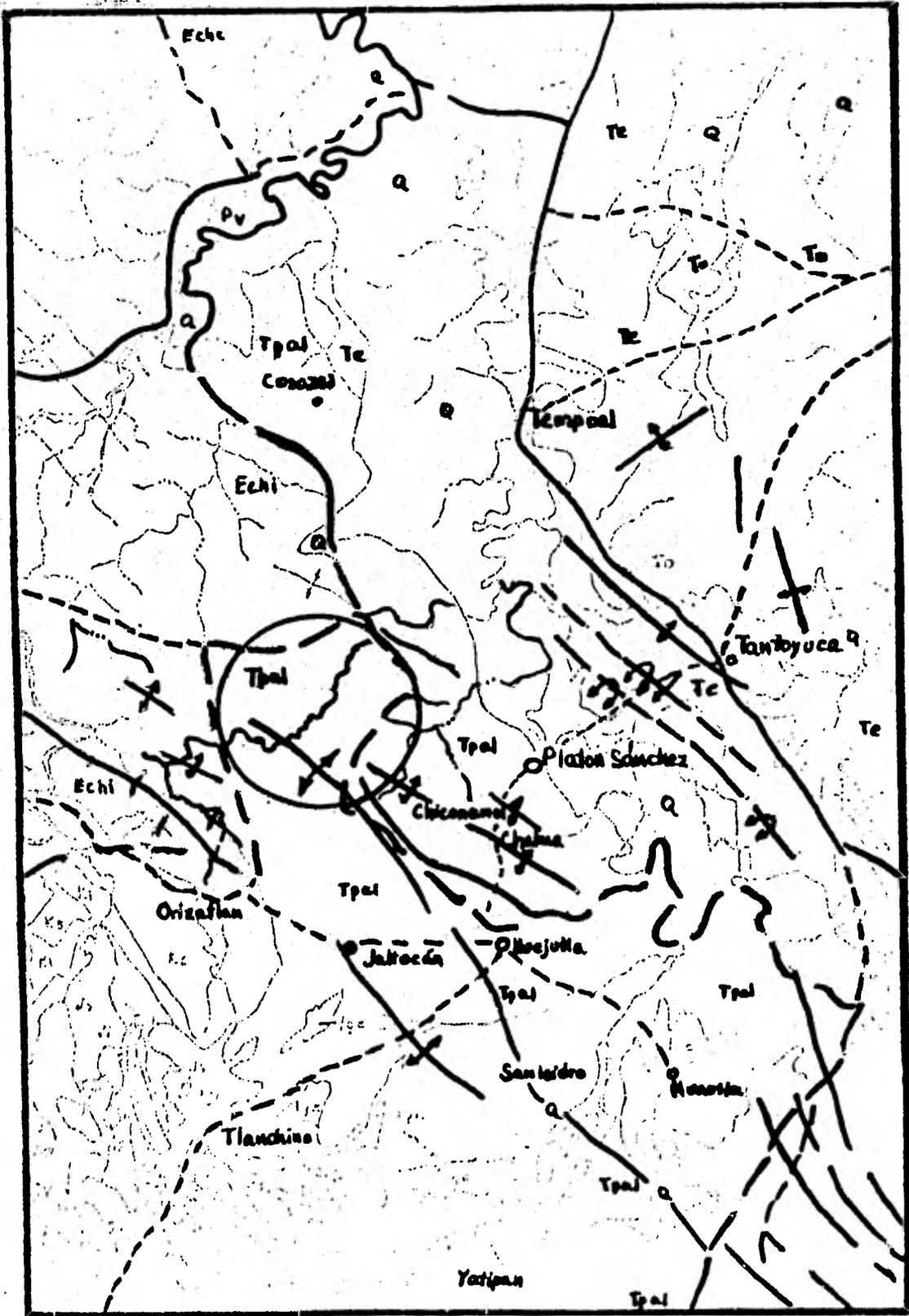
UNIDADES GEOTECTONICAS

GOLFO DE MEXICO



0 10 20 30 40 50
KILOMETROS

Fig 4-1



GEOLOGIA REGIONAL Esc 1:500 000

Fig 4-2

CAPITULO 5. METODOLOGIA.

C A P I T U L O 5
M E T O D O L O G I A

La clasificación de suelos con fines de riego se llevó a cabo siguiendo un guión metodológico que a continuación se describe. (7)

Los trabajos realizados comprendieron tres etapas:

Etapa I.- Esta etapa correspondió a los trabajos de gabinete de la primera fase, en los cuales se hizo la recopilación de material bibliográfico y cartográfico, recopilación de datos climatológicos, obtención y revisión de material fotográfico aéreo y la fotoin-

terpretación de la primera fase.

Etapa II.- En esta etapa se hicieron los trabajos de campo durante los cuales se hizo el reconocimiento del área de trabajo y sus linderos, la apertura de los pozos agrológicos y el estudio y muestreo de los mismos.

Etapa III.- Durante esta etapa se hicieron los trabajos de gabinete de la segunda fase, en los cuales se realizaron los análisis físicos y químicos de las muestras de suelo y la posterior interpretación de los resultados; la fotointerpretación de segunda fase y la clasificación de suelos con fines de riego.

Etapa IV.- Durante esta etapa se hizo la discusión de los resultados.

A continuación se describen cada uno de los trabajos que se mencionaron en cada una de las etapas.

5.1 Etapa I Trabajos de gabinete. 1a. fase.

5.1.1 Recopilación de material cartográfico y bibliográfico.

La revisión cartográfica y bibliográfica de la información existente del área de estudio, se realizó mediante la investigación en las unidades de biblioteca y mapoteca de las siguientes instituciones: SARH, Instituto de Geología de la UNAM, DETENAL y Colegio de Postgraduados de Chapingo. De los documentos consultados, en las citas bibliográficas que se hacen al final del trabajo se dan las referencias más detalladas.

5.1.2 Selección y obtención de material fotográfico aéreo.

Las fotografías aéreas formaron parte esencial del desarrollo del presente trabajo. Se revisaron los archivos fotográficos de diferentes compañías aerofotográficas y los de DETENAL, eligiendo finalmente los de una de las compañías particulares porque ofrecían las mejores condiciones. Estas fotos aéreas son pancromáticas y de contacto.

La forma en que se llevó a cabo la selección del material fo-

tográfico es la siguiente:

- Se localizó la zona de estudio en un mapa base, con el fin de reconocer ciertos detalles que ayudaran a reconocer la ubicación del área por estudiar.
- En mosaicos fotográficos de la región en que se localiza el área de estudio, se buscaron los detalles que se identificaron en el punto anterior a fin de localizar la zona en las fotografías.
- Una vez localizada la superficie de estudio, se seleccionaron las líneas de vuelo y los pares estereoscópicos que cubren el área, eliminando las líneas que en algunas ocasiones se encuentran sobreponiéndose casi totalmente una sobre otra y que por lo tanto no son necesarias.
- Con otro juego de fotografías, se elaboró el mosaico necesario para apoyar los trabajos de campo.

5.1.3 Recopilación de datos climatológicos.

En la subdirección de Hidrología de la SARH, se obtuvieron los datos de la información climatológica que se maneja en es

te capítulo.

5.1.4 Fotointerpretación de primera fase.

La fotointerpretación es una parte esencial en los levantamientos de suelos porque con la utilización de las fotografías la determinación de las clases se realiza en menor tiempo, simplificando además los trabajos de campo.

En esta primera fotointerpretación se hizo la delimitación de las clases en base a los rasgos geomorfológicos, la vegetación y los modelos de drenaje, seleccionando además los diversos sitios para la apertura de los pozos agrológicos. Tal fotointerpretación se llevó a cabo de la siguiente manera.

- Las fotografías aéreas adquiridas se ordenaron por líneas de vuelo a las cuales se les dió un número, así como también a cada foto dentro de cada línea, numerandolas de izquierda a derecha. Esto se hizo con fines prácticos, pues de esa manera se facilita el manejo y ordenamiento de las fotos.

- Se colocaron uno a uno los pares estereoscópicos bajo el estereoscopio de espejos, que en esta ocasión fué un Wild 3X. Dichos pares se ajustaron hasta obtener la imagen en

tercera dimensión.

- A cada estereograma, se le hicieron las delimitaciones que en un punto anterior se señalaron, marcando tentativamente los límites de clase y los puntos de muestreo de cada una.

5.2 Etapa II. Trabajos de campo.

5.2.1 Reconocimiento del área y sus linderos.

Con el auxilio de las fotografías aéreas y los planos disponibles se trazaron los recorridos sobre el área de estudio con el fin de obtener datos generales referentes a la pendiente y relieve, pedregosidad y otros factores extrínsecos, así como también se identificaron los lugares seleccionados en las fotografías para el muestreo durante la fotointerpretación de primera fase.

5.2.2 Apertura de pozos agrológicos.

En los sitios que se seleccionaron en el punto anterior se -- realizó la apertura de pozos para su estudio y la toma de las muestras para los análisis requeridos.

5.2.3 Estudio y muestreo de los perfiles de los pozos.

En los pozos abiertos, se efectuó la descripción morfológica de las características edáficas del perfil, así como también las condiciones generales del lugar. A este respecto, se hizo la observación ubicando la posición del pozo en referencia al resto del área con el fin de determinar su localización. - Asimismo se tomaron algunos datos de geomorfología del lugar, modo de formación de los suelos, edad, tipos y grados de erosión, drenaje interno y externo, profundidad de la capa arable, profundidad del manto freático, zonalidad, pedregosidad en el perfil, pendiente y relieve, especies vegetales dominantes (naturales y cultivadas), actividad animal, actividad humana; y se hicieron las pruebas de velocidad de infiltración. (10)

5.3 Etapa III. Trabajos de gabinete, segunda fase.

5.3.1 Realización de los análisis físicos y químicos y su posterior interpretación.

Para obtener las evidencias necesarias para poder aplicar algunos de los parámetros de los factores de demérito de la clasificación con fines de riego, fue necesario contar con los -

resultados de los análisis de conductividad eléctrica, porcentaje de sodio intercambiable y textura. (10)

5.3.2 Fotointerpretación de segunda fase.

En esta etapa del estudio se realizó la fotointerpretación de segunda fase, en la cual se considera la delimitación final - en las fotografías de las clases agrícolas, apoyandose en los trabajos anteriores.

5.3.3 Clasificación de los suelos con fines de riego.

En esta etapa se llegó a la delimitación final de las clases agrícolas con fines de riego en base a la fotointerpretación de segunda fase, a los trabajos de campo y a la interpretación de los resultados de los análisis físicos y químicos de las muestras de suelo.

5.4 Etapa IV. Discusión de los resultados.

En esta etapa final, se discuten los resultados de haber aplicado la metodología para hacer la clasificación con fines de riego que hace la SARH, y se hacen los comentarios para modificar o ratificar los parámetros de los factores de demérito utilizados.

5.5 Materiales.

Para la realización del presente trabajo se emplearon los siguientes materiales:

- 1.- Barrena.
- 2.- Bolsas de plástico, ligas y etiquetas para recolectar y marcar las muestras de suelo de los pozos excavados.
- 3.- Cinta métrica.
- 4.- Estereoscopio de espejos y binoculares.- En los trabajos de gabinete se utilizó un estereoscopio marca WILD - de espejos que fue indispensable para la fotointerpretación de 1a. y 2a. fase. Para los trabajos de campo se utilizó un estereoscopio de bolsillo.
- 5.- Fotografías aéreas.- Como parte fundamental del trabajo se utilizaron fotografías aéreas, pares estereoscópicos_ (estereogramas) y un mosaico para ubicación de puntos_ representativos.
- 6.- Martillo de suelos.
- 7.- Picos y palas.

8.- Planos.

9.- Vehículo.

5.6 Factores y parámetros para la clasificación agrícola de los suelos con fines de riego de la SARH.

1.- Textura (capa de 30 cm) (S_1)

Unidad para descripción: nombre textual de acuerdo al triángulo de texturas.

Tipo de determinación : campo o laboratorio.

Clase 1 : franco arenosa muy fina hasta franco arenosa muy friable.

Clase 2 : areno francosa muy fina o arcillas friables y poco pesadas.

Clase 3 : arena media o arcillas pesadas.

- Clase 4 : arena gruesa o arcilla muy co
loidal y muy pesada.
- Clase 5 : -----
- Clase 6 : -----
- Observaciones : La textura determinada al ta
cto en el campo es la que debe
tomarse en cuenta para la cla
sificación, salvo en los po--
zos representativos, en la --
que se tomará en cuenta la -
textura del laboratorio.

2.- Profundidad a los lechos de: (S₂)

a) Grava, guijarros o piedras.

Unidad para descripción: cm.

Tipo de determinación : medida de campo en el perfil.

Clase 1 : mayor de 100.

Clase 2	:	100-50
Clase 3	:	50-25
Clase 4	:	25-10
Clase 5	:	-----
Clase 6	:	Menor de 15
Observaciones	:	en este caso se considera menor la profundidad necesaria, ya que las raíces pueden penetrar entre las gravas y las piedras.

b) Roca fracturada o hardpan.

Unidad para descripción: cm.

Tipo de determinación : medida de campo en el perfil.

Clase 1 : mayor de 120

Clase 2 : 120-60

Clase 3	:	60-30
Clase 4	:	30-15
Clase 5	:	menor de 15
Observaciones	:	en estos casos se considera <u>ma</u> yor la profundidad necesaria,- ya que la roca es impenetrable por las raíces.

3.- Permeabilidad (S_3).

Unidad para descripción: cualitativa por horizonte.

Tipo de determinación : estimada en todo el perfil.

Clase 1 : buena.

Clase 2 : moderadamente rápida o modera-
damente lenta.

Clase 3 : lenta o rápida.

Clase 4 : muy lenta o muy rápida.

Clase 5 : -----

Clase 6 : -----

Observaciones : -----

4.- Salinidad (A_1).

