

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala



Integración de los Factores Climáticos y Edáficos de la Región de Alcholoja Hidalgo como un Recurso para el Mejor Aprovechamiento de los Suelos

T E S I S

Que para obtener el título de:

B I O L O G O

p r e s e n t a n :

Mercedes Blanca Estela Reséndiz Torres

Fernando Carmona Picazo

MEXICO, D. F.

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.

Porque su recuerdo me ha servido como motivación constante para mi superación y recordando siempre su ejemplo y cariñosas palabras de estímulo hacia mi, con todo mi amor a la memoria de mi Padre:

JOSÉ RESÉNDIZ MAYA

Con todo mi amor a esa gran mujer que me brindó y enseñó lo mejor de esta vida, a mi querida Madre:

ALTAGRACIA TORRES VDA. DE RESÉNDIZ.

A mis hermanas y hermanos con-
todo mi cariño y afecto, espe-
cialmente por su apoyo moral y
económico a:

MA, TERESA Y JESÚS.

Con gran cariño y brindandoles
mi amistad a:

MIS SOBRINAS Y SOBRINOS

Por estar compartiendo con él esta mutua alegría que es la realización de nuestra tesis, y por haberme brindado a cada momento no sólo su amor y comprensión, sino además su apoyo y amistad. Con todo - mi amor a:

FERNANDO CARMONA PICAZO

Por nuestra amistad tan llena de afecto, cariño y comprensión que siempre estará en mi recuerdo. A la memoria de esa gran persona que fue mi compañerita:

MA. ISABEL REYES MTZ.

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS

Cuyas vivencias han llenado mi vida de felices momentos.

Por esa larga amistad en la que las dos hemos encontrado mutuo apoyo, cariño y comprensión, a mi gran amiga:

Psic. MARTHA OFELIA SOLÍS H.

Por esa hermosa amistad que ha perdurado a través de los años, en los cuales he podido siempre encontrar a un gran amigo con afecto a:

Lic. ADRIÁN HERNÁNDEZ GUZMÁN.

Por su orientación y ayuda en el enfoque práctico de esta tesis, - y sin cuya colaboración desinteresada no hubieramos podido realizarla. Con todo nuestro afecto y agradecimiento al:

M. EN HID. ARTURO S. RODRIGUEZ V.

Por habernos brindado su apoyo moral y orientación técnica al:

ING. AGR. MEZA FELLINER

Con agradecimiento a nuestros Sinodales y
Asesores, por su atinada orientación y -
apoyo brindado:

BIÓL. ANTONIO MEYRAN CAMACHO
BIÓL. JONATHAN FRANCO LÓPEZ
BIÓL. ENRIQUE KATO MIRANDA
BIÓL. JOSÉ LUIS CAMARILLO RANGEL
BIÓL. JAIME ANGELES ANGELES.

I N D I C E

	PAGS.
RESUMEN	1
CAPITULO I	
OBJETIVOS.	2
CAPITULO II	
INTRODUCCIÓN	
Generalidades	3
Descripción de área de estudio	6
Localización del área de estudio (fig. 1)	7
CAPITULO III	
MATERIAL Y MÉTODOS	
1.- Reconocimiento directo de campo	9
2.- Perforación y muestreo de perfiles agrológicos	9
3.- Métodos utilizados en las determinaciones -	
físico - químicas de los suelos	9
** Conductividad eléctrica	14
** Aniones y cationes solubles	
Calcio, Magnesio, bicarbonatos y carbonatos	17
** Cloruros	22
** Sulfatos	23
** Sodio intercambiable	25
** Sodio soluble	27
** Determinación del color del suelo	29
** Textura	29
4.- Determinación del clima	29
CAPITULO IV	
RESULTADOS	
** Descripción del perfil representativo	34
** Tabla IV - 1 valores promedio de los pozos muestreados	36

**	Tabla IV - 6 y 6a datos climatológicos , ,	41
**	Cuadro IV - 7 Cálculo del clima de la - estación Alcholoya , , , , , , , , , ,	43
**	Tabla IV - 8 Analisis físico - químico del agua para riego , , , , , , , , , ,	47
CAPITULO V		
ANALISIS DE RESULTADOS		
**	Propiedades físicas del suelo , , , , , , , ,	48
**	Propiedades químicas del suelo , , , , , , , ,	49
**	Analisis de los datos meteorológicos , , , ,	54
	a) Precipitación, , , , , , , , , , , , , ,	54
	b) Temperatura, , , , , , , , , , , , , ,	55
**	Clasificación del Clima, , , , , , , , , ,	55
**	Características del agua para riego, , , , ,	55
**	Especificaciones técnicas de los cultivos recomendados , , , , , , , , , , , , , ,	59
	CONCLUSION , , , , , , , , , , , , , ,	61
	BIBLIOGRAFIA, , , , , , , , , , , , , ,	62
	ANEXO I - 1	
	CLASES DE SUELOS, , , , , , , , , , , , , ,	65
	ANEXO II - 1	
	ELEMENTOS DEL CLIMA , , , , , , , , , ,	70
	ANEXO II - 2	
	SECUELA DE CÁLCULO PARA CLASIFICAR EL CLIMA, , , , , , , , , , , , , ,	72

RESUMEN

La investigación desarrollada en esta tesis - consiste en un estudio edafológico y climatológico realizado en el poblado de Alcholoaya, Hidalgo; dichos estudios están encaminados a una mejor explotación de los suelos, tomando en cuenta la relación que existe entre estos dos factores.

Las determinaciones físico - químicas de los suelos los clasifican como francos y con un drenaje adecuado, también - se encontró que su contenido de nutrientes es en cantidades mínimas suficientes y sin acumulación de sodio ó potasio que pudieran ocasionar - a corto ó largo plazo problemas de ensalitramiento.

Del análisis de las tablas meteorológicas obtenidas en la estación meteorológica del poblado se determinó, mediante el sistema de C.W. Thornthwaite el tipo de clima de la región, el cual es de tipo semi - seco y sin excedentes de agua ocasionado por la escasa precipitación pluvial. Es por esto que se hace destacar el uso de riego - complementario, ya que el agua de esta región puede utilizarse libremente, debido a que, al hacer su análisis físico - químico se determinó que - no ocasiona problemas de ensalitramiento.

OBJETIVOS

El objetivo general de esta tesis consiste en determinar las características edafológicas de la región de Alcholya - Hidalgo; relacionandolas con las variaciones estacionales del clima, - para un mejor aprovechamiento de esta zona.

Para alcanzar el objetivo general se establecen los siguientes objetivos particulares :

- 1.- Obtención de los análisis físicos y químicos del suelo.*
- 2.- Determinar las fluctuaciones predominantes del clima, - y la variación estacional de los valores medios.*

INTRODUCCION

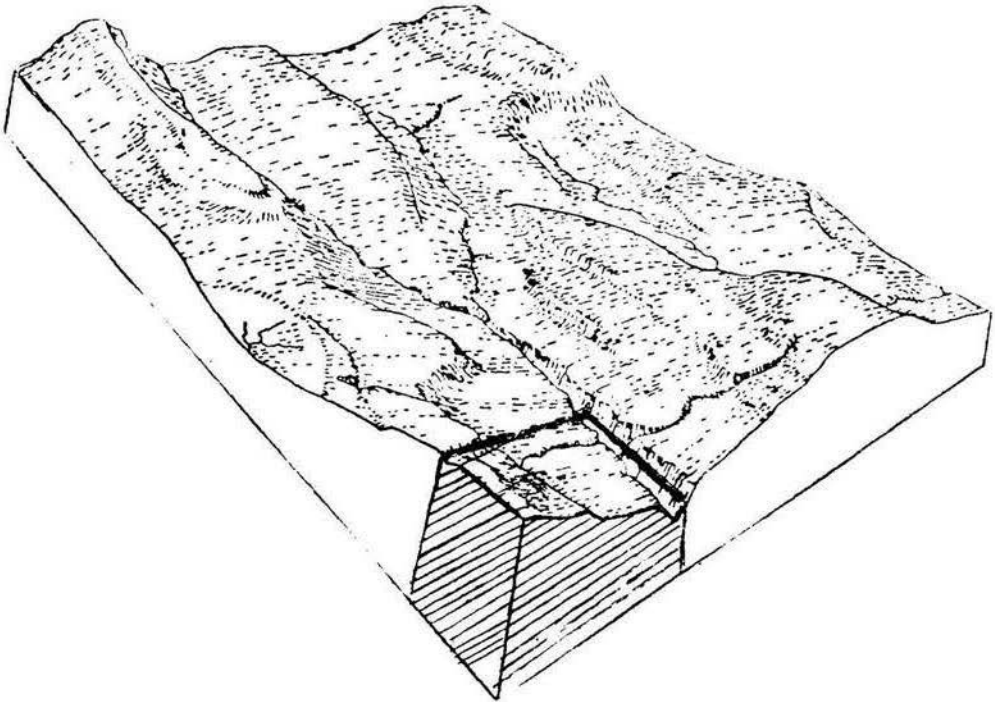
Este tipo de estudios, considerados técnicamente como estudios agrológicos semidetallados (2), (6), son de amplia importancia, ya que en ellos se determina: clima, hidrología, agricultura, suelo, etc., de una zona y, en base a los resultados obtenidos, se cuantifica el grado de explotación agrícola (uso potencial del suelo) que la zona de estudios pueda tener. Estas determinaciones son de gran envergadura porque permiten, mediante su utilización correcta una mejor adecuación en las prácticas agropecuarias realizadas por los habitantes de la zona estudiada, logrando con esto un aumento en la producción de alimentos básicos y un mayor rendimiento económico.

Es por eso que en la presente tesis, el trabajo fue enfocado hacia estas áreas de investigación siguiendo un plan de trabajo semejante al que se lleva en los estudios agrológicos semidetallados (2), (12), (13), que realiza la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos en diversas zonas de la República, con el fin de proyectar estudios agrológicos más profundos y detallados.

Debido a la diversidad que existe en los estudios agrológicos y a los múltiples conceptos que en ellos se manejan, se tomaron como puntos fundamentales de la tesis el estudio del suelo y del clima complementando con un estudio de calidad del agua con fines de riego, que son dos factores comunes a cualquier tipo de estudio agrológico y que sirven como punto de partida para valorar la potencialidad del suelo.

En el área seleccionada no existen precedentes a este tipo de estudios en particular; existiendo únicamente uno agrológico semidetallado del estado de Hidalgo (18), y otro que comprende la zona de la laguna de Zupitlán y los ejidos cercanos al pueblo de Acatlán (cabecera del Municipio), (4). Tomando como referencia estos mismos, y en especial este último, se realizaron investigaciones necesarias para alcanzar los objetivos planteados.

DIAGRAMA 1



Esquema que muestra una vista aérea, aproximada de la forma del relieve en los alrededores del área de estudio. El área de estudio se localiza en el margen inferior izquierdo del esquema.

DIAGRAMA 2

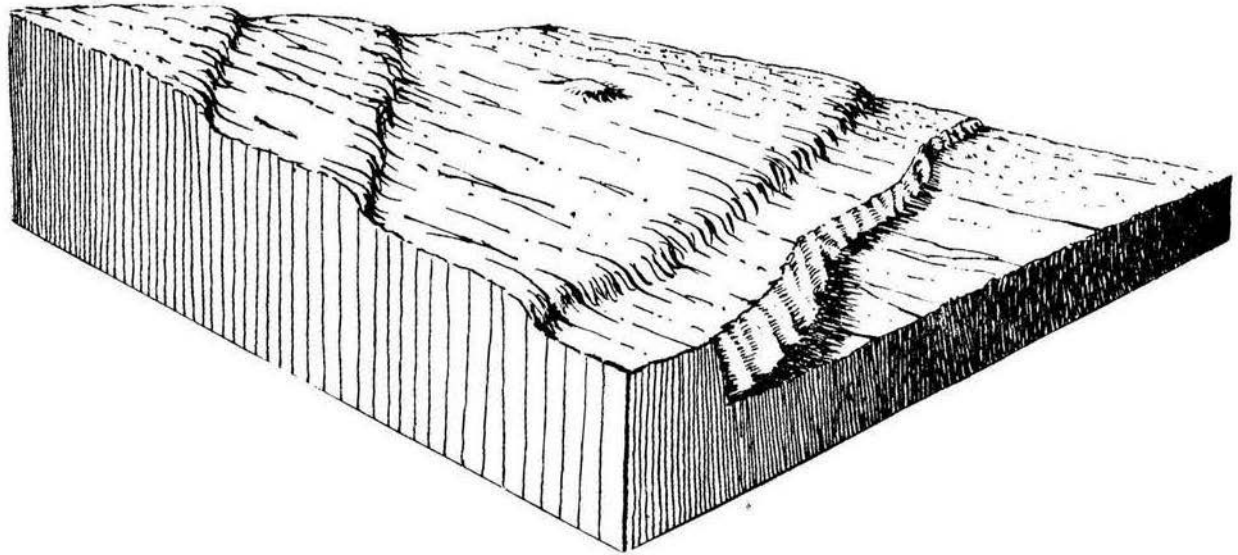


Diagrama ilustrativo del área de estudio, el bloque equivale a una superficie de 200 hectáreas.

El área de estudio tiene un acceso directo por medio de un camino pavimentado el cual parte de la carretera Acatlán - Huasca que se origina en la carretera México - Poza Rica (Fig. 1).

DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.

El poblado de Alcholoaya pertenece al Municipio de Acatlán, Hidalgo., y tiene una localización geográfica de: 20°14' 30" latitud norte y 96°26' 00" longitud oeste.

Los alrededores del área de estudio están constituidos por vallecitos, terrazas aluviales (vegas de ríos), pequeñas mesetas y lomeríos de poca altura y leve ondulación. Todo el conjunto se localiza principalmente en la margen izquierda del río Tulancingo desde la laguna de Zupitlán hasta el poblado de Alcholoaya donde comienzan altas barrancas que en el pasado fueron formadas por las corrientes del mismo río (Ver diagramas 1 y 2).

