



18  
22y

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
"ZARAGOZA"

"ESTUDIO DE LAS RELACIONES HIDRICAS EN  
DIFERENTES TIPOS DE SUELO, A UNA  
PROFUNDIDAD DE 0-30 cm Y 30-60 cm Y LA  
DISPONIBILIDAD DEL AGUA PARA LAS  
PLANTAS, EN LA ZONA AGRICOLA DE SAN  
LUIS DE LAS PERAS, TAXHIMAY, EDO. MEX."

**TESIS PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**B I O L O G O**

**P R E S E N T A N ;**

**JUANA MARIA DE LA PAZ LOPEZ**

**CATALINA MACHUCA RODRIGUEZ**

JULIO, 1988

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



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 está 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.

## INDICE

### PAGINA

1.- RESUMEN -----	1
2.- OBJETIVOS -----	2
3.- HIPOTESIS -----	3
4.- JUSTIFICACION -----	4
5.- CARACTERISTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO -----	6
6.- REVISION BIBLIOGRAFICA -----	16
7.- METODOLOGIA -----	53
8.- RESULTADOS -----	55
9.- ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS -----	116
10.- CONCLUSIONES -----	135
11.- RECOMENDACIONES -----	137
12.- FOTOGRAFIAS DE LA ZONA -----	138
13.- BIBLIOGRAFIA -----	141

## RESUMEN.

Nuestro país posee una amplia trayectoria agrícola pues la alimentación básica de la población se finca en el cultivo del maíz y del frijol, que se consumen en una gran diversidad de platillos; la zona de estudio San Luis de las Peras Tahhimay, Estado de México no es la excepción. Sin embargo el cultivo de estas plantas se ven afectadas en gran medida entre otros, por los factores edáficos; especialmente por la disponibilidad del agua en los periodos críticos de su desarrollo.

Esta zona a pesar de tener una precipitación pluvial adecuada para el suministro de agua requerida por los cultivos, la manifestación de los mismos es de una carencia de agua. Observándose que la problemática se presenta en el factor suelo, que produce una aridez (edáfica) debido a una excesiva pérdida del agua por escurrimiento, drenaje del suelo, evaporación y transpiración provocada por la irregularidad topográfica.

Se encontro una diferencia en cuanto a la retención de agua, disponibilidad y punto de marchitez permanente, determinado por las fracciones de partículas del tamaño de los limos y de las arcillas, sin influencia considerable de las partículas correspondientes a las fracciones arenosas.

Por lo cual es altamente recomendable que se pongan en práctica técnicas que incremente sustancialmente el aprovechamiento del agua por los cultivos y así tener la posibilidad de incrementar los rendimientos de estos cultivos.

Para llevar a cabo éste trabajo se plantearon los siguientes --  
objetivos:

**OBJETIVO GENERAL.**

Cuantificar los diferentes tipos de agua en el suelo y su relación con el tamaño de partículas; así como su disponibilidad para los --  
cultivos.

**OBJETIVOS PARTICULARES.**

- Conocer la distribución del agua disponible para los culti--  
vos, a través de un ciclo anual.

- Elaboración de climogramas de Thornthwaite, para conocer el--  
gasto y la recarga de agua en el suelo.

- Cuantificación de los diferentes tipos de agua contenida en--  
el suelo.

- Cuantificar la composición granular de los componentes del --  
suelo.

- Establecer las relaciones entre los parámetros suelo-agua --  
clima.

## H I P O T E S I S

Si se cuantifican los diferentes tipos de agua en el suelo y -- se conoce su relación con el tamaño de partícula, entonces; sabremos que cantidad de agua queda disponible para los cultivos. En base a lo anterior se podrá determinar si las propiedades físicas o el clima son los - limitantes en la producción agrícola.

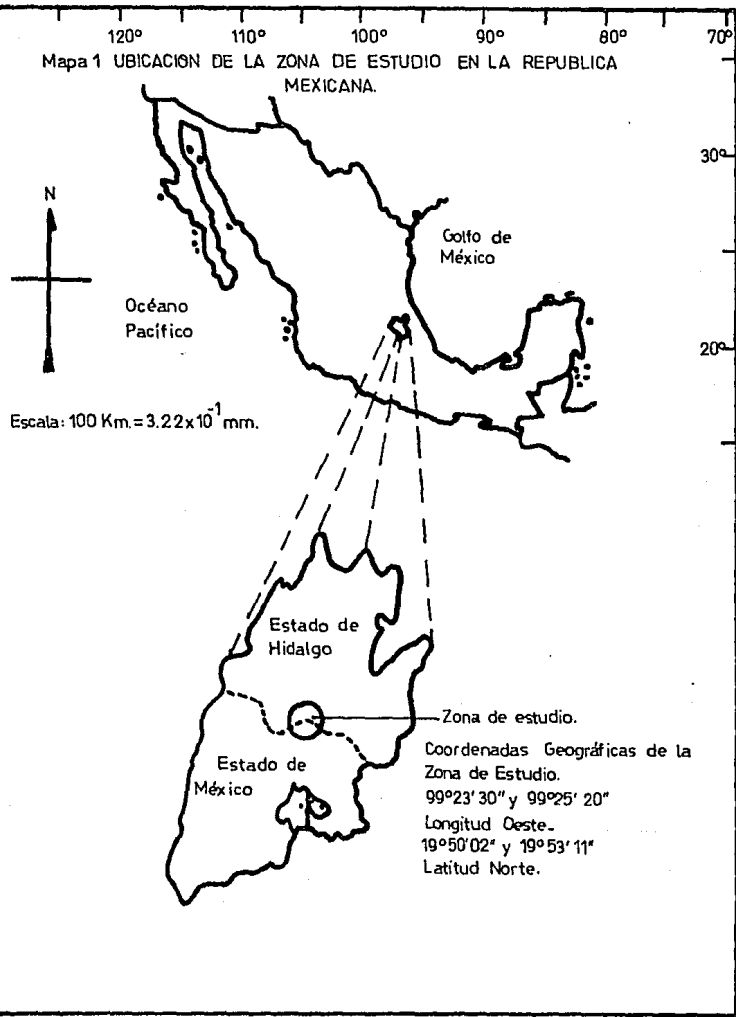
## J U S T I F I C A C I O N

Debido a que el problema de la alimentación se agrava cada día más y que el potencial agrícola de México es limitado, representando sólo un 15% del territorio nacional; es necesario tratar de -- resolver los problemas de producción agrícola para atenuar la problemática alimentaria.

De la información que se tiene se observa que en 1981 la superficie dedicada para fines agrícolas era de  $18.173 \times 10^6$  Ha. de las que un 27.8% eran de agricultura de riego y un 72.2% de agricultura -- de temporal. Lo que implica que el 72.2% que es la mayor parte de la superficie dedicada al cultivo está sujeta a condiciones imprevisi-- bles de temporal, así, como a una serie de factores limitantes entre-- los que se encuentran las propiedades físicas (S.P.P., 1982; cit. por Cruz, 1985).

Por tal motivo este trabajo pretende contribuir al estudio -- del cultivo en tierras de temporal, en tres diferentes tipos de sue-- lo, estudiando las relaciones hídricas en los mismos y la disponibi-- lidad de agua para las plantas en la zona agrícola de San Luis de -- la Peras Taxhimay. De esta manera empezar a resolver algunos proble-- mas de producción agrícola que causan grandes pérdidas a la economía, determinadas por la falta de agua, o a un mal uso de este recurso.

Mapa 1 UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO EN LA REPUBLICA MEXICANA.



Escala: 100 Km. =  $3.22 \times 10^{-1}$  mm.

Océano  
Pacífico

Golfo de  
México

Estado de  
Hidalgo

Estado de  
México

Zona de estudio.

Coordenadas Geográficas de la  
Zona de Estudio.  
Longitud Oeste.  
19°50'02" y 19°53'11"  
Latitud Norte.



#### CARACTERISTICAS DE LA ZONA.

El presente trabajo se realizó en las zonas aledañas a la -- Presa de San Luis de las Peras Taxhimay, con coordenadas geográficas-- de 99°23'30" y 99°25'20" Longitud Oeste y 19°50'02" y 19°53'11" -- Latitud Norte, entre el Estado de México y el Estado de Hidalgo, Mu-- nicipio de Villa del Carbón. Cuenta con una superficie de 8 Km<sup>2</sup> (mapa 1).

Presenta una altitud mínima de 2200 m snm. y una máxima de -- 2300 m snm. De acuerdo a la clasificación de Köpen, modificada por -- García (1964), tiene un clima C(w<sub>1</sub>)(W)bg; Templado sub-húmedo con -- lluvias en verano con una temperatura máxima de 22°C y la mínima de -- 6.5°C, la precipitación del mes más seco es menor de 40 mm, el % de -- lluvia invernal se encuentra entre 5 y 10% de la precipitación anual, durante los meses de enero y marzo.

#### GEOLOGIA.

Localizada en la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico. Afloran en el área rocas de origen ígneo y sedimentario, siendo más -- antiguas las rocas sedimentarias de origen marino; le siguen en anti-- güedad las rocas ígneas (mapa 2).

#### OROGRAFIA.

A Norte, Oriente y Sur se localizan mesetas con una eleve-- ción máxima de 2300 m snm.

Al Noreste se localizan los cerros: El Pañete con 2470 m -- snm., el Cerro Blanco con 2560 m snm. y La Biznaga con 2610 m snm.

Al Norte el cerro Los Jarros con 2640 m snm., El Aguila con-- 2670 m snm., El Pedregal con 2590 m snm. y una elevación sin nombre -- con 2490 m snm.

#### HIDROGRAFIA.

Al Sur del poblado se localiza la Presa de San Luis de las Peras Taxhimay con una superficie aproximada de 30 Ha y con una profundidad máxima de 30 m. Es alimentada por los siguientes ríos: La Bufa, Las Peras y por innumerables arroyos.

#### VEGETACION.

Las actividades agrícolas y ganaderas han causado que la vegetación nativa desaparezca progresivamente debido a los desmontes -- practicados, por lo que actualmente se observan grandes extensiones -- de pastizales, así como bosques naturales latifoliados (Quercus sp.), -- matorral xerófilo subinermes, cactáceas (Opuntia sp., Agave sp.) y leguminosas (Acacia sp.), (mapa 4 y 5).

#### SUELO.

El tipo de suelos que se localizan en esa zona son: Vertisol, Fluvisol, Feozem y Litosol (mapa no. 3).

Feozem.- son suelos pardos, con horizontes mólico, son suelos de pradera o de transición entre un clima frío y uno templado. -- No presentan salinidad elevada ni características hidromórficas dentro de los 50 cm de profundidad cuando no hay un horizonte B argílico (DETENAL, 1979).

Vertisol. suelos muy arcillosos con más del 30% de arcilla -- con relación de 2:1, Si: Al; por lo que son expandibles y contráctiles. El Ho A con estructura granular excepto en suelos que hayan sido arados, su relieve superficial es de gilgai, cuando se encuentran secos tienen grietas muy profundas (1 m de profundidad X 25 cm de ancho).

Su estructura se encuentra bien desarrollada y cuando se -- rompe presenta una superficie de planchado (debido a la orientación de las arcillas hacia su eje mayor) (Ibit; USDA, 1960).

\* Únicamente se caracterizan los utilizados en nuestro estudio.

Fluvisol.- aluvial (depositados por corrientes de agua en --- los deltas de los ríos, abanicos aluviales, depósitos lacustres). Son muy profundos, de textura muy variada. Están constituidos por materiales disgregados que no presentan estructura (terrones), es decir; son suelos muy poco desarrollados. Se encuentran en todos los climas y regiones de México, cercanos siempre a lagos o sierras, desde donde escurre el agua a los llanos, así como en los lechos de los ríos.

La vegetación que presentan varía desde selvas hasta matorrales y pastizales, y algunos tipos de vegetación características de --- esos suelos son los ahuehuetes, ceibas y sauces.