Unidad para descripción: mmhos/cm³ a 25°C

Tipo de determinación : laboratorio o campo.

Clase 1 : menor de 4

Clase 2 : 4-8

Clase 3 : 8 - 16

Clase 4 : 16 - 25

Clase 5 : -----

Clase 6 : mayor de 25

Observaciones : la salinidad debe determinarse
preferentemente en el laboratoo

rio, a partir del extracto de saturación.

5.- Sodicidad (A₂)

Unidad para descripción: porcentaje de sodio intercambiable.

Tipo de determinación : laboratorio.

Clase 1 : menor de 15

Clase 2 : 15 - 20

Clase 3 : 20 - 25

Clase 4 : 25 - 35

Clase 5 : -----

Clase 6 : mayor de 35

Observaciones : A No afectadas Mayor de 15%

B Ligeramente
afectadas. 15 a 20%

C Medianamente
afectadas 20 a 25%

D Fuertemente
afectadas 25 a 35 %

E Muy fuertemente
afectadas mayor de 35 %

Si además dominan las arcillas_
expansivas, se debe incluir en_
una clase inmediata inferior.

6.- Pedregosidad en el perfil (P_1).

Unidad para descripción: cualitativa.

Tipo de determinación : apreciaciones de campo en el -
perfil.

Clase 1 : muy poca o ninguna.

Clase 2 : poca.

Clase 3 : abundante.

Clase 4 : muy abundante.

Clase 5 : -----

Clase 6 : -----

Observaciones : de acuerdo a la posición en el perfil de la pedregosidad, será la clasificación que se dé.

7.- Pedregosidad en la superficie (P_2).

Unidad para descripción: cualitativa.

Tipo de determinación : apreciación de campo.

Clase 1 : muy poca o ninguna.

Clase 2 : poca.

Clase 3 : abundante.

Clase 4 : muy abundante.

Clase 5 : -----

Clase 6 : -----

Observaciones : cuando se cuenta con fotografías aéreas a escala conveniente, se darán los datos en rela

ción al porcentaje del área afectada.

8.- Rocosidad (afloramiento). (P₃).

Unidad para descripción: a) porcentaje del área afectada

Tipo de determinación : campo o gabinete con fotografías aéreas.

Clase 1 : menor de 5

Clase 2 : 5 - 20

Clase 3 : 20 - 50

Clase 4 : 50 - 75

Clase 5 : -----

Clase 6 : mayor de 75

Observaciones : esta forma de estimar los afloramientos rocosos se hace con apreciación de campo o preferentemente con fotografías aéreas.

Unidad para descripción: b) separación en metros.

Tipo de determinación : campo o gabinete con fotografías aéreas.

Clase 1 : mayor de 60

Clase 2 : 60 - 30

Clase 3 : 30 - 10

Clase 4 : 10 - 3

Clase 5 : -----

Clase 6 : menor de 3

Observaciones : el criterio de distancias entre rocas o masas rocosas puede modificarse con la interacción de los factores topográficos.

9.- Erosión (hídrica o epólica). (E).

Unidad para descripción: cualitativa.

Tipo de determinación : campo o gabinete con fotografías aéreas.

Clase 1 : leve

Clase 2 : moderada

Clase 3 : fuerte

Clase 4 : muy fuerte

Clase 5 : -----

Clase 6 : -----

Observaciones : usando fotografías aéreas puede determinarse con efectividad el origen, clase y magnitud de la erosión en cada núcleo delimitado.

10.- Pendiente. (T_1).

Unidad para descripción: porcentaje de pendiente.

Tipo de determinación : medida en el campo o gabinete

Clase 1 : 0 - 3

Clase 2 : 3 - 6

Clase 3 : 6 - 12

Clase 4 : 12 - 20

Clase 5 : -----

Clase 6 : mayor de 20.

Observaciones : -----

11.- Relieve. (T_2).

Unidad para descripción: cualitativa.

Tipo de determinación : apreciación en el campo, o en
el gabinete con fotografías --

aéreas.

Clase 1	: plano con ligera pendiente.
Clase 2	: suavemente ondulado.
Clase 3	: ondulado.
Clase 4	: fuertemente ondulado.
Clase 5	: -----
Clase 6	: escarpado.
Observaciones	: -----

12.- Drenaje superficial. (D_1).

Unidad para descripción: cualitativa.

Tipo de determinación : apreciación cualitativa de la_
facilidad de desagüe.

Clase 1 : bueno.

Clase 2	:	moderado
Clase 3	:	lento o rápido.
Clase 4	:	muy lento o muy rápido
Clase 5	:	-----
Clase 6	:	-----
Observaciones	:	este fenómeno puede ocasionar <u>encharcamientos.</u>

13.- Profundidad del manto freático. (D_2).

Unidad para descripción: estimada en cm

Tipo de determinación : medida en el campo

Clase 1	:	mayor de 150
Clase 2	:	150 - 100
Clase 3	:	100 - 50

Clase 4 : menor de 50

Clase 5 : -----

Clase 6 : -----

Observaciones : -----

14.- Profundidad del estrato impermeable. (D_3)

Unidad para descripción: cm

Tipo de determinación : medida en el campo

Clase 1 : mayor de 200

Clase 2 : 200 - 120

Clase 3 : 120 - 90

Clase 4 : menor de 90

Clase 5 : -----

Clase 6 : -----

Observaciones : esta capa puede ser roca, hard
pan, caliche duro o conglomera
do que puede impedir el drena-
je verticalmente.

15.- Inundación. (I).

Unidad para descripción: ocurrencia en 10 años.

Tipo de determinación : por referencia o informes esta
dísticos.

Clase 1 : ninguna

Clase 2 : 2

Clase 3 : 3

Clase 4 : 5

Clase 5 : -----

Clase 6 : -----

Observaciones : este caso se refiere a inundaciones por avenidas y que afectan a los cultivos.

NOTA. Los parámetros indicados son una guía general para la clasificación agrícola de los suelos con fines de riego.

La clase número 5 se considera como de transición.

REFERENCIAS

BIBLIOGRAFICAS

- (1) FACTORES Y PARAMETROS PARA LA CLASIFICACION AGRICOLA CON FINES DE RIEGO DE LA SARH.
- (2) COLEGIO DE POSTGRADUADOS, CHAPINGO. Manual de Conservación del suelo y el agua. SARH-SPP. Texcoco, México, 1977.
- (3) CARTA GEOLOGICA DEL ESTADO DE HIDALGO, ESCALA 1:500 000. UNAM. México, D. F. 1977.
- (4) JIMENEZ LOPEZ J. Instructivo para la determinación - del clima de acuerdo a la 2a. aproximación del Dr. C.W.- Thornthwaite. SARH. México, 1979.
- (5) LOPEZ RAMOS E. Geología de México. Edición del autor. México, 1977.
- (6) MARTINEZ, M. Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. Fondo de Cultura Económica. 1a. edición. México, 1979.
- (7) MEXICO, DIRECCION DE AGROLOGIA. Especificaciones generales para estudios agrológicos. SRH, 1970

- (8) MEXICO, DIRECCION DE HIDROLOGIA. Boletín hidrológico
Nº 32, de la región hidrológica Nº 26. SARH, 1979.
- (9) ORTIZ VILLANUEVA B. Edafología. 2a. edición. --
Chapingo, México, 1980.
- (10) U.S. DEPARTAMENT OF AGRICULTURA OF HAND BOOD Nº 18. Ma-
nual de Levantamiento de Suelos. Trad. Ing. Agrónomo
Castillo B. Caracas, 1965.

CAPITULO 6. RESULTADOS.

C A P I T U L O 6
R E S U L T A D O S

Al aplicar la metodología que utiliza la SARH para la clasificación de suelos con fines de riego se obtuvieron los siguientes resultados.

Se determinó la existencia de 3412 ha, de clases 1 a 4 y 6 -- que representan el 67.1 por ciento del total del área estudiada; el resto se clasificó como áreas pertenecientes al río y zonas cerriles.

De clase 1 se encontraron 429 ha, que representan el 8.4 por ciento del total estudiado, y corresponde a suelos que no pre

sentan limitaciones para ser irrigados, son productivos y con un mínimo de manejo pueden producir cosechas de altos rendimientos en la mayor parte de los cultivos adaptados climáticamente.

Dentro de la clase 2 se agrupó a la mayor superficie de suelos con 1773 ha, que representan el 34.9 por ciento del total estudiado; son suelos que tienen ligeras a moderadas limitaciones para la irrigación, que actualmente son moderadamente productivos y que requerirán de un mejor manejo para obtener cosechas con altos rendimientos de los cultivos adaptados ecológicamente a la región.

De la clase 3 se encontraron 643 ha, que representan el 12.6 por ciento; son suelos que tienen severas a moderadas limitaciones para ser sometidas al riego; su productividad se ve restringida a un manejo de alto nivel para los cultivos de la zona.

De los suelos de clase 4 se encontraron 498 ha, que representan el 9.8 por ciento del total estudiado. Estos suelos presentan severas limitaciones para ser introducidos al riego y solo son adecuados para unos cuantos cultivos adaptados climáticamente que pueden crecer o producir bajo un nivel muy alto de manejo.

De clase 6 se encontraron 69 ha, 1.4 por ciento del total estudiado, que son suelos no irrigables por las características que presentan.

El resto de la superficie se clasificó como cerril y áreas -- pertenecientes al río.

Como puede apreciarse en el cuadro 6-1, fueron diversos factores de demérito los que afectaron la clase agrícola de los suelos del área estudiada con fines de riego; a algunos de ellos se les hacen modificaciones y a otros solo una pequeña discusión, la cual se presenta en el capítulo 7.

CUADRO Nº 6-1 SUPERFICIE DE LAS CLASES DE SUELOS CON FINES DE RIEGO, IDENTIFICADAS EN UNA AREA DE 5000 ha EN LAS MARGENES DEL RIO SAN PEDRO, HGO.

Clase	Superficie ha		Porcentaje	
	Parcial	Total	Parcial	Total
1		429		8.4
2		1773		34.9
S ₁ S ₂	72		1.4	
T ₁ S ₁	5		0.1	
S ₁ S ₃	1688		33.2	
T ₁ T ₂	8		0.2	
3		643		12.6
S ₁ S ₃ T ₂	167		3.3	
S ₁ S ₃	24		0.5	
S ₁ S ₃ D ₁ D ₂	357		7.0	
I	95		1.8	
4		498		9.8
I	150		2.95	
T ₁ T ₂ S ₂ P ₁ P ₂	198		2.90	
S ₂ T ₁ T ₂	34		0.66	
T ₁ T ₂	82		1.62	
I T ₁ T ₂	34		0.67	
6		69		1.4
S ₂ T ₁ T ₂	56		1.13	
T ₁ T ₂ S ₂ P ₁ P ₂ E	7		0.14	
P ₁ P ₂	6		0.13	
Subtotal		3412		67.1
Río		106		2.1
Cerril		1565		30.88
Total		5083		100.0

CAPITULO 7. DISCUSION.

CAPITULO 7

DISCUSION

Los factores de demérito que afectan la clase agrícola de un suelo con fines de riego, se refieren a aquellas condiciones de los suelos internas y externas que determinan las posibilidades y los niveles de manejo a que tienen que estar sometidos estos terrenos con el fin de que su productividad esté acorde con su situación privilegiada de obtener agua suplementaria en las etapas críticas del crecimiento de las plantas.

Se les denomina factores de demérito porque efectivamente pueden demeritar o ubicar en clases inferiores a los suelos según la intensidad con que se presente un determinado factor o condición; y uno solo de ellos puede lograr tal cosa sin importar que los demás se presenten en situación favorable. Como puede apreciarse, los factores de demérito: textura de la capa arable, profundidad de lecho rocoso, salinidad y/o sodicidad, pedregosidad, erosión, topografía, drenaje e inundación por fenómenos meteorológicos, son condiciones que afectan a los suelos de manera individual o conjunta, lo que consecuentemente obliga a estudiar cada uno de estos factores en cada uno de los niveles en que se encuentre afectando a los suelos.

De conformidad con los resultados que se obtuvieron al apli--

car la metodología establecida por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos para la clasificación de las tierras con fines agrícolas de riego, analizaremos cada uno de los factores de demérito que afectaron la clasificación de las tierras en el área estudiada.

7.1 Clase 1

Se determinó la existencia de 429 ha de primera clase que representan el 8.4 % del total estudiado.

Estos terrenos ubicados dentro de la primera clase de esta clasificación corresponden a suelos que no presentan limitaciones para ser irrigados, son productivos y con un mínimo de manejo pueden producir cosechas de altos rendimientos en la mayor parte de los cultivos adaptados climáticamente.

Esto es, que los suelos de esta clase no fueron afectados por ninguno de los factores de demérito que señala la clasificación utilizada. Todos ellos se encontraron en circunstancias favorables para hacer posible la explotación de estos suelos bajo condiciones de riego.

7.1.1 Textura (S_1), profundidad de los lechos rocosos (S_2) y permeabilidad. (S_3)

De tal manera que la textura en la capa superficial se encontro adecuada para el efecto, pues el sistema de clasificación establece que son suelos de primera clase aquellos que presentan tan en los primeros 30 cm textura franco arenosa muy fina hasta franco arenosa muy friable, lo cual ciertamente se observó en dichas superficies aunque no necesariamente solo en esos primeros 30 cm de suelo.

La profundidad a los lechos de: a) grava, guijarros o piedras y b) roca fracturada ó capas duras, se encontró a una distancia no menor de 100 cm y 120 cm respectivamente, habiéndose tomado estas medidas en los perfiles de los pozos agrológicos hechos en sitios representativos previamente seleccionados.

La permeabilidad estimada en todo el perfil de manera cualitativa horizonte por horizonte, se determinó como buena apoyándose también en la observación de la textura.