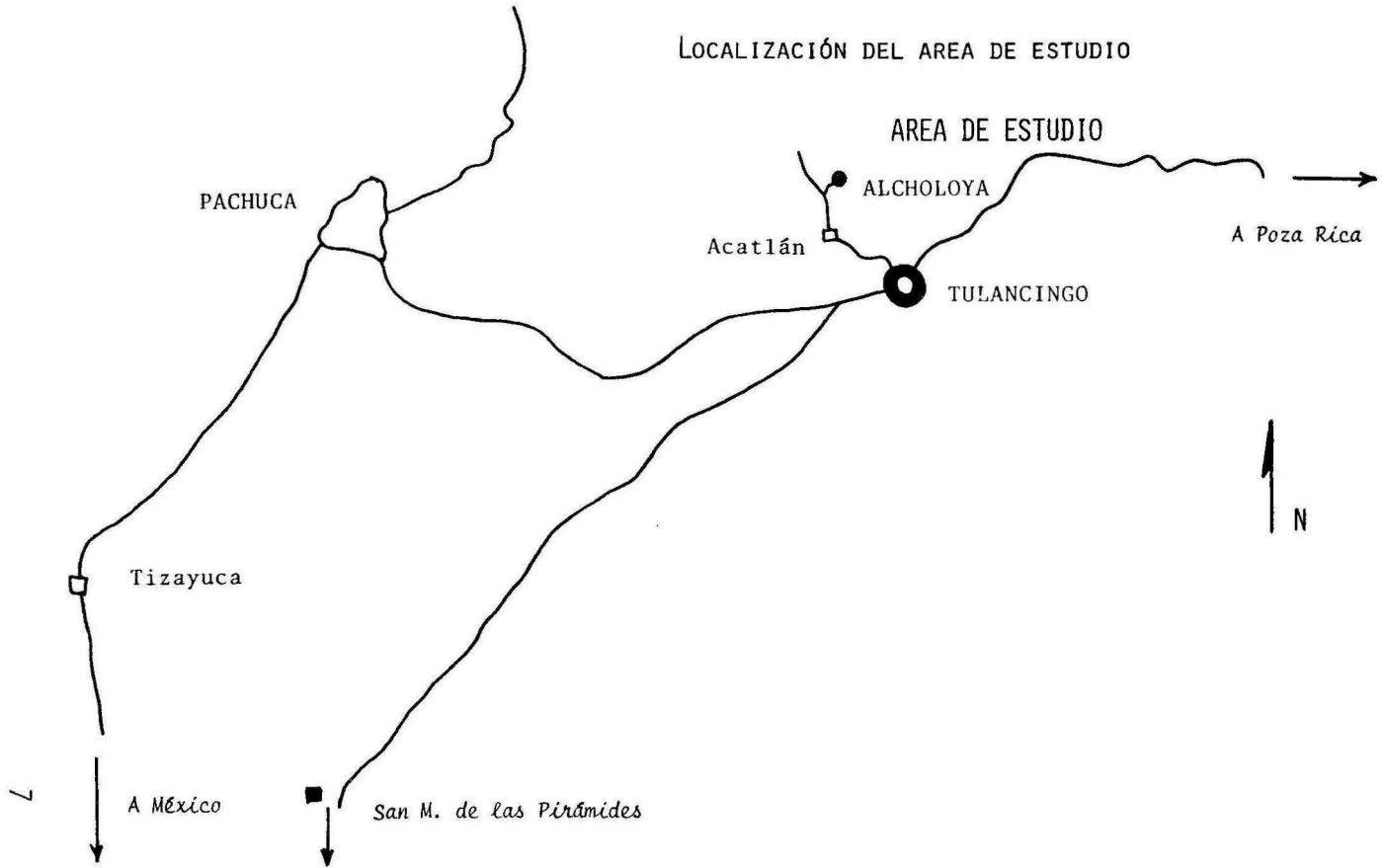
Las terrazas aluviales se encuentran en ambas márgenes del río Tulancingo; su anchura es relativamente pequeña y en algunas partes prácticamente desaparecen, como ocurre cerca de Alcholoaya - porque la acción erosionable de antiguas corrientes formaron pequeños desfiladeros y barrancas dejando mesetas de tamaño reducido en las partes altas, los vallecitos se encuentran contiguos a pequeñas corrientes ó arroyos que son interceptados por el río Tulancingo.

Los suelos que forman esta región son de origen geológico reciente, con signo de desarrollo de un segundo horizonte en algunos casos constituido por un horizonte B incipiente, su modo de formación es in situ con algunas aportaciones aluviales en las estribaciones de las pequeñas lomas. Estos suelos se originaron de las Tobas sobre las cuales descansan (4), (18).

Asociado a este tipo de suelo se encuentran otros horizontes de material basáltico y materiales cineríticos con un horizonte probable en el Pleistoceno, que tienen su origen en centros de volcanismo situados en la porción norte - poniente del valle de Tulancingo y en fracturas localizadas dentro del valle y son de menor extensión superficial y formas de basalto vesicular y principalmente formando el -

FIGURA 1

LOCALIZACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO



piso actual del valle y se considera constituido por material piroclástico arenoso - arcilloso, poco consolidado y permeable.

La fuente que alimenta al sistema de riego es la mencionada laguna de Zupitlán la que en realidad se ha formado por un gran número de manantiales de flujo constante todo el año.

MATERIAL Y METODOS

1.- RECONOCIMIENTO DIRECTO DE CAMPO.

Con el auxilio del plano topográfico y del Co-
-misariado Ejidal de Alcholoaya se realizó el reconocimiento directo del
poblado, determinándose en esta fase el Area específica de estudio la-
cual comprende el rancho denominado " La Ventilla ".

2.- PERFORACIÓN Y MUESTREO DE PERFILES AGROLÓGICOS.

Se seleccionaron 50 sitios al azar distribui-
-dos en toda el área en los cuales se realizaron barrenaciones para de-
-terminar la profundidad del suelo; lo cual permitió ubicar los lugares
donde se habrían de perforar 20 pozos agrológicos., las medidas de es-
-tos fueron de 1 por 2 m. de sección transversal y dos metros de profun-
-didad .

El siguiente paso consistió en la descrip --
-ción física de los perfiles, para lo cual se utilizaron formas o esque-
-letos de registro de campo previamente impresas, en las cuales se en-
-cuentran todos los datos necesarios para la clasificación de los sue-
-los; cuando fue necesario, los datos adicionales se registraron en un
cuaderno por separado (figura III - 1). Al mismo tiempo se efectuó el -
muestreo ; y las muestras obtenidas fueron debidamente preservadas en -
bolsas de polietileno y etiquetadas para su control, posteriormente se
llevaron a cabo los análisis fisicoquímicos correspondientes. Para tal
efecto se consideraron los 15 factores de clasificación mencionados en
el instructivo elaborado por la dirección de Agrología de la SARH (2) ,
(12). (Ver cuadro III - 1 y cuadro III - 2).

3.- MÉTODOS UTILIZADOS EN LAS DETERMINACIONES FISICO-
QUÍMICAS DE LOS SUELOS.

- A).- Materia orgánica Combustión húmeda
- B).- Color..... Cartas Munsell
- C).- Nitrógeno total Kjendahl
- D).- Carbonatos insolubles..... Titulación con HCl

- E).- Capacidad de intercambio catiónico Método de Schoover.
 F).- Conductividad eléctrica..... Solubridge

CATIONES SOLUBLES

- A).- Calcio Titulación con versena -to
 B).- Magnesio Titulación con versena -to.
 C).- Potasio Flamometría : Espectro -fotómetro Beckman B.
 D).- Sodio Flamometría : Espectro -fotómetro Beckman B.

ANIONES SOLUBLES

- A).- Carbonatos Titulación con -- H_2SO_4 .
 B).- Bicarbonatos Titulación con H_2SO_4
 C).- Cloro Titulación con $AgNO_3$
 D).- SO_4 Titulación regresiva - con versenato.

NUTRIENTES ASIMILABLES

- A).- Calcio Extracto Morgan y titulación con versenato.
 B).- Magnesio Extracto Morgan y titulación con versenato.
 C).- Potasio Extracción con Acetato de Amonio y determinación por flamometría.
 D).- Fósforo Método de Truog.

Las técnicas se explican en detalle de la --

página 14 a la 29

FIGURA III - 1

Tipo de suelo		Fecha	Pozo No.
Clasificación		Arca	
Vegetación nativa (o cultivo)		Claya	
Material madre			
Fisiografía			
Relieve	Drenaje	Sal o alcali	
Elevación	Manto freático	Pedregosidad	
Pendiente	Humedad		
Aspecto	Distrib. de raíces		
Erosión			
Permeabilidad			
Notas adicionales			

Tipo de suelo
Exped. No.

FRENTE

Hori- zon- te	Pro- fun- didad	Es- pe- sor	Tran- sición	Color		Tex- tu- ra	Estruc- tura	Con- sisten- cia	Reac- ción	Ras- gos es- pecia- les
				Cheque (seco) o (húmedo)	S					
					S					
					H					
					S					
					H					
					S					
					H					
					S					
					H					
					S					
					H					
					S					
					H					
					S					
					H					
					S					
					H					
					S					
					H					
					S					
					H					
					S					
					H					

PARTE POSTERIOR

Forma de registro de campo (Ortiz Villanueva B., 1977 Edafología).

CUADRO III - 1

FACTORES Y PARAMETROS PARA LA CLASIFICACION DE SUELOS CON FINES DE RIEGO

FACTORES	UNIDAD - DESCRIPCION	TIPO DE DETERMINACION
1.- Textura (capa 30 cm.)	Nombre textural de acuerdo a el triángulo de texturas.	Campo ó laboratorio
2.- Profundidad a los lechos de: a) Grava, guijarros ó piedras b) Roca fracturada	cm. cm.	Medida de campo en el perfil
3.- Permeabilidad	Cualitativa por horizontes	Estimada en todo el perfil
4.- Salinidad	mmhos / cm. a 25 °C.	Laboratorio ó campo
5.- Sodicidad	P.S.I.	Laboratorio
6.- Pedregosidad	Cualitativa	Apreciación de campo en el perfil.
7.- Pedregosidad en la superficie.	Cualitativa	Apreciación de campo
8.- Roccosidad (afloramientos).	a) Porciento del área afectada b) Separación en cm.	Campo ó gabinete con fotografías aéreas. Campo ó gabinete con fotografías.
9.- Erosión	Cualitativa	Campo ó gabinete con fotografías aéreas.
10.-Pendiente	Porcentaje	Medidas en el campo ó gabinete
11.-Relieve	Cualitativa	Apreciación en el campo ó gabinete ó fotografías aéreas.
12.-Drenaje superficial	Cualitativa	Facilidad de desagüe.
13.-Profundidad del manto freático.	Estimada en cm.	Medida en el campo.
14.-Profundidad del extracto impermeable.	Estimada en cm.	Medida en el campo
15.-Inundación	Ocurrencia en 10 años.	Por referencia de informes estadísticos-

CUADRO III - 2

GRUPO DE FACTORES	CLAVE	FACTORES	UNIDAD DE DESCRIPCION
CLIMA	C	Deficiencias de agua (precipita - ción media anual).	mm.
	I	Exceso de agua (Inundaciones).	Cualitativa
EROSION	E	EROSION	Cualitativa
TOPOGRAFIA	T ₁	TOPOGRAFIA (Pendiente).	%
	T ₂	TOPOGRAFIA (Relieve).	Cualitativa
SUELO	S ₁	PROFUNDIDAD EFECTIVA DEL SUELO.	cm.
	S ₂	PROFUNDIDAD DEL MANTO FREÁTICO	cm.
	S ₃	PEDREGOSIDAD EN LA SUPERFICIE	Cualitativa
	S ₄	SALINIDAD	mmhos / cm.
	S ₅	SODICIDAD	PSI

DETERMINACIONES QUIMICAS

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (C.E.)

1.- La Conductividad Eléctrica es la facilidad que tienen algunos cuerpos sólidos o líquidos de transmitir las cargas eléctricas a través de ellos cuando se establece un circuito

El término Conductividad Eléctrica ó Conductividad Eléctrica específica, tienen el mismo significado.

En una solución el transporte se lleva a cabo a través de Iones de las sales disueltas, dado que los Iones tienen capacidad para transmitir la corriente eléctrica. Esta propiedad se utiliza para cuantificar la salinidad de un suelo midiendo la Conductividad Eléctrica del extracto de saturación de dicho suelo.

La Conductividad Eléctrica esta íntimamente correlacionada con la suma de Aniones ó Cationes que se determinan químicamente y con los sólidos totales disueltos.

En la actualidad existen varios tipos de aparatos para la determinación de C.E., siendo el más común el puente de Wheastone (Fig. III-2).

Estos aparatos constan en su mayoría de :

- A).- Botón que calibra la temperatura del aparato con la temperatura de la solución (Fig. III- 2A).
- B).- Un botón que indica la C.E. de la solución haciendo uso de escalas apropiadas, ya sea en mhos. milimhos ó micro mhos/cm., etc. (Fig. III- 2B).
- C).- Un bulbo que contiene una pantalla fluorescente (ojo mágico), (Fig. III - 2C), al cual se le oscurece una porción triangular de su area cuando mediante un juego de resistencias se establece el equilibrio entre la C.E. de la solución y la constante de la celda y que es precisamente cuando el botón B de la (Fig. III-2) , nos señala en la escala la C.E. de la Solución problema.
- D).- Celda de Conductividad Eléctrica la cual puede ser de-

-inmersión o de tipo pipeta [Fig. III-3], cuyas constantes varían de acuerdo con el aparato.

2.- Calibración del aparato y procedimiento para la determinación de C.E. en el extracto de saturación.

A).- Se prepara una solución de Cloruro de Potasio al 0.01 N (0.7456 gr. de KCl en 1000 ml. de agua).

Esta solución a 25 °C debe tener una C.E. igual 1411.8×10^{-6} micromhos/cm. = (0.0014118 mhos/cm).

B).- Cuando se ha verificado la C.E. de la Solución de referencia es correcta a la temperatura indicada, se procede a enjuagar la celda con agua destilada y posteriormente dos ó tres veces con la muestra problema, se toma la temperatura a dicha muestra y se marca la temperatura con el botón A (Fig.III-1), se sumerge la celda hasta el nivel señalado, se gira el botón B (Fig.III-2) hacia la derecha hasta observar la abertura bien definida del ojo mágico(Fig.III-2 C) en ese momento se toma la lectura en la escala. Si no se obtiene abertura en el ojo, puede ser que la C.E. sea inferior a 0.15 mmhos sobre cm., ó mayor a 15 mmhos, en el segundo caso se agregan 9 ml. de agua destilada a un mililitro de muestra problema y se procede a efectuar la lectura siguiendo los pasos anteriores. Diluciones inferiores de 1:10 pueden llevarnos a interpretaciones considerablemente fuera de la realidad.

PREPARACION DE LA PASTA PARA LA OBTENCION DEL EXTRACTO DE SATURACION.

La determinación de Aniones y Cationes solubles se realiza sobre el extracto de suelo saturado, el contenido de estos Iones esta íntimamente influenciado por el porcentaje de humedad al cual se le hace la extracción.

Para preparar la pasta de suelo saturado se toma una cantidad aproximada de 50 a 100 grs. de suelo secado al aire-

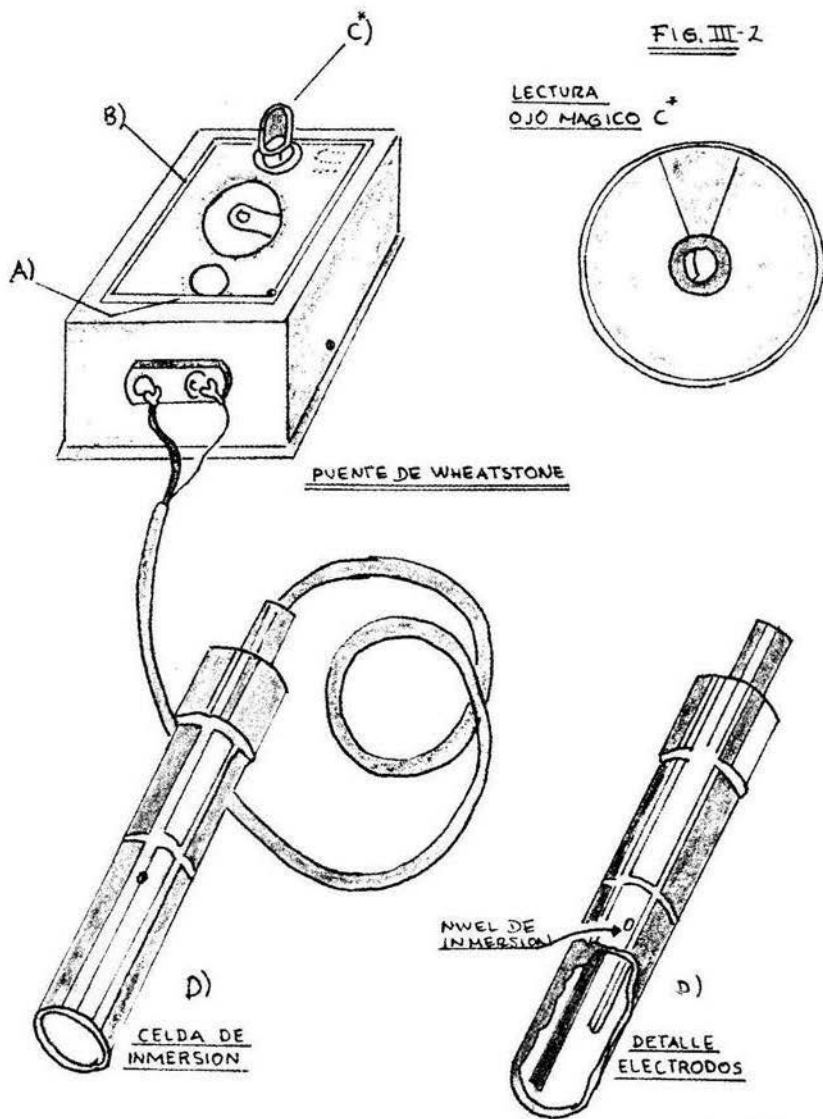


FIG. III-3

- y pasado por una malla de 2 mm. Se deposita el suelo en un vaso de plástico, donde se hacen adiciones de agua destilada y simultáneamente se va agitando con una espátula hasta observar mediante pequeños golpes sobre el fondo del vaso en la mesa de trabajo, el espejo característico de la pasta saturada, además pequeñas porciones de suelo saturado tomados con la espátula deben desprenderse o fluir libremente -- (Fig. III-4, 1er. paso).