Estos suelos pueden ser someros o profundos, arenosos o arcillosos, fértiles o infértiles, en función del tipo de materiales que los forma (Ibid).

De acuerdo al Levantamiento fisiográfico (De la Paz L. y Machuca, 1984. Inedito), los puntos de muestreo se localizan:

En el Sistema Terrestre de Montaña (mapa 6 y 7).

Perfil 1 (Feozem).

Se localiza en la faceta de Maseta, con una pendiente de 0.5% son suelos someros y de color caféoscuro. Presentan una cubierta vegetal de pastizal inducido, un ecotono y tierras de cultivo. Su uso potencial es de clase III; con roscas extrusiva, arenisca y conglomerado.

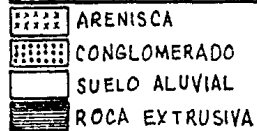
Perfil 2 (Fluvisol).

Se localiza en la faceta de Valle, con pendiente pronunciada y moderada (4-30%). Suelo poco profundo, color amarillento, húmedos. --- Presencia de tierras de cultivo, su uso potencial de clase IV y VIII.

Perfil 3 (Vertisol).

Pertenece a la faceta de Valle, con una pendiente del 4%, --- son suelos profundos de 1 m, color gris oscuro, textura areno-limosa y arcillosa; ligeramente húmedos. Presencia de agricultura de temporal anual, con cultivos de maíz, haba, frijol, cebada, avena, alfalfa, árboles frutales de durazno y manzano. Uso potencial de clase II.

Mapa 2 GEOLOGICO









Mapa 3 EDAFOLOGICO



Escala 1:50000 (Cetnal 1981)

### Mapa 4 USO POTENCIAL


#### CLASE

- DOS 
- TRES 
- CUATRO 
- CINCO 
- SEIS 
- OCHO 



### Mapa 5 USO DEL SUELO

#### USO

- PECUARIO 
- DESP. DE VEG. 
- AGRICOLA 
- FÖRESTAL 
- ASOCIACIONES 



Escala 1:50000 (Cetnal, 1981)

EDAFOLOGICO Y GEOLOGICO (mapa 2 y 3)

CLAVE	AREA Km <sup>2</sup>	AREA TOTAL Km <sup>2</sup>	PORCENTAJE
1 + Hh/2	0.5183		2.11 %
Vp + Hh/3	2.0734	24.5275	8.45 %
Hh/2	21.9358		89.43 %

Sedimentaria	Arenisca	15.0413	19.9266 Km <sup>2</sup>	65 %
	Conglomerado	4.8853		23.0367 %
Ignea (andesita)		2.1009		9.1197 %
Suelos Aluviales		1.0092		4.3808 %

I	Litosol
Vp	Vertisol Pélico
Hh	Feozem Háptico

Clase Textural.

2	Media
3	Fina

USO POTENCIAL (mapa 4)

CLAVE	AREA Km <sup>2</sup>	AREA TOTAL	PORCENTAJE
3TE2CO	0.3394		
3TEPE2C	0.2706		
3TA2CP	0.0459		
3TEO	0.2156		
3TP02C	0.2202	3.3302 Km <sup>2</sup>	11.79 %
3T02CE	0.0550		
3E2CTP	0.8486		
3TE02C	0.2936		
3T2COD	1.0413		
4E3T2CO	1.4495		
4E03T2C	0.0826	1.8646 Km <sup>2</sup>	6.60 %
4T3E2CO	0.0619		
4TP03E	0.2706		
2CD	0.7936		
2CTEO	0.8303	1.8028 Km <sup>2</sup>	6.38 %
2C	0.1789		
5T3P02C	0.2936		
5T4E3P2C	0.0872		
5T4E302C	0.2798	1.0047 Km <sup>2</sup>	3.56 %
5T4E02C	0.0092		
5T3E02C	0.3349		
6T4E2PO	0.0872		
6T5P04E	1.1468		
6T5E02C	0.5917	2.8027 Km <sup>2</sup>	9.92 %
6T5P02C	0.0642		
6TE402C	0.2706		
6E573P2C	0.1330		

USO POTENCIAL (mapa 4)

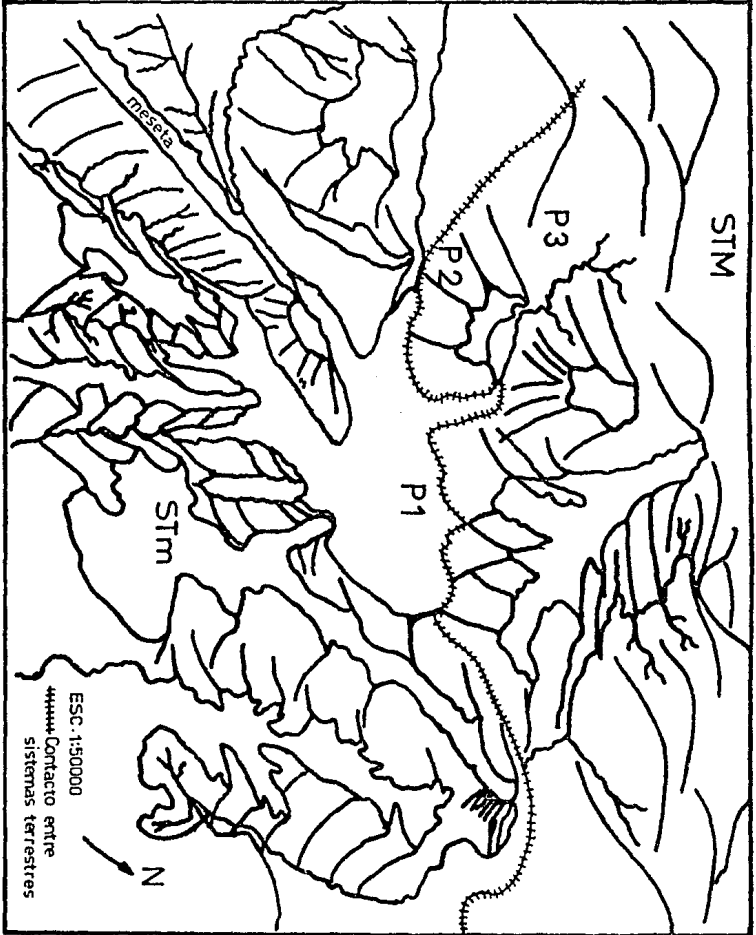
CLAVE	AREA Km <sup>2</sup>	AREA TOTAL	PORCENTAJE
7T5P04E	1.1239		
7TP603C	0.4862		
7T3P2CE	0.3119		
76E5P0	1.1789	16.7246 Km <sup>2</sup>	59.21 %
7T5P02C	0.9449		
7T3P2CE	6.3073		
7T3E2CP	1.2064		
7T3P2CE	6.1651		
8E	0.6055	0.7156 Km <sup>2</sup>	2.53 %
8T	0.1101		

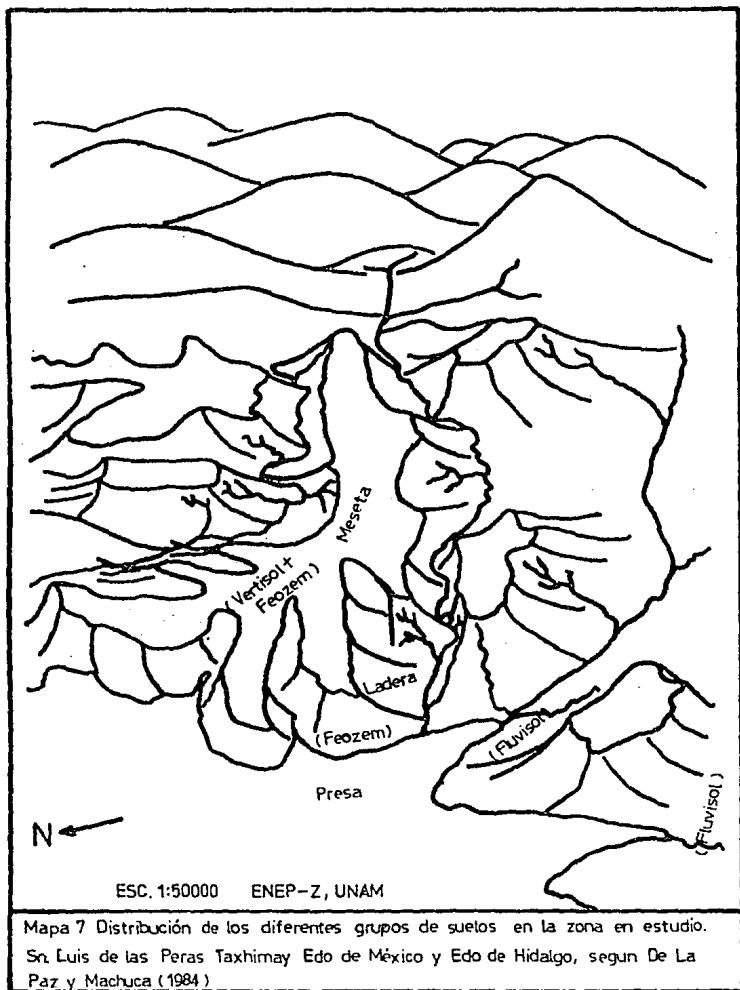
C L A S E S

2	Agricultura Intensa
3	Agricultura Moderada
4	Agricultura Limitada
5	Praticultura Intensa
6	Praticultura Moderada
7	Praticultura Limitada
8	Vida Silvestre
C	Deficiencia de Agua
T	Pendiente del Terreno
P	Profundidad del Suelo
O	Obstrucción
E	Erosión
I	Inundación



Mapa 6 Levantamiento fisiográfico de Taxhimay Edo. de México y Edo. de Hidalgo  
(De La Paz L. y Machuca 1984) ENEP-Z, UNAM





ESC. 1:50000 ENEP-Z, UNAM

Mapa 7 Distribución de los diferentes grupos de suelos en la zona en estudio.  
Sn. Luis de las Peras Taxhimay Edo de México y Edo de Hidalgo, según De La Paz y Machuca (1984)

## REVISION BIBLIOGRAFICA

El agua es un componente esencial en los seres vivos, no sólo por constituir del 70 al 90 por ciento del peso de la mayor parte de los organismos, sino que representa la fase continua de los mismos, es una sustancia de gran reaccionabilidad, con propiedades físicas y químicas poco normales.

El agua en las plantas herbáceas constituye un 80% ó más del peso fresco y un 50 % ó más en las plantas leñosas.

Por lo tanto el agua es un factor ambiental que afecta el crecimiento vegetal, por medio de los procesos fisiológicos y condiciones orgánicas del vegetal, puesto que la actividad metabólica de las células de la planta dependen del contenido hídrico.

De ahí que la distribución de la vegetación sobre la superficie terrestre se ve influida por la humedad de su medio y ésta se encuentra íntimamente relacionada con la fisiología de cada tipo de vegetación.

Las funciones que tiene el agua en la planta son:

- Elemento esencial del protoplasma.
- Disolvente.
- Reactivo.
- Mantener la turgencia celular.

Para el crecimiento de las plantas se requiere abastecer la zona radicular con nutrientes, agua y oxígeno.

El metabolismo de la raíz y el abastecimiento de oxígeno en el suelo pueden influir indirectamente en la absorción de agua y nutrientes.

El abastecimiento adecuado de agua y oxígeno a la planta implica una relación compleja entre el estado físico del suelo y el crecimiento de la misma además, el contenido de agua y oxígeno en el suelo y las necesidades propias de la planta, son muy variables y ambos dependen, primero del aporte externo de agua y de ciertas características físicas del suelo, y segundo, de la etapa de crecimiento de la planta y de las condiciones climáticas de la zona. El abastecimiento externo de agua (lluvia, riego, condensación, etc.) es modifi

cado por el suelo mediante su capacidad de amortiguamiento (Gavande, 1972).