La determinación de la textura (S_1) y la profundidad a los lechos de grava y roca fracturada (S_2) se logró en base a parámetros numéricos, pues la primera, o sea la textura, se ubicó dentro del triángulo textural que establece porcentajes de finidos de arena, arcilla y limo para cada una de las texturas establecidas; y la segunda, o sea la profundidad de los -

lechos rocosos requiere profundidades no menores de 100 cm y 120 cm, que de alguna manera ya representan criterios bien de finidos para la clasificación de suelos en el primer nivel.

Esto no sucede en lo que se refiere a la permeabilidad (S_3), pues en ella se establece que la determinación de las características de infiltración del agua y de transmisión del aire se logra a partir del examen visual de cada uno de los horizontes de manera cualitativa, lo que significa que este factor de demérito no tiene parámetros numéricos que permitan aplicar con suma precisión la metodología para la clasificación de las tierras con fines de riego.

Debemos considerar que la permeabilidad de un suelo es la cualidad que lo capacita para transmitir aire o agua. Se le puede medir cuantitativamente en términos de velocidad de paso de agua a través de una unidad de sección transversal de suelo saturado en una unidad de tiempo, bajo condiciones hidráulicas y de temperatura específicas. La percolación bajo fuerza gravitacional con una carga de media pulgada (1.27 cm) y con drenaje a través de cilindros, puede medirse por medio de un procedimiento standard que contempla la saturación previa de las muestras. La velocidad de percolación se expresa en pulgadas por hora o en centímetros por hora.

Cuando se carece de medidas precisas de permeabilidad, los --

suelos pueden agruparse en clases de permeabilidad relativa - por medio del estudio de la estructura, textura, porosidad, - agrietamiento y otras características de los horizontes de -- los perfiles. Se deben valorar los cambios en el agrietamien- to y en la estabilidad de los agregados cuando se humedecen.- Cuando se pronostica la forma como responden los suelos al -- riego o al drenaje, es necesario determinar la permeabilidad, de cada uno de los horizontes, la relación de la permeabili- dad entre ellos y de cada uno con la totalidad del perfil. - Comunmente, sin embargo, la velocidad de percolación de un -- suelo está determinada por el horizonte de menor permeabili- dad en el solum o en substrato inmediato.

La velocidad de infiltración o sea, la entrada de agua en los horizontes superficiales, o aún dentro del total del solum, - puede ser rápida a pesar de lo cual la permeabilidad puede -- ser lenta debido a una capa lentamente permeable que se en- - cuentra inmediatamente debajo del solum y que influncie el mo- vimiento del agua dentro del mismo. La velocidad de infiltra- ción y la permeabilidad de la capa arable, pueden fluctuar -- ampliamente con el tiempo debido a diferencias en las prácti- cas de manejo, clases de cultivo y factores similares.

Los conjuntos de clases relativas de permeabilidad y su rela- ción con las clases del sistema de clasificación usado, se --

presenta en el cuadro número 7-1 , en el cual pueden apreciarse los parámetros numéricos que se proponen y que están extraídos del Manual de Levantamiento de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica.

7.1.2 Salinidad (A_1)

La salinidad y la sodicidad presentes en la zona de estudio no alcanzaron niveles de concentración que pusieran en peligro la capacidad de uso de los suelos.

La salinidad (A_1), fue medida en milimhos, que como sabemos, es la medida de la conductividad eléctrica en una solución salina, pues la unidad de resistencia es el ohm, que es la resistencia de un conductor que al aplicarle entre sus extremos una diferencia de potencial de un volt, en donde la corriente que se produce es de un ampere; de tal forma que:

$$1 \text{ ohm } (\Omega) = \frac{1 \text{ volt}}{1 \text{ amp.}}$$

$$1 \text{ mho} = \frac{1 \text{ amp.}}{1 \text{ volt}}$$

Entonces podemos decir que las sales, que son conductoras de electricidad, pueden medirse cuantitativamente aplicando una diferencia de potencial en uno de los extremos de la solución.

CUADRO Nº 7-1 CLASES RELATIVAS DE PERMEABILIDAD PROPUESTAS Y SU RELACION CON LAS CLASES AGRICOLAS DEL SISTEMA DE CLASIFICACION EN DISCUSION.

Carácter	Velocidad posible en cm/hr*	Clase agrícola con fines de riego a que pertenece.
Lento		
1.- Muy lento	menos de 0.13 cm	cuarta
2.- Lento	0.13 a 0.51 cm	tercera
Moderado		
3.- Moderadamente lento	0.51 a 2.03 cm	segunda
4.- Moderado	2.03 a 6.35 cm	primera
5.- Moderadamente rápido	6.35 a 12.70 cm	segunda
Rápido		
6.- Rápido	12.70 a 25.40 cm	tercera
7.- Muy rápido	más de 25.40 cm	cuarta

* Estas son velocidades sugeridas bajo una carga hidráulica de media pulgada (1.27 cm)

Al hacer los cálculos, se obtuvieron resultados menores de 4 milimhos por/cm³ a una temperatura de 25°C en toda el área estudiada, lo que de acuerdo con las especificaciones de la metodología empleada, significa que no se tienen problemas de salinidad en los suelos de dicha área, pues si bien hay presencia de sales, estas se encuentran en una concentración que de ninguna manera es tóxica para el desarrollo de las plantas.

Apegándonos estrictamente a los requerimientos del sistema de clasificación en discusión, podemos observar que existen parámetros numéricos bien definidos de concentraciones salinas -- que ubican a los suelos en alguna de las cinco clases propuestas, pero queda sin considerarse que las características edáficas de ciertos suelos, que aunque en esta ocasión no se presentó tal circunstancia es conveniente comentar, soportan concentraciones de sales mas altas que las definidas, y que no afectan el desarrollo de los cultivos establecidos.

Por ejemplo, en algunas áreas de la costa del Golfo de México como en la parte norte del Estado de Veracruz, se presentan suelos arenosos con cantidades altas de sales en los cuales se desarrollan algunas especies de pinos junto a las plantaciones de copra. Se considera que a estos suelos no se les puede ubicar dentro de las clases que suscribe esta metodología sin antes analizar el papel que juega como amortiguador --

de las reacciones químicas que en el se producen, pues si se consideran únicamente los valores de la conductividad eléctrica, probablemente resultaría que dichos suelos no son aptos para riego.

7.1.3 Sodicidad (A_2)

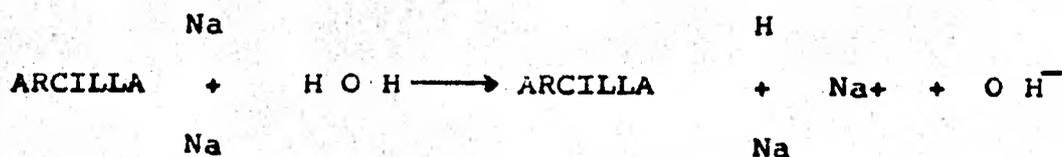
La sodicidad (A_2), aunque es un tipo de salinidad, se considera como un factor aparte pues su solubilidad difiere con el resto de las sales presentes, y afecta de manera mas severa las condiciones favorables para el desarrollo de los cultivos. Este tipo de salinidad se cuantifica por métodos electrométricos y se mide en porcentajes de sodio intercambiable.

Como ya se había mencionado, en la totalidad de la zona de estudio, no se encontraron problemas de sodicidad pues los resultados del análisis químico de las muestras de suelo enviadas al laboratorio presentaron porcentajes menores de 15 % de sodio intercambiable, lo cual significa que todos los suelos del área no están demeritados por este factor.

La tabla que contiene los factores y parámetros para la clasificación de suelos con fines de riego establece que si además de existir un porcentaje de sodio intercambiable mayor de quince por ciento, dominan las arcillas expansivas, se debe

incluir a esos suelos en una clase inferior.

Esto se debe a la influencia que tiene el sodio en la estructura del suelo, de tal manera que en estos suelos, el ión sodio ejerce una influencia predominante en el comportamiento coloidal. Estos suelos tienen pH alto debido a las reacciones de hidrólisis como la que se ejemplifica a continuación:



Generalmente presentan un color negro porque los coloides orgánicos son solubles y se acumulan en forma de costra en la superficie. Casi siempre están defloculados, son impermeables al agua y al aire, tienen una fuerte tendencia a amasar-se y una capacidad estructural deficiente. Cuando estos suelos están secos son masosos, duros y compactos, con poca o ninguna tendencia a formar grumos; como consecuencia las plantas crecen con mucha dificultad, y en casos mas severos no crecen en absoluto.

7.1.4 Pedregosidad en el perfil (P_1) y en la superficie (P_2).

Con respecto a la pedregosidad y a la rocosidad, las piedras

mayores de 25 cm de diámetro y los afloramientos rocosos no están considerados como parte de la masa del suelo para fines de clasificación textural.

A pesar de ello, tienen una importante influencia en la utilización del suelo debido a su interferencia con el uso de la maquinaria agrícola y en la reducción de la masa del suelo que ellos representan. Verdaderamente tanto la pedregosidad como la rocosidad o ambas constituyen en muchos lugares el criterio diferenciador entre las clases de suelo arable y los suelos no arables.

La metodología en discusión establece como factores de demérito a la pedregosidad en el perfil (P_1), la pedregosidad en la superficie (P_2) y los afloramientos rocosos (P_3). La unidad de descripción de los dos primeros parámetros es cualitativa, pues se hacen apreciaciones visuales en el campo tanto del perfil como de la superficie, para cuantificar a la pedregosidad con parámetros desde muy poca o ninguna hasta muy abundante.

Los afloramientos rocosos se cuantifican determinando el porcentaje del área afectada en el campo, o en el gabinete con fotografías aéreas, y por la separación en metros de los afloramientos, midiéndose esta directamente en el campo o en el

gabinete con fotografías aéreas.

Para la 1a. clase el sistema de clasificación establece que - deberá encontrarse muy poca o ninguna pedregosidad en el perfil y en la superficie, que los afloramientos rocosos medidos en porcentajes de área afectada sean menores de 5 %, y en caso de medirse por su separación ésta deberá ser mayor de 60 m. Todas estas condiciones se cumplieron para los terrenos - que se clasificaron de primera clase con fines de riego, es - decir, estas condiciones se cumplieron para las 429 has, de - las cuales inicialmente se habló.

Como puede observarse, apegándonos estrictamente a los requerimientos de los parámetros dados, se clasificaron todos los suelos del área de estudio pero pueden hacerse una serie de - consideraciones acerca de la aplicación de dichos parámetros - con respecto a los rangos en que se ubican las clases agrícolas. Particularmente en lo que se refiere a la pedregosidad, observamos que se cuantifica de manera cualitativa, lo que -- consecuentemente provoca que la clasificación de los suelos - quede muchas veces al criterio de la persona encargada de ello, situación que no es del todo recomendable por lo que a - continuación se hacen algunos comentarios.

La pedregosidad se refiere a la proporción relativa de tie---

rras de mas de 25 cm de diámetro que se encuentran en o sobre el suelo. El significado que tiene el número o cantidad de piedras sobre un suelo depende en muchas ocasiones de otras características edáficas.

Los límites de las clases podrían definirse en términos numéricos como a continuación se propone.

Clase 1

Sin piedras o con muy pocas que no interfieren en forma alguna con el cultivo. Las piedras cubren menos de 0.01 % del área.

Clase 2

Piedras suficientes para interferir pero no para imposibilitar las labores requeridas por los cultivos de escarda. Si las piedras tienen un diámetro de 30 cm y están de 10 a 30 m una de otra, ellas ocupan una superficie entre 0.01 y 0.1 % del área y en una ha a 30 cm de profundidad se encontrarán 0.22 a 2.25 metros cúbicos de piedra.

Clase 3

Piedras suficientes para imposibilitar las labores requeridas por los cultivos de escarda pero el suelo puede prepararse para la siembra de forrajes, siempre que las otras características edafológicas sean favorables. Si las piedras tienen 30 cm de diámetro y están una de otra entre 1.5 y 10 m, ocupan -

una superficie entre 0.1 y 3 %, y hay en cada hectárea a 30 cm de profundidad un volumen de 2.25 a 76 metros cúbicos.

Clase 4

Suficientes piedras para impedir todo uso de maquinaria, ---- excepción hecha de maquinaria muy liviana o herramientas de_ mano ahí donde otras características del suelo son favorables para la siembra de pastos. Los suelos con esta clase de pe-- dregosidad pueden utilizarse con pastos naturales o con bos-- que, dependiendo de sus otras características. Si las pie--- dras tienen un diámetro de 30 cm y se encuentran distancia-- das de 0.75 a 1.5 m, estas ocupan una extensión del 3 al 15 por ciento de la superficie y existe un volumen por ha a 30-- cm de profundidad de 76 a 336 metros cúbicos.

Clase 6

Piedras en cantidad suficiente para hacer todo uso de maquina_ ria totalmente imposible; la tierra puede tener algún valor - para ser utilizada con pastos de calidad inferior o para bos-- que. Si las piedras tienen un diámetro de 30 cm y están a -- 0.75 m o menos unas de otras, éstas ocupan el 15 al 90 % de - la superficie y hay mas de 366 metros cúbicos en cada hectá-- rea de 30 cm de profundidad.

7.1.5 Afloramientos rocosos (P₃)

En lo que respecta a la rocosidad o afloramientos rocosos, -- aunque los parámetros propuestos en el sistema de clasificac-- ción presentan rangos numéricos, se presentan a continuación_ algunas consideraciones acerca de parámetros propuestos que - pudieran aplicarse en trabajos futuros.

La rocosidad se refiere a la proporción relativa de exposi--- ción de la roca firme en un área de suelo, ya sea en aflora-- mientos rocosos o en manchas de suelo muy delgado para uso, - sobre lecho rocoso. El término rocoso se usa tal vez arbitra_ riamente para suelos que tienen rocas fijas (roca firme), y - el término pedregoso se usa para suelo que tiene fragmentos - rocosos sueltos.