Cuando se ha obtenido la pasta de suelo saturado se deposita ésta en un embudo Buchner con papel filtro de poro -- grueso ejemplo: (Watman del No. 1 o sus equivalentes en otras marcas) el diámetro del papel filtro será de acuerdo con el diámetro del embudo (normalmente es de 12.5 cm.). El embudo Buchner se coloca sobre un matraz Kitazato el cual se conecta a un sistema de vacío abriendo la llave para iniciar la extracción (Fig. III-4, 2o. paso).

De 20 a 30 mm. de extracto son suficientes para todas las determinaciones. Una vez obtenido el extracto de saturación se procede a la determinación de conductividad eléctrica, Cationes y Aniones.

Nota: De tener que conservar la muestra para otro día deberá taparse y refrigerarse (de 8-10 °C, aproximadamente), para evitarse la evaporación y / o contaminación.

ANIONES Y CATIONES SOLUBLES

CATIONES

CALCIO + MAGNESIO (Ca^{++} + Mg^{++}).

La determinación de estos Cationes se basa en la propiedad que tiene el versenato (Sal disódica de "Etilen-Diaminotetra-acetato") de formar diferentes complejos a diferentes valores de pH con los elementos alcalinotérreos, esto se debe precisamente a que no todos los Cationes requieren el mismo pH para ser capturados con EDTA.

REACTIVOS

A).- Solución amortiguadora (Buffer).



Fig. III - 4
PRIMER PASO

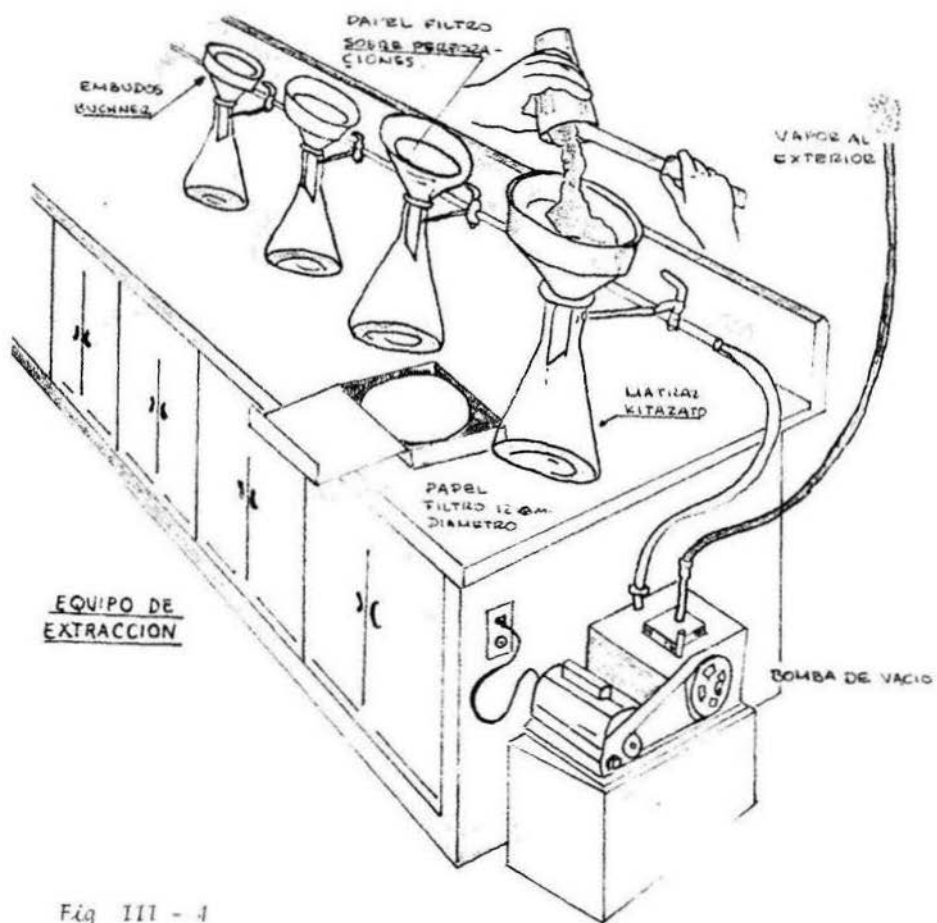


Fig III - 4
SEGUNDO PASO

Se disuelven 67.5 grs. de Cloruro de Amonio en 570 ml. de Hidróxido de Amonio y se afora a 1000 ml.

B).- Hidróxido de Sodio aproximadamente al 4 N.

Se disuelven 160 grs. de NaOH en 1000 ml. de agua destilada.

C).- Solución estándar 0.01 de Cloruro de Calcio.

Se disuelven 0.5 grs. de Carbonato de Calcio (puro y seco) en ml. de ácido Clorhídrico 3 N diluyendo a 1000 ml.

D).- Indicador de Ercromo negro T.

Se disuelven 0.05 grs. de Ricromo y 45 de Hidrocloruro de hidroxilamina en 100 ml. de Etanol (Alcohol al 98%)

E).- Indicador de Purpurato de Amonio con 100 grs. de sulfato de Potasio en polvo.

F).- Solución de EDTA (Etilendiaminotetracetato) 0.01 N.

Se disuelven dos grs. de sal disódica de EDTA y 0.05 grs. de Cloruro de Magnesio exahidratado diluyendo posteriormente a 1000 ml. Se titula contra la solución C estandarizado para ambos indicadores.

PROCEDIMIENTO

$Ca^{++} + Mg^{++}$ Se toma una alícuota de 1 a 10 ml. (dependiendo de la conductividad eléctrica del extracto de saturación). Se colocan en un vaso de precipitado, se adicionan de 4 a 5 gotas de A., y se agregan de 3 a 4 gotas de D., y se titula con F (Fig. III-5). El final de la reacción nos lo indica el cambio de color: de rojo vino a azul verde.

CALCULOS

$$\text{m.e./lt. de } Ca^{++} + Mg^{++}) = \frac{\text{ml. EDTA} \times N \times 1000 \times 10}{\text{ml. de muestra}}$$

Ca^{++} En un vaso de precipitado se coloca una alícuota (según conductividad eléctrica del extracto de saturación). Puede ser de 1 a 10 ml., se agregan de 4 a 5 gotas de B, de 0.050 a 0.1 grs. de E, y se titula con F, (Fig. III-6). El cambio de color rojo naranja a púrpura nos señala el final de la reacción.

CALCULOS

$$\text{m.e./lt. de Ca}^{++} = \frac{\text{ml. EDTA} \times N \times 1000 \times 10}{\text{ml. de muestra}}$$

ANIONES

CARBONATOS Y BICARBONATOS (HCO_3^- y $\text{CO}_3^{=}$).

En el laboratorio los Carbonatos y Bicarbonatos solubles se determinan por alcalimetría, basándose en la acción mutua entre ácidos y bases. A este tipo de reacciones se les denomina reacciones de neutralización.

REACTIVOS

A).- Fenofaleína al 1% en alcohol al 60%

Se pesa 1 gr. de fenofaleína, se coloca en un matraz de 1000 ml., se agregan 50 ml. de alcohol y se afora a 100 ml. con agua destilada.

B).- Indicador anaranjado de metilo.

Se pesan 0.05 gr. de Anaranjado de metilo y se afora a 100 ml. de agua destilada caliente.

C).- Acido Sulfurico 0.01 N

Se toman de 0.28 a 0.3 ml. de ácido sulfúrico concentrado y se afora a 1000 ml.

CARBONATOS ($\text{CO}_3^{=}$) Siguiendo el criterio de la conductividad eléctrica del extracto de saturación se toma en un vaso de precipitado de 1 a 10 ml. de muestra, se agrega de 2 a 3 gotas de A, si la muestra adquiere un color rosa, se adicionan haciendo uso de una microbureta - gota a gota el reactivo C, hasta que desaparezca dicha coloración (Fig. III - 7a.).

Si el gasto de reactivo C, para borrar la coloración se designa como "Y", el cálculo del Carbonato es el siguiente :

CALCULOS

$$\text{m.e./ lt. de CO}_3^{=} = \frac{2Y \times N \times \text{H}_2\text{SO}_4 \times 1000 \times 10}{\text{ml. de muestra}}$$

BICARBONATOS (HCO_3^-) A la misma muestra donde se determinaron los Carbonatos se le agregan de 4 a 5 gotas de B, y sin borrar el gasto de C, en la bureta se continúa la adición de éste hasta lograr el vire a un color naranja intenso (Fig. III-7B).

Si el gasto de C, para bicarbonatos lo denotamos por " Z " el cálculo es el siguiente :

$$\text{m.e./ lt. de } \text{HCO}_3^- = \frac{(Z-2Y) \text{ NH}_2\text{SO}_4 \times 1000 \times 10}{\text{ml. de muestra}}$$

CLORUROS

Por titulación con Nitrato de Plata.

A).- Solución de Cromato de Potasio al 5 %.

Si se disuelven 5 grs de Cromato de Potasio en 50 ml. de agua destilada y se agrega gota a gota una solución de Nitrato de Plata hasta lograr que permanezca una coloración rojo ladrillo (esto es con el fin de eliminar los posibles cloruros que contenga el agua se filtra y se afora a 100 ml.

B).- Solución 0.1 N de Nitrato de Plata.

Se pesan 1.6988 grs. de AgNO_3 , y se afora a 1000 ml.- (se conserva en frasco color ámbar en ausencia de luz).

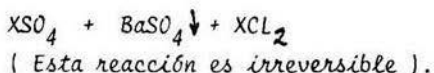
Procedimiento según conductividad eléctrica- se toman de 1 a 10 ml. de muestra en un vaso de precipitado, se agregan unas gotas de A, y se adiciona B, en presencia de abundante luz hasta lograr el vire de amarillo a rojo ladrillo.

CALCULOS

$$\text{m.e. /lt. de } \text{Cl}^- = \text{ml. } \frac{\text{Ag NO}_3 \times N \times 1000 \times 10}{\text{ml. de muestra}}$$

SULFATOS

La determinación de Sulfatos se lleva a cabo mediante una reacción de doble substitución aprovechando la afinidad - que el Bario tiene por los Sulfatos, la reacción es la siguiente :



REACTIVOS

- A).- EDTA (Versenato).
- B).- Solución reguladora de pH (Buffer).
- C).- Ericromo Negro T.
- D).- Solución 0.01 N de Cloruro de Bario.

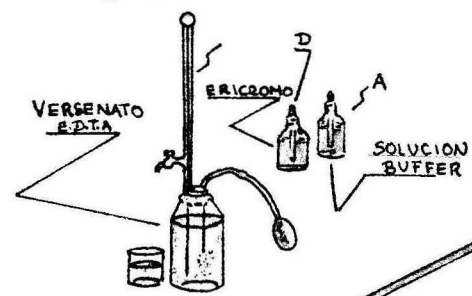
(Para esta determinación podemos usar los mismos reactivos de $Ca^{++} + Mg^{++}$).

Como vimos en la determinación de $Ca^{++} + Mg^{++}$ el Versenato tiene la propiedad de capturar Iones divalentes en determinadas condiciones de pH, siendo el Bario también divalente puede perfectamente ser capturado por el EDTA.

Si a la suma de Cationes ó la Conductividad - Eléctrica le restamos la suma de $(CO_3 + HCO_3^- + Cl)$, obtenemos la - cantidad aproximada de Sulfatos que pueden reaccionar en una muestra - dada ó en este caso del extracto de saturación. Si titulamos con solución 0.01 N de cualquier resctivo, por cada ml. gastado para alícuotas de 10 ml. de muestra problema, reaccionará 1 m.e./lt. de X Anión - ó Cation. Con base a ésto por cada m.e./ lt. de SO_4^{--} posible, se adicio na 1 ml. de $BaCl_2$ 0.01 N teniendo precaución de agregar un excedente - de 1 a 2 ml. para cada muestra.

Después de agregar el Cloruro de Bario, se - lleva la muestra al punto inicial de ebullición a fin de asegurar que - todos los Sulfatos sean precipitados como $BaSO_4$ (Fig. III- 9). Se en - fría la muestra a temperatura ambiente, se le agregan de 4 a 5 gotas - de B y de 4 a 5 gotas de C, procediendo posteriormente a hacer titula - ción con A. El final de la reacción lo indicará el cambio de color ro jo vino a azul verde -

Fig. III - 5



Ca·Mg⁺⁺

Fig. III - 6

CACIONES



ALICUOTA

Ca⁺⁺

Fig. III - 7a

ANIONES

Acido Sulfurico H₂SO₄

FENOLFTALEINA PARA CARBONATOS

ANARANJADO DE METILO PARA CARBONATOS.

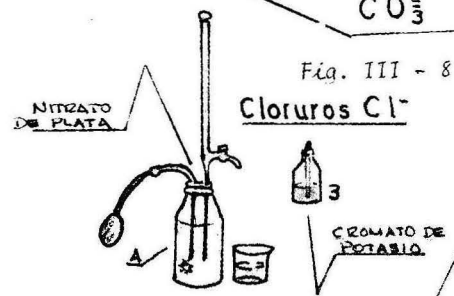
Fig. III - 7b

Carbonatos CO₃⁼

Bicarbonatos HCO₃⁼

Fig. III - 8

Cloruros Cl⁻



CLORURO DE BARIO

MUESTRA

PLATOCALIENTE

MUESTRA

Fig. III - 9

SOLUCION ERICROMO

Sulfatos SO₄⁼

VERSENATO E.D.T.A. 0.01N

En esta titulación se han hecho reaccionar a demás de los Iones de Calcio y Magnesio existentes en la muestra, los Iones de Bario que no reaccionaron con la precipitación de Sulfatos, - precisamente para lo cual se adiciona un excedente de Bario.

CALCULOS

$$\text{m.e./lt. de SO}_4^- = \frac{D - (A \text{ gastado en SO}_4 - A \text{ gastado en Ca}^{++} + \text{Mg}^{++})10}{\text{ml. de muestra.}}$$

Donde :

A = Versenato gastado en la titulación de $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$ ó en la titulación de $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} + \text{Ba}^{++}$, después de precipitar los Sulfatos como Sulfatos de Bario.