El cultivo de maíz absorbe en promedio aproximadamente 750 mm de agua en su ciclo vegetativo, esto quiere decir, que una hectárea de maíz necesita un promedio de lámina de agua con una superficie de una hectárea y un espesor de 750 mm, esta lámina de agua tiene un volumen de  $7500 \text{ m}^3$ , por lo consiguiente una lámina de agua es igual a  $10 \text{ m}^3$  de agua en una hectárea.

Si una hectárea de maíz tien 25 000 plantas, la necesidad -- promedio de agua de cada planta será igual a  $0.3 \text{ m}^3$  (Berlij y Col.,- 1983), (Worthen y Aldrich, 1980).

El agua es utilizada en la reacción de la fotosíntesis para la formación de los azúcares, en forma molecular interviene en varias reacciones metabólicas dentro de la planta.

Los nutrientes que entran en solución ya sean de los fertilizantes, de los minerales del suelo o de la materia orgánica se moveran de zonas de alta concentración a zonas de baja concentración, -- siendo absorbidas por las plantas en solución.

De lo anterior se deduce que hay una estrecha relación entre el suelo, la planta y el agua; de ahí que sea importante cuantificar el contenido de agua en el suelo, conocer los factores que afectan -- el contenido de la misma en el suelo, los componentes principales -- que influyen en la disponibilidad del agua en el suelo, etc..

Para la determinación del contenido del agua en el suelo se pueden utilizar métodos directos o indirectos. Los métodos directos son en los que la extracción del agua se lleva a cabo por evaporación, por reacciones químicas o por lixiviación y la cantidad de agua removida es determinada. La determinación puede realizarse por los siguientes métodos: 1).- Cuantificación de la pérdida de peso de la muestra; 2).- Colectando por destilación o absorción en un -- desecador, y cuantificando la cantidad de agua removida; 3).- Ex -- tracción del agua por reemplazamiento usando sustancias a las cuales se les determina alguna propiedad física o química del material-extrayente el cual es modificado por el contenido de agua; 4).- Mediación cuantitativa de los productos de reacción desplazados por la -- muestra.

La disponibilidad de agua en el suelo, depende principalmente de su potencial y de la conductividad hidráulica del suelo, los cuales están estrechamente relacionados con el contenido hídrico del suelo.

El agua fácilmente aprovechable para la planta es la que se encuentra entre los límites de Capacidad de Campo y el Punto de Marchitamiento Permanente. La cantidad de agua disponible varía de un suelo a otro; si el contenido hídrico del suelo supera la Capacidad de Campo el aire es desplazado del espacio poroso restante y la aereación puede convertirse en factor limitativo. Si el contenido hídrico es inferior a la Capacidad de Campo, el agua empieza a fijarse firmemente por las fuerzas mátricas, su potencial decrece rápidamente y se volverá paulatinamente menos disponible para las plantas.

Los procesos fisiológicos que controlan el crecimiento de la planta, se encuentran directamente controlados por la tensión hídrica de la planta, y sólo indirectamente por la tensión hídrica del suelo y la atmósfera.

El contenido hídrico de una muestra de suelo se define como la cantidad de agua perdida al secarse la misma a 105°C, expresada como peso de agua por peso unitario de suelo seco o como el volumen de agua por volumen unitario del suelo en conjunto.

El potencial hídrico del suelo puede definirse como la suma del potencial mátrico, el potencial de presión, el de soluto y el de gravedad. Las fuerzas principales que contribuyen al potencial hídrico del suelo son las asociadas a la matriz del suelo, las osmóticas y las que afectan la presión total sobre el agua en el suelo.

Los mecanismos por los que el agua es retenida en el suelo tanto en los suelos con contracción o dilatación, son determinados por la estructura y las características de la matriz del suelo.

$$\psi_{\text{del suelo}} = \psi_{\text{mátrico}} + \psi_{\text{presión}} + \psi_{\text{soluto}} + \psi_{\text{gravedad}}$$

La mejor medida de la disponibilidad del agua para las plantas es el potencial hídrico. Los principales componentes del poten-

cial hídrico del suelo son los potenciales mátrico y de soluto. En regiones áridas el potencial de soluto o presión osmótica de la disolución del suelo es un componente importante del potencial hídrico total del suelo y en regiones húmedas el potencial mátrico es el componente más importante.

Un método útil para describir las características de abastecimiento hídrico de un suelo consiste en obtener una curva que relacione el potencial hídrico del suelo y su contenido hídrico.

El potencial matricial del suelo es la cantidad de trabajo que debe efectuarse por cantidad unitaria de agua para transportar de modo reversible e isotérmico una cantidad infinitesimal de agua desde un depósito que contiene una solución de composición idéntica a la del agua del suelo, con la altura. Es decir, es la porción del potencial del agua que puede atribuirse a la atracción del agua por el suelo o por la "matriz" de la planta. Este potencial no incluye ningún efecto de temperatura, presión o de solutos disueltos.

El potencial osmótico resulta de la hidratación de iones en la solución del suelo. El carácter polar del agua, con dos sitios electropositivos y uno electronegativo, hace que las moléculas de agua sean atraídas por los iones de la solución del suelo. El polo negativo de la molécula es atraído por los iones positivos, y los polos positivos del agua (protones de hidrógeno) son atraídos por iones negativos. Estas fuerzas de atracción orientan el agua en torno de los iones, y el potencial osmótico es el trabajo requerido para separar el agua de estos iones (Baver y Col., 1972).

Como ya se había mencionado anteriormente el potencial más importante en las relaciones de suelo-agua-planta consta de un componente matricial y un componente osmótico:

$$\psi_s = \psi_m + \psi_o$$

donde el subíndice s significa esfuerzo (stress), término que se emplea comunmente para denotar la fuerza o el potencial asociado con el aprovechamiento del agua por las plantas. Esta combinación de po-

tenciales ha recibido los nombres de potencial de agua del suelo, potencial de esfuerzo o sin signo negativo y en unidades apropiadas - succión o succión de agua del suelo.

Flujo no saturado

$$\Psi_u = \Psi_m + \Psi_g \quad u = \text{estado de no saturación.}$$

Flujo saturado.- el potencial de presión y el potencial de -- gravedad tienen gran importancia en el flujo saturado:

$$\Psi_h = \Psi_g + \Psi_p$$

La suma de estos dos potenciales se denomina potencial hidráulico.

En suelos con partículas gruesas (arenas) hay una baja conductividad hidráulica y el crecimiento de las plantas está limitado -- por un abastecimiento impropio en agua para las raíces. Esto se debe a la carencia de contactos suficientes entre las raíces y el volumen -- relativamente pequeño de la disolución que rodea a las partículas y -- llena los poros más pequeños.

El hecho esencial es que a medida que se seca el suelo, el -- número y tamaño de los canales por los cuales el agua puede pasar hacia las raíces disminuye rápidamente, reduciendo la cantidad de agua -- que puede ser movida por unidad de tiempo con un gradiente dado de -- potencial. Como las plantas que transpiran se agostan permanentemente cuando el  $\Psi_{\text{planta}} = \Psi_{\text{suelo}}$ , el grado hasta el cual puede ser aumentado el gradiente de potencial hídrico del suelo hacia la superficie de la raíz se encuentra limitado por el valor del  $\Psi_{\text{planta}}$  en -- que se produce agostamiento.

El crecimiento de la planta se encuentra directamente controlado por la tensión hídrica de esta y sólo indirectamente por la tensión hídrica de la atmósfera y del suelo.

El déficit hídrico o tensión hídrica se produce siempre que -- la pérdida por transpiración sea mayor que el coeficiente de absor-- ción. Lo caracteriza una reducción del contenido hídrico, del poten--

cial osmótico y del potencial hídrico total, acompañados por la pérdida de turgencia, el cierre de los estomas y la reducción del crecimiento. De ser muy alta la tensión hídrica nos da como resultado una reducción drástica de la fotosíntesis y la perturbación de otros procesos fisiológicos, como el cese del crecimiento, y finalmente la muerte por desecación.

El resumen la causa de la tensión hídrica en las plantas es debida a una pérdida excesiva de agua o a una absorción inadecuada o a ambas.

A menudo se encuentra una buena correlación entre la tensión hídrica del suelo y el crecimiento de la planta. Basset (1964) calculaba el agua disponible en la región de las raíces partiendo de datos de la caída pluvial y evapotranspiración, entonces convertía en barios (presión) lo que había obtenido en potencial hídrico del suelo para cada día de la temporada de crecimiento durante 20 años. Encontró que el área basal real y los coeficientes de los volúmenes de crecimiento de una comunidad de pinos era casi los mismos que los coeficientes del potencial de crecimiento calculado partiendo de los datos de agua disponible en el suelo.

El déficit hídrico se produce por que la absorción se atrasa con relación a la transpiración. A falta de agua que se adicione al suelo, reducirán el potencial hídrico de la planta y también el del suelo, durante un período de días hasta que el potencial de la planta ( $\psi_{\text{planta}}$ ) es igual al potencial del suelo ( $\psi_{\text{suelo}}$ ), y la planta deja de absorber agua por que no haya más gradiente de potencial hídrico desde el suelo hasta las raíces.

Al principio, mientras el potencial hídrico del suelo es relativamente alto, la planta vuelve a un valor igual al potencial del suelo por la noche, pero al reducirse el potencial del suelo y la conductividad hídrica del suelo, esto se vuelve imposible porque el coeficiente del movimiento del agua hacia las raíces es demasiado lento para reponer las pérdidas diurnas. En ese momento se produce el punto de marchitamiento permanente.

La tensión hídrica en ciertas etapas del desarrollo de la --



planta causa mayores daños, como por ejemplo en el caso del maíz el período crítico se produce en el momento de la reproducción en la fase de la polinización se reduce drásticamente su rendimiento (Kramer, 1974).

La humedad de los suelos comprende todas las formas de agua que entran al sistema del suelo y se deriva principalmente de la precipitación pluvial o puede ser proporcionada por el movimiento lateral del agua sobre la superficie o dentro del suelo mismo, también puede contribuir el agua subterránea.

La humedad que penetra al suelo contiene cantidades apreciables de  $\text{CO}_2$  disuelto, es decir, una solución ácida diluida. En el suelo seco es raro encontrar más del 1 % de  $\text{CO}_2$ ; después de una lluvia se puede encontrar que la actividad microbiana aumenta considerablemente aumentando el  $\text{CO}_2$  a 3 ó 4 % o hasta un 10 % en períodos relativamente cortos; en estas condiciones los hongos disminuyen su ritmo de desarrollo (Burgess y Fenton, 1956); los hongos de mayores profundidades del suelo son más tolerantes a concentraciones altas de  $\text{CO}_2$ .

La precipitación pluvial varía de un lugar a otro, pero el volumen total no constituye una guía para determinar la cantidad real que penetra al suelo, la cual es determinada por los factores siguientes:

- Intensidad de la lluvia.
- Cubierta vegetal.
- Permeabilidad y pendiente.
- Velocidad de derretimiento de la nieve.
- Contenido original de la humedad del suelo.
- Capacidad de infiltración.

Intensidad de la lluvia.- en zonas de suelos sin cubierta vegetal las lluvias de intensidad moderada son las que resultan más efectivas para penetrar en el suelo; en particular cuando el suelo es poroso. Las lluvias ligeras se pierden con facilidad por evaporación. Las lluvias fuertes pueden caer a una tasa mayor de la capacidad del suelo para absorber la humedad y, por lo tanto, se acumula -

en la superficie o se escurre, creando peligro de erosión. El impacto sobre el suelo de gotas grandes de lluvia durante un aguacero puede ocasionar dispersión y formación de lodo que sella de superficie e impide la entrada de la humedad al terreno. Si el sitio es inclinado, eso puede causar una erosión fuerte al correr los lodos del suelo dispersado hacia las partes bajas.

La cubierta vegetal.- ejerce su efecto sobre la cantidad de la precipitación que llega a la superficie del suelo.