La rocosidad, como la pedregosidad pueden clasificarse de a-- cuerdo con la superficie que ocupen, como a continuación se - describe.

Clase 1

No existen afloramientos de la roca firme, y si existen son - muy escasos para interferir con la labranza. El porcentaje de lecho rocoso expuesto ocupa menos del 2 % de la superficie.

CUADRO Nº 7-2 DISTANCIAS APROXIMADAS ENTRE PIEDRAS Y METROS CUBICOS DE PIEDRA QUE SE ENCUENTRAN EN UNA HECTAREA A 30 CM DE PROFUNDIDAD CON PORCENTAJES DE SUPERFICIE CUBIERTA.

Diámetro de las piedras en m.	Distancia entre piedras, centro a centro, en m.	Porcentaje de área cubierta con piedras.	Metros cúbicos de piedra a 30 cm de profundidad
-------------------------------	---	--	---

	3.30	3	148
0.60	1.50	15	740
	0.80	50	2470
	1.65	3	72
0.30	0.75	15	
	0.40	50	1234
	0.80	3	36
0.15*	0.36	15	184
	0.21	50	616

* GUIJARROS

Clase 2

Afloramientos de la roca firme en cantidad suficiente para interferir con la labranza, pero no tantos como para hacer imposible el cultivo o escarda. Las exposiciones rocosas se enencuentran aproximadamente de 30 a 90 m unas de otras y cubrendel 2 al 10 % de la superficie.

Clase 3

Afloramientos de la roca firme suficientes para hacer la lalabranza de cosechas escardadas impracticable; sin embargo se puede trabajar el suelo para heno o pastos mejorados si las las otras características edáficas son favorables. Los aflora---mientos se encuentran aproximadamente de 10 a 30 m de distan---cia unos de otros y cubren del 10 al 25 % de la superficie, -lo cual depende de su distribución.

Clase 4

Afloramientos rocosos en cantidad suficiente para impedir todo uso de maquinaria, excepto la muy liviana en donde las demás características del suelo son muy favorables para el desa---rollo de pastos mejorados. Puede ser usada para pastoreo natural o para bosque, lo cual depende de las demás caracterís---ticas edáficas. Las rocas expuestas o las manchas de suelo -demasiado delgadas para uso se encuentran aproximadamente ca---da 3 a 10 m una de otra y cubren del 25 al 50 % de la super---

ficie, lo cual depende de la disposición en que se encuen-----
tren.

Clase 6

Afloramientos rocosos (o suelo muy delgado sobre roca) en can-
tidad suficiente para hacer imposible el uso de maquinaria. -
La tierra puede tener algún valor para pastos pobres o para -
silvicultura. Los afloramientos rocosos se encuentran cada 3
metros o menos y cubren del 50 al 90 % del área.

7.1.6 Erosión (E)

La erosión significa en un sentido geológico amplio, el des--
gaste de la superficie terrestre por medio de las fuerzas del
agua, el viento y los factores químicos y biológicos erosi---
vos. La erosión es tanto constructiva como destructiva; por
medio de ella se acumulan materiales originarios no consolida-
dos. La erosión es el principal agente responsable de los --
ciclos topográficos naturales, conforme desgasta los puntos -
elevación más altos, construye las llanuras aluviales en los_
valles.

En el paisaje natural la erosión puede ser un proceso gradual
durante el cual siempre se mantiene una capa de suelo sobre -
la tierra o puede ser un proceso catastrófico. Al desarro---

llarse un nuevo ciclo de erosión iniciado por un levantamiento, por cambios de clima, lluvias de cenizas volcánicas que matan la vegetación, gran parte del solum, y a veces su totalidad, pueden ser removidos rápidamente.

En edafología aplicada y en agricultura en general, el término erosión se usa comunmente en un sentido restringido. Los términos "erosión" y "erosión del suelo" se usan a menudo para denominar erosión acelerada, o sea, aquella erosión que resulta como consecuencia de la perturbación del paisaje natural, usualmente producida por el hombre, en contraste con la erosión normal o natural que tiene lugar en paisajes naturales no disturbados.

La erosión acelerada puede ser resultado de una exposición -- del suelo al escurrimiento superficial provocado por quemas, -- pastoreo excesivo, tala de bosques y cultivo, cualquiera de -- las cuales debilita o destruye la vegetación. El suelo ex--- puesto puede erosionarse muy rápidamente si no se maneja de_ acuerdo con sus limitaciones y requerimientos.

La erosión, tanto hídrica como eólica (E), es otro de los factores de demérito considerados dentro del sistema de clasificación en discusión, que en sus unidades de descripción usa -- parámetros cualitativos registrados directamente en el campo,

o en el gabinete mediante fotografías aéreas.

Para la primera clase, se establece que la erosión debe ser leve, lo cual, de acuerdo con el criterio utilizado, se cumplió en las 429 ha que se determinaron como tales.

Queda de manifiesto que aunque los términos erosión leve, moderada fuerte y muy fuerte, indican grados de erosión, y que aún en el caso de que se usen fotografías aéreas, se dice que puede determinarse con efectividad el origen, clase y magnitud de la erosión en cada núcleo delimitado, se considera necesaria la utilización de parámetros numéricos para poder definir con precisión la clase a que pertenece un suelo con fines de riego. Esto es, utilizar definiciones de clase en términos de rango, o porcentaje de suelo perdido que permitan establecer con precisión los límites de cada clase, y por otra parte definir consecuentemente el origen y el tipo de erosión presente.

En el cuadro Nº 7-3 se presenta la clasificación F A O para erosión (1954) que se propone para su utilización en la clasificación con fines de riego, y a continuación se presentan las posibles equivalencias de clases.

CLASE	NOMBRE DE LA CLASE	DEFINICION DE LA CLASE
A	Erosión no manifiesta	Es aquel suelo que ha perdido menos del 25% de la capa superficial, pero que admite un 10% de su superficie total con grado de erosión de B ó C.
A/B	Erosión leve.	Es aquel suelo que ha perdido menos del 25% de la capa superficial, pero que tiene de un 10 a un 25% de su superficie total con grado de erosión B ó C.
B	Erosión moderada	Es aquel suelo que ha perdido del 25% al 75% de la capa superficial, pero que admite un 10% de su superficie total con grado de erosión de A ó C.
B/C	Erosión severa	Es aquel suelo que ha perdido del 25 al 75% de la capa superficial, pero que tiene de un 10 a un 25% de su superficie total con grado de erosión de A ó C.
C	Erosión muy severa	Es aquel suelo que ha perdido más del 75% de la capa superficial, aunque tenga un 25% de su superficie total -- con grado de erosión A ó B.

CUADRO Nº 7-4. PROPOSICION PARA LAS EQUIVALENCIAS DE CLASES ENTRE LA CLASIFICACION PARA LA EROSION DE LA FAO-UNESCO Y LA DEL SISTEMA QUE UTILIZA LA SARH.

Clasificación FAO-UNESCO para la erosión.	Clasificación con fines de riego.
--	--------------------------------------

A	1
A / B	2
B	3
B / C	4
C	6

En este tipo de clasificación para la erosión se definen los límites de las clases por medio de los porcentajes de pérdida de la capa superficial para lo cual, se necesitan utilizar algunos métodos para cuantificar dichas pérdidas, lo cual, no es ciertamente sencillo aun cuando se mantenga una área determinada bajo observación permanente. La medición de la cantidad de suelo perdido requiere la presencia de algunos puntos de referencia, y bajo condiciones naturales, tales puntos son difíciles de detectar.

Los principales métodos para cuantificar la capa del suelo -- que se ha perdido por erosión son: transectos de cárcavas, clavos con rondanas, corcholatas de botella y lotes de escurrimiento.

Para el método de transecto en cárcavas, los canalillos y cárcavas someras se miden a lo largo de un transecto, localizando transectos estacados al contorno, aporoximadamente cada 15 m. La profundidad y anchura se miden con una cinta métrica.-- El procedimiento a seguir para cuantificar la capa de suelo perdido, es mediante reconocimientos periódicos en los que se mide sobre las estacas del transecto el espesor de la capa de suelo perdido. Las pérdidas de suelo en metros cúbicos en un transecto de cárcava, se obtienen al multiplicar el espesor de suelo perdido por el área de la sección transversal -- del transecto.

La pérdida de suelo total en una cárcava, es igual a la suma de las pérdidas parciales en todos sus transectos; o bien de una forma menos precisa, al multiplicar la pérdida de suelo del transecto por el número de éstos que cabrían a lo largo de la cárcava.

El método de clavos y rondanas consiste en utilizar clavos de 30 cm de largo con rondanas holgadas que se colocan cuidadosamente a lo largo de un transecto a intervalos regulares, de manera que la rondana descansa sobre la superficie del suelo y la cabeza del clavo la toque ligeramente. El propósito de las rondanas es marcar cortes en el terreno ocasionados por la erosión, y de ésta forma medir el espesor de la capa de suelo perdida a intervalos de tiempo regulares.

El método de tapas o corcholatas de botella consiste en que, colocadas con el lado interno hacia el suelo producen pedestales similares a los formados naturalmente bajo piedras o raíces. La altura del pedestal indica la profundidad del suelo perdido.

Para determinar la pérdida de suelo en metros cúbicos por ha. se recomienda distribuir cuatro corcholatas en una superficie 50 x 50 m (o bien, 16 corcholatas en una hectárea) en forma de zig zag y procurar que estas queden a separación, u-

na de otra, de 10 m. El promedio de pérdida de suelo en milímetros en todas las corcholatas se multiplica por 10 para obtener la pérdida de suelo en metros cúbicos por hectárea.

Lotes de escurrimiento. Los lotes de escurrimiento constituyen la metodología más confiable para determinar las pérdidas de suelo por efecto de la erosión hídrica.

Este método consiste en el confinamiento de una pequeña superficie, donde es posible manejar y cuantificar los escurrimientos generados en ella para que posteriormente y por medio de muestras, cuantificar los sedimentos que acarrearán en suspensión.

El tamaño del lote puede ser variable, pero la diversidad en la forma y tamaño de éstos dificulta la comparación de resultados. Las dimensiones adoptadas en investigación como más representativas para estimar pérdidas por erosión, son de 2 x 10 m.

Los lotes deben establecerse en el sentido de la pendiente principal del terreno y aislados mediante láminas de metal, de asbesto-cemento o de madera.

Para captar los escurrimientos generados en el lote, en la

parte baja de éste se coloca un tinaco o recipiente graduado en litros; el cálculo de la capacidad del tinaco, se hace por el método racional modificado para estimar escurrimientos con lluvia máxima en 24 horas.

Las pérdidas de suelo por erosión en un tiempo determinado, - se obtienen mediante el siguiente procedimiento:

- 1.- Después de cada día de lluvia, se observa el volúmen de escurrimiento captado en el tinaco graduado.
- 2.- Se revuelve lo mejor posible el agua dentro del tinaco y se toma una muestra de un litro antes de que los sedimentos se asienten.
- 3.- Por medio del filtrado de la muestra se determina el peso de los sólidos que contiene y éste se multiplica por el volúmen total captado en el tinaco para determinar la pérdida de suelo en el lote para la (s) lluvia (s) de ese día.
- 4.- La pérdida de suelo para un tiempo deseado, es igual a la suma de las pérdidas parciales. Para expresar la erosión en términos de kilogramos por hectárea para un tiempo determinado, se multiplica el total de pérdidas en el

período por 500.

Como puede apreciarse los métodos para cuantificar los volúmenes de suelo perdido por efectos de la erosión no son sencillos de manejar, pero es necesario utilizarlos pues de otra manera no es posible obtener parámetros confiables para hacer la clasificación. Los métodos descritos en párrafos anteriores están tomados del Manual de Conservación del Suelo y el Agua, editado por el Colegio de Postgraduados en 1977.

7.1.7 Pendiente (T_1) y Relieve (T_2)

En lo referente a los factores de demérito pendiente (T_1) y relieve (T_2), se puede decir que en general influyeron notablemente al hacer la clasificación pues las tierras ubicadas en las clases 2, 3, 4 y 6 estuvieron demeritadas por estos factores.

La clase 1 no tuvo problemas, pues las 429 has. clasificadas como tales estuvieron dentro de un rango de 0-3 % de pendiente y su relieve fue plano con ligera pendiente, lo cual las ubica dentro de las tierras con la mayor amplitud para ser irrigadas.

Para establecer la discusión correspondiente a estos dos factores de demérito es necesario hacer algunas consideraciones.

La forma del terreno es una parte esencial del suelo, cuando a éste se le concibe como un paisaje tridimensional que resulta del proceso sintético de todos los materiales y procesos de su ambiente. Las formas del terreno deben nombrarse y describirse en términos precisos.

Algunas veces el término relieve se usa en forma amplia para indicar simplemente las diferencias en elevación dentro de una zona, o tal vez únicamente las diferencias entre la altura mayor y menor de una región. En forma mas precisa, sin embargo, relieve implica elevación relativa y ha sido definido como las elevaciones o irregularidades de una superficie de terreno considerada en su totalidad.

El término microrrelieve se refiere a las pequeñas diferencias de relieve. En regiones de microrrelieve similar, la superficie puede ser casi uniforme o puede estar interrumpida por montículos, pantanos o pozos de pocos metros de ancho y de diferencias en elevación de 0.30 m a un metro y aún menos, que son significativas.

El término topografía tiene una significación similar a relieve, pero se ha venido usando para indicar los rasgos que se muestran en un mapa con curvas de nivel. Algunos lo usan para indicar todos los rasgos culturales y naturales que se ---

muestran ordinariamente en un mapa topográfico. En las descripciones de suelos deben usarse términos más específicos -- que topografía, tales como relieve, fisiografía, forma del terreno o pendiente.