D = Solución 0.01 N de Cloruro de Bario para precipitar - Sulfatos

SODIO INTERCAMBIABLE

Cuando una muestra de suelo se coloca en la solución de una sal como acetato de amonio se produce en el suelo una adsorción de Iones amonio con desplazamiento de una cantidad equivalente de Cationes del suelo hacia la solución. Esta reacción es denominada "Intercambio de Cationes" y los Cationes desplazados se les denomina "Cationes Intercambiables".

La determinación de las cantidades y proporciones de los diversos Cationes intercambiables que se encuentran en el suelo, son de gran importancia ya que influyen en forma directa en el comportamiento Físico - Químico de éste. Uno de los Cationes de mayor interés es el Sodio intercambiable (Na^+). Para su determinación y cuantificación es necesario conocer además el Sodio total y el Sodio soluble.

A continuación se describen los métodos para ambas determinaciones y las fórmulas para los cálculos correspondientes.

SODIO TOTAL Na^+

EQUIPO A).- Balanza Analítica

- B).- Centrífuga
- C).- Espectofotómetro
- D).- Agitador mecánico

MATERIAL

- A).- Matríz aforado de 1000 ml.
- B).- Matríz aforado de 100 ml.
- C).- Tubos para centrífuga de base redondeada y cuello angosto de 50 cm³.

REACTIVOS

- A).- Solución 1.0 N de Acetato de Amonio
A 750 ml. de agua destilada se le agregan 57 ml. de ácido Acético concentrado y 68 ml. de Hidróxido de Amonio concentrado, se afora a un lt. ajustando el pH a 7 con más ácido ó más Hidróxido según sea el caso.

PROCEDIMIENTO

Para la extracción del Sodio con Acetato de Amonio, se pesan 5 grs. de suelo secado al aire y pasado por la malla No. 35 con aproximación de 0.01 grs. Corriójase por el contenido de humedad (Fig. III - 10 A).

Colóquese la muestra en un tubo de centrífuga (Fig. III-10 B). Se agregan 33 ml. del reactivo (A), al tubo, se tapa, se agita y se centrifuga a 1000 r.p.m. hasta que el líquido esté claro (Fig. III-10 C), normalmente tarda 5 minutos. Decántese el líquido -- tanto como sea posible a un matríz de 100 ml. (Fig. III- 10 D), esta operación se repite por tres veces aforando después a 100 ml. (Fig. III-10 E). Se toman alícuotas de acuerdo con la concentración de Sodio en la muestra y con la curva que se haya corregido previamente en el espectofotómetro de flama (Fig. III - 10 F).

PREPARACION DE LA CURVA.- Para la determinación de Sodio extraíble en Acetato de Amonio por flamometría, se prepara una solución de Cloruro de Sodio 0.01 N en Acetato de Amonio 1 N (pH 7), y se corre la curva preparando diluciones de esta solución que contengan de 1 a 10 m.e./lt.

-(en caso de requerirse mayores ó menores concentraciones se preparan curvas adecuadas). Obtenida la curva se procede a leer las muestras -- problema haciendo también con Ellas las diluciones adecuadas y procediendo a interpretar las lecturas en la curva.

SODIO SOLUBLE Na^+

El Sodio soluble del suelo se determina en el extracto de saturación (Fig. III - 11- B) previamente de la pasta saturada (Fig. III- 11-A).

Nota: "De la pasta saturada se toma una pequeña porción, se deposita en una lata de peso conocido, se lleva a la estufa a una temperatura de 105 a 110 °C hasta peso constante para obtener el porciento de humedad del suelo (Fig. III-11-C).

Se toman alícuotas de acuerdo con el contenido de Sodio en el suelo (Fig. III-11-D), si es muy alto ó muy bajo se hace la dilución adecuada. Se calibra el espectofotómetro corriendo - una curva como sigue : Solución 0.01 N de Cloruro de Sodio.

Pésese y disuélvase 0.585 grs. de Cloruro - de Sodio seco y añórese a 1000 ml. (esta solución contiene 0.001 m.e / lt.). Se toman 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 ml. llevándose cada uno de ellos a 100 ml. de volúmen con agua destilada. Estas diluciones aforadas a 100 contendrán 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, m.e./lt respectivamente. Se llevan al espectofotómetro y obtenidas las lecturas se construye la curva que nos servirá para encontrar el contenido de - Sodio soluble en las muestras problemas.

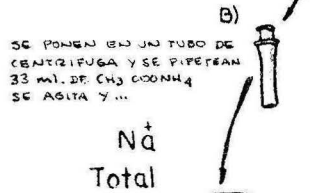
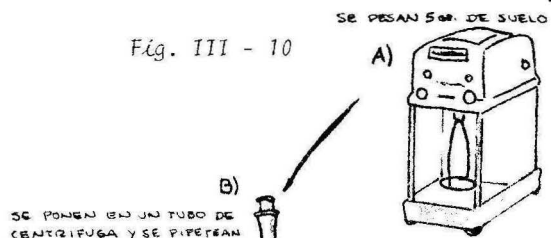
Cuando se han obtenido los valores de Sodio-total y Sodio soluble expresados en m.e. /lt. procedemos a efectuar - los siguientes :

CALCULOS

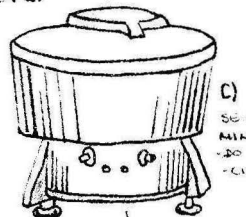
$$\text{Na}^+ \text{ Soluble m.e. /lt.} = \frac{\text{Lec. de la curva por dilución}}{\text{ml. de muestra}} \quad (1)$$

$$\text{Na}^+ \text{ Soluble m.e. /100 grs. de suelo} = \frac{\text{Na}^+ \text{ Sol. m.e./ lt. X Ps.}}{1000} \quad (2)$$

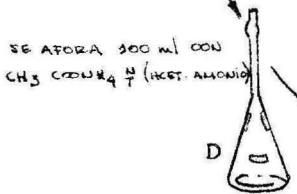
Fig. III - 10



SE PONEN EN UN TUBO DE CENTRIFUGA Y SE PIPEAN 33 ml. DE CH₃COONH₄ SE AGITA Y...



SE CENTRIFUGA DURANTE 5 MINUTOS, SE DEBECHA EL LIQUIDO SOBORNANTE (ESTA OPERACION SE REPITE 3 VECES) Y...



Na⁺

SODIO INTERCAMBIABLE

CALCULOS

$$Na^+ \text{ Sol meq/l} = \frac{\text{LECT. CURVA POR DILUCION}}{\text{ml. ALICUOTA}}$$

$$Na^+ \text{ Sol meq/100gr SUELO} = \frac{Na^+ \text{ Sol meq/l} \times P.S.}{1000}$$

$$Na^+ \text{ TOTAL meq/100gr SUELO} = \frac{Na^+ \text{ TOTAL meq/l} \times 10}{\text{PESO DE LA MUESTRA gr.}}$$

$$Na^+ \text{ INTERC meq/100gr SUELO} = \frac{Na^+ \text{ TOTAL meq/100gr SUELO} - Na^+ \text{ Sol meq/100gr SUELO}}{Me Na^+ = Me DE YESO}$$

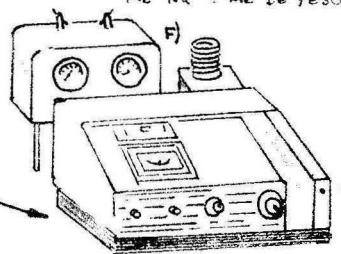
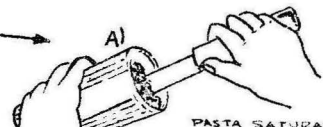
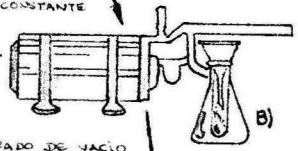


Fig. III - 11

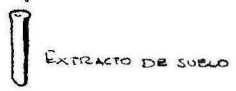


SE TOMA UNA CANTIDAD DETERMINADA SE LLEVA A LA ESTUFA A 110°C. HASTA PESO CONSTANTE



% DE SATURACION

Na⁺
Soluble



$$Na^+ \text{ Total m.e./100grs de suelo} = \frac{Na^+ \text{ total m.e./lt.} \times 10}{\text{grs.de muestra}} \quad (3)$$

$$Na^+ \text{ Intercambiable} = N^+ \text{ total m.e./100 grs. de suelo} - Na^+ \text{ Sol} \quad (4)$$

m.e. / 100 grs. de suelo

DETERMINACION DEL COLOR DEL SUELO.

La determinación del color del suelo se realizó mediante la comparación de la muestra de suelo (en seco y húmedo), con las cartas de Munsell.

METODO PARA DETERMINAR TEXTURA

MÉTODO DE BOUYOUCOS.

Se determina mediante un análisis mecánico - donde se obtiene el porcentaje de arena, limo y arcilla.

Se pone en suspensión la muestra de suelo - aplicando un defloculante agitando la mezcla con agua y haciendo lecturas a los 40 segundos en que se precipita la arena, colocando un hidrómetro para la densidad del conjunto de arcilla y limo en suspensión a las dos horas en que se precipita el limo, se toma la segunda lectura, con el hidrómetro, de la arcilla que queda en suspensión. Se hacen correcciones por temperatura y por diferencia se determinan los porcentajes de las partículas.

Una vez calculados los porcentajes de arena-limo y arcilla, se recurre al Triángulo de las texturas para determinar la Textura correspondiente. (Fig. III - 12).

4._ DETERMINACION DEL CLIMA.

El método que se utilizó para clasificar el clima fue de acuerdo con el Segundo Sistema de C.W. Thornthwaite, el cual es el más utilizado en México, en estudios de tipo agrológico y climatológico. (Ver Anexo II- i y II- 2).

Los registros que se utilizaron en este trabajo fueron los de la estación de Alcholoya, Hidalgo cerca de la esta

-ción de aforo del mismo nombre sobre el río Tulancingo. Esta estación esta controlada por la Dirección de Hidrología de la S.A.R.H.

Thorntwaite utiliza en su sistema el climograma el cual es una representación gráfica de algunos factores climáticos y tiene por objeto esquematizar las condiciones del balance de agua de una zona determinada.

El climograma se forma con los siguientes datos : Precipitación media mensual (PR), evapotranspiración potencial - mensual corregida (EP), humedad almacenada en el suelo (HA), la deficiencia de agua (DE), demasía de agua (DA), y el aprovechamiento de la humedad almacenada (Ver cuadro IV -7 y gráfica IV - 1).

La base del climograma está dada por la graficación de los datos de la evapotranspiración potencial mensual corregida (EP), y de la precipitación media mensual (PR), de las cuales derivan otras dos : evapotranspiración potencial (EP), más diez centímetros (EP + 10) y la precipitación mas la humedad almacenada en el suelo (PR + HA);* cuya suma coincide con la precipitación (PR), cuando no se tiene humedad almacenada en el suelo (PR + HA) = PR.

Las áreas comprendidas bajo la línea de la EP pueden corresponder a las deficiencias de agua (DE) ó al aprovechamiento de humedad almacenada en el suelo (AH). En el primer caso, las deficiencias quedan determinadas entre la EP y (PR + HA) a su vez, el aprovechamiento de humedad almacenada se cuantifica entre la PR y la (PR + HA) ó entre PR y EP, cuando (PR + HA) es mayor que EP.

Las superficies que se encuentran sobre EP, y (EP + 10), corresponden a la humedad almacenada en el suelo que, como ya se indicó, tiene un valor máximo de 10 cm.

Las áreas comprendidas sobre (EP + 10) son las demasías de agua (DA), las cuales estan limitadas por (PR + HA).

** La HA corresponde a la del mes inmediato anterior, o sea el agua que ya se encuentra almacenada en el suelo.

En otro tipo de Climograma, Thorntwaite co-

-loca en el eje de las ordenadas (Y), a la precipitación media mensual en mm., y en el de las abscisas (X), a la temperatura media mensual en °C ; además agrega dos coordenadas más : junto al eje de las ordenadas al índice de humedad el cual mediante rangos específicos de valores ubica a los meses del año dentro de cinco clases de humedad que van de muy seco a muy humedo. Paralelo al eje de las abscisas divide al cuadrante por medio del índice de calor mensual en otras cinco clases de clima - según se calor : De frío a cálido (Ver cuadro III-3 ; gráfica IV - 2).

RESULTADOS

DESCRIPCIÓN DEL PERFIL REPRESENTATIVO.

El perfil típico de este estudio está representado por el pozo No. 4, localizado en las cercanías del camino Acatlán - Alcholoaya, cuyas características son las siguientes :

HORIZONTE A₁

(Ver tabla IV - 3).

- Profundidad - 0 - 30 cm.
 Color - Café grisáceo (7.5 YR 4/2) - En seco
 - Negro cafésáceo (7.5 YR 2/2) - En húmedo
 Textura - En bloques angulares medianos y gruesos con débil desarrollo.
 Consistencia - Friable, plástica y adherente; muchos poros muy finos tubulares y vesiculares; buena permeabilidad; abundantes raíces finas y muy finas, límite neto ligeramente ondulado; sin reacción al ácido clorhídrico y pH = 7.5.

HORIZONTE B₁

- Profundidad - 30 - 60 cm.
 Color - Gris (10 YR 5/1) - En seco
 - Gris oscuro (10 YR 4/1) - En húmedo
 Textura - Franca
 Estructura - En bloques angulares medianos y gruesos con fuerte desarrollo.
 Consistencia - Friable, plástica y adherente; muchos poros muy finos vesiculares y tubulares; permeabilidad moderadamente lenta; pocos nódulos - pequeños y medianos, blandos, angulares, de color café y de la misma naturaleza de la -

-Toba del subsuelo, abundantes raíces finas y muy finas; límite brusco ligeramente ondu lado; sin reacción al ácido clorhídrico y -
pH = 7.6

T A B L A IV - 1

NÚMERO DE MUESTRA	TOPOGRAFÍA Pendiente	TOPOGRAFÍA Relieve	SUELO Profundidad efectiva del suelo	SUELO Profundidad del manto freático	SUELO Pedregosidad en la superficie.	SUELO Salinidad	SUELO Sodicidad
	%		cm.	cm.		mmhos/cm.	PSI
	T ₁	T ₂	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅
Pozo 1	4	<i>Suavemente ondulada</i>	60	150 <i>temporal</i>	<i>Poca</i>	0.38	3.0
Pozo 2,3,5,6,9, (valores promedio).	5	<i>Suavemente ondulada</i>	60	150 <i>temporal</i>	<i>Poca</i>	0.21	2.2
Pozo 4,7,8,10,11,12,13,14,15, (valores promedio).	4	<i>Suavemente ondulada</i>	60	150 <i>temporal</i>	<i>Poca</i>	0.22	3.0
Pozo 16,17,-18,19, (valores promedio)	7	<i>Ondulado</i>	50	100	<i>Abundante</i>	0.37	0.50
Pozo 20	8	<i>Ondulado</i>	30	50	<i>Abundante</i>	0.5	0