En muchos casos, las lluvias ligeras son retenidas por el follaje y devueltas a la atmósfera por evaporación. Sólo las lluvias copiosas aportan suficiente humedad para saturar el follaje y producir un exceso que cae en la superficie del suelo o corre hacia abajo por el tallo, ocasionando una lixiviación mayor inmediatamente alrededor del árbol. La cantidad de humedad que retiene el follaje aumenta con la densidad de la vegetación. En regiones secas, el follaje de los árboles intercepta casi toda la lluvia y solo el suelo que se encuentra en las partes que no cubre el dosel recibe lluvia.

Permeabilidad y pendiente.- la cantidad de humedad que puede infiltrarse en el suelo depende en gran parte de los horizontes medios e inferiores. Donde cualquiera de ellos es impermeable, las capas superiores se pueden saturar de agua con rapidez, conduciendo a un movimiento lateral en el suelo y escurrimiento por la superficie. En sitios con pendiente, a menudo la erosión es una consecuencia normal, mientras que en sitios planos puede haber inundaciones temporales.

Velocidad de derretimiento de la nieve.- cuando se derrite la nieve la humedad puede penetrar en el suelo o escurrir por la superficie, según la capacidad de infiltración del suelo, su permeabilidad y pendiente.

Si el derretimiento se hace con lentitud, una gran cantidad de la humedad penetra en el terreno. Un derretimiento rápido conduce al escurrimiento y a una posible deficiencia de humedad para las plantas durante la estación de crecimiento.

Otro factor que afecta la cantidad de agua liberada por el -

derretimiento de la nieve es la presencia de congelación en el terreno. Si el suelo está congelado, el agua corre sobre la superficie y puede perderse; eso puede tener gran importancia en ciertas áreas continentales con baja precipitación, en donde las nevadas tempranas impiden que se congele el suelo, de tal manera que una gran cantidad de agua de nieve que se derrite en primavera puede penetrar y ser almacenada en el mismo.

Contenido de humedad original en el suelo.- este factor influye en la entrada del agua de precipitación, puesto que si el suelo está saturado ya no puede admitir más agua. Estas condiciones se presentan en las partes bajas de las pendientes y en depresiones en donde de ordinario se acumulan los escurrimientos y el agua freática llega a la superficie. En esos sitios, la precipitación se acumula formando depósitos temporales o permanentes.

Capacidad de infiltración.- la velocidad de penetración del agua en el suelo es muy variable. Los suelos con una estructura bien desarrollada o de textura gruesa permiten la libre entrada de la humedad, mientras que las arcillas masivas son prácticamente impermeables. Las variaciones de la capacidad del suelo para absorber humedad, tienen especial importancia en zonas con precipitación elevada en donde las tasas bajas de infiltración hacen que el agua se junte en la superficie, creando un gran riesgo de erosión. En zonas de precipitación escasa, la infiltración máxima tiene importancia básica para que las plantas puedan utilizar por completo la precipitación anual.

Los factores que afectan la infiltración del agua en el suelo son:

- Contenido hídrico inicial.
- Permeabilidad superficial.
- Características internas del suelo (% de porosidad, estructura, textura, densidad, etc.).
- Grado de dilatación de los coloides del suelo en presencia de humedad.
- Contenido de materia orgánica del suelo.

- Duración de la precipitación pluvial.
- Temperatura del suelo.
- Temperatura del agua.

Las fuerzas de absorción, es un fenómeno físico de superficie caya fuerza es la naturaleza eléctrica, ocurre a nivel coloidal por presentar una gran superficie en un volumen pequeño.

La pérdida de agua por transpiración excede frecuentemente el contenido hídrico en las plantas, por ejemplo una planta de maíz puede perder de 2 a 4 litros de agua en un día caluroso de verano o dos veces el peso que contiene.

La absorción de agua no es un proceso independiente sino que se relaciona con el coeficiente de pérdida de agua por transpiración, y que está ampliamente controlado por dicho coeficiente, por lo menos cuando el agua esta a la disposición de las raíces.

La absorción de agua se produce cuando hay un gradiente decreciente de potencial hídrico del suelo o de la disolución que circunda a la raíz hacia el xilema de esta.

El coeficiente según el cual se produce la absorción de agua depende de la magnitud del gradiente del potencial hídrico y de las resistencias al flujo hídrico en el suelo y en las raíces. La resistencia al movimiento del agua en el suelo depende principalmente del grado de suberificación y del estado físico del protoplasma, de su resistencia al movimiento del agua, esto último depende de factores tales como la aereación, la temperatura, la textura y la conductividad hidráulica.

En resumen la absorción de agua se encuentra controlada por dos grupos de factores los que afectan a la diferencia de potencial hídrico entre el suelo y las raíces, y los que afectan a la resistencia contra el movimiento del agua a través del suelo y las raíces.

La transpiración, es la pérdida de agua de las plantas en forma de vapor. Los factores ambientales que afectan a la transpiración son : la intensidad de la luz, la presión de vapor, la presión atmosférica, la temperatura, el viento y el contenido de humedad del suelo.

Los factores biológicos dependen de la especie vegetal.

La evapotranspiración se define como la evaporación del agua del suelo y la pérdida de la misma a través de las plantas; son caminos por los cuales el agua avanza hacia la superficie del suelo y de las plantas (hojas), de las cuales termina por difundirse en la masa de aire libre (atmósfera).

El agua es retenida por tensión o por presión de un suelo -- que no se contrae al secarse, el aire reemplaza al agua en el espacio poroso. Con lo que resulta una superficie de contacto aire-agua. La tensión superficial que actúa sobre estas superficies de contacto equilibra la tensión o presión ejercida sobre el agua y constituye un mecanismo por el cual el agua es retenida en el suelo. Si, por otra parte el suelo se contrae al extraerse el agua y no puede entrar aire al espacio poroso las partículas se unen cada vez más (cohesión) y debido a su carga superficial negativa se repelen unas a otras y -- al ser aproximadas las partículas, cada vez más; las fuerzas de repulsión se incrementan. La contracción y la formación de fuerzas repelentes equilibran la tensión o presión aplicada para extraer el agua y constituye el segundo mecanismo por el cual el agua queda retenida por el suelo.

Un tercer mecanismo de retención de agua en el suelo es la presencia de solutos osmóticamente activos, principalmente sales presentes en la solución del suelo.

Todos estos mecanismos de retención de agua en el suelo disminuyen la energía libre o potencial del agua e incrementan su retención.

Existen otros mecanismos de retención de agua en el suelo, -- como por ejemplo cuando se expone un suelo seco al vapor de agua, varias capas de moléculas son unidas por cationes hidratados, y el agua es adsorbida por las fuerzas polares (adhesiva) que hay en la superficie de las partículas del suelo con carga negativa. Esta agua -- fijada con gran fuerza no es aprovechable para las plantas. A 15 --- atmósferas el agua se mueve únicamente en forma de vapor.

El agua retenida en un suelo y en capilares -- Porosidad ca--

pilar y no capilar; en términos generales y en condiciones normales, la capilaridad actúa libremente hasta 1.2 ó 1.5 m de altura, realmente bien hasta 3 metros y más lentamente hasta 9 metros ó más. - por las fuerzas de atracción en la interface sólido-líquido o por los iones absorbidos, se libera en el momento en que las fuerzas de remoción exceda a las de retención. Una diferencia de la energía termodinámica libre puede ser la causa de la remoción de agua de un suelo, de acuerdo a una modificación de la ecuación de Energía Libre de --- Gibbs (1941):

$$\Delta \mu_w = \psi - \left[ \frac{\partial \psi}{\partial} \right]_{PN_j N_w} \Delta T + \left[ \frac{\partial \psi}{\partial P} \right]_{TN_w N_j} \Delta P + \left[ \frac{\partial \psi}{\partial N_w} \right]_{P.T.N_j} \Delta N_w + \sum \left[ \frac{\partial \psi}{\partial N_j} \right]_{PTN_w} \Delta N_j$$

dónde:  $\Delta \mu_w$  = diferencia en potencial del agua del suelo y de agua pura a la misma temperatura.

$N_w$  = fracción de masa o concentración de agua en el sistema.

$N_j$  = fracción de masa del componente J.

El potencial del agua parece depender de la temperatura (T), la presión (P), el contenido de agua ( $N_w$ ) y la composición del sistema ( $N_j$ ). Cada uno de estos términos influye en el potencial de agua, independientemente de todos los demás.

La influencia de la temperatura.- el contenido de humedad del suelo esta influenciado por la temperatura absoluta del mismo, - así como en las tasas de cambios de temperatura. Los suelos secos tienen un calor específico de unos  $0.84 \text{ Jg}^{-1}$ , mientras el de un suelo saturado es de cerca de  $3.56 \text{ Jg}^{-1}$ . Lo anterior significa que los suelos húmedos se calientan con mayor lentitud debido a la cantidad considerablemente mayor de calor requerido para elevar la temperatu-

ra. Parte del calor también se usa en la evaporación y se pierde en la atmósfera. En consecuencia, los suelos mojados nunca alcanzan la misma temperatura máxima de aquellos secos adyacentes. De manera similar, los suelos mojados se enfrían con más lentitud, debido a que para efectuar su cambio en la temperatura necesitan perder más calor.

La temperatura del sistema influye en la retención de agua y puede estudiarse en sistemas en equilibrio, midiendo el potencial de agua en un sistema de suelo que se mantiene a presión, contenido de humedad y composición constantes (Taylor y Stewart, 1960).

La influencia de la temperatura en el potencial hídrico es pequeña en suelos húmedos con potenciales hídricos altos (succión baja).

La influencia de la temperatura en el potencial hídrico del agua aumenta conforme los suelos se tornan más secos, y el potencial hídrico se acerca al límite inferior de aprovechamiento de agua por las plantas.

Cualquier medición del potencial hídrico que no tenga en cuenta el efecto de la temperatura puede estar equivocada.

La influencia de la temperatura es diferente en distintos suelos y con diferentes contenidos de humedad.

Influencia de la matriz del suelo.- la clase y cantidad de coloides influye en la retención del agua; por lo tanto, los suelos con un contenido de arcillas alto (montmorillonita) retienen más agua que los suelos arenosos. La clase de ión en la doble capa difusa también influye en la retención del agua, por la razón del cambio iónico; así mismo el contenido y la clase de iones presentes en la solución edáfica tiene una marcada influencia en la naturaleza de la matriz coloidal.

Influencia de la estratificación del suelo.- (presencia de diferentes horizontes en el suelo), la estratificación tiene una marcada influencia en la cantidad de movimiento del agua en el interior del suelo y a través, por lo tanto influye en la cantidad de agua retenida en cualquiera de las capas del suelo. Sí, en el perfil del suelo existe una capa impermeable, el potencial del agua y el contenido de humedad pueden ser más altos (succión más baja) que cuando -

no hay esta clase de material.

Influencia de la histéresis del agua.- el potencial del agua no es función única del contenido de agua del suelo, sino que depende de la historia previa de la humedad de la muestra. A este fenómeno se le llama histéresis del agua del suelo.

A medida que la succión aumenta y conforme más agua se extrae, la cantidad que queda resiste en los poros más pequeños. Así - que cuando el agua es reabsorbida por el suelo, la succión en cualquier contenido dado de humedad es menor que aquella que prevaleció con el mismo contenido de humedad durante la extracción del agua.

Este proceso no reversible se conoce como ciclo de histéresis, y este depende de la temperatura, estructura y composición del suelo.

Schofield (1935) introdujo la escala del pF que es igual a - una base logarítmica de la diferencia entre la energía libre de la - humedad en el suelo y una superficie libre de agua. El pF de un suelo es una medida del potencial matricial. El contenido de agua de un suelo, para un pF dado, depende enormemente, de su constitución: estructura, contenido de materia orgánica y en sesquióxidos. Sin embargo, el comportamiento del agua en el suelo y sus relaciones inmediatas con las plantas dependen esencialmente del pF. Por tanto, sólo - se puede interpretar el contenido en agua del suelo, en un momento - dado, en función del pF que corresponde a esa humedad. De ahí la necesidad de conocer las curvas de  $pF = f(H)$ .