Por pendiente del suelo se entiende la inclinación de la superficie del área del suelo en su condición de cuerpo natural y de ninguna manera algo separado. La pendiente simple, y única se define por su gradiente, forma y largo. Las pendientes pueden definirse como simples o complejas, o como conjunto de clases de pendiente.

En el sistema de clasificación que se está cuestionando, la unidad de descripción que se usa para el relieve es cualitativa, pues se utilizan términos que se determinan por apreciación en el campo o en el gabinete con fotografías aéreas. Para la primera clase se dice que el relieve es plano con ligera pendiente, para la segunda suavemente ondulado, para la tercera ondulado, para la cuarta fuertemente ondulado y para la sexta escarpado.

Para la pendiente se toma el porcentaje de las diferencias de elevación por cada 100 mts. Así, por ejemplo, para la primera clase se establece un rango numérico de 0-3 %, para la segunda clase se considera de 3-6, para la tercera 6-12, para -

la cuarta 12-20 y para la sexta mayor de 20 %.

Creemos que aunque el relieve y la pendiente tienen características individuales en esencia diferentes, la interrelación tan profunda que guardan, determina que se deba hacer un análisis en conjunto de las dos para definir racionalmente la clase agrícola a que pertenece.

Pendiente: actualmente, se ha dado al gradiente de la pendiente (y únicamente a ésta sola característica) un énfasis indebido en relación con sus demás características como son: la forma, el largo y la disposición. La nomenclatura para las clases de pendiente que se propondrá en párrafos en párrafos posteriores, sirve para el reconocimiento de unidades clasificadas como: 1o. pendientes primarias sencillas y 2o. pendientes primarias complejas. Se debe dar, en la práctica, consideración al relieve del terreno en su totalidad y también áreas individuales de suelo dentro de ese total. Por ejemplo, en un terreno ondulado, la pendiente de un área particular de suelo que si se considera en forma independiente puede ser simple, se incluye en el grupo complejo. En contraste con lo anterior, las pendientes de los suelos de conos de deyección y las de los que se encuentran al pie de laderas montañosas, se consideran como simples.

En el estudio y descripción de los suelos, la pendiente del suelo debe recibir atención no solo por sus relaciones con el origen del suelo, sino que deben considerarse los aspectos prácticos de la pendiente del suelo bajo condiciones probables de uso y manejo con riego; éstas son, 1º la proporción y la cantidad del escurrimiento, 2º la susceptibilidad a la erosión del suelo y 3º el uso de la maquinaria agrícola.

Ninguna de éstas varía únicamente como función lineal del grado de la pendiente, excepto en donde otras características de la pendiente y del suelo sean similares. Por ejemplo, es bien conocido que algunos suelos cultivados en pendientes hasta de uno por ciento no están sujetos a erosión, mientras que los de pendientes de 2 por ciento algunas veces están sujetos a erosión; por otro lado, los suelos lateríticos de regiones tropicales húmedas altamente permeables, no sufren erosión acelerada significativa de pendientes tan grandes como 40 por ciento y aún mas.

El uso de maquinaria depende no solo del grado de la pendiente, al igual que la rapidez y cantidad del escurrimiento dependen también de otras características del suelo además del grado de la pendiente.

La pendiente del suelo se mide usualmente por medio del nivel de mano y se expresa en términos de porcentaje, o sea la dife

rencia de la elevación en metros por cada 100m. horizontales. Así una pendiente de 45° equivale a cien por ciento, dado que la diferencia en elevación entre dos puntos que estén a 100 - metros uno del otro en el sentido horizontal, será de 100 metros.

Se propone establecer, de acuerdo con lo señalado en el Manual de Levantamiento de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos Americanos, clases de pendiente con límites mínimos y máximos, de modo que todas las pendientes del suelo dentro de una clase caigan dentro de los límites amplios y aún permitan flexibilidad suficiente para hacer definiciones y subdivisiones más estrechas conforme lo requieren las aplicaciones específicas a diferentes tipos de suelo.

En las clases de pendiente se prevee el reconocimiento de pendientes simples o complejar según sea el caso, aunque las diferenciaciones no sean obligatorias.

En los párrafos que siguen se dan las clases de pendiente y relieve.

- 1.- Clase A.- En esta clase se incluyen áreas de suelo con pendiente a nivel o casi a nivel, en los cuales el escurrimiento superficial es lento. La pendiente del terreno por sí sola no ofrece dificultad alguna para la utili

zación de la maquinaria agrícola. No hay tampoco posibilidades de erosión hídrica significativa excepto posiblemente en suelos de superficie muy extensa y homogénea donde la pendiente vaya en una misma dirección.

Límites	Denominaciones
Inferior: 0 por ciento.	Pendientes simples a nivel; o a nivel y casi a nivel.
Superior: 1 a 2 por ciento.	Pendientes complejas a nivel; o a nivel y casi a nivel.

2.- Clase B.- A esta clase pertenecen las áreas suavemente onduladas o suelos de pendientes suaves en los cuales el escurrimiento superficial es lento o de velocidad media para la mayoría de los suelos. La pendiente no limita el uso de todos los tipos de maquinaria agrícola ordinaria. Los suelos con pendiente B varían ampliamente en cuanto a susceptibilidad a la erosión, la cual depende de otras características. En algunos suelos con esta pendiente la erosión no ofrece ningún problema serio, mientras que para el cultivo de otros suelos muy susceptibles a la erosión se necesita la protección de terrazas u otras prácticas de manejo.

Límites	Denominaciones
Inferior: 1 a 3 por ciento.	Pendientes simples.- suave; o muy suaves y suave.
Superior: 4 a 6 por ciento.	Pendientes complejas.- <u>onduladas</u> ; o suavemente <u>onduladas</u> y <u>onduladas</u> .

3.- Clase C.- En esta clase están comprendidas las áreas ligeramente quebradas, quebradas, o fuertemente quebradas en las cuales el escurrimiento es de medianamente rápido a rápido para la mayoría de los suelos. En cuanto se relaciona con la pendiente, todos los tipos de maquinaria agrícola pueden usarse con éxito aunque se pueden tener algunas dificultades para la utilización de maquinaria grande y de tipo pesado. Los suelos con pendiente C varían ampliamente en cuanto a su susceptibilidad a la erosión bajo cultivo, lo cual depende de las otras características edáficas de manejo. En algunos suelos, la erosión no ofrece problemas serios o puede controlarse por medio de las prácticas relativamente simples, mientras que otros deben manejarse con sumo cuidado y utilizarse la mayor parte del tiempo con cultivos de gran densidad, con cultivos en fajas o uso suplementario de te--

rrazas en lugares en donde los suelos, desde los demás puntos de vista, sean apropiados.

Límites	Denominaciones
Inferior: 5 a 7 por ciento.	Pendientes simples.- pendientes; o pendientes y fuertemente pendientes.
Superior: 10 a 12 por ciento.	Pendientes complejas.- quebradas; o suavemente quebradas y quebradas.

4.- Clase D.- Esta clase está formada por las áreas de suelos con muy fuertes pendientes o montañosos en los cuales el escurrimiento es rápido o muy rápido en la mayoría de los suelos. A menos de que las pendientes sean muy complejas, la mayor parte de la maquinaria agrícola puede usarse pero con dificultad, especialmente los tipos más pesados. Los suelos con pendientes D son susceptibles de erosionarse cuando se los dedica a cultivos escardados, excepto aquellos más permeables, como por ejemplo los Lateríticos bien desarrollados. Aunque hay muchas excepciones, la división entre los suelos apropiados para rotaciones ordinarias que incluyen cultivos de

escarda y aquellos apropiados únicamente para pastos o para rotaciones dominadas por cultivos formadores de césped, cae comúnmente en el punto que divide las pendientes de Clase C de las de Clase D.

Límites	Denominaciones
Inferior: 10 a 12 por ciento.	Pendientes simples.- moderadamente escarpado.
Superior: 13 a 15 por ciento.	Pendientes complejas.- cerriles.

5.- Clase E.- En esta clase se incluyen los suelos de áreas con pendientes muy pronunciadas o muy cerriles en las cuales el escurrimiento superficial es muy rápido para la mayoría de los suelos. Aquí puede usarse únicamente el tipo de maquinaria más liviano. La susceptibilidad de los suelos con pendientes E a la aradura varían ampliamente. Si los suelos son muy fuertes y permeables, pueden dar buen pasto, huertos y aún cultivos de escarda siempre que se usen prácticas de manejo adecuadas. En muchos suelos montañosos o escarpados, la distinción entre las áreas que pueden utilizarse para la producción de pastos y aquellos que deben dedicarse a bosque, cae

en la línea divisoria entre E y D.

Límites	Denominaciones
Inferiores: 15 a 16 por ciento.	Pendiente simple - escarpada.
Superiores: 16 a 20 por ciento.	Pendientes complejas - escarpadas.

6.- Clase F.- Esta distinción de clase de pendiente sobre la clase E se usa para los suelos que son raramente fértiles y permeables y en donde por lo tanto se hace necesaria.

Límites	Denominaciones
Inferiores: 20 por ciento.	Muy escarpada.
Superiores: ninguno.	

7.1.8 Drenaje superficial (D_1), profundidad del manto freático (D_2) y profundidad del estrato impermeable (D_3).

Los dos últimos, se determinan con parámetros numéricos bien_

definidos, en los cuales la única discusión que se haría sería en lo que se refiere a la profundidad del manto freático, que puede medirse en época de lluvias o en época seca; en época de lluvias, obviamente, es lo más recomendable pues de otra manera no podrían apreciarse los niveles que alcanzaría la capa freática.

Por lo tanto, aunque solo el 7 por ciento de las tierras estudiadas presentaron problemas con el drenaje superficial, la discusión se centrará en éste, pues la clasificación de la SARH no presenta parámetros numéricos definidos que permitan clasificar con precisión los suelos con fines de riego.

En un sentido dinámico o activo se entiende por drenaje del suelo la rapidez y grado con que el agua es removida, en relación con las adiciones aluviales, especialmente por escurrimiento superficial y por el movimiento de las aguas a través del suelo hacia los espacios subterráneos. Además, la evaporación y la transpiración contribuyen a las pérdidas de agua.

El drenaje, como condición del suelo, se refiere a la frecuencia y duración de períodos durante los cuales el suelo no está saturado total o parcialmente. Aunque estas condiciones pueden medirse con precisión, debe hacerse una estimación de ellas en el campo.

Las estimaciones precisas de las condiciones de drenaje de -- los suelos son muy necesarias tanto en sus descripciones como en sus definiciones. El problema es mucho más complicado de lo que aparenta ser. Se pueden observar algunas evidencias -- directas de que hay un buen drenaje o de que no lo hay, como -- es el caso de los suelos saturados observados a diferentes ho -- ras después de lluvias, o después de agregar agua de riego, -- la observación de las capas freáticas, de los empozamientos -- superficiales de agua, etcétera. Las variaciones en el drena -- je del suelo pueden relacionarse con las diferencias en el co -- lor, y con la disposición de los colores en el suelo. La pre -- sencia de moteado, los colores grises que acompañan la glei -- zación y los materiales ricos en materia orgánica caracterís -- ticos de muchos suelos con drenaje pobre, constituyen eviden -- cias, pero no evidencias infalibles. Además, la pendiente y la textura, la estructura y otras características de los hori -- zontes del suelo, son útiles como bases para predecir la per -- meabilidad y las condiciones de drenaje. En este caso tam -- bién, sin embargo, debe considerarse el clima, los niveles -- freáticos y otros factores en conjunto con esas evidencias. -- Es por lo anterior que la estimación o valoración del drenaje es parcialmente materia de observación directa y parcialmente de la deducción hecha a partir de un numeroso grupo de obser -- vaciones.

El concepto de drenaje del suelo es muy amplio y comprende --

los siguientes términos.

- Esguerrimiento superficial.
- Drenaje interno.
- Permeabilidad.

El esguerrimiento superficial, algunas veces llamado esguerrencia o drenaje externo, se refiere a la proporción relativa en que el agua es removida fluyendo sobre la superficie del suelo. El término incluye el agua pluvial, así como también la que fluya a un suelo proveniente de otros suelos.

A continuación se proponen seis clases, las cuales se basan en el movimiento relativo del agua sobre la superficie, determinado por las características del perfil, la pendiente, el clima y la cobertura; que aunque no están basados en parámetros estrictamente numéricos si describen con claridad la manera de delimitar las clases.

Clase 1.- Medio.- El agua superficial esguerra con tal velocidad que sólo una proporción moderada penetra en el suelo y sobre la superficie únicamente se encuentra agua libre por períodos cortos. Una gran parte de la precipitación es absorbida por el suelo y utilizada por las plantas, o se pierde por evaporación o se mueve hacia abajo hasta alcanzar canales subterráneos. Cuando el esguerrimiento superficial es

medio, la pérdida de agua en la superficie no reduce en forma seria la cantidad aprovechable para el crecimiento vegetal. - El peligro de erosión puede ser de ligero a moderado cuando - se cultivan suelos con esta clase de drenaje.

Clase 2.- Lento.- El agua superficial se escurre tan lentamente que se halla agua libre cubriendo la superficie_ por períodos de tiempo significativos o bien penetra en el -- suelo tan rápidamente que una gran parte pasa a través del -- perfil o se evapora. Los suelos con una velocidad de escu--- rrimiento superficial lenta están a nivel o en pendientes muy suaves, o bien absorben el agua de precipitación muy rápida-- mente. Normalmente en estos suelos no hay peligro de erosión o el peligro es muy reducido.

Clase 3.- Rápido.- Una gran proporción de la precipitación_ se mueve rápidamente sobre la superficie del suelo y - sólo una pequeña parte lo hace a través del perfil del suelo. El agua superficial escurre casi tan rápidamente como llega.- Los suelos con escurrimiento superficial rápido generalmente_ tienen pendientes pronunciadas o moderadamente pronunciadas y tienen baja capacidad de infiltración. El peligro de erosión es generalmente de moderado a alto.