ANALISIS FISICO-QUIMICOS

TABLA IV-2

POZO #1

CARACTERISTICAS	HORIZONTES	
	A	B
Profundidad en centímetros	0-30	30-55
Color en seco	Café G.	Gris.
clave	10 YR 5/2	2.5 Y 5/1
Color en húmedo	G.M. Osc	Gris Osc.
clave	10 YR 3/1	10 YR 4/1
<u>ANALISIS MECANICO (PORCIENTO)</u>		
Arena	28.92	13.92
Limo	43.64	24.64
Arcilla	27.44	61.44
Textura	Franco	Arcilla
pH (reacción)	7.3	7.5
Materia organica	2.67	0.85
Nitrogeno total	0.12	0.08
<u>NUTRIENTES ASIMILABLES (ppm)</u>		
Fosforo	11	3
Potasio	70	115
Calcio	472	1680
Magnesio	450	370
Carbonatos insolubles (porciento)	5	4
Capacidad de intercambio cationico (meq/100gr)	29.5	52.1
Porciento de saturación	56	80
Conductibilidad eléctrica (mmhos/cm)	0.38	0.16
<u>CATIONES SOLUBLES (meq/lt)</u>		
Calcio	4.10	4.40
Magnesio	2.20	1.90
Potasio	0.30	0.30
Sodio	4.70	5.80
<u>ANIONES SOLUBLES (meq/lt)</u>		
Carbonato	0	0
Bicarbonato	5.67	3.40
Cloruro	4.21	6.02
Sulfato	5.10	5.20
Sodio intercambia porciento (PSI)	2.50	3.50
Densidad aparente (gr/cm ³)	1.24	1.29
Capacidad de campo porciento	28.0	43.9
Punto de marchitamiento permanente porciento ...	15.2	23.9
Humedad aprovechable porciento	12.8	20.0

TABLA IV-3

ANALISIS FISICO-QUIMICOS

POZO #4

CARACTERISTICAS	HORIZONTE	
	A	B
Profundidad en centímetros.....	0-30	30-60
Color en seco	Café grisáceo	Gris
Clave	7.5 YR 4/2	10 YR5/1
Color en húmedo	Negro cafésáceo	Gris obscuro
clave	7.5 YR 2/2	10 YR 4/1
<u>ANALISIS MECANICO (PORCIENTO)</u>		
Arena	40.72	38.92
Limo	35.64	36.64
Arcilla	23.44	24.44
Textura	Franca	Franca
ph (reaccion)	7.50	7.65
Materia organica	2.76	1.62
Nitrógeno total	0.126	0.100
<u>NUTRIENTES ASIMILABLES (ppm)</u>		
Fósforo	15	5
Potasio	160	170
Calcio	1470	1575
Magnesio	255	315
Carbonatos insolubles porciento	7	6
Capacidad de intercambio catiónico (meq/100gr)	37.2	36.6
Porciento de saturación	65	67
Conductibilidad eléctrica (mmhos/cm)	0.22	0.20
<u>CATIONES SOLUBLES (meq/lt)</u>		
Calcio	3.10	3.00
Magnesio	0.70	0.80
Potasio	0.30	0.30
Sodio	2.07	3.60
<u>ANIONES SOLUBLES (meq/lt)</u>		
Carbonato	0	0
Bicarbonato	5.67	5.75
Cloruro	3.01	3.12
Sulfato	3.10	4.00
Sodio intercambiable porciento (PSI)	1.9	2.5
Densidad aparente (gr/cm ³)	1.25	1.29
Capacidad de campo porciento	32.4	33.7
Punto de marchitamiento permanente porciento ...	17.6	18.3
Humedad aprovechable porciento	14.8	15.4

ANALISIS FISICO-QUIMICOS

TABLA IV-4

POZO #16

C A R A C T E R I S T I C A S	H O R I Z O N T E S	
	A	AC
Profundidad en centímetros	0-30	30-55
Color en seco	Gris	Gris claro
Clave	10 YR 5/1	10 YR5/2
Color en húmedo	Gris muy osc.	Cafe gris
Clave	10 YR 3/1	10 YR 5/2
<u>ANALISIS MECANICO (PORCIENTO)</u>		
Arena	34.92	14.92
Limo	33.64	23.64
Arcilla	31.44	61.44
Textura	F. arcillosa	Arcilla
Materia orgánica	2.19	1.10
Nitrógeno total	0.112	0.095
<u>NUTRIENTES ASIMILABLES (ppm)</u>		
Fósforo	3	9
Potasio	75	80
Calcio	945	945
Magnesio	185	360
Carbonatos insolubles por ciento	5	3
Capacidad de intercambio catiónico (meq/100gr)	31.2	52.5
Porcentaje de saturación	57	87
Conductibilidad eléctrica (mmhos/cm)	0.42	0.32
<u>CATIONES SOLUBLES (meq/lt)</u>		
Calcio	2.90	4.80
Magnesio	0.90	1.50
Potasio	0.70	0.70
Sodio	0.55	2.20
<u>ANIONES SOLUBLES (meq/lt)</u>		
Carbonato	0	0
Bicarbonato	5.57	5.77
Cloruro	4.81	5.05
Sulfato	5.00	7.10
Sodio intercambiable por ciento (PSI)	0	0.50
Densidad aparente (gr/cm ³)	1.25	1.30
Capacidad de campo por ciento	28.4	43.7
Punto de marchitamiento permanente por ciento ...	15.4	23.8
Humedad aprovechable por ciento	13.0	19.9

ANALISIS FISICO-QUIMICOS

TABLA IV-5

POZO #20

C A R A C T E R I S T I C A S	H O R I Z O N T E S A
Profundidad en centímetros	0-30
Color en seco	Gris
Clave	10 YR 5/1
Color en húmedo	G.M. Oscuro
Clave	10 YR 3/1
<u>ANALISIS MECANICO (PORCIENTO)</u>	
Arena	35.92
Limo	34.28
Arcilla	29.80
Textura	Franco arcillosa
Materia orgánica	2.04
Nitrogeno total	0.100
<u>NUTIENTES ASIMILABLES (ppm)</u>	
Fósforo	3
Potasio	60
Calcio	451
Magnesio	285
Carbonatos insolubles porciento	7
Capacidad de intercambio cationico (meq/100gr)	29.6
Porciento de saturación	55
Conductibilidad eléctrica (mmhos/cm)	0.47
<u>CATIONES SOLUBLES (meq/lt)</u>	
Calcio	2.7
Magnesio	1.1
Potasio	0.36
Sodio	0.72
<u>ANIONES SOLUBLES (meq/lt)</u>	
Carbonato	0
Bicarbonato	6.87
Cloruro	3.01
Sulfato	3.00
Sodio intercambiable porciento (PSI)	1.8
Densidad aparente (gr/cm ³)	1.26
Capacidad de campo porciento	27.6
Punto de marchitamiento permanente porciento ...	15.0
Humedad aprovechable porciento	12.6

CUADRO IV - 6

DATOS CLIMÁTICOS DE LA ESTACIÓN ALCHOLOYA, HGO.

CONCEPTO	MESES												VALORES MEDIOS ANUALES
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Temperatura media mensual (°C).	11.6	12.4	14.9	17.2	17.8	17.6	16.4	16.5	16.5	14.5	13.2	12.1	15.1
Temperatura mínima extrema (°C).	-7.0	-4.0	-3.0	1.0	1.0	2.5	5.0	6.0	3.0	-1.0	-5.0	-4.0	-7.0
Temperatura máxima extrema (°C).	27.0	28.0	31.5	33.0	34.0	33.0	29.0	29.0	28.0	29.0	27.0	27.0	27.0
Precipitación media mensual (mm.)	14.2	6.7	17.0	35.6	36.1	115.8	71.7	91.7	85.3	45.4	16.7	8.5	544.7
Precipitación del año más seco (mm.) (1962).	0	0	5.0	82.0	2.0	146.0	17.5	37.5	56.5	6.0	9.0	11.0	372.5
Precipitación del año más lluvioso (mm.) (1973).	6.5	0	2.0	55.0	45.0	186.5	97.5	112.0	73.5	130.0	11.0	9.5	739.0
Precipitación máxima en 24 hrs. (mm.)	33.0	16.0	24.0	34.0	39.0	39.0	75.0	47.0	35.0	44.0	38.0	14.5	75.0
Número de días con lluvia mayores de 0.1 mm	2.1	1.7	2.2	5.5	6.1	12.6	12.2	16.4	13.7	9.6	3.3	2.8	88.2
Evaporación media mensual (mm.)	98.4	121.6	168.6	175.8	171.7	135.8	120.5	115.1	98.9	97.9	96.0	89.9	1490.1

PERÍODO DE OBSERVACIÓN: 1962 - 1973

CUADRO IV - 6A

DATOS CLIMATOLÓGICOS DE LA ESTACIÓN ALCHOLOYA, HGO.

CONCEPTO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	VALORES MEDIOS ANUALES
Temperatura media mensual (°C).	11	13	14.5	16.9	17.5	17.6	16.0	16.4	16.3	14.2	13.2	12.0	14.8
Temperatura mínima extrema (°C).	-6.0	-4.0	-3.0	0	1.0	2.7	5.2	5.7	3.0	-1.5	-4.5	-4.0	-7.0
Temperatura máxima extrema (°C).	26.0	27.6	32.0	33.2	34.3	33.0	28.9	29.0	28.0	28.5	27.3	27.0	29.6
Precipitación media mensual (mm.)	14.3	7.0	17.3	36.0	36.0	117.0	72.0	90.6	85.0	45.7	16.2	9.0	546.1
Precipitación máxima en 24 hrs. (mm.)	32.0	16.0	24.5	35.0	39.5	39.0	74.0	47.0	35.0	45.0	37.0	15.0	73.5
Número de días con lluvia mayores de - 0.1 mm.	2.0	2.0	2.2	6.0	6.0	12.0	12.5	16.0	14.0	10.0	3.5	3.0	89.2
Evaporación media mensual (mm.)	98.0	122.6	167.6	175.0	172.0	134.7	121.5	115.0	98.0	96.0	96.0	90.0	1488.4

*** Latitud Norte 20°14'30"

*** Longitud Oeste 98°26'

*** Altitud 2, 010 msnm.

Período de observación: 1980

CUADRO IV - 7

CALCULO DEL CLIMA DE LA ESTACION ALCHOLOYA, HGO.

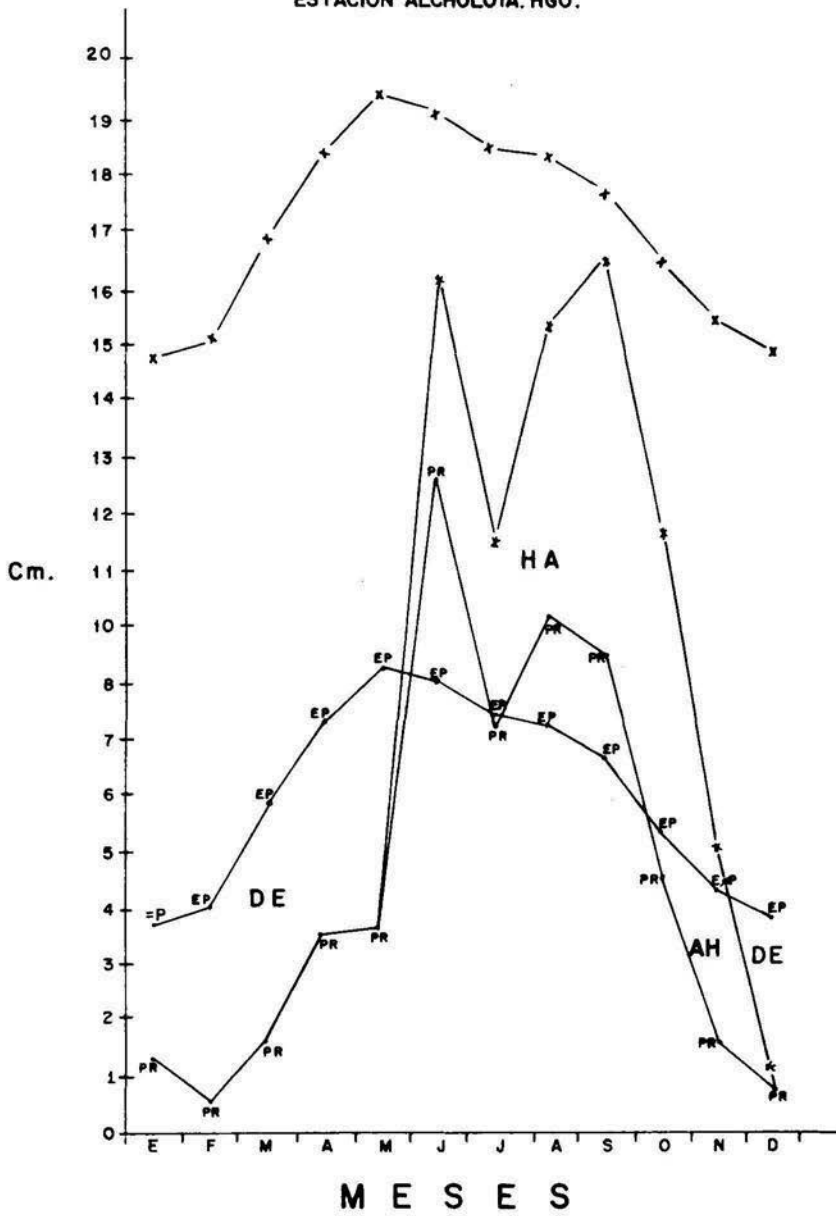
NUMERO	CONCEPTO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	VALORES MEDIOS ANUALES
1	T (°C).	11.6	12.7	14.9	17.2	17.8	16.4	16.4	16.5	16.5	14.5	13.2	12.1	15.1
2	P (cm).	1.42	0.67	1.70	3.56	3.61	11.58	7.17	9.17	8.53	4.54	1.67	0.85	54.47
3	i	3.58	4.10	5.22	6.49	6.84	6.72	6.04	6.10	6.10	5.40	4.35	3.81	64.36
4	EP' (cm).	3.85	4.42	5.63	7.00	7.37	7.25	6.51	6.57	6.57	5.40	4.69	4.11	
5	EP (cm).	3.66	3.98	5.80	7.35	8.33	8.05	7.42	7.29	6.70	5.40	4.36	3.86	72.20
6	MHS (cm).	-0.43	0	0	0	0	3.53	-0.25	1.88	1.83	-0.86	-2.69	-3.01	
7	HA (cm).	0	0	0	0	0	3.53	3.28	5.16	6.99	6.13	3.44	0.43	
8	s (cm).	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	d (cm).	1.81	3.31	4.10	3.79	4.72	0	0	0	0	0	0	0	17.3
10	EPR (cm).	1.85	0.67	1.70	3.56	3.61	8.05	7.42	7.29	6.70	5.40	4.36	3.86	
11	E (cm).	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12	RP (cm).	-0.61	-0.83	-0.71	-0.52	-0.57	-0.44	0.03	0.26	0.27	-0.16	-0.79	-0.78	
13	$I_h = \frac{100s}{EPa} = \frac{100 \times 0}{72.20} = 0$													
14	$I_a = \frac{100d}{EPa} = \frac{100 \times 17.73}{72.20} = 24.56 \%$													
15	$I_m = I_h - 0.6 I_a = 0 - 0.6 \times 24.56 = -14.74$													
16	$S = \frac{100 EPa}{Epa} = \frac{100 \times 22.27}{72.20} = 30.84 \%$													
17	Fórmula del clima $C_1dB'_2a'$													
18	Descripción del clima : Semiseco, sin excedente de agua: templado-frío, con baja concentración de calor en verano.													

*** El significado de cada literal está en la siguiente hoja.

DONDE :

T	=	Temperatura media mensual
P	=	Precipitación mensual
\bar{i}	=	Índice de calor mensual
EP'	=	Evapotranspiración sin corregir
EP	=	Evapotranspiración corregida
MHS	=	Movimiento de humedad en el suelo
HA	=	Húmedad almacenada
s	=	Demasía de agua
d	=	Deficiencia de agua
EPR	=	Evapotranspiración real
E	=	Escurrimiento
RP	=	Relación pluvial = $\frac{P - EP}{EP}$
Ih	=	Índice de húmedad
Ia	=	Índice de aridez
Im	=	Índice pluvial
S	=	Concentración térmica en el verano
EPn	=	Suma de la evapotranspiración potencial corregida de los meses de verano.