En esta escala un suelo a la Capacidad de Campo tiene un pF de 2 y el Punto de Marchitamiento Permanente es de alrededor de pF - de 4.2; un suelo secado al horno un vapor de pF = 7.0.

La medición de las tensiones pF = 2.0 a pF = 5.0 se realiza con bloques de yeso; pF mayor a 5.0 se equilibra el suelo en relación a presiones de vapor conocidas y mantenidas con soluciones salinas (Griffin, 1963).

Schofield (1938) ha dado buenas razones para demostrar que - el poder cohesivo del agua es suficientemente alto como para permitir que exista agua líquida en espacios tan reducidos como de 30 m $\mu$ ,



que corresponde a 100 moléculas de agua puestas a lo largo.

El desplazamiento del agua en el suelo controla el coeficiente de infiltración, coeficiente de abastecimiento de las raíces y el coeficiente de flujo subterráneo hacia arroyos y ríos.

El agua en estado líquido se escurre por el espacio poroso saturado de agua a consecuencia de la fuerza de gravedad, y en las películas que rodean las partículas del suelo, bajo la influencia de fuerzas de tensión superficial. Además, el agua se difunde en estado de vapor a través de los espacios porosos llenos de aire a lo largo de gradientes de presión decreciente. En todos los casos, el movimiento se efectúa en dirección de gradientes de potencial hídrico decrecientes, estos gradientes son producidos por distintos componentes de un potencial total del suelo.

En suelos saturados la gravedad controla el gradiente de potencial hídrico, y en suelos no saturados este es controlado por el potencial mátrico, y el agua se mueve en películas que rodean a las partículas del suelo y no en un flujo de gravedad a través de los poros.

La ecuación del equilibrio hídrico del agua en el suelo es:

$$\Delta w = P - (O + U + E)$$

$\Delta w$  = Cambio en el almacenamiento de agua en el suelo (contenido inicial menos contenido final).

P = Precipitación Pluvial.

O = Escurrimiento.

U = Drenaje Profundo = cantidad que pasa por debajo de la zona radicular.

E = Evaporación (incluye transpiración) de las superficies de las plantas y suelo.

El agua está en el suelo en movimiento constante, pero dependiendo de la cantidad de ella presente y del tipo de suelo, hay varias clases de movimiento, siendo el flujo saturado, el flujo no saturado y el flujo de vapor.

**Movimiento por flujo saturado.**- por lo general se efectúa -- cuando el agua se está moviendo en un suelo que tiene todos los poros llenos de agua. Es más común que ocurra abajo de la capa freática, pero en ciertas condiciones una parte del terreno puede saturarse, aún en suelos que de ordinario son aeróbicos. El flujo saturado también puede efectuarse en porciones individuales del suelo aunque los poros grandes esten llenos de aire. El movimiento se efectúa en cualquier dirección, pudiendo hacerse verticalmente, hacia abajo ó en sentido lateral sobre una capa endurecida. La tasa de flujo es de terminada por la fuerza impulsora hidráulica y la conductividad hidráulica; esto es, por la facilidad con que el agua pasa a través -- del suelo, la que a su vez está determinada por el tamaño y la disposición de los poros.

**Movimiento por flujo no saturado.**- en esas condiciones, el agua se mueve de poro en poro fluyendo sobre la superficie de los -- pedos y/o de las partículas, aunque en los espacios porosos más grandes existe una cantidad considerable de aire. El movimiento puede hacerse en cualquier dirección. En suelos que han sido recientemente -- mojados por lluvia, el flujo es hacia abajo, en respuesta a la gravidad, pero después que se ha llegado a la capacidad de campo, el movimiento de ordinario es lateral o hacia arriba en respuesta a un gradiente de humedad que se forma debido al gradiente de humedad formado por el secamiento de la superficie o a la absorción por las raf--ces de las plantas. El flujo no saturado es el proceso principal al que se deben la lixiviación de los suelos y la tendencia a que se equilibra en ellos la tensión de la humedad, efectuándose tanto en -- respuesta a la gravidad como a un gradiente de tensión de humedad.

**Movimiento por flujo de vapor.**- este es un movimiento del agua en fase de vapor de un lugar a otro en el suelo o del suelo a la atmósfera. La tasa de movimiento es determinada por la humedad relativa y el gradiente de temperatura; el tamaño, la discontinuidad de los poros y la cantidad de agua presente. La humedad de la atmós--fera sobre el terreno determina en una gran parte la cantidad de agua que se pierde del suelo. El gradiente de temperatura es más im--

portante en la superficie la cual, puede tener una temperatura muy alta, ocasionando una elevada vaporización del agua. El tamaño y la continuidad de los poros determina el que pueda o no efectuarse un movimiento libre de un lugar a otro del suelo. La cantidad de agua existente determina el monto de los espacios porosos a través de los cuales pueda moverse el vapor de agua y a medida que disminuye el contenido de agua aumenta el espacio poroso lleno de aire. A fin de entender la forma de movimiento del agua en el sistema suelo, es necesario considerar las situaciones siguientes:

- Movimiento de agua en arena gruesa.
- Movimiento de agua en arcilla.
- Movimiento de agua en migajón bien estructurado.
- Movimiento de agua en respuesta a la congelación.
- Movimiento de agua en materiales estratificados.
- Movimiento de agua en un suelo con texturas diferentes.

Movimiento del agua en arena gruesa.- considerese una situación en la que se añade agua en forma continua a una columna de arena. El agua fluirá hacia abajo libremente por flujo saturado en respuesta a la gravedad, mojando así más y más arena. Si cesa la adición de agua, el flujo saturado hacia abajo sigue, pero pronto cambia a un flujo no saturado debido a que no habrá suficiente agua para llenar todos los poros, habiendo solo suficiente para que fluya sobre la superficie de los granos. Finalmente, el flujo hacia abajo casi cesará cuando la parte superior de la arena llega a su capacidad de campo y cuando sólo hay agua suficiente para formar una película delgada en la superficie de los poros y puentes entre las arcillas, siendo mantenida en esas posiciones por fuerzas superiores a la gravedad. Sin embargo, debido al gradiente de humedad existente en la arena seca, todavía habrá un flujo hacia abajo. En la superficie la evaporación ocasiona pérdida de agua, creando con ello un gradiente de humedad que hace que el agua sea jalada hacia arriba a la superficie por flujo no saturado. En un sistema de este tipo, las partículas finas y los iones en solución se desplazarán hacia abajo-

en el agua de percolación y algunos de los iones disueltos se moverán hacia la superficie cuando hay un flujo saturado hacia arriba.- Si hay plantas creciendo en el suelo, extraerán el agua y finalmente llegarán al punto de marchitamiento. En este punto todavía hay en el suelo algo de agua que se continuará secando hasta que se equilibre con la atmósfera. El agua retenida en este estado se llama agua higroscópica. Algo de agua existente por debajo del punto de marchitamiento puede moverse por flujo no saturado aunque no pueda ser absorbida por las plantas.

Movimiento del agua en un migajón de buena estructura.- considerese una situación similar a la anterior pero con un suelo con buena estructura. Después de que haya drenado el agua y se haya llegado a la capacidad de campo, los pedos estarán rodeados por películas delgadas de agua y también habrá puentes entre ellas, pero, lo más importante es que el interior de los pedos estará por completo saturado de agua. A medida que el suelo se seca, el agua se desplaza a las superficies exteriores de los pedos, de donde es perdida por evaporación o absorbida por las raíces, de tal manera que el flujo no saturado tiende a efectuarse dentro de los pedos individuales más bien que en toda la masa del suelo.

Movimiento del agua en una arcilla.- en una arcilla saturada el movimiento del agua es en extremo lenta y raramente se drena, aún cuando el suelo este saturado por completo. Por tanto el concepto de capacidad de campo en realidad no es aplicable a los suelos arcillosos, de tal manera que la disponibilidad de agua estará en un rango que va del punto de marchitamiento al punto de anaerobismo que inhibe el crecimiento de las raíces. Los suelos de arcilla pierden agua principalmente por evapotranspiración, de tal manera que pierden agua tanto de la superficie como del cuerpo del suelo. A medida que pierden agua, las arcillas pierden sus películas de agua y son jaladas a juntarse más y más entre sí. Eso hace que el suelo se enjeste y que finalmente desarrolle un sistema de grietas cuya cantidad y tamaño dependerán de la intensidad del secado y de la naturaleza de la arcilla. A medida que continúa el secamiento, se desplaza agua del -

interior del suelo a la superficie de las grietas y al hacerlo transporta materiales solubles que pueden formar una eflorescencia en la superficie de las grietas. Una característica interesante del sistema es que jala muy poco aire a la masa del suelo, entrando sólo por el sistema principal de grietas.

Con el inicio de la estación húmeda el agua fluye con rapidez por las grietas, de tal manera que el rehumedecimiento del suelo se hace de abajo hacia arriba. Luego gran parte de la masa de agua se mueve en el suelo lateralmente por medio de flujo no saturado, rehidratando así las micelas de arcilla y ocasionando que todo el suelo se expanda y se cierren las grietas.

Movimiento del agua en respuesta a la congelación.- cuando se congela el agua del suelo, produce el mismo efecto que el secado, de tal manera que se establece un gradiente de humedad. En un suelo que se congela de la superficie hacia abajo también se presenta un gradiente de temperatura, cuyo resultado es que el agua se mueve hacia el punto de congelación. La tasa y la cantidad pueden ser bastante grandes, ya que las piedras que haya en la superficie del suelo pueden formar en su parte inferior una capa de hielo de varios milímetros de grueso después de una sola noche de temperatura baja.

Movimiento de agua en materiales estratificados.- cualquier tipo de estratificación o de formación de horizontes con diferencias grandes en el contenido de arcilla puede influir mucho en el movimiento de agua en los suelos. Cuando el agua se infiltra en el suelo y se encuentra con un horizonte o capa de textura más gruesa, se acumula arriba del punto de unión de las capas hasta que se reúne una cantidad suficiente, que siempre es mayor que la capacidad de campo y luego se drena con rapidez por uno o más puntos. Lo anterior conduce a un tipo distinto de lixiviación y percolación. Si la capa u horizontes subyacentes tienen más arcilla, el agua se acumula arriba y sólo entra con mucha lentitud al material inferior. Esta es una situación muy común en los suelos, ocasionando un encharcamiento temporal, o a veces permanente, cerca de la superficie.

Movimiento comparativo del agua en suelos con texturas diferentes.- considerese un migajón arcilloso bien estructurado y una a-

rena, en un ambiente con marcada estacionalidad y en la cual la precipitación excede a la evapotranspiración. Las condiciones son tales, que durante el período de lluvias el agua fluye verticalmente hacia abajo por flujo saturado. Como el migajón arcilloso tiene una capacidad de retención de agua mayor y, por tanto, contendrá más agua al llegar a su capacidad de campo, se necesitará una mayor precipitación para humedecer ese suelo a cierta profundidad que para la arena. En consecuencia, la percolación se iniciará en el suelo arenoso antes que en el arcilloso. Esta situación puede repetirse varias veces durante la temporada de lluvias.

Durante períodos cortos de sequía que se presenten en la temporada de lluvias, la pérdida de agua por evapotranspiración puede ocasionar que el contenido de agua descienda por abajo de la capacidad de campo, pero puede volver a ella después de la siguiente lluvia.

En consecuencia, en igualdad de condiciones un suelo arenoso es lixiviado más que uno arcilloso. También, en zonas de precipitación escasa puede presentarse la situación en que la cantidad de lluvia sea suficiente para llevar la arena a su capacidad de campo y -- hasta ocasionar cierta lixiviación, pero que resulte insuficiente para que el migajón arcilloso llegue a su capacidad de campo.