Clase 4.- Muy lento.- El agua superficial escurre tan lenta-

mente que hay agua empozada en la superficie por períodos largos o bien se embebe inmediatamente en el suelo. - Gran parte del agua se filtra a través del suelo o se evapora y pasa al aire. Los suelos con escurrimiento superficial muy lento están a nivel o en pendientes muy suaves, o son abiertos y muy porosos.

Clase 5.- Muy rápido.- Una cantidad muy grande del agua se mueve rápidamente sobre la superficie del suelo y solamente una pequeñísima parte se infiltra a través del perfil.- El agua superficial escurre tan rápidamente como llega. Los suelos con velocidad de escurrimiento superficial muy rápido, usualmente se encuentran en pendientes pronunciadas o muy pronunciadas y tienen capacidades de infiltración muy bajas. El peligro de erosión es comúnmente alto o muy alto.

Clase 6.- Empozado.- El agua que llega al suelo ya sea como lluvia o como escurrimiento proveniente de tierras circundantes más altas no escurre. La cantidad de agua tiene que ser removida de áreas empozadas, por movimiento a través del suelo o por evaporación, es generalmente mayor que el total caído por precipitación. El empozamiento se presenta generalmente en zonas bajas y puede fluctuar con las estaciones.

CUADRO Nº 7-5 DRENAJE SUPERFICIAL. EQUIVALENCIAS DE CLASIFICACION.

<u>Clasificación por la SARH</u>		<u>Clasificación propuesta</u>	
Clase	Enunciado	Clase	Enunciado
1	Bueno.	1	Medio.
2	Moderado.	2	Lento.
3	Lento o rápido.	3	Rápido.
4	Muy lento o muy rápido.	4	Muy lento.
5	_____	5	Muy rápido.
6	_____	6	Empozado.

7.1.9 Inundación (I)

Con referencia al factor de demérito inundación, las 429 hectáreas que se determinaron como suelos de primera clase, no tuvieron problemas de ese tipo, pues en 10 años no hubo ocurrencia alguna de inundaciones producidas por fenómenos meteorológicos. Al respecto se pueden hacer algunas consideraciones al margen de que posteriormente se comentará la afectación de 317 hectáreas que se ubicaron en la tercera y cuarta clase por ocurrencia de inundación.

Determinar la clase agrícola de un suelo con fines de riego - en base al número de inundaciones que ocurran en un período - aceptable de tiempo (por ejemplo 10 años) en el cual se manifieste la probabilidad de que estas ocurran por efectos de -- fenómenos climatológicos, es una manera precisa y racional de hacerlo, pues se utiliza información estadística confiable -- que representa un parámetro numérico bien definido, pero al - parecer se escapan otros aspectos muy importantes.

Las descripciones y definiciones de suelos sujetos a inundaciones deben incluir una descripción de la frecuencia, regularidad, factores originarios y factibilidad de corrección de - las inundaciones con todo detalle que permitan la evidencia.

disponible. Esto es, que aparte de informar con precisión la frecuencia y regularidad, es necesario detallar de qué factores depende el que exista o no inundación en ciertas épocas - del año, así como indicar la factibilidad técnica y económica de corregir tal situación.

Así, pueden presentarse inundaciones por textura pesada, por efectos del relieve, por cercanía con cuerpos de agua; y en cada uno de los casos se puede indicar su posible solución -- así como el grado de dificultad que representaría.

A continuación se presenta la propuesta de clasificación del factor de demérito inundación tomando en cuenta las observaciones hechas en el párrafo anterior.

Clase 1.- No se tienen datos de inundación en los 10 años -- precedentes, y las características de textura y -- geomorfológicas son favorables para el buen drenaje de los suelos.

Clase 2.- Las inundaciones son raras, pero existe la probabilidad de que ocurran por lo menos una y máximo --- tres, en el lapso de los 10 años precedentes. Las condiciones de inundación deben estar sujetas a -- que con cierto trabajo de maquinaria, las condicioo

nes de drenaje resulten favorables para reducir la probabilidad de inundación.

Clase 3.- Pueden esperarse inundaciones, ya durante ciertos meses del año, o en cualquier período de condiciones meteorológicas poco usuales debido a que la textura y/o el relieve son favorables para ello. Se necesita un trabajo de maquinaria pesada y una inversión media para modificar las condiciones del suelo y lograr un buen drenaje. Se tienen datos de que en los 10 años precedentes ha habido por lo menos tres y máximo cinco inundaciones.

Clase 4.- Pueden esperarse inundaciones, ya durante ciertos meses del año o en cualquier período de condiciones meteorológicas poco usuales, debido a que la textura y el relieve son favorables para ello. A menudo estas inundaciones son suficientes para destruir los cultivos o impedir el uso del suelo en un determinado porcentaje de años. Se necesita un trabajo muy fuerte con maquinaria pesada para poder reducir un poco la probabilidad de inundación, lo cual no es recomendable económicamente. La ocurrencia de inundación en los 10 años precedentes es mayor de cinco.

7.2 Clase 2

Como tierras de segunda clase se clasificaron 1773 hectáreas, que representan el 34.9 % del total estudiado. Los suelos de esta clase, generalmente tienen su origen a partir de minerales como las margas arcillosas y lutitas correspondientes al paleoceno del Período Terciario, que al sufrir los procesos de intemperización y erosión geológica formaron a estos suelos. Por lo tanto, el modo de formación y su grado de desarrollo se considera maduro. Los factores de demérito que afectaron a estos suelos fueron textura (S) y pendiente y relieve (t) y se distribuyeron de la siguiente manera:

CUADRO 7 - 6 Clase 2. Factores de demérito y superficie afectada.

Factor de demérito	Superficie (has)	Porcentaje
S ₁ S ₂	72	1.4
T ₁ S ₂	5	0.1
S ₁ S ₃	1668	33.2
T ₁ T ₂	8	0.2
Total	1773	34.9

De donde la combinación $S_1 S_3$ y $S_1 S_2$ resultaron los factores que con mayor influencia afectaron a estos suelos para determinar su ubicación en la segunda clase. La textura (S_1) se encontró compuesta por arcillas friables y poco pesadas y permeabilidad (S_3) se determinó moderadamente lenta, lo cual de acuerdo con la clasificación usada por la SARH se encuentra entre los rangos que se marcan para los suelos de segunda clase.

Al efectuar las pruebas de velocidad de infiltración, se clasificó el carácter de ésta como moderadamente lento, con una velocidad que fluctuó entre 0.51 y 2.03 cm/hr., lo cual indica que los rangos de la clasificación propuesta y los del sistema de discusión quedan de acuerdo.

De la pendiente (T_1), se estimó su variación entre 3 y 6 % y el relieve (T_2) ligeramente ondulado, con lo cual se puede considerar la explotación de los suelos bajo condiciones de riego logrando una alta productividad mediante algunos trabajos mecánicos encaminados a mejorar las condiciones físicas de los mismos.

La profundidad de los lechos rocosos (S_2) solo en algunas pequeñas áreas se encontró a distancias entre 100 y 80 cm, las cuales se ubicaron en las terrazas de formación mas antigua -

de la cuenca del Río San Pedro.

7.3 Clase 3

De clase 3 encontraron 643 hectáreas que representan el 12.6_ por ciento; en general, el origen de estos suelos corresponde a materiales procedentes del Paleoceno del Período Terciario, principalmente margas arcillas y lutitas, las cuales, a través del tiempo han sufrido los procesos de intemperización y erosión geológica y como resultado de estos cambios se ha dado lugar a la formación de los suelos de este tipo. El modo_ de formación de estos suelos ha sido insitu y por el grado de desarrollo debido a que han sufrido alteraciones considera---bles son suelos maduros. Por lo tanto, los factores de demé_rito que mas profundamente contribuyeron a determinar la cla--se de estos suelos provienen de la constitución de la textura de los mismos. Así, podemos ver que la combinación de los --factores de demérito Textura (S_1), Permeabilidad (S_3), Drena--je Superficial (D_1) y Profundidad del Manto Freático son los_ que predominan.

CUADRO 7-7 Clase 3. Factores de demérito y superficie afectada.

Factor de demérito	Superficie	Porcentaje
S ₁ S ₃ T ₂	167	3.3
S ₂ S ₃	24	0.5
S ₁ S ₃ D ₁ D ₂	357	7.0
I	95	1.8
Total	643	12.6

Se tiene una área de 95 hectáreas afectada únicamente por el factor de demérito Inundación y que representa el 1.8 % del total estudiado. Estos suelos difieren de las características generales que guardan los demás pertenecientes a esta clase. Son suelos que se originaron de rocas sedimentarias, arcillas, limos y areniscas arrastrados por la corriente del río San Pedro.

Su formación es aluvial, de materiales acumulados en capas alternadas, con desarrollo muy débil. Se caracterizan por ser depósitos aluviales muy recientes que no presentan un desarrollo del perfil. Son profundos, de texturas ligeras, pen-

diente moderada y drenaje interno excesivo.

Su ubicación en la tercera clase se debe a que por su situación geomorfológica, en los años con mayor precipitación durante la temporada de lluvias sufren inundaciones que impiden algún uso agrícola durante esos días.

La frecuencia de las inundaciones en los 10 años precedentes no excede de 3, lo cual, de acuerdo con la modificación propuesta en párrafos anteriores daría una nueva ubicación, a la segunda clase, siempre y cuando la situación por la cual están demeritados pudiera corregirse con un trabajo no muy pesado de maquinaria.

La combinación $S_1 S_3 T_2$ y $S_1 S_3$ y $S_1 S_3 D_1 D_2$ agruparon al resto de los suelos de la tercera clase, y el comentario que se puede hacer después de haber discutido los citados factores de demérito es que la velocidad de infiltración varió de 0.13 a 0.51 cm, lo que la caracteriza como lenta y la ubica en la tercera clase de lo que se propuso anteriormente, lo cual concuerda con la clasificación usada por la SARH, pero con la ventaja de que se manejan parámetros numéricos.

7.4 Clase 4

De los suelos de clase 4 se encontraron 498 hectáreas, que --

representan el 9.8% del total estudiado. Las áreas comprendidas dentro de esta clase se localizan en partes altas con relieve irregular que varía de ondulado a fuertemente ondulado. La pendiente varía de 4 a 20%, por lo que se considera que estos suelos no son aptos para cultivos de escarda. Tienen su origen en los materiales geológicos superficiales constituidos por lutitas arcillosas y areniscas fuertemente intemperizadas. Dado su incipiente desarrollo presentan un horizonte A e inmediatamente un horizonte de transición al C. Estos suelos presentan el horizonte A delgado, con gravas y piedras angulares dispuestas en forma dispersa.

De lo anterior se deriva la influencia que los factores de mérito extrínsecos tienen para ubicar a los suelos que se describieron como de cuarta clase.

El relieve, la pendiente, la pedregosidad y las incidencias de inundación conforman el conjunto de factores externos que limitan a estos suelos, junto con la profundidad de los suelos, para ser explotados bajo condiciones de riego. Todos ellos ya se han discutido en los comentarios precedentes y la única observación sería que no se hicieron los trabajos de clasificación con las reformas propuestas por no contar con los elementos necesarios para ello.

CUADRO 7-8 Clase 4. Factores de demérito y superficie afectada.

Factor de Demérito	Superficie	Porcentaje
I	150	2.95
T ₁ T ₂ S ₂ P ₁ P ₂	198	2.90
S ₂ T ₁ T ₂	34	0.66
T ₁ T ₂	82	1.62
I T ₁ T ₂	34	0.67
Total	498	9.80

7.5 Clase 6

De la clase 6 se encontraron 69 hectáreas, 1.4 % del total estudiado, que son suelos definitivamente no irrigables por las características que presentan. Las áreas comprendidas -- dentro de esta serie se localizan en partes altas con topografía irregular y en faldas de lomeríos con pendiente pronunciada, están caracterizados por un relieve muy ondulado que ocasiona que el drenaje superficial sea en general muy rápido -- llegando a producir un tipo de erosión laminar hídrica que -- desgasta el horizonte superficial, principalmente en los lugares donde no existe una cubierta vegetal adecuada. El relieve es predominantemente irregular y varía de ondulado a fuertemente ondulado y en algunas ocasiones llega a ser escarpado. La pendiente es predominantemente mayor de 20 %.

Todos los factores de demérito ya se han discutido con anterioridad, y del factor erosión (E), es conveniente observar -- que no se realizaron trabajos con los métodos de cuantificación propuestos por la carencia de los elementos necesarios -- para ellos.

CUADRO 7-9 Clase 6. Factores de demérito y superficie afectada.

Factor de demérito	Superficie	Porcentaje
S ₂ T ₁ T ₂	56	1.13
T ₁ T ₂ S ₂ P ₁ P ₂ E	7	0.14
P ₁ P ₂	6	0.13
Total	69	1.4

Por último, se calculó una superficie cubierta por el cauce - del Río San Pedro de 106 hectáreas y un área cerril de 1565 - hectáreas que representan el 2.1 y el 30.08 % respectivamente del total estudiado.

CAPITULO 8. CONCLUSIONES.

CAPITULO 8

CONCLUSIONES

En el capítulo anterior se han propuesto algunas reformas a los parámetros de los factores de demérito de la clasificación con fines de riego que se ha discutido, de las cuales se hace un resumen con los cuadros y las observaciones necesarias, como parte de las conclusiones, en el subcapítulo 8.1.

Por otra parte, se puede concluir que algunas de las determinaciones propuestas no son sencillas de practicar, y en algunas otras resulta costoso utilizar la metodología propuesta. Por ejemplo, en los casos concretos de los factores de deméri

to inundación, pendiente y relieve, y pedregosidad en la superficie y en el perfil las modificaciones están hechas sustancialmente en lo que se refiere a los argumentos para la definición de las clases. El método por sí mismo, no requiere de una inversión mayor, solamente se necesita un margen mas amplio de tiempo para poder hacer las observaciones.