GRAFICA IV-1
CLIMOGRAMA
ESTACION ALCHOLOYA. HGO.



- PR— Precipitación
- EP— Evapotranspiración
- x EP + 10
- x PR + HA
- ⊗ Datos Tomados del cuadro IV-7
- DE — Deficiencia de Humedad
- AH — Aprovechamiento de Humedad
- HA — Humedad Almacenada
- S — Demasias de Agua (No hay)

GRAFICA IV-2
 CICLOGRAMA DE THORNTHWAITE
 ESTACION ALCHOLOYA, HGO.

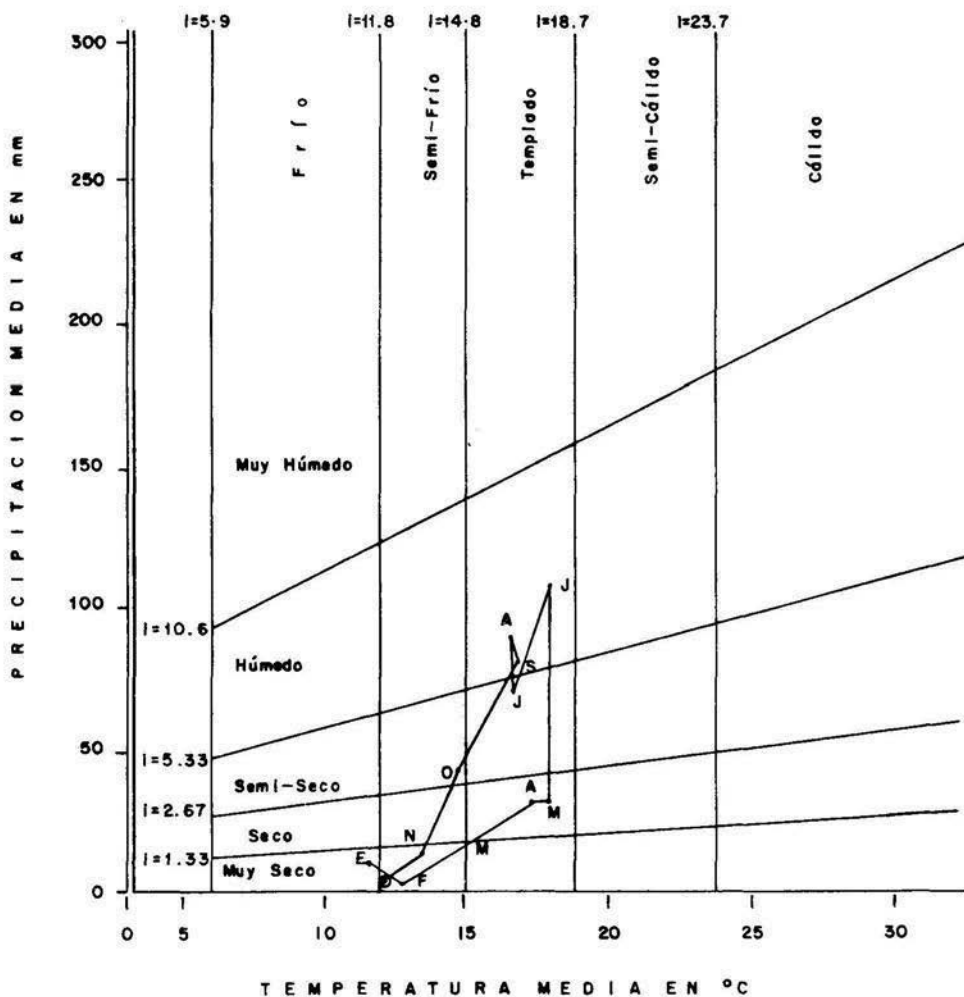


TABLA IV - 8

ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO DEL AGUA PARA RIEGO

CONCEPTOS	
Concentración de Iones Hidrógeno (pH).	6.10
Conductividad eléctrica (micromhos / cm. a 25 °C).	130.00
Sólidos disueltos (partes por millón).	192.0
Porcentaje de Sodio en el total de los Cationes	32.0
Relación de adsorción de Sodio	0.8
Carbonato de Sodio residual, me./ lt.	0.25
Porcentaje de Sodio posible	75.0
Salinidad efectiva, me. / lt.	0.80
Salinidad potencial me. / lt.	0.48
Boro (partes por millón).	0.13

CLASIFICACION POR SALINIDAD Y SODIO		me./ lt.	ppm
CATIONES			
Sodio	(Na ⁺)	0.60	14.0
Potasio	(K ⁺)	0.12	5.0
Calcio	(Ca ⁺⁺)	0.58	11.6
Magnesio	(Mg ⁺⁺)	0.57	6.9
ANIONES			
Carbonatos	(CO ₃ ⁻)	0	0
Bicarbonatos	(HCO ₃ ⁻)	1.40	85.0
Cloruros	(Cl ⁻)	0.45	16.0
Sulfatos	(SO ₄ ⁻)	0.07	3.2
Nitratos	(NO ₃ ⁻)		

ANALISIS DE RESULTADOS.

Como se mencionó anteriormente (Pag. 34), del total de pozos muestreados, el pozo No. 4 (Tabla IV - 3), es el más representativo de los valores promedio de la zona; y por medio de los valores obtenidos para este pozo se generalizó la interpretación - de datos característicos de la región.

La profundidad de los horizontes bien desarrollados alcanza un espesor de 60 - 70 cm., existiendo una región de transición entre el horizonte B desarrollado y la roca madre, que puede considerarse como un horizonte C poco desarrollado, por lo cual no se realizó un análisis detallado de él, y tiene una profundidad máxima de 110 cm. e inmediatamente después se localiza un piso de Toba fragmentada y estratificada, sobre la cual descansa el suelo de esta zona.

PROPIEDADES FISICAS.

La textura del suelo es franca, esto es, que contiene cantidades casi equivalentes de arcilla, limo y arena (2), estos valores muy cercanos entre sí, confieren al suelo una gran cantidad de ventajas entre las que destacan : su fácil manejo en las labores de barbecho, arado, fertilización, etc.

Otra característica importante derivada de la textura es : la friabilidad, característica que confiere al suelo - una adecuada circulación de agua y aire, liberando con relativa facilidad los excedentes, que de estos puedan ser perjudiciales; por tener - moderada circulación y capacidad de retención de agua (2 - 6 cm./ hr. y 32.4 % respectivamente), permite que el porcentaje de humedad aprovechable sea moderadamente alto (14.8 %), por otro lado la velocidad - de infiltración (circulación) de agua es la suficiente para no ocasionar problemas de encharcamiento y además la lixiviación se realiza con la suficiente velocidad para permitir que el aprovechamiento de los nutrientes, por las plantas sea satisfactorio (1), (2).

El manto freático se considera temporal ya que no se observan manchas (gleysación), que indiquen fenómenos de oxidación - reducción, que son sinónimos de mal drenaje o deficiente aireación del suelo (4). El agua que se drena a través del manto freático de esta zona y de las partes altas de esta región originan la formación de manantiales y arroyos que existen en la región que comprende el poblado de Alcholoya (4).

La cantidad de agua que retiene este tipo de suelo equivale a un promedio de 38.05 % (promedio de la capacidad de campo de los horizontes A y B), de un 100 % del volumen de agua que recibe; esta cantidad es significativamente moderada ya que ni es excesiva, ni causa deficiencia hídrica (1). De este porcentaje se aprovecha un promedio de 15.1 % (húmedad aprovechable), cantidad que resulta de la diferencia entre el porcentaje de la capacidad de campo y el punto de marchitamiento permanente (1), (2).

PROPIEDADES QUIMICAS

En cuanto a los nutrientes asimilables (Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Magnesio y Sodio), esta región presenta cantidades significativas de cada uno y tienen distintas procedencias.

El Nitrógeno y el Fósforo se presentan en cantidades bajas y se originan de la descomposición de la materia orgánica (8), (10), (14), (Fig. V - 1), aún así es necesaria una fórmula de fertilización N - P - K que contenga estos dos elementos para satisfacer las demandas de los cultivos, (Ver cuadro V - 1).

En cuanto a los demás nutrientes, esta zona no presenta problemas de deficiencias ya que provienen de la mineralización y de la descomposición de los suelos, *in situ* (Fig. V - 1), y además se presentan en forma de Cationes y Aniones a través del agua, fijándose una parte del suelo, y recuperándose así, el desgaste por cosecha. En cuanto a la fertilización no se debe adicionar nunca fórmulas que contengan Potasio, por las razones antes mencionadas (Cuadro V-1).

La retención de los nutrientes en el suelo es suficiente, esto se determina por medio de la capacidad de Intercam

FIGURA V - 1

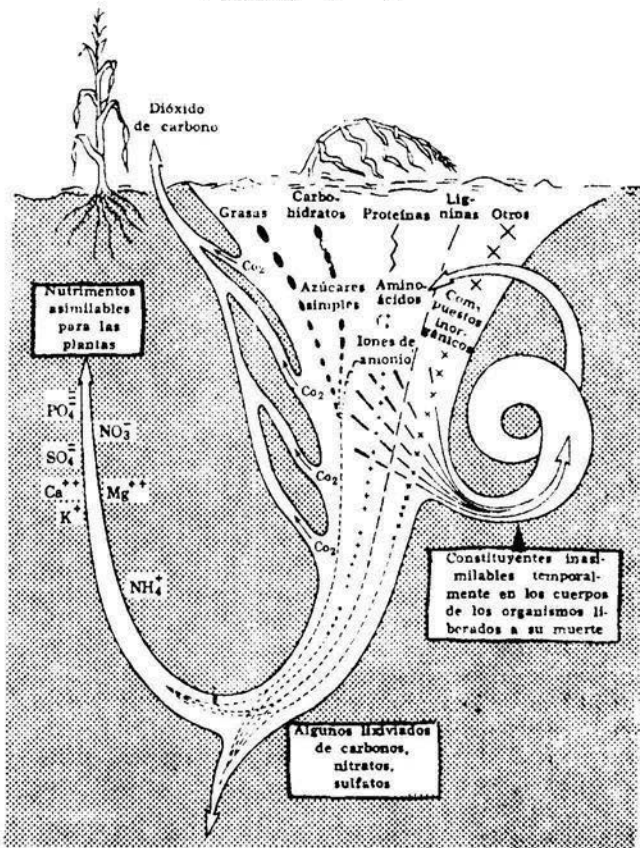


DIAGRAMA ESQUEMATICO DE LA DESCOMPOSICION DE LA MATERIA ORGANICA Y RECIRCULACION DE NUTRIENTES. (Cortesía del Dr. Burns R. Sabey). (C.E. Millar, Turk y Foth, 1979, Fundamentos de la Ciencia del suelo).

-bio Catiónico y el porcentaje de saturación; el primer término se refiere a la cantidad de miliequivalentes de Cationes asimilables (Calcio, Magnesio, Potasio y Sodio), que una partícula de suelo puede intercambiar con el medio, y el segundo término al porcentaje de saturación de la partícula con estos mismos Cationes. En el suelo de esta zona ambos valores lo ubican dentro de una moderada aceptación de Cationes (C.I.C. = 37.2 y 36.6 m.e.q./ 100 grs.), y una buena acumulación en la superficie de la micela (65% y 67%), (4), (9). Cabe señalar que el pH del suelo es, también un factor importante en la asimilación de los nutrientes de las plantas, ya que, a medida que aumenta o decrece este valor la asimilación puede variar en forma significativa (1), (14). Como puede observarse en la Fig. V-2, el pH de esta región (pH= 7.5) es adecuado y permite una buena asimilación de los nutrientes básicos para la planta, lo cual se muestra como un ensanchamiento de la banda.

Para realizar la determinación de Sodicidad o Salinidad del suelo se recurrió a los valores obtenidos en la Conductividad Eléctrica (C.E.), el porcentaje de Sodio intercambiable (P.S.I.) y al pH. Según estos valores (2), (14).

NORMAL

C.E. < 4 mmhos/cm.

P.S.I. < 15 %

6.5 > pH < 7.5

SALINO

C.E. > 4 mmhos/cm.

P.S.I. < 15 %

7.0 > pH < 8.5

SODICOS

C.E. < 4 mmhos/cm.

P.S.I. > 15 %

pH 8.2 - 10

SALINO - SODICOS

C.E. > 5 mmhos/cm.

P.S.I. > 15 %

pH No mayor de 8.2

Los valores correspondientes a esta zona son:

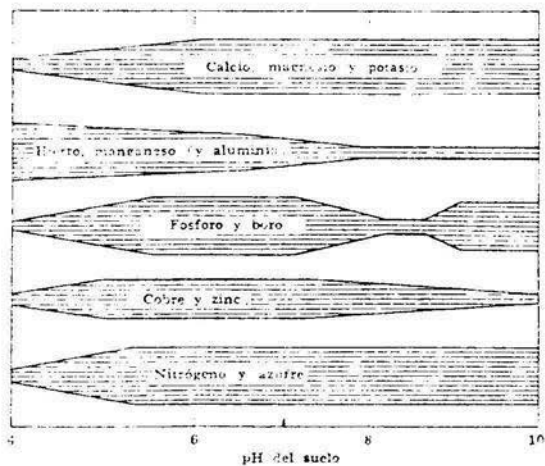
C.E. = 0.22 y 0.20

P.S.I. = 1.9 y 2.5

pH = 7.5 y 7.65

Lo cual lleva a clasificarlo como Normal, li

FIGURA V - 2



RELACION GENERAL ENTRE EL pH DEL SUELO Y LA ASIMILABILIDAD DE LOS NUTRIENTES DE LAS PLANTAS: MIENTRAS MAS ANCHA SEA LA BANDA, MAS DISPONIBLE SERA EL NUTRIMENTO. (Bruce Withers, Stanley Vipond, 1972, - El riego diseño y práctica).

-bre de salinidad y sin propensión al ensalitramiento.

Este suelo está clasificado como de SEGUNDA en sus partes altas y de TERCERA en la barranca y región que la bordea (Diagramas ilustrativos, Capítulo I). Esta clasificación se realizó - tomando en cuenta 7 de los 15 factores que se utilizan en la Dirección de Agrología de la SARH, (2), (12), estos factores son (Cuadro III -2).

Pendiente (T_1).

TOPOGRAFIA

Relieve (T_2).

	Profundidad efectiva	(S_1)
	Profundidad del manto freático	(S_2)
SUELO	Pedregosidad	(S_3)
	Salinidad	(S_4)
	Sodicidad	(S_5)

De acuerdo a los factores anteriores los suelos quedan ubicados como de SEGUNDA CLASE, (Anexo I - 1), los encontrados en los pozos 1 al 15 por espesor, pendiente, relieve, pedregosidad y manto freático (2 T_{1-2} y 2 S_{1-3}), y como de TERCERA CLASE las muestras de los pozos 17 al 20, por las mismas características antes - mencionadas; es importante hacer destacar que las 20 muestras están - clasificadas como de primera por Salinidad y Sodicidad (1 S_{4-5}), ya - que sus valores se encuentran muy por abajo de los valores dados (Ver tabla IV - 1), para suelos de PRIMERA en estas características del suelo :

Valor de Clasificación	Rango de las muestras
1 S_4 < 4 mmhos /cm.	0.22 a 0.5 mmhos /cm.
1 S_5 < 15 % P.S.I.	0 a 3.0 P.S.I.

Esto viene a corroborar que estos suelos - no presentan problemas de ensalitramiento ya que además poseen valores

de Salinidad y Sodicidad prácticamente ideales para cualquier tipo de cultivo.

ANALISIS DE LOS DATOS METEOROLOGICOS.