Los conceptos clásicos de clasificación del agua en los suelos ( gravedad, capilar, higroscópica, etc. ), han sido superados por los de flujo y potencial. En la actualidad el estado del agua en el suelo se describe físicamente en términos de energía potencial. Esto es, su potencial para efectuar trabajo y moverse de un lugar a otro del suelo. La energía potencial del agua en el suelo depende de la altura sobre el nivel del mar, su presión o succión, de la naturaleza de la superficie de las partículas y de la presencia de sales disueltas.

Los conceptos clásicos de humedad en el suelo son:

- Agua higroscópica.- suelo seco a la estufa a 10 000 atmósferas.
- No aprovechable por las plantas.- suelo seco al aire a mil atmósferas.

- Coeficiente higroscópico.- suelo al aire en una atmósfera casi saturada a 25 °C hasta que no absorba más humedad, se encuentra a 31 atmósferas, no es aprovechable para las plantas, es agua capilar
- Punto de marchitamiento Permanente.- es cuando el agua se encuentra retenido a 15 atmósferas, este valor tiene ligeras diferencias de una especie de planta a otra y entre un suelo y otro.
- Capacidad de campo.- después de que el suelo se ha saturado y se ha drenado el exceso de agua por dos o tres días a un tercio de atmósfera.
- Agua aprovechable por la planta.- es la que se encuentra entre los puntos de capacidad de campo y punto de marchitamiento permanente. Esa cantidad varía de suelo a suelo, siendo mayor en los limos y menos en las arenas.

Esta clasificación se basa en la energía de retención del agua, conocida como "tensión de la humedad del suelo" y esta relacionada con la energía que las plantas deben ejercer para absorber el agua.

#### Características de las partículas del suelo.

Como ya había mencionado anteriormente las partículas minerales volumétricamente hablando son los componentes principales de la mayoría de los suelos, de ahí su importancia para conocer más acerca de estos componentes del suelo.

Las partículas individuales totalmente dispersas, o primarias, se denominan unidades texturales. Los agregados o partículas secundarias, que se forman por agrupación de los elementos mecánicos separados, se llaman unidades estructurales.

Las partículas texturales de los suelos se clasifican en varios grupos de tamaños, tomando como base sus diámetros equivalentes. Las propiedades de las partículas son:

- Tamaño.
- Forma. (esfericidad).
- Redondez.

- Textura superficial.
- Composición mineralógica.

Las cuatro primeras propiedades afectan a la textura y la última a la composición.

Es sabido que las partículas del suelo no son esféricas, sino -- anisométricas, En consecuencia el diámetro equivalente para las partículas mayores que son separadas por una criba dada es el diámetro de la mayor esfera que puede pasar por esa criba. Para las partículas pequeñas que son separadas por sedimentación, el diámetro equivalente es el diámetro de una esfera que tiene la misma densidad y velocidad de asentamiento en un medio líquido. Se han propuesto varios sistemas de clasificación de partículas del suelo. Las clasificaciones son:

DA-CE USBR	Finos (limo o arcilla)					Arena fina		Arena gruesa			
FAA	Arcilla		Limo			Arena fina		Arena gruesa			
JASNO ASIM	1) Coloides	Arcilla	Limo			Arena fina		Arena gruesa			
USDA	Arcilla	Limo				Arena muy fina	Arena fina	Arena media	Arena gruesa		
ISSS	Arcilla	Limo		Arena fina			Arena gruesa				
	0.001	0.002	0.005	0.01	0.02	0.05	0.10	0.20	0.50	1.0	2.0
	Tamaño de partículas (mm)										

1) Citado como arcilla

- DA-CE = Department of Army, Corps of Engineers (Departamento del Ejército - Cuerpo de Ingenieros)
- USBR = U.S. Bureau of Reclamation (Oficina Federal de Recuperación y Rehabilitación de Tierras)
- FAA = Federal Aviation Authority (Comisión Federal de Aviación)
- JASNO = American Association of State Highway Officials (Asociación Norteamericana de Embarcadores Estatales de Carreteras)
- ASIM = American Society for Testing and Materials (Sociedad Norteamericana de Ensayos y Materiales)
- USDA = U.S. Department of Agriculture (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos)
- ISSS = International Society of Soil Science (Sociedad Internacional de Ciencia del Suelo)

Fig. 1 Clasificación de fracciones de suelo menores de 8 mm basada en el tamaño de las partículas. (Adaptada del USDA, 1951, y de la Portland Cement Association, 1962.)



Escala de tamaño de partícula de Wentworth (1922).

Escala geométrica:

Díámetro en mm.	Nombre
> 256	Canto rodado
256 - 128	Guija grande
128 - 64	Guija pequeña
64 - 32	Guijarro muy grande
32 - 16	Guijarro grande
16 - 8	Guijarro mediano
8 - 4	Guijarro pequeño
4 - 2	Gránulo
2 - 1	Arena muy gruesa
1 - 0.5	Arena mediana
0.5 - 0.25	Arena mediana
0.25- 0.125	Arena fina
0.125- 0.0625	Arena muy fina
0.0625- 0.03125	Limo grueso
0.03125- 0.01562	Limo mediano
0.01562 - 0.007812	Limo fino
0.007812 - 0.003906	Limo muy fino
0.003906 - 0.00195330	Arcilla gruesa
0.00195330-0.0009765	Arcilla mediana
0.0009765 - 0.0004882	Arcilla fina
< 0.0004882	Arcilla muy fina

La clasificación internacional fué ideada por Atterberg (1912), quien estableció el límite superior de la arcilla sobre la base de que las partículas menores de 0.002 mm exhibían movimiento browniano en suspensión acuosa. El movimiento capilar del agua era muy lento para partículas de este tamaño y las propiedades de las arcillas firmes se manifestaban fuertemente. Esta definición de arcilla fué justificada por los estudios mineralógicos que mostraron que relativamente pocos minerales primarios no intemperizados existían en fracciones menores de 2  $\mu$ .

En la clasificación de Atterberg y la del Departamento de Agricultura de E.U., el tamaño de clase de partículas es el límite superior de la fracción de arcilla, basado principalmente en la expresión de las propiedades físicas y químicas asociadas con las actividades de superficie. Las partículas de arcilla es de superficie tensoactiva, con un alto grado de actividad física y química por razones que serán expuestas en los párrafos sucesivos. Las partículas de arena y limo no muestran una actividad física notable y pueden ser consideradas como el esqueleto del suelo. Así, en el aspecto textural o del tamaño de la partícula, los suelos arenosos normalmente tienden a ser áridos y están sujetos a lixiviación excesiva. Los suelos arcillosos son plásticos y pegajosos cuando están mojados, se dilatan al mojarse y se contraen al secarse; son poco permeables al agua y tienen deficiente aereación

Las fracciones de arena y limo contienen muchos minerales primarios de importancia considerable para la intemperización y desarrollo y para la composición química de los suelos. Algunos tienen efectos directos sobre la naturaleza mineralógica, de los minerales de arcilla formados en el proceso de intemperismo. Sin embargo, por la escasa superficie expuesta por unidad de peso su influencia en las propiedades físicas del suelo son mínimas; las cuales están normalmente asociadas con fenómenos de superficie. La mayor parte de los minerales en las fracciones más gruesas están compuestos de cuarzo y aluminosilicatos, principalmente feldespatos primarios.

El análisis mineralógico ha demostrado que los feldespatos no abundan en fracciones menores de  $2 \mu$ , aunque hay partículas de cuarzo -- entre los productos intermedios del intemperismo que están entre los feldespatos y los minerales de arcilla. Análisis mineralógicos de diferentes suelos de Nueva Zelandia (Fieldes, 1962), indicaron la presencia de 15 a 21 especies minerales en las fracciones más gruesas y de 8 a 12 especies en la arcilla. Aunque el cuarzo predominaba en la fracción de arena de los suelos no volcánicos se encontraron en ella muchos otros minerales; la mayor parte de ellos eran aluminosilicatos y óxidos.

Los feldespatos ácidos ocupaban un alto puesto entre los componentes de la arena. Suelos derivados de esquistos, que tienen gran conteni-

do de micas en la fracción de arena, contienen una cantidad considerable de illita en la fracción de arcilla. Esto confirma la secuencia de meteorización; mica - illita - vermiculita - montmorillonita (Fieldes, 1962, Jackson, 1964). El basalto volcánico se interperiza en alofana. Estos ejemplos bastan para ilustrar el hecho de que los minerales de fracciones gruesas - de un suelo pueden tener efecto directo en las propiedades del mismo en cuanto a su posible relación con la formación del tipo de minerales de arcilla presentes.

El análisis químico de la fracción de arcilla muestra que está compuesta principalmente de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y  $\text{H}_2\text{O}$  con cantidades variables de  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  y  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Surge naturalmente la cuestión de que compuestos químicos en el suelo pueden contener estos óxidos y tener las propiedades coloidales de las arcillas. Según el concepto de arcilla, está era una mezcla de óxidos hidratos de silicio, aluminio y hierro con bases presentes en estado de adsorción.

Las arcillas están constituidas principalmente por minerales - claramente cristalinos, si bien pueden contener diversas cantidades de materiales no cristalinos. Los principales constituyentes son átomos de silicio, aluminio, hierro ferroso y férrico, magnesio y oxígeno, más los grupos hidróxilos. Dos unidades básicas forman los patrones de construcción de los diferentes minerales de arcilla. La primera es el tetraedro de sílice con un átomo de oxígeno en cada vértice y unido a ellos un átomo de silicio en el centro. Existe la posibilidad de que un átomo de aluminio sustituya al de silicio en el tetraedro. La significación de esta sustitución será tratada más adelante.

En una estructura idealizada, los tetraedros así formados se enlazan unos con otros en una hoja o lámina conocida como hoja de sílice o de tetraedros, en la cual los tres átomos de oxígeno que forman la base de un tetraedro son compartidos conjuntamente con los tres tetraedros adyacentes. La célula unitaria de esta lámina de arcilla de retículo estratificado consta de cuatro grupos de  $\text{SiO}_2$  y seis átomos de oxígeno. Así se ve que la base de la lámina de sílice es una superficie de oxígeno. La segunda unidad es el octaedro de alumina, en el cual seis grupos hidróxilos (OH) ó átomos de oxígeno están dispuestos de tal manera que cada uno forma un vértice de un octaedro que se mantiene unido por un átomo de aluminio en el centro.

Existe la posibilidad que átomos de aluminio, hierro ferroso o

férrico, sustituyan al aluminio. Los octaedros así formados se encuentran unidos entre sí en una hoja o lámina que se llama hoja de alumina u octaédrica. En esta lámina los seis grupos OH que forman el octaédro están conjuntamente compartidos con tres octaédros adyacentes.

Ahora juntemos las hojas de sílice y alumina para formar un mineral de arcilla; lo que significa que las hojas se mantienen unidas por átomos de oxígeno compartidos que se encuentran en los vértices de los tetraédros de sílice. Cuando la capa superior de sílice oxígeno y la inferior de hidroxilos se unen, la estructura resultante es un mineral de arcilla de retículo 1:1. Una segunda lámina de sílice puede ser añadida en la parte inferior de la lámina octaédrica conforme a lo anterior para dar minerales de arcilla de retículo 2:1.

Las estructuras de estos minerales de arcilla como se han planteado anteriormente son arreglos ideales que muestran superficies ter- sas perfectamente colocadas y unidades electrostáticas neutras; pero en la naturaleza esto no es totalmente cierto. Primero existen sustituciones isomórficas en el cristal que pueden cambiar las propiedades del mineral de arcilla (Marshall, 1935).

En segundo lugar como lo propone Edelman y Favejee (1940), existe la posibilidad de que unos cuantos tetraédros de sílice puedan estar invertidos en vez de tener el vértice apuntado a la lámina octaédrica; con esto los bordes de los cristales no serán rectos y uniformes y las observaciones al microscópio electrónico indican situaciones de cristales biselados y desgastados (Jackson, 1964).

Se distinguen cuatro grupos de minerales de arcilla (Marshall, 1949, 1964).