En referencia a la salinidad de los suelos, se señalan algunas deficiencias en los parámetros numéricos de la conductividad eléctrica, pues no se consultan las características físico-químicas de los suelos para lograr determinaciones más precisas, y como se pudo observar, solo se deja esbozado el planteamiento, puesto que la proposición concreta de las modificaciones requiere de un estudio más profundo dadas las particularidades que guarda cada suelo con sus condiciones edáficas.

A los parámetros del factor de demérito erosión se les han -- propuesto algunas modificaciones sustanciales que resultan difíciles de efectuar y un tanto costosas. Como se mencionó, se propone encontrar la equivalencia del sistema de clasificación en discusión con la clasificación de la FAO-UNESCO por -- grados de erosión, y la utilización de los métodos de cuantificación de pérdida de suelo por erosión que señala el Manual de Conservación del Suelo y el Agua del Colegio de Postgraduados de Chapingo; métodos que requieren de un trabajo de campo

más amplio y de la aplicación de mayores recursos para su ejecución, lo cual es necesario evaluar particularmente para cada uno de los casos concretos en que se vaya a utilizar.

Asimismo, a los parámetros del factor de demérito permeabilidad, se les han propuesto algunas reformas importantes, principalmente en cuanto a la metodología para determinar la velocidad de infiltración del agua en el suelo, las cuales también requieren de un mayor trabajo de campo pero que no resultan tan costosas como las que se plantean para los parámetros del factor de demérito erosión.

En términos generales se puede concluir que el sistema de clasificación con fines de riego que usa la SARH tiene ciertamente algunos aspectos anacrónicos que continúan utilizándose en la actualidad, por lo que es necesario evaluar constantemente los beneficios que aporta su utilización, y en los casos que así se requiera, hacer las modificaciones necesarias. En todos los casos, es importante hacer la valoración de las modificaciones que se proponen con respecto a los beneficios y -- las inversiones que conllevan dichas reformas, pues un sistema de clasificación de ese tipo debe ser fundamentalmente --- útil y práctico.

Por lo tanto, considero que el presente trabajo de tesis re--

presenta un modesto intento por lograr la actualización del método, y que constituye uno de los muchos puntos de partida para iniciar el trabajo de reestructuración del sistema de clasificación con fines de riego.

8.1 Modificaciones propuestas.

En este subcapítulo se presentan los cuadros y el resumen de los parámetros de los factores de demérito a los cuales se les propone hacer algunas modificaciones para su mejor uso.

8.1.1 Textura (S_1)

La determinación de la textura se logró en base a parámetros numéricos, pues se ubicó dentro del triángulo textural que establece porcentajes de arena, arcilla y limo, para texturas definidas. Por lo tanto, no se considera necesario modificar los rangos numéricos para la clasificación de los suelos, pues se obtienen buenos resultados utilizando la clasificación que hace la SARH, en ése aspecto.

8.1.2 Profundidad de los lechos rocosos (S_2) .

La profundidad de los lechos rocosos y roca fracturada se ob-

tiene directamente por medio de la medición de el grosor del solum. Los rangos que establece el sistema en discusión se toman a partir de la posible influencia del sistema radicular de las plantas, por lo que se considera que tienen vigencia y en modo alguno se propone modificarlas.

8.1.3 Permeabilidad (S_3)

En lo que se refiere a permeabilidad (S_3), se establece que la determinación de las características de infiltración del agua y de transmisión del aire se logra a partir del examen visual de cada uno de los horizontes de manera cualitativa, lo que significa que este factor de demérito no tiene parámetros numéricos que permitan aplicar con suma precisión la metodología para la clasificación de las tierras con fines de riego.

Los conjuntos de clases relativas de permeabilidad y su relación con las clases del sistema de clasificación usado, se presenta en el cuadro número 8-1, en el cual pueden apreciarse los parámetros numéricos que se proponen y que están extraídos del Manual de Levantamiento de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica.

CUADRO Nº 8-1 CLASES RELATIVAS DE PERMEABILIDAD PROPUESTAS Y SU RELACION CON LAS CLASES AGRICOLAS DEL SISTEMA DE CLASIFICACION EN DISCUSION.

Carácter	Velocidad posible en cm/hr*	Clase agrícola con fines de riego a - que pertenece.
Lento		
1.- Muy lento	menos de 0.13 cm	cuarta
2.- Lento	0.13 a 0.51 cm	tercera
Moderado		
3.- Moderadamente lento	0.51 a 2.03 cm	segunda
4.- Moderado	2.03 a 6.35 cm	primera
5.- Moderadamente rápido	6.35 a 12.70 cm	segunda
Rápido		
6.- Rápido	12.70 a 25.40 cm	tercera
7.- Muy rápido	más de 25.40 cm	cuarta

* Estas son velocidades sugeridas bajo una carga hidráulica de media pulgada (1.27 cm)

8.1.4 Salinidad (A_1)

Existen parámetros numéricos bien definidos de concentraciones salinas que ubican a los suelos en alguna de las cinco -- clases consideradas, pero no se toma en cuenta que las características edáficas de ciertos suelos, soportan concentraciones de sales mas altas que las definidas, y que no afectan el desarrollo de los cultivos establecidos. A estos suelos no se les puede ubicar dentro de las clases que suscribe esta metodología sin antes analizar el papel que juega como amortiguador de las reacciones químicas que en él se producen, pues si se consideran únicamente los valores de la conductividad eléctrica, probablemente resultaría que dichos suelos no son aptos para riego.

8.1.5 Sodicidad (A_2)

Los rangos utilizados y los métodos de cuantificación se consideran adecuados para este factor de demérito.

8.1.6 Pedregosidad en el perfil (P_1)

Se consideran adecuados el tipo de determinación y la unidad de descripción para éste factor de demérito.

8.1.6 Pedregosidad en la superficie. (P_2)

A continuación se presenta la proposición para el factor de -
demérito (P_2)

Clase 1

Sin piedras o con muy pocas piedras que no interfieren en for-
ma alguna con el cultivo. Las piedras cubren menos de 0.01 %
del área.

Clase 2

Piedras suficientes para interferir pero no para imposibili-
tar las labores requeridas por los cultivos de escarda. Si -
las piedras tienen un diámetro de 30 cm y están de 10 a 30 me-
tros una de otra, ellas ocupan una superficie entre 0.01 y -
0.1 % del área y en una ha a 30 cm de profundidad se encontra-
rán 0.22 a 2.25 metros cúbicos de piedra.

Clase 3

Piedras suficientes para imposibilitar las labores requeridas
por los cultivos de escarda pero el suelo puede prepararse pa-
ra la siembra de forrajes, siempre que las otras característi-
cas edafológicas sean favorables. Si las piedras tienen 30 -
cm de diámetro y están una de otra entre 1.5 y 10 m ocupan
una superficie entre 0.1 y 3 %, y hay en cada hectárea a 30 -

cm de profundidad un volúmen de 2.25 a 76 metros cúbicos.

Clase 4

Suficientes piedras para impedir todo uso de maquinaria, ----
excepción hecha de maquinaria muy liviana o herramienta de ma
no ahí donde otras características del suelo son favorables -
para la siembra de pastos. Los suelos con esta clase de pe--
dregosidad pueden utilizarse con pastos naturales o con bos--
que, dependiendo de sus otras características, si las piedras
tienen un diámetro de 0.75 a 1.5 m, éstas ocupan una exten---
sión del 3 al 15% de la superficie y existe un volúmen por --
hectárea a 30 cm de profundidad de 76 a 366 metros cúbicos.

Clase 6

Piedras en cantidad suficiente para hacer todo uso de maquina
ria totalmente imposible; la tierra puede tener algún valor -
para ser utilizada con pastos de calidad inferior o para bos-
que. Si las piedras tienen un diámetro de 30 cm y están a --
0.75 m o menos unas de otras, éstas ocupan del 15 al 90% de_
la superficie y hay mas de 366 metros cúbicos en cada hectá--
rea a 30 cm de profundidad.

8.1.8 Afloramientos rocosos (P₃)

La rocosidad, como la pedregosidad pueden clasificarse de ---

acuerdo con la superficie que ocupen, como a continuación se describe:

Clase 1

No existen afloramientos de la roca firme, y si existen son muy escasos para interferir con la labranza. El porcentaje de lecho rocoso expuesto ocupa menos del 25% de la superficie.

Clase 2

Afloramientos de la roca firme en cantidad suficiente para interferir con la labranza, pero no tantos como para hacer imposible el cultivo a escarda. Las exposiciones rocosas se encuentran aproximadamente de 30 a 90 unas de otras y cubren del 2 al 10 % de la superficie.

Clase 3

Afloramientos de la roca firme suficientes para hacer la labranza de cosechas escardadas impracticable; sin embargo se puede trabajar el suelo para heno o pastos mejorados si las otras características edáficas son favorables. Los afloramientos se encuentran aproximadamente de 10 a 30 m de distancia unos de otros y cubren del 10 al 25% de la superficie, lo cual depende de su distribución.

Clase 4

Afloramientos rocosos en cantidad suficiente para impedir todo uso de maquinaria, excepto la muy liviana en donde las demás características del suelo son muy favorables para el desarrollo de pastos mejorados. Puede ser usada para pastoreo natural o para bosque, lo cual depende de las demás características edáficas. Las rocas expuestas o las manchas de suelo demasiado delgadas para uso se encuentran aproximadamente cada 3 a 10 m una de otra y cubren del 25 al 50% de la superficie, lo cual depende de la disposición en que se encuentren.

Clase 6

Afloramientos rocosos (o suelo muy delgado sobre roca) en cantidad suficiente para hacer imposible el uso de maquinaria. - La tierra puede tener algún valor para pastos pobres o para silvicultura. Los afloramientos rocosos se encuentran cada 3 metros o menos y cubren del 50 al 90% del área.

CUADRO NR 8-2 DISTANCIAS APROXIMADAS ENTRE PIEDRAS Y METROS CUBICOS DE PIEDRA QUE SE ENCUENTRAN EN UNA -- HECTAREA A 30 CM DE PROFUNDIDAD CON PORCENTAJES DE SUPERFICIE CUBIERTA.

Diámetro de las piedras en m.	Distancia entre piedras, centro a centro, en m.	Porcentaje de área cubierta con piedras.	Metros cúbicos de piedra a 30 cm de profundidad.
0.60	3.30	3	148
	1.50	15	740
	0.80	50	2470
0.30	1.65	3	72
	0.75	15	
	0.40	50	1234
0.15*	0.80	3	36
	0.36	15	184
	0.21	50	616

* GUIJARROS

8.1.9 Erosión (E)

Para este factor de demérito, se propone utilizar la clasificación por grados de erosión de la FAO-UNESCO como se muestra en el cuadro 8-3.

CUADRO Nº 8-3 PROPOSICION PARA LAS EQUIVALENCIAS DE CLASES ENTRE LA CLASIFICACION PARA LA EROSION DE LA FAO-UNESCO, Y LA DEL SISTEMA QUE UTILIZA LA SARH.

Clasificación FAO-UNESCO Para la erosión.	Clasificación con fines de riego.
A	1
A/B	2
B	3
B/C	4
C	6

NOTA: ver cuadro 8-4 "Clasificación FAO para la erosión".

CUADRO 8-4 CLASIFICACION FAO PARA EROSION (1954)

CLASE	NOMBRE DE LA CLASE	DEFINICION DE LA CLASE
A	Erosión no manifiesta	Es aquel suelo que ha perdido menos del 25% de la capa superficial, pero que admite un 10% de su superficie total - con grado de erosión de B ó C.
A/B	Erosión leve	Es aquel suelo que ha perdido menos del 25% de la capa superficial, pero que tiene de un 10 a un 25 % de su superficie total con grado de erosión B ó C.
B	Erosión moderada	Es aquel suelo que ha perdido del 25 al 75% de la capa superficial, pero que admite un 10% de su superficie total - con grado de erosión A ó C.
B/C	Erosión severa	Es aquel suelo que ha perdido del 25 al 75% de la capa superficial, pero que tiene de un 10 a un 25% de su superficie total con grado de erosión de A ó C.
C	Erosión muy severa	Es aquel suelo que ha perdido más del 75% de la capa superficial, aunque tenga un 25% de su superficie total con grado de erosión A ó B.

8.1.10 Pendiente (T_1) y relieve (T_2)

Aunque el relieve y la pendiente tienen características individuales en esencia diferentes, la interrelación profunda que guardan, determina que se deba hacer un análisis en conjunto de las dos para definir racionalmente la clase agrícola a que pertenece. Por lo tanto, a continuación se presentan las unidades de descripción de éstos factores de demérito de manera conjunta.

Clase 1

En esta clase se incluyen áreas de suelo a nivel o casi a nivel en los cuales el escurrimiento superficial es lento. La pendiente del terreno por sí sola no ofrece dificultad alguna para la utilización de la maquinaria agrícola. No hay tampoco posibilidades de erosión hídrica significativa excepto posiblemente en suelos de superficie muy extensa y homogénea -- donde la pendiente vaya en una misma dirección.

Límites	Denominaciones
Inferior: 0 por ciento.	Pendientes simples a nivel; o -- a nivel y casi a nivel.
Superior: 1 a 2 por ciento.	Pendientes complejas a nivel; o a nivel y casi a nivel.

Clase 2

A esta clase pertenecen las áreas suavemente onduladas o suelos de pendientes suaves en los cuales el escurrimiento superficial es lento o de velocidad media para la mayoría de los suelos. La pendiente no limita el uso de todos los tipos de maquinaria agrícola ordinaria. Los suelos con pendiente B -- varían ampliamente en cuanto a susceptibilidad a la erosión, -- la cual depende de otras características. En algunos suelos con esta pendiente la erosión no ofrece ningún problema serio mientras que para el cultivo de otros muy susceptibles a la erosión se necesita la protección de terrazas u otras prácticas de manejo.