Los factores principales relacionados con la agricultura que cuentan con registros son : Lluvia, temperatura media, - mínima y máxima y evaporación (Vease el cuadro IV - 6) y fueron tomados los del período 1962 - 1973 por ser los más completos y comparandolos con los de 1980 (Cuadro IV - 6a) muestran poca variación, por lo que el análisis se realizó de acuerdo a los datos del Cuadro IV - 5.

A).- PRECIPITACION

La lluvia media anual registrada en el período de observación que cubre los años de 1962a 1973, fue de 545 mm., con máxima de 739 mm., en 1973 que fue el año más lluvioso y mínima de 372 mm. en 1962, que fue el año más seco. El período de lluvias con láminas mensuales mayores de 70 mm. está comprendido de junio a septiembre, con 10 % de posibilidades de alcanzar esta lámina el mes de octubre; en los meses de junio a octubre se concentra el 75 % de la lluvia total anual. También el mayo- número de días con lluvia (73 %) ocurre en estos meses.

De acuerdo con el climograma de Thornthwaite (Gráfica IV - 2), los meses de noviembre a marzo resultan muy secos; abril y mayo son secos, julio y octubre son semisecos y junio, agosto y septiembre son húmedos; esto concuerda con lo mencionado en el párrafo anterior y se afirma al analizar el cuadro IV - 6 y 7, donde se observa que hay deficiencia de agua (D), desde enero hasta mayo (5 meses) con una lámina deficitaria de 177 mm., aún cuando se toma en cuenta la humedad almacenada (HA) y el movimiento de humedad en el suelo (MHS); - también se observa que no hay excedente de agua de lluvia. En el mismo (Cuadro IV- 7) al comparar la evapotranspiración calculada (EP), con la precipitación (P), esta es mayor en tres meses junio, agosto, septiembre. Por otro lado, los datos de evaporación real son menores que la precipitación en todos los meses del año.

B).- TEMPERATURA

En el período de observación de 12 años la temperatura media mensual fue de 15.1 °C, con variación de 6.2 °C ya que corresponde al mes de enero la media más baja con 11.6 °C, y la media más alta a mayo con 17.8 °C. La temperatura mínima extrema se presentó en enero de 1973 con -70 °C, y la máxima extrema en mayo de 1973 con 34 °C. De acuerdo con la misma gráfica IV - 2 de Thornthwaite el mes de enero es frío; de octubre a diciembre son semfríos y el resto de los meses son templados.

CLASIFICACION DEL CLIMA (16), (17).

Como ya se indicó la determinación del clima del área estudiada se hizo con los datos meteorológicos de la estación Alcholoaya. La clasificación obtenida siguiendo el segundo sistema de Thornthwaite corresponde a las siglas $C_1 D B'_2 C'_2$, que significa : Semi-seco, sin excedente de agua; templado - frío, con alta concentración de calor en verano (Cuadro III - 3).

CARACTERISTICAS DE LAS AGUAS PARA RIEGO.

Los criterios más comunmente utilizados para la caracterización de las aguas de riego son los siguientes :

- A).- Concentración total de sales solubles.
 - B).- Concentración relativa del Sodio con respecto a otros Cationes.
 - C).- Concentración de otros elementos que pueden ser tóxicos (v.g. Boro). Los valores obtenidos para el agua de esta zona están detallados en la (Tabla IV - 8) ; los cuales serán discutidos en este análisis.
- A).- Este factor equivale a la Conductividad Eléctrica y se proponen los siguientes valores de caracterización. (2), (14) :
- Más de 2,250 microhoms/cm - INAPROPIADAS
 - Menos de 250 microhoms/cm - AGUA DE GRAN UTILIDAD PARA CUALQUIER TIPO DE SUELO-CLIMA

En el caso del agua de la laguna de Zupitlán este valor es de 130 microhoms / cm.

Otro índice utilizado para evaluar la concentración de sales en el agua de riego, es la Salinidad Potencial (SP), - en la cual se supone que el efecto de salinidad está gobernado por la concentración de Iones sulfato y se define por la ecuación :

$$SP = Cl^+ + 1/2 SO_4^{=} \quad (\text{en m.e.q. / lt.}).$$

Y para suelos de textura Franca el valor de tolerancia es de 3 - 15 m.e.q. / lt. en el agua de riego que se utiliza en el área de estudio, el valor de SP es :

$$SP = (0.45) + 0.07 / 2$$

$$SP = (0.49) \text{ m.e.q. / lt.}$$

B).- En cuanto al porcentaje de Sodio se utilizan otros criterios para evaluar el daño que pueda causar aguas que lo contengan :- Primero se considera la relación de adsorción de Sodio (RAS), lo cual, junto con la conductividad eléctrica, permite clasificar el agua (Gráfica V - 1), y que en este caso se clasifica como C_7S_7 ; que la define como agua para cualquier tipo de suelo, sin peligro de ensalitramiento (1).

También el Carbonato de Sodio residual (CSR) es un buen índice para señalar el grado de acumulación de Sodio, esto es, tomando en cuenta la posibilidad que parte de que las sales se precipiten en forma de Carbonatos y / ó Sulfatos; disminuyendo, por consiguiente la concentración de sales solubles en solución del suelo concentrada. Este valor se obtiene mediante la ecuación :

$$CSR = (CO_3^{=} + HCO_3^-) - (Ca^{++} + Mg^{++}).$$

En el agua en estudio el valor es de 0.25 % lo cual se considera seguro por ser un valor inferior a 1.25 % (1) ; - otro beneficio del CSR es que al disminuir este valor disminuye también

GRAFICA V - 1

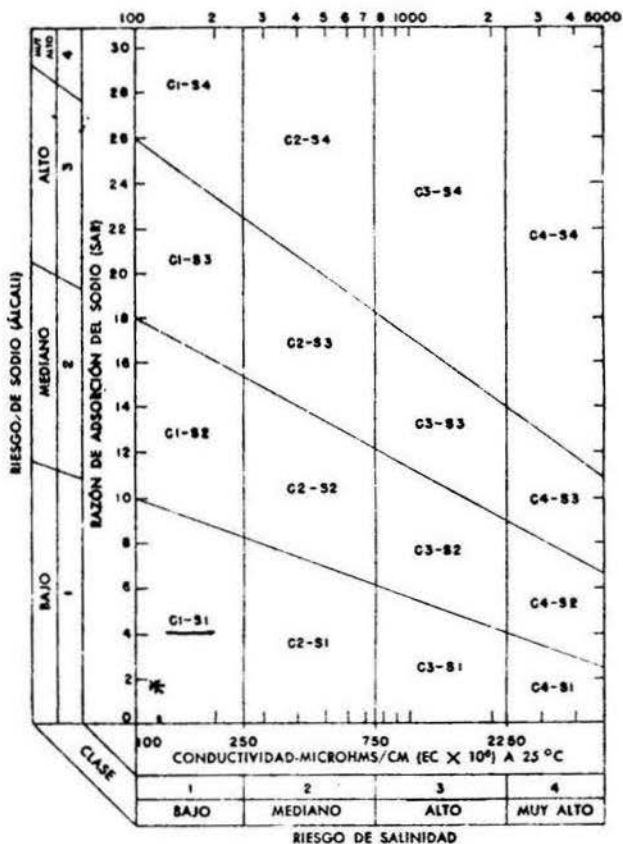


DIAGRAMA PARA LA CLASIFICACION DE AGUA DE RIEGO. De USDA, " *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils* " Agricultural Handbook Número 60.

la razón de adsorción de Sodio (RAS), y con ello se evita la acumulación de este elemento que podría causar ensalitramiento.

De ahí que, aunque el porcentaje de Sodio posible sea elevado (75 %), y el porcentaje de Sodio total de Cationes- (32 %), también, su concentración absoluta sea baja (0.6 m.e.q. / lt.) y no llegue ni remotamente al límite crítico de 10 m.e.q. / lt., (1), - (14) ; se piensa que esto es debido a las diferencias entre la proporción mineralógica de los suelos que pueden modificar los efectos físicos que causa en el suelo los valores elevados del porcentaje de Sodio posible en el agua (esto aún no está bien estudiado) (2). La imposibilidad de una posible sodificación del suelo es corroborada además por los valores de salinidad efectiva y potencial (0.8 y 0.48 m.e.q/lt. respectivamente), que son bajos e indican que el suelo no sea afectado por este problema (9), (10).

C).- Con relación a las concentraciones de algunos elementos - que pudieran llegar a niveles de toxicidad en las plantas, la determinación más común en las aguas de riego es la del Boro, para lo cual, se han propuesto los siguientes rangos de permisibilidad :

0.3 - 1.0 p.p.m.	-	Normal
1.0 - 2.0 p.p.m.	-	Uso restringido a cultivos semitolerantes.
2.0 - 4.0 p.p.m.	-	Sólo en cultivos tolerantes.

Como vemos, el agua de riego de esta región tampoco presenta problemas de este tipo ya que su valor de contenido de Boro es de sólo 0.13 p.p.m.

Como hemos visto anteriormente el agua de esta región, caracterizada desde distintos puntos de vista, no presenta problemas de ningún tipo y con ello se confirma el enunciado de la clasificación C₁ S₁ que dice : " Esta agua puede ser utilizada en todo tipo de suelo y para cualquier cultivo sin peligro de ensalitramiento ".

CUADRO V - 1

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS CULTIVOS RECOMENDADOS PARA LOS VALLES ALTOS DE HIDALGO, CON ALTITUDES SUPERIORES A 2,000 msnm, (9).

CULTIVO	VARIEDAD	METODO DE SIEMBRA	EPOCA DE SIEMBRA	DENSIDAD DE SIEMBRA	FERTILIZACION	PLAGAS Y ENFERMEDADES
ALFALFA	Tanverde y Tanhuato	Melgas de 5 a 10 m.	noviembre	25 Kg./ha.	40-80-00 al momento de la siembra y después - 00-40-00, cada 6 meses.	Pulgón, chapultrín
AVENA FORRAJERA.	Saia Y ₁ AB - 177	Surcos a 30 cm, y a chorrillo,	del 15 al 30 de octubre	85 Kg./ha.	60-40-00	Pulgón de la hoja y de la espiga.
CHILE	Serrano y ancho	Para serrano 92 cm. entre surcos y 45 cm. entre planta, Para el ancho 75 cm, entre surcos y 30 cm, entre plantas.	el trasplante en marzo y abril.	Para trasplante 600 gr./ha.	120-60-00	Tratar el almácigo con bromuro de metilo o formol. Después de trasplante. Picudo, pulgón-pulga y gusano trozador
FRIJOL	Canario 107 Bayo mex. y negro Mecen	Surcos entre 45 y 62 cm. y 10 a 15 cm, entre matas.	del 15 de abril - al 15 de junio	de 40 a 60 Kg./ha.	40-40-00	Conchuela, picudo, minador de la hoja.
MAIZ	H-133 y - H-127	Surcos a 90 cm, y 3 granos cada 54 cm.	Marzo y abril	20 Kg./ha.	130-60-00	Gusano cogollero y plagas del suelo.

CULTIVO	VARIEDAD	METODO DE SIEMBRA	EPOCA DE SIEMBRA	DENSIDAD DE SIEMBRA	FERTILIZACION	PLAGAS Y ENFERMEDADES
PRADERAS ASOCIADAS DE GRAMINEAS Y LEGUMINOSAS.	Tréboles: Ladino, rojo Kenland y Beerseem Zacatecas: Inglés, West ter woldicum y pasto italiano.	Melgas de 5 a 10 cm. a 10 m. de ancho	Noviembre y Diciembre. con madrina.	4, 6, 6 Kg./ha. respectivamente de los tréboles; y cada -	60-40-00 para -- la siembra con - 60-00-00 cada dos tes y 00-40-00 ca da año.	Chapulín.
TRIGO (tardío)	Cajeme F-71 Saric F - 70	Al voleo o chorrillo	Segunda quincena de noviembre	90 Kg. /ha	160 - 40 - 00	Pulgón y rata de campo.
TRIGO (intermedio).	Vecora F- 7- y Nuri	Al voleo o chorrillo	20 de noviembre al 25 de diciembre.	100 Kg./ha.	160 - 40 - 00	Pulgón y rata de campo.
TRIGO (precoz)	Potam S-70 y CIANO - F- 67,	Al voleo o chorrillo	diciembre	100 Kg./ha	160 - 40 - 00	Pulgón y rata de campo.

- 1 / La variedad AB-177 se recomienda para grano y forraje.
- 2 / De los híbridos H - 133 y H - 127 se aprovecha también el forraje, ya que, cuando madura la mazorca el follaje aún está verde
- 3 / Las especificaciones son para la asociación de estas leguminosas y gramíneas.

CONCLUSION

Como se puede observar a través de los datos obtenidos en esta investigación, estos suelos quedan ubicados dentro de la segunda clase agrícola (12), en esta, los suelos son de rendimientos satisfactorios y hacen costear, incluso, la ampliación de las obras de riego complementario (Anexo I - 1), esto tiene mayor importancia ya que el agua de esta zona no presenta problemas de sales o iones en solución que puedan causar acidez o ensalitramiento del suelo donde se utilice. Estas consideraciones son importantes debido a que el clima puede ser un factor restrictivo en el desarrollo agrícola de la zona, porque, como se mostró en el capítulo V, gráficas IV-1 y IV-2, el clima presenta sólo algunos meses húmedos sin llegar a tener excedentes de agua, ocasionando serias restricciones aún para cultivos de temporal, de ahí, que se destaca la importancia del uso y ampliación del riego complementario.

También es necesario tomar en cuenta, para la explotación extensiva de esta zona, las prácticas de manejo y fertilización adecuada a las condiciones físico-químicas del suelo, ya que, por ejemplo, aunque no presenta problemas de acumulación de potasio, este no debe ser adicionado al suelo porque entonces si aparecerían signos de ensalitramiento. Así mismo es necesario que las fórmulas de fertilización se apliquen en cantidades y tiempos adecuados para que, así, sean aprovechados por las plantas.

Tomando en cuenta lo anterior se proponen las recomendaciones descritas en el cuadro V - 1. Estas se basan en las principales características físico-químicas del suelo y en la periodicidad del clima, así como en las propiedades del agua, (4).

Los cultivos mencionados son apropiados y con una mejor adaptación a estas condiciones medio ambientales (Capítulo V) es por eso necesario considerarlas para un mejor aprovechamiento de los suelos, y esto traerá como consecuencia una mejor explotación agrícola.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Bruce Withers, Stanley Vipond, 1972, El riego diseño y práctica, Editorial Diana, 2a. edición - México, D.F., p.p. 349.
- 2.- Comisión del Plan Nacional Hidráulico, (SARH), - 1979, Carpeta de trabajo del segundo curso de la ciencia del suelo, en la planeación y el desarrollo agropecuario, México, D.F. - p.p. 927.
- 3.- Devlin Robert M., 1976, Fisiología vegetal, - Edit. Omega, 3a. edición, España, p.p. 517.
- 4.- Dirección general de obras de riego para el desarrollo rural (SARH), 1979, Estudio agrologico semidetallado del proyecto Laguna de Zupitlán, Municipio de Acatlán Hidalgo, Compañía de estudios y contrucciones MAK, S.A., México-D.F., p.p. 105.
- 5.- Entrevista personal con el Comisariado Ejidal y - personas del pueblo de Alcholoya Hidalgo.
- 6.- Entrevista personal con el Ing. Agr. Meza Felliner encargado de los proyectos de estudios semidetallados del Estado de Hidalgo.
- 7.- Especificaciones para estudios agroológicos, 1971 - Dirección de Agrología, SARH.