- Primer grupo el caolín, con retículo espacial 1:1.
- Segundo grupos de las micas hidratadas, 2:1.
- Tercer grupo de la montmorillonita, con retículo 2:1 dilatado.
- Cuarto grupo de la Paligorskita o arcillas fibrosas, con red cristalina modificada.

Otros dos tipos, cloritas (retículo 2:2) y minerales de arcilla

- Tercer grupo de la montmorillonita con retículo 2:1 dilatado.
- Cuarto grupo de la Paligorskita, o arcillas fibrosas, con red cristalina modificada.

Otros dos tipos, cloritas (retículo 2:2) y minerales de arcilla con interestratificación regular o aleatoria, de los componentes anteriores., han sido también identificados (Brown, 1961).

Los óxidos libres de aluminio, hierro, titanio y silicio están ampliamente distribuidos en la mayor parte de los suelos. En los trópicos sea en forma cristalina o como geles hidratados de los elementos anteriores juegan un papel muy importante en las propiedades químicas y físicas de la mayoría de los suelos. (Baver y col., 1980).

La cantidad y el estado energético del agua en el suelo influyen en las propiedades físicas del suelo más que ningún otro factor (Baver y col., 1972).

En los experimentos de Coates y Bennett (1957), quienes midieron el calor necesario para eliminar o absorber la primera capa superficial de moléculas de agua en forma de vapor en la atmósfera circundante, se han obtenido pruebas de la existencia de potentes fuerzas de atracción en la superficie de las partículas. Estos investigadores hallaron que la energía de adsorción de agua en una arcilla caolinita con 50% de superficie cubierta era alrededor de menos de 14.5 Kcal/mol y con la superficie total cubierta por una capa unimolécula era de -13 Kcal/mol. La energía necesaria para eliminar agua de una superficie que contiene agua libre es del orden de - 10.4 Kilo calorías por mol; por consiguiente 3 ó 4 Kcal/mol adicionales fueron necesarias para quitar agua de la superficie de partículas de la arcilla ensayada. La extracción sucesiva de capas de agua requiere cada vez menos energía, que se aproxima al calor de vaporización de agua libre después que se han separado un corto número de capas. Sin embargo, en la energía de adsorción influye la naturaleza de la superficie de las partículas y la especie de cationes de intercambio (Baver y col., 1972).

La montmorillonita, con su gran capacidad de cationes por unidad de masa y su gran superficie, tiene mucho mayor capacidad de adsorción de agua que la illita; la caolinita tiene mayor capacidad de adsorción entre los tres minerales de los suelos. Con 50 % de humedad relativa (suelo muy seco), la adsorción de agua referida a la masa de 21, 4.5 y 0.5% en la montmorillonita, illita y caolinita respectivamente. Estas diferencias se originan en la distinta constitución del retículo cristalino y en la dife

rencia de los lugares de carga negativa. Como demostraron Thomas (1928),-Baver y Horner (1933) y más recientemente otros investigadores, la natura leza de los cationes de intercambio tiene gran influencia en la adsorción de agua. En general, las arcillas saturadas con cationes divalentes poseen mayor poder de adsorción que las saturadas con cationes monovalentes con la excepción del  $Li^+$ , que se comporta como los iones divalentes. La adsorción de vapor de agua disminuye al aumentar el tamaño del ion, así en el grupo de los monovalentes como en los divalentes.

Para determinar el tamaño medio de las partículas de un suelo es conveniente saber la distribución de los sedimentos por tamaño y esto a través de un análisis mecánico de suelo. Esta distribución por tamaño del sedimento se puede presentar gráficamente y apoyado de un análisis estadístico; el cual se basa en los cuartiles obtenidos gráficamente mediante la curva acumulativa graficada sobre papel semilog. (FIG. 2).

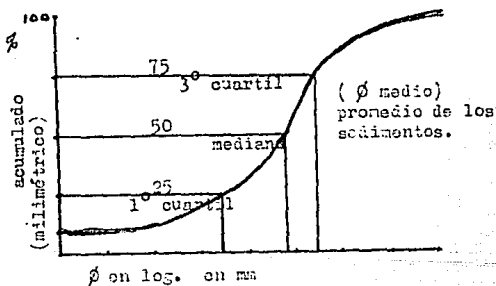


FIG. 2. Distribución de los sedimentos por tamaño.

De la gráfica anterior, fig. No. 2 se determina el coeficiente de clasificación  $S_0$  (Trask), 1932; y el tamaño promedio del diámetro de partícula.

$$S_0 = Q_1/Q_3$$

$Q^1$  = valor al 25%

$Q_2$  = valor al 75%

El clima juega un papel importante en la determinación de las propiedades estructurales y funcionales de los ecosistemas.

Dada la importancia para los procesos de producción agrícola los estudios agrometeorológicos han tenido un desarrollo considerable en la actualidad. No obstante los estudios cuantitativos acerca de los efectos de los diferentes elementos climáticos (Precipitación, temperatura, viento, etc.) sobre las propiedades funcionales de los ecosistemas son aún incipientes, a pesar de que su importancia desde el punto de vista biológico ha sido vislumbrado desde tiempos remotos. Algunas relaciones semicuantitativas de los factores climáticos y la distribución geográfica de las comunidades y animales se han tratado con anterioridad en el sistema de clasificación climática de Köppen ((1936) cuyas "fórmulas empíricas y valores derivados de las variaciones de ciertos elementos climáticos -- fueron calculados y escogidos por hallarse en relación con importantes características de clima que determinan la distribución sobre la tierra de las principales agrupaciones de plantas superiores y de otros seres vivos" (García, 1973).

Mann (1966) señala que la temperatura y la disponibilidad de agua representan los factores de mayor importancia ecológica.

Las precipitaciones atmosféricas son la fuente más importante de agua dulce, no sólo en su totalidad sino también en lo que respecta a la frecuencia y distribución de las lluvias con relación a las diversas fases del desarrollo vegetativo.

Además no se puede alterar el hecho de que las plantas necesitan de 400 ó más litros de agua, para producir un Kg. de materia orgánica seca (FAO, 1974).

Según Orine (1970) la superficie del país se puede subdividir

en cuatro regiones según las necesidades de agua para los cultivos.

CLIMA	PMA en mm.	% de superficie
Arido	< 400	62.8 indispensable
Semiárido	400 - 600	31.2 riego necesario
Semihúmedo	600 - 1500	4.5 riego conveniente
Húmedo	> 1500 -	1.5 innecesario

De las 196.4 millones de hectáreas que comprende el país, 71 (36) % son tierras plans con pendientes < 10% y 125.4 (64%), son terrenos accidentados.

La Secretaría de Recursos Hidráulicos (1975) calcula que 11 millones de hectáreas pueden ser regadas y se subdividen como sigue:

- Agua superficial	6.9 millones
- Aguas subterráneas	2.0 millones
Mediante drenaje	2.9 millones

Según la S.R.H. (1975), el futuro agrícola de México se finca en la explotación de 30 millones de hectáreas, que es la superficie factible de sembrar.

El escurrimiento anual aprovechable asciende a 410,000 metros cúbicos.

Los sistemas de clasificación climática con los que se cuentan son:

- Sistema de Köppen, Modificado por E. García (1973).
- Sistema de Thornthwaite (1948).

Las características de los suelos estudiados en este trabajo son las siguientes:

Fozem .- (del griego Phaeo; pardo y del ruso Zemlja, tierra, literalmente tierra parda). Son suelos que se encuentran en varias condiciones climáticas, desde zonas semiáridas, hasta templadas o tropicales muy lluviosas, así como en diversos tipos de terrenos desde planos hasta montañosos. Pueden presentar casi cualquier tipo de vegetación en condiciones naturales.

Su característica principal es una capa superficial oscura, suave ricas en materia orgánica y en nutrientes, semejantes a las



superficiales de los Chernozems y Castañozems, pero sin presentar -- las capas ricas en cal que presentan estos dos suelos.

Los Feozems son suelos abundantes en nuestro país, y los usos que se les dan son variados, en función del clima, relieve, y algunas condiciones del suelo que se analizarán al describir la subunidad.

Muchos Feozems profundos y situados en terrenos planos se utilizan en agricultura del riego o de temporal, de granos, legumbres u hortalizas, con altos rendimientos. Otros menos profundos, o aquellos que se presentan en laderas y pendientes, tienen rendimientos -- más bajos y se erosionan con mucha facilidad. Sin embargo pueden utilizarse para el pastoreo o la ganadería con resultados aceptables. -- Como se ve, el uso óptimo para estos suelos depende mucho del tipo de terreno y las posibilidades de obtener agua en cada caso. Su susceptibilidad a la erosión varía también en función de estas condiciones. Feozem háplico.- (del griego haplos; simple). Tiene sólo las características descritas para la unidad de Feozem.

Molisol.- suelos de pastizales, de estepas y praderas. Casi todos los suelos con superficie profunda, oscura y relativamente fértil (epipedón mólico) se forma bajo vegetación de pastizales.

Los procesos del perfil son: la melanización, que es el proceso de oscurecimiento de los suelos por adición de materia orgánica, -- mediante este proceso el epipedón mólico o el horizonte superficial -- oscuro se extiende hacia abajo, al interior del perfil. El proceso -- es un conjunto de procesos específicos:

- Extensión de las raíces de la vegetación de praderas en el perfil del suelo.

- Descomposición parcial de los materiales orgánicos en el -- suelo, produciendo compuestos oscuros y relativamente estables.

- Redisposición del suelo y las materias orgánicas, debido a la actividad de las lombrices de tierra, etc. con formación de mez--clas y complejos de materias orgánicas y suelos oscuros, crotovinas (galerías rellenas) y montículos.

- La eluviación y la iluviación de coloides orgánicos, junto

con algunos coloides minerales, como sucede en las grietas entre bloques, cuyas superficies se recubren con cutanes oscuros.

-Formación de residuos lignoprotéicos resistentes que dan un color negro.

Los estudios hechos por Swenson y Riecken (1955) indican que los hapludolls, el hierro libre se desplaza con la intemperización a la arcilla gruesa y la fracción de limo fino de los horizontes A y B; el hierro se retiene en los minerales de arcilla de la fracción arcillosa muy fina de los horizontes B<sub>2</sub> y C (Buol, 1981).

Anteriormente se clasificaban de acuerdo a la precipitación del lugar y a la translocación de materiales por el agua, de la siguiente manera. Brunizem en los cuales las condiciones climáticas favorecen más al establecimiento de una cobertura forestal que a un pastizal, pues presentan un solum lixiviado; la precipitación anual varía entre 710 y 1140 mm.

Chernozem estos suelos contienen una gran acumulación de sales de calcio que se encuentra a una profundidad aproximada de 60 a 90 cm; la vegetación natural esta compuesta por praderas con mezclas de pastos, bajo las cuales se ha formado una capa relativamente gruesa, granular, húmica-mineral. En algunos lugares se desarrolla una capa de material superficial oscuro de 39 a 51 cm.

Los suelos estan bien provistos de nutrientes minerales y de nitrógeno y son altamente productivos cuando se les proporciona humedad. Los promedios de precipitación van de 500 a 660 mm.

Los Chestnut, son los suelos de predera de menor precipitación pluvial que los Chernozem; las concentraciones de sales de calcio se encuentran más superficiales (a los 35 o hasta los 60 cm) y las sales de sodio y de potasio se encuentran en mayor cantidad. La vegetación se vuelve más dispersa y de menor altura. El color muy oscuro del horizonte superficial sede su lugar al color café y esta capa se hace más delgada. La precipitación media anual oscila entre 380 a 540 mm y es lo que limita su utilización en la agricultura.

Suelos cafés, presentan horizontes superficiales con bajo contenido de humus y son más delgados que en los suelos de chestnut. Soportan una vegetación de pastos más cortos y escasos intermez

clados con algunos arbustos y son más ricos en el contenido de sales solubles. Se encuentra un horizonte con acumulación de carbonato de calcio a una profundidad de 30 a 38 cm o menos en muchos casos.