Límites

Denominaciones

Inferior: 1 a 2 por ciento.	Pendientes simples.- suave; o -- muy suaves y suave.
Superior: 4 a 6 por ciento.	Pendientes complejas.- ondula-- das; o suavemente onduladas y -- onduladas.

Clase 3

En esta clase están comprendidas las áreas ligeramente quebradas, quebradas, o fuertemente quebradas, en las cuales el escurrimiento es de medianamente rápido a rápido para la mayoría de los suelos. En cuanto se relaciona con la pendiente, --

todos los tipos de maquinaria agrícola pueden usarse con éxito aunque se pueden tener algunas dificultades para la utilización de maquinaria grande y de tipo pesado. Los suelos con pendiente C varían ampliamente en cuanto a su susceptibilidad a la erosión bajo cultivo, lo cual depende de las otras características edáficas de manejo. En unos pocos suelos, la erosión no ofrece problemas serios o puede controlarse por medio de las prácticas relativamente simples, mientras que otros deben manejarse con sumo cuidado y utilizarse la mayor parte -- del tiempo con cultivos de crecimiento denso, con cultivos en donde los suelos, desde los demás puntos de vista, sean apropiados.

Límites

Denominaciones

Inferior: 5 a 7 por ciento.

Pendientes simples.- pendientes; o pendientes y fuertemente pendientes.

Superior: 10 a 12 por ciento.

Pendientes complejas.- quebradas; o suavemente quebradas y quebradas.

Clase 4

Esta clase está formada por las áreas de suelo muy fuertemente pendientes o montañosos en los cuales el escurrimiento es rápido o muy rápido en la mayoría de los suelos. A menos de

que las pendientes sean muy complejas, la mayor parte de la maquinaria agrícola puede usarse pero con dificultad, especialmente los tipos más pesados. Los suelos con pendientes D son susceptibles de erosionarse cuando se los dedica a cultivos escardados, excepto aquellos más permeables, como por ejemplo lo Lateríticos bien desarrollados. Aunque hay muchas excepciones, la división entre los suelos apropiados para rotaciones ordinarias que incluyen cultivos de escarda y aquellos apropiados únicamente para pastos o para rotaciones dominadas por cultivos formadores de césped, cae comúnmente en el punto que divide las pendientes de Clase C de las de Clase D.

Límites	Denominaciones
Inferior: 10 a 12 por ciento.	Pendientes simples.- moderadamente escarpado.
Superior: 13 a 15 por ciento.	Pendientes complejas.- cerriles.

Clase 5

En esta clase se incluyen los suelos de áreas con pendientes muy pronunciadas o muy cerriles en las cuales el escurrimiento superficial es muy rápido para la mayoría de los suelos. - Aquí puede usarse únicamente el tipo de maquinaria más liviano. La susceptibilidad de los suelos con pendientes E a la -

aradura varían ampliamente. Si los suelos son muy fuertes y permeables, puede dar buen pasto, huertos y aún cultivos de escarda siempre que se usen prácticas de manejo adecuadas. En muchos suelos montañosos o escarpados, la distinción entre las áreas que pueden utilizarse para la producción de pastos y aquellos que deben dedicarse a bosque, cae en la línea divisoria entre E y D.

Límites	Denominaciones
Inferiores: 15 a 16 por ciento.	Pendiente simple - escarpada.
Superiores: 16 a 20 por ciento.	Pendientes complejas - escarpadas.

Clase 6

Esta distinción de clase de pendiente sobre la clase E se usa para los suelos que son raramente fértiles y permeables y en donde por lo tanto se hace necesaria.

Límites	Denominaciones
Inferiores: 20 por ciento.	Muy escarpada.
Superiores: ninguno.	

CUADRO Nº 8-5 PENDIENTE. EQUIVALENCIAS DE CLASIFICACION

<u>Clasificación usada por la SARH</u>		<u>Clasificación propuesta</u>	
Clase	Rangos (%)	Clase	Rangos (%)
1	0 - 3	1	0 a 1-2
2	3 - 6	2	1-2 a 4-6
3	6 - 12	3	5-7 a 10-12
4	12 - 20	4	10-12 a 13-15
5	_____	5	15-16 a 16-20
6	mayor de 20	6	mayor de 20

• En lo que se refiere a relieve, se incluyen las modificaciones en "Denominaciones".

8.1.11 Drenaje superficial (D_1)

A continuación se proponen seis clases, las cuales se basan en el movimiento relativo del agua sobre la superficie, determinado por las características del perfil, la pendiente, el clima y la cobertura; que aunque no están basados en parámetros estrictamente numéricos si describen con claridad la manera de delimitar las clases.

Clase 1

Medio.- El agua superficial escurre con tal velocidad que sólo una proporción moderada penetra en el suelo y sobre la superficie únicamente se encuentra agua libre por períodos cortos. Una gran parte de la precipitación es absorbida por el suelo y utilizada por las plantas, o se pierde por evaporación o se mueve hacia abajo hasta alcanzar canales subterráneos. Cuando el escurrimiento superficial es medio, la pérdida de agua en la superficie no reducen en forma seria la cantidad aprovechable para el crecimiento vegetal. El peligro de erosión puede ser de ligero a moderado cuando se cultivan suelos con esta clase de drenaje.

Clase 2

Lento.- El agua superficial se escurre tan lentamente que se halla agua libre cubriendo la superficie por períodos de tiempo

po significativos o bien penetra en el suelo tan rápidamente_ que una gran parte pasa a través del perfil o se evapora. -- Los suelos con una velocidad de escurrimiento superficial lenta están a nivel o en pendientes muy suaves, o bien absorven_ el agua de precipitación muy rápidamente. Normalmente en estos suelos no hay peligro de erosión o el peligro es muy reducido.

Clase 3

Rápido.- Una gran proporción de la precipitación se mueve rápida mente sobre la superficie del suelo y sólo una pequeña -- parte lo hace a través del perfil del suelo. El agua super-- ficial escurre casi tan rápidamente como llega. Los suelos - con escurrimiento superficial rápido generalmente tienen pen-- dientes pronunciadas o moderadamente pronunciadas y tienen ba ja capacidad de infiltración. El peligro de erosión es gene-- ralmente de moderado a alto.

Clase 4

Muy lento.- El agua superficial escurre tan lentamente que - hay agua empozada en la superficie por períodos largos o bien se embebe inmediatamente en el suelo. Gran parte del agua se filtra a través del suelo o se evapora y pasa al aire. Los - suelos con escurrimiento superficial muy lento están a nivel_ o en pendientes muy suaves, o son abiertos y muy porosos.

Clase 5

Muy rápido.- Una cantidad muy grande del agua se mueve rápidamente sobre la superficie del suelo y solamente una pequeñísimí parte se infiltra a través del perfil. El agua superficial escurre tan rápidamente como llega. Los suelos con velocidad de escurrimiento superficial muy rápido usualmente se encuentran en pendientes pronunciadas o muy pronunciadas y -- tienen capacidad de infiltración muy bajas. El peligro de -- erosión es comúnmente alto o muy alto.

Clase 6

Empozado.- El agua que llega al suelo ya sea como lluvia o -- como escurrimiento proveniente de tierras circundantes más altas no escurre. La cantidad total de agua tiene que ser removida de áreas empozadas, por movimiento a través del suelo o por evaporación, es generalmente mayor que el total caído por precipitación. El empozamiento se presenta generalmente en -- zonas bajas y puede fluctuar con las estaciones.

8.1.12 Profundidad del manto freático (D_2)

Este factor de demérito se obtiene mediante la medición de la profundidad a que se encuentre la capa freática, por lo que -- se consideran adecuados el tipo de determinación y la unidad

CUADRO Nº 8-6 DRENAJE SUPERFICIAL. EQUIVALENCIAS DE CLASIFICACION.

<u>Clasificación usada por la SARH</u>		<u>Clasificación propuesta</u>	
Clase	Enunciado	Clase	Enunciado
1	Bueno.	1	Medio.
2	Moderado.	2	Lento.
3	Lento o rápido.	3	Rápido.
4	Muy lento o muy rápido.	4	Muy lento.
5	_____	5	Muy rápido.
6	_____	6	Empozado.

de descripción.

La única observación que se hace se refiere a que la profundidad del manto freático puede medirse en época de lluvias o en época seca. En época de lluvias, obviamente, es lo más recomendable pues de otra manera no se pueden apreciar los niveles que alcanza la capa freática.

8.1.13 Profundidad del estrato impermeable (D_3)

La profundidad del estrato impermeable está bien definida por los parámetros del sistema de clasificación, por lo que no se considera conveniente modificar el tipo de determinación y la unidad de descripción.

8.1.14 Inundación. (I)

La clasificación de suelos sujetos a inundación debe incluir una descripción de la frecuencia, regularidad, factores originarios y factibilidad de corrección de las inundaciones con todo el detalle que permita la evidencia disponible. Esto es, que aparte de informar con precisión la frecuencia y regularidad, es necesario detallar de qué factores depende el que exista o no inundación en ciertas épocas del año, así como indicar la factibilidad técnica y económica de corregir tal si-

tuación.

A continuación se presenta la propuesta de clasificación del factor de demérito inundación tomando en cuenta las observaciones hechas en el párrafo anterior.

Clase 1

No se tienen datos de inundación en los 10 años precedentes, y las características de textura y geomorfológicas son favorables para el buen drenaje de los suelos.

Clase 2

Las inundaciones son raras, pero existe la probabilidad de -- que ocurran por lo menos una y máximo tres, en el lapso de -- los 10 años precedentes. Las condiciones de inundación deben estar sujetas a que con cierto trabajo de maquinaria, las condiciones de drenaje resulten favorables para reducir la probabilidad de inundación.

Clase 3

Pueden esperarse inundaciones, ya durante ciertos meses del año, o en cualquier período de condiciones meteorológicas poco usuales debido a que la textura y/o el relieve son favorables para ello. Se necesita un trabajo de maquinaria pesada y una inversión media para modificar las condiciones del sue-

lo y lograr un buen drenaje. Se tienen datos de que en los - 10 años precedentes ha habido por lo menos tres y máximo cinco inundaciones.

Clase 4

Pueden esperarse inundaciones, ya durante ciertos meses del - año o en cualquier período de condiciones meteorológicas poco usuales, debido a que la textura y el relieve son favorables_ para ello. A menudo estas inundaciones son suficientes para_ destruir los cultivos o impedir el uso del suelo en un deter- minado porcentaje de años. Se necesita un trabajo muy fuerte con maquinaria pesada para poder reducir un poco la probabili- dad de inundación, lo cual no es recomendable económicamente. La ocurrencia de inundación en los 10 años precedentes es ma- yor de cinco.

BIBLIOGRAFIA

B I B L I O G R A F I A

- 1.- COLEGIO DE POSTGRADUADOS, ENA. Instructivo para el -
muestreo, registro de datos e interpretación de la cali-
dad de agua para riego agrícola. SAG, Texcoco, México,
1970.
- 2.- COLEGIO DE POSTGRADUADOS, CHAPINGO. Manual de conser-
vación del suelo y el agua. SARH - SPP. Texcoco, Mé-
xico, 1977.
- 3.- DE LA PEÑA, I. El buen uso y manejo del agua de rie-
go. SARH. México, 1978.
- 4.- INSTITUTO DE GEOLOGIA. Carta geológica del estado de
Hidalgo, escala 1:500 000. UNAM, México, 1977.
- 5.- DEPARTMENT OF THE INTERIOR BUREAU OF RECLAMATION MANUAL,
U.S.A. Manual de clasificación de tierras con fines_
de riego. Vol. V. Trad; Ing. Antonio V. Estrada. -
Caracas, 1963.
- 6.- FACTORES Y PARAMETROS PARA LA CLASIFICACION CON FINES DE
RIEGO QUE USA LA SARH.

- 7.- GARDNER Y GARDNER. Física de suelos. 1a. edición.
Editorial UTEHA. México, 1973.
- 8.- JIMENEZ LOPEZ J. Instructivo para la determinación -
del clima de acuerdo al segundo sistema de Thornthwaite.
SARH. México, D.F. 1979.
- 9.- LOPEZ RAMOS E. Geología de México. Edición del au-
tor. México, 1977.
- 10.- MEXICO, DIRECCION DE AGROLOGIA. Especificaciones ge-
nerales para estudios agrológicos. SRH. 1970.
- 11.- MEXICO, DIRECCION GENERAL DE CONSERVACION DEL SUELO Y EL
AGUA. Conservación del suelo y el agua. SAG. -
1975.
- 12.- MEXICO, DIRECCION DE HIDROLOGIA. Boletín hidrológi-
co Nº 32, de la región hidrológica Nº 26. SARH, 1979.
- 13.- ORTIZ VILLANUEVA B. Edafología. 2a. edición. -
Chapingo, México. 1980.
- 14.- SUBDIRECCION DE AGROLOGIA. Informe del Estudio Agro-
lógico Semidetallado del Proyecto de Riego de Hules-Cala

bozo, Ver. SARH. México, D. F. 1979.

15.- U.S. DEPARTAMENT OF AGRICULTURA OF HANDBOOK Nº 18. MANUAL DE LEVANTAMIENTO DE SUELOS. Trad: Ing. Agrónomo Castillo B. Caracas, 1965.

16.- U.S. DEPARTAMENT OF AGRICULTURA. Manual de agricultura Nº 60. Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos. Riverside, Calif. 1953. Trad. al español_ por Sánchez, D. N., et al.

17.- Torres Cossío Ricardo. Fotogrametría y Fotointerpre-- tación Aplicada a Suelos. Mimeografiado. México, --- 1979.