- 8.- Harry C.B., Buckman y Nile C. Brady, 1979, *Naturaleza y propiedades de los suelos*, UTEHA 2a. edición, México, D.F., p.p. 375.
- 9.- J. López Ritas, 1976, *El diagnóstico de suelos y plantas*, Ediciones Mundi, Prensa Madrid-p.p. 325.
- 10.- L.M. Thompson, 1970, *El suelo y su fertilidad* Ed. Reverté, 3a. edición, Barcelona España, p.p. 421.
- 11.- Longwell y Flint, 1974, *Geología física*, Editorial Limusa, Primera edición, México, D.F., - p.p. 545.
- 12.- *Manual para clasificación de Tierras con fines de riego*, Dirección de obras Hidráulicas, Caracas, p.p. 430.
- 13.- *Metodología para un estudio agrológico semidetallado*, publicación No. 4, Dirección de Agrología SARH.
- 14.- Millar C.E., Turk L.M., Foth H.D., 1979, *Fundamentos de la ciencia del suelo*, C.E.C.S.A. 3a. edición, México, D.F., p.p. 527.
- 15.- Ortiz Villanueva, 1977, *Edafología*, Editorial Patena A. C., 2a. edición, Chapingo, México, p.p. 291
- 16.- Pérez Espinoza M., 1978, *Secuela de cálculo para determinar la clasificación del clima de acuerdo con el segundo sistema de*

C.W. Thornthwaite, *Subdirección de Agrología*
SARH, *Publicación No. 7.*

- 17.- Pérez Espinoza M., *Un paso más de C.W. Thornthwaite hacia una clasificación racional del Clima, 1974, Ingeniería Hidráulica en México, Vol. XXI, No. 3.*
- 18.- *Sub- dirección de Agrología , SARH, 1973 , Estudio No. 106, Estado de Hidalgo.*

CLASES DE SUELOS

CLASES BÁSICAS

Las clases de suelo se han establecido tomando como base los aspectos económicos de la producción y del desarrollo de la tierra dentro de áreas ecológicas específicas. De aquí, que la producción y potencial de amortización difieran notablemente entre tales áreas. Aunque todas las clases de suelos pueden ser encontradas en una área ecológica determinada, no siempre se da el caso de encontrarlas en su totalidad en cada proyecto estudiado. En el sistema de la Dirección de Mejoramiento se usan cuatro clases básicas para identificar los suelos de acuerdo con su aptitud para la agricultura de riego, una clase provisional y una clase para identificar los suelos no arables. Las tres primeras clases representan aquellos suelos con una capacidad progresivamente menor para reintegrar los costos de construcción del proyecto. Las subclases de la clase 4, de excesivas deficiencias y por lo tanto, restringida utilidad, pueden dar un margen de beneficio muy variable, que puede ser menor al de la clase 3 o hasta mayor al de la clase 1, dependiendo de la utilidad particular que se haga del suelo. El número de clases, dibujadas en el mapa de una investigación particular, depende de la diversidad encontrada en las condiciones del suelo y de otros requisitos establecidos por los objetivos de la investigación particular.

CLASE 1 ARABLE

Comprende los suelos de mayor aptitud para la agricultura de riego, porque pueden rendimientos sostenidos y relativamente altos, con un grupo numeroso de cultivos adaptados a las condiciones climáticas, a un costo razonable. Estos suelos son de superficie suave, con poca pendiente. Los son profundos y de textura media a ligera, friables y bien estructurados; lo que permite la fácil penetración de las raíces, aire y agua; tienen buen drenaje y, sin embargo, buena capa-

-ciudad de retención de humedad aprovechable. Estos suelos no presentan acumulaciones perjudiciales de sales solubles, o estas pueden ser fácilmente eliminadas mediante lavado. Tanto las condiciones del suelo como las topográficas son tales, que no se precisa prever ningún drenaje específico para la parcela; la erosión ocasionada por el riego será mínima; y el desarrollo del suelo podrá ser efectuado a un costo relativamente bajo. Estas tierras tienen? potencialmente, una capacidad de pago relativamente alto.

CLASE 2 ARABLE

Esta clase comprende las tierras de moderada - aptitud para la agricultura de riego. En comparación con la clase 1, su capacidad productiva es notablemente menor, se adaptan a un grupo de cul tivos mas reducido, y la preparación para el riego, así como su explotación agrícola son mas costosos. Estos suelos no son tan deseables, ni de tan alto valor como las de la clase 1, debido a ciertas limitaciones corregibles o no. Pueden tener mas baja capacidad de retención de hume- dad aprovechable, lo cual es ocasionado por las texturas mas ligeras o - por la menor profundidad del suelo; pueden ser poco permeables, debido a las capas arcillosas o a la compactación en el subsuelo; también pueden ser moderadamente salinas, lo cual puede limitar su productividad o impli- car costos moderados para el lavado de las sales. Las limitaciones topográficas incluyen la superficie irregular que requiere gastos moderados- para su nivelación y las zonas pequeñas en pendiente que requieren surcos más cortos o pendientes más pronunciadas que necesitan cuidados especiales y costos más elevados para regar y prevenir la erosi- ón. Puede ser ne cesario construir drenajes en las parcelas, o remover piedras y vegeta- ción arbórea, pero a un costo moderado. Cualesquiera de las limitaciones señaladas, pueden ser suficientes para reducir las tierras de la clase 1 a la clase 2, aunque frecuentemente opera una combinación de dos o mas de dichas limitaciones. Las tierras de clase 2 tienen una capacidad de pago intermedia.

CLASE 3 ARABLE

Comprende aquellos suelos que son menos aptos, para la agricultura de riego, que los de la clase 2, porque presentan deficiencias en suelo, topografía o drenaje, como las señaladas para la -- clase 2, pero en mayor grado. Pueden tener buena topografía, pero debido a condiciones del suelo, tienen más restringida adaptabilidad a los cultivos y requieren practicas deriego muy especiales, o grandes cantidades de agua, además de demandar mayor fertilización o practicas más intensivas de mejoramiento del suelo. Pueden tener topografía accidentada, de moderada a altas concentraciones de sales o drenaje restringido, susceptible de corrección, pero solo a un costo relativamente alto. La explotación agrícola de esta tierra puede encerrar más riesgo que la de la clase 1 o clase 2, pero se pueden predecir que bajo buenas prácticas de manejo tendrá adecuada capacidad de pago

CLASE 4 ARABLE LIMITADA O DE USO ESPECIAL

Los suelos son incluidos en esta clase, solo despues de estudios especiales de ingeniería y economía demuestran que son arables. Pueden tener una excesiva deficiencia específica o deficiencias susceptibles de modificación a un costo alto, pero son aptas para riego debido a que pueden ser utilizadas en forma intensiva para cultivos, tales como hortalizas, frutales; pueden tener una o mas deficiencias incorregibles, lo cual limita su utilidad a pasto de corte, potreros, huertos u otros cultivos relativamente permanentes, pero si son manejados en unidades de adecuado tamaño o en asociación con tierras mejores, son capaces de mantener a una familia y pagar los costos de agua. Las deficiencias pueden ser: drenaje inadecuado, excesiva cantidad de sales que requiere lavados intensivos, posición desfavorable que determina inundaciones periodicas o hacer muy dificultosa la distribución y la remoción de los excedentes de agua, topografía muy irregular, excesiva cantidad de piedras sueltas en la superficie o en la capa de arado, o cobertura tal como bosques maderables. La magnitud de las deficiencias corregibles requiere fuertes inversiones muy superiores a las requeridas para la clase 3, pero en cantidades que son justificables por los beneficios que se esperan obtener del plan específico para la utilización de estas tierras

CLASE 5 NO ARABLE

Los suelos incluidos en esta clase no son arables bajo las condiciones naturales pero tienen un valor potencial suficiente para justificar su segregación tentativa, con el fin de hacer de ellas estudios especiales antes de completar su clasificación definitiva, incluye asimismo, aquellas tierras en proyectos existentes que para ser incluidas entre las arables, requieren trabajos previos de construcción o mejoramiento de la tierra. Pueden tener una deficiencia específica en suelo, tal como la excesiva salinidad, topografía muy irregular, inadecuado drenaje, o excesivo contenido de rocas o cobertura de árboles. En el primer caso, la deficiencia o deficiencias de la tierra son de tal magnitud y naturaleza que requieren estudios especiales agronómicos, económicos y de ingeniería, para obtener una adecuada información, tal como extensión y localización de los drenajes de las parcelas y de los drenajes del proyecto, o la probable capacidad de pago bajo el uso previsto de la tierra, a fin de completar la clasificación de la misma.

CLASE 6 NO ARABLE

Las tierras incluidas en este grupo son:

A) Las consideradas como no arables bajo las condiciones existentes en el sistema o proyecto debido a que no cumplen con el mínimo de requisitos para ser incluidas en las otras clases.

B) Las áreas arables, cuando definitivamente no es posible disponer de agua para regarlas o no se les puede dotar de drenaje.

C) Las clases 4 y 5 cuando su extensión o los detalles obtenidos en su respectiva investigación no garanticen su segregación.

ELEMENTOS DEL CLIMA

Entre los factores más importantes que afectan el medio ambiente y determinan su clima están:

PRECIPITACION PLUVIAL: Valor total de la precipitación - anual, número de días con lluvia en el año, repartición de lluvias, intensidad, frecuencia y duración.

EVAPORACION: Diaria y mensual.

TEMPERATURA: Máxima, media, mínima tanto diaria, mensual o anual.

VIENTO: Intensidad, dirección, etcetera; la clasificación de Thornthwaite no incluye este factor.

Y mediante una serie de cálculos matemáticos-- propuestos por Thornthwaite valora otros parámetros importantes para su clasificación del clima:

INDICE DE CALOR MENSUAL (i). Determina la eficiencia mensual de la temperatura.

EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL DESAJUSTADA (EP'). Es la evapotranspiración potencial que puede haber en el lugar, de acuerdo a los valores mensuales de la temperatura.

EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL CORREGIDA (EP). El -- factor de corrección corresponde a la duración del fotoperíodo para cada mes de acuerdo a la latitud.

MOVIMIENTO DE HUMEDAD EN EL SUELO (MHS). Consiste - en el residuo de humedad que resulta de la evapotranspiración potencial ajustada y la precipitación mensual

HUMEDAD ALMACENADA (HA). Es el resultado de la acumulación de humedad en el suelo sin que exceda a una lamina de 10 cms, que segun Thornthwaite es el agua aprovechable que se mantiene en la zona de raíces.

DEMASIA DE AGUA (S). Es el exceso resultante de humedad almacenada y que rebasa el valor expresado para el movimiento de humedad mas la transpiración.

DEFICIENCIA DE AGUA (d). Es el deficit de humedad ocasionado por una gran evapotranspiración y poca humedad almacenada.

ESCURRIMIENTO (E). Es el valor asignado a temporadas de lluvias donde existen demasias de agua, las cuales se precipitan hacia la profundidad del suelo.

RELACION PLUVIAL (RP)

INDICE DE HUMEDAD (Ih)

INDICE DE ARIDEZ (Ia)

INDICE PLUVIAL (Im)

CONCENTRACION TERMICA EN VERANO (s)

SUMA DE LA EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL CORREGIDA DE LOS MESES DE VERANO (EPm)

Con estos datos se determina la clasificación del clima, utilizando especialmente: el Indice pluvial (Im), Indice de aridez (Ia) o Indice de humedad (Ih), Evapotranspiración corregida total (EP) y la concentración termica en el verano (s).

SECUELA DE CALCULO PARA DETERMINAR LA
CLASIFICACION DEL CLIMA DE ACUERDO AL
SEGUNDO SISTEMA DE C. WARREN THORNTWHAITE

1.- Se obtienen las temperaturas medias mensuales (T) y la temperatura media anual de la estación analizada, ambas en °C.

2.- Se calculan los valores de la eficiencia mensual de la temperatura por medio de la formula:

$$i = (T/5)^{1.514}$$

3.- Se determina la eficiencia anual de la temperatura o índice de calor (I) sumando los valores mensuales de (i).

4.- Se calcula el exponente (a) aplicando la formula:

$$a = 0.000000675 I^3 - 0.0000771 I^2 + 0.01792 I + 0.49239$$

NOTA: Para el clima de esta zona : a = 1.506306851

5.- Se estima la evapotranspiración potencial desajustada para cada mes utilizando la formula:

$$EP' = 1.6 (10T/I)^a$$

6.- De la tabla I se obtienen los valores de corrección mensuales que deben aplicarse para considerar la duración posible del fotoperiodo de acuerdo con el mes y la latitud de la estación meteorológica.

7.- Se estima la evapotranspiración potencial ajustada para cada mes multiplicando la evapotranspiración potencial desajustada mensual por su correspondiente factor de corrección:

$$EP = EP' \times fc \quad (\text{cm})$$

8.- Se determina la evapotranspiración potencial ajustada total sumando los valores mensuales de EP,

9.- Se obtienen las alturas de precipitación medias mensuales

y la precipitación media anual de la estación en estudio, ambas en centímetros.

10.- Se definen los meses lluviosos comparando la precipitación con la evapotranspiración potencial ajustada ($P > EP$),

11.- A partir de la temporada lluviosa se calcula la variación de la humedad en el suelo (MHS) y su almacenamiento (HA). La variación de la humedad se obtiene de la diferencia entre la precipitación y la evapotranspiración potencial ajustada ($P - EP$). La humedad almacenada es la acumulada de la variación sin que exceda de 10 cm que según Thornthwaite es la cantidad de agua aprovechable mantenida en la zona de raíces

En el caso de que HA sea mayor de 10 se escribe: $HA = 10$ y MHS debe ser igual a $10 - HA$ del mes anterior aunque la diferencia entre P y EP sea mayor.

Si en meses posteriores MHS es mayor que cero se considera -- se considera MHS igual a cero y HA igual a 10, en caso contrario se continúa con la acumulación hasta que HS valga cero,

Si HA es menor a cero se considera HA igual a cero y MHS debe ser igual a menos HA anterior aunque la diferencia $P - EP$ sea menor.

12.- Se obtiene la evapotranspiración real para cada mes:

$$\text{Si HA mayor que cero} \quad \text{EPR} = 0$$

$$\text{Si HA igual a cero} \quad \text{EPR} = P - \text{MHS}$$

13.- Se determinan las deficiencias de agua mensuales y la deficiencia anual:

$$d = EP - \text{EPR}$$

14.- Se estiman las demasias de agua mensuales y la demasia anual:

$$S = P - \text{MHS} - \text{EPR}$$

15.- Se calcula el escurrimiento mensual a partir del primer valor, en la temporada de lluvia, en que S sea diferente de cero:

$$E = 1/2 (E \text{ anterior} + S)$$

16.- se calcula el escurrimiento anual sumando los valores mensuales de E

17.- Se calcula la relación pluvial mediante la expresión:

$$RP = \frac{P - EP}{EP} = P/EP - 1$$

Los valores positivos indican que la precipitación es excesiva y los negativos que es insuficiente. Una relación igual a cero indica que el abastecimiento de agua es igual a las necesidades.

18.- Obtención de índices:

$$\text{Índice de humedad} = \frac{100 \times S \text{ anual}}{EP \text{ total}} \quad (\%)$$

$$\text{Índice de aridez} = \frac{100 \times d \text{ anual}}{EP \text{ total}} \quad (\%)$$

$$\text{Índice pluvial} = I_h - 0.06 \quad I_a = \frac{100s - 60 d}{EP}$$

$$\begin{aligned} \text{Concentración térmica} \\ \text{en el verano} &= \frac{100 \times EP \text{ (verano)}}{EP \text{ total}} \end{aligned}$$

19.- Con los valores de los índices se determina la clasificación del clima por medio de la tabla de clasificación propuesta por C. W. Thornyhwate.