El clima es templado con temperaturas templadas o frías. La agricultura de secano (temporal) se practica extensivamente; o en su caso se destinan exclusivamente al pastoreo.

La precipitación media anual varía de 250 a 380 mm (Millar y col., 1971).

Vertisol.- con una descación estacional del perfil del suelo. Los patrones de precipitación pluvial asociada a los vertisoles son diversos. Una estación seca es característica, su duración es muy variable. Los vertisoles incluyen un tipo de clima monzónico, húmedo y seco durante el año. Las zonas de vertisoles más áridas permanecen secas durante la mayor parte del año, con sólo uno o dos meses de humedad. Otra zona de vertisoles están comunmente húmedos, con deficiencia de humedad solo unas pocas semanas frecuentemente a intervalos irregulares, en el curso del año.

Una característica común de los diversos materiales originales de los vertisoles es una reacción básica. Esos materiales originales incluyen rocas sedimentarias calcáreas; ígneas básicas, basaltos, cenizas y aluviones de esos materiales.

Participan varios procesos en la formación de los vertisoles, el proceso predominante parece ser la haploidización por perturbación arcillosa. Hay que considerar el contenido elevado de arcillas (más del 30 %) y predominio de arcillas de dilatación a razón de 2:1. No es difícil explicar la presencia de la arcilla donde los suelos se desarrollan en piedras calizas arcillosas, arcillas marinas o esquistos.

Son suelos con más de 50 cm de profundidad hasta el contacto lítico o paralítico, al menos con 30 % o más de arcilla en todos los horizontes por encima del contacto lítico, paralítico o hasta una profundidad de un metro, según sea la menos profunda de esas magnitudes, con grietas por lo menos de 1 cm de anchura a una profundidad de 50 cm durante parte de la mayoría de los años, se clasifican como vertisoles. Estos suelos tienen casi siempre microrelieves de gilgai y a--

gregados estructurales naturales de lados lisos, forma de cuña o paralelepípedicos, a cierta profundidad bajo la superficie.

Las propiedades típicas de los vertisoles son :

- Textura de arcilla.
- No hay evidencias de eluviación, ni iluviación.
- Estructura granular fuerte en los 15 a 50 cm superiores.
- Calcáreos o con reacción neutra.
- Alto coeficiente de expansión o dilatación.
- Relieve de gilgai.
- Consistencia húmeda extremadamente plástica.
- $\text{Ca}^{++}$  ó  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$  como cationes intercambiables predominantes.
- Montmorillonita como mineral arcilloso predominante.
- Material original de arcilla calcárea.
- Superficies de sola de más de 25 cm de espesor; por lo común de más de 76 cm.
- Colores oscuros de tonalidades bajas.
- Contenido de materia orgánica de 1 a 3 %.
- Poca intemperización.
- Vegetación de sabana o hierbas altas.

En el orden de los vertisoles se reconocen 4 subórdenes; determinados fundamentalmente por el tiempo en que las grietas permanecen abiertas hasta la superficie.

Los Torrets son vertisoles por lo común secos en todas las partes del solum y las grietas están abiertas hasta la superficie la mayoría de los años, a menos que haya riego.

Los Usters son verisoles en los que las grietas se abren y cierran más de una vez al año; pero permanecen abiertas durante un total de 90 ó más días al año, aunque no todo el año.

Los Xererts son vertisoles en los que las grietas se abren y cierran una vez cada año y permanecen abiertas durante 60 días consecutivos o más cada año.

Los Uderts son vertisoles habitualmente húmedos, pero en los que se abren las grietas en algún momento del año, sin llegar a permanecer abiertas 90 días cada año (Millar y Col., 1979; Buol y Col.,

1981).

Fluvisol.- (del latín fluvis; río. Literalmente, suelo de río). Se caracterizan por estar formados siempre por materiales acarreados por agua. Están constituidos por materiales disgregados que no presentan estructuras en terrones, es decir, son suelos muy poco desarrollados. Se encuentran en todos los climas y regiones de México, cercanos siempre a lagos o sierras, desde donde escurre el agua a los llanos, así como en los lechos de los ríos.

La vegetación que presentan varía desde selvas hasta matorrales y pastizales, y algunos tipos de vegetación son típicos de estos suelos como los ahuehuetes, ceibas o sauces.

Estos suelos presentan muchas veces capas alternadas de arena, arcilla o gravas, que son producto del acarreo de dichos materiales por inundaciones o crecidas no muy antiguas.

Pueden ser someros o profundos, arenosos o arcillosos, fértiles o infértiles, en función del tipo de materiales que los forma -- (DETENAL, 1979).

Los suelos aluviales se desarrollan a partir de aluviones de origen reciente y presentan perfiles muy débilmente desarrollados. En muchos de ellos el cambio de color del horizonte A al C es muy difícil de observar o no existe, son en gran parte, suelos en los cuales, la mayoría de sus propiedades están determinadas por el material depositado. Se caracterizan por su estratificación. Su textura está relacionada con el tamaño de las partículas depositadas por la corriente de agua. Por esta razón tienden a ser de textura gruesa - los suelos que se forman cerca de la corriente y de textura más fina en los bordes exteriores del plano de inundación. Mineralógicamente están relacionados con los suelos que sirvieron de fuente para la formación del aluvión.

Las inundaciones periódicas llevan minerales frescos a estos suelos y tienden a mantenerlos fértiles. El suelo permanece joven debido a que es enterrado antes de que alcance su madurez. Los suelos aluviales jugaron un papel muy importante en el desarrollo de la agricultura primitiva antes del desarrollo de los sistemas de fertilización y abonamiento (Millar y col., 1971).

Las características de las plantas -maíz y girasol-utilizadas en este experimento son:

Maíz (Zea mais).

Reino	vegetal.
División	traqueofitas
Sub-división	angiospermas
Clase	monocotiledóneas
Orden	glumifloras
Familia	gramíneas
Sub-familia	maídeas
Tribu	tripsaceas
Genero	<u>Zea</u>
Especie	<u>Zea mais</u>

Las condiciones climatológicas y la fertilidad del suelo son más importantes para el cultivo del maíz. Los suelos ricos en nitrógeno son deseables para el maíz, una cantidad suficiente de fósforo y potasio son de importancia primordial para obtener rendimientos máximos de grano de alta calidad. Además de buena fertilidad del suelo, el maíz requiere también una precipitación generosa y bien distribuida; un crecimiento libre de heladas de duración suficiente para la ma duración del grano y mucho tiempo cálido y soleado.

Para mantener el crecimiento durante meses críticos de julio y agosto, son esenciales una buena distribución de la lluvia y una cantidad suficiente de humedad en el suelo. Durante este período se necesita mucha agua debido al crecimiento rápido de las plantas y la alta tasa de evaporación del suelo y la transpiración por las hojas. En este lapso de crecimiento rápido, el maíz requiere más agua por hectárea que cualquier otro cultivo de campo. De hecho el maíz requiere una cantidad pequeña de agua por cada kilogramo de materia se ca producida, pero sus grandes exigencias de agua se deben a los altos rendimientos de materia seca que se produce por hectárea. Los vientos secos y cálidos aumentan las pérdidas de agua y en algunas zonas reducen considerablemente los rendimientos. Los suelos ricos en materia orgánica son ideales para el maíz debido a que tienen una

gran capacidad de retención de agua. Consecuentemente, pueden proporcionar humedad durante los periodos de crecimiento rápido o durante las temporadas secas.

Para la maduración de los diferentes tipos de maíz híbrido - dentado se requieren de 80 a 160 días, necesitando la mayoría de ellos de 110 a 130 días para completar el crecimiento.

Además de un suelo fértil y de condiciones adecuadas de humedad, se requiere de abundancia de sol y tiempo cálido para obtener una producción máxima.

Girasol: (Heliantus annuus)

Reino	vegetal
Sub-división	angiospermas
Clase	dicotiledóneas
Sub-clase	simpétalas
Orden	campanuladas
Familia	compuestas
Género	<u>Heliantus</u>
Especie	<u>Heliantus annuus</u>

Planta herbácea, de cuyas semillas se obtienen un aceite. - una planta anual, con tallo derecho de unos tres centímetros de diámetro y que se doblan al estar maduros, frutos en achenios, con semillas grisáceas a bandas blancas casi elipsoidales, de hasta 3 cm de longitud, comestibles, y de los que se puede extraer un aceite para condimento.

El girasol crece rápido a plena luz y en suelo seco. Las variedades anuales se propagan de semillas, que deben plantarse a 1.5 cm, de profundidad. Las variedades perennes se pueden propagar por esquejes.

## M E T O D O L O G I A

La delimitación del área de estudio se llevó a cabo por medio de fotografías aéreas (escala 1:25,000) e información cartográfica -- (CETENAL, 1981).

En el área de estudio se observan tres zonas distintas, las -- cuales son tierras de temporal dedicadas a la agricultura y se pre-- sentan tres diferentes tipos de suelo: Feozem, vertisol y fluvisol -- (Op. Cit).

Una vez delimitada la zona de muestreo se procedió a reali--- zar el trabajo de campo. Se describieron los perfiles de los tres di-- ferentes tipos de suelo (Cuansalo de la Cerda, 1981) y se tomaron las muestras en cada punto de muestreo para su posterior análisis en el laboratorio.

De acuerdo a la distribución de las áreas de muestreo, en la zona de estudio con el tipo de suelo de un feozem; se divide en dos parcelas la A y la B, en cada una de ellas se hizo el muestreo en ba se a un cuadrulado; correspondiéndole a cada una cinco puntos de - muestreo con una profundidad de 60 cm. Tomando de cada punto de mues treo dos muestras un de 0-30 cm y la otra de 30-60 cm con un total de 10 pozos, se trabaja con 20 muestras.

En las zonas con tipo de suelo vertisol y fluvisol, en cada -- una de ellas se hizo un muestreo en base a un cuadrulado de la zo-- na; correspondiéndoles 10 puntos de muestreo con una profundidad de 60 cm. En cada punto de muestreo se tomaron dos muestras una de 0-30 cm y otra de 30-60 cm de profundidad.

El fluvisol y el vertisol cuentan con diez pozos cada uno; - se trabaja con un total de 40 muestras.

Las 60 muestras obtenidas de los pozos se colocaron en bol-- sas de plástico.

Metodología de Laboratorio.

El secado de las muestras fué a temperatura ambiente y a la - sombra, se molieron y tamizaron en un tamiz de 2 mm de diámetro.

Se realizaron los siguientes análisis físicos:

a).- Densidad Aparente: determinación hecha por peso de un vo



lumen de suelo en una probeta de 50 cc (Baver, 1956).

b).- Densidad real: se determinó por el método de la bureta (Black, 1965).

c).- Densidad Real: por el método del picnómetro (AM, Soc.- For Test and Mat., 1959).

d).- Textura: se determina por el método del hidrómetro (Bouyocos, 1936).

e).- % de Capacidad de Campo: se determinó por el método del suelo drenado por 48 horas (Black, 1965).

f).- % de Humedad: se determinó por el método gravimétrico, tomando la muestra del suelo a lo largo del año y secando a la estufa (Coile, 1936, Lutz, 1944).

g).- % de Porosidad: por la relación entre la densidad aparente y la real (Vomosis, 1965).

h).- Coeficiente Higroscópico: se determinó por el método -- del suelo seco al aire y secando a la estufa (Gavande, 1972).

i).- % de Punto de Marchitamiento Permanente: se determino a 30 plantas de maíz y 30 de girasol, colocadas en macetas de un Kg, - cuando presentaron un tamaño considerable, se sometieron éstas a un stress hídrico y cuando las hojas basales de la panta no se recuperaron en una cámara húmeda (Briggs y Shantz, 1912; Veitremeyer y Hendrickson, 1931).

j).- Granulometría: separación de partículas por el método - del tamizado en húmedo (Gavande, 1972).

Metodología de Gabinete.

a).- Análisis Climático: por el método de Köppen y por el método de Thornthwaite; en base a datos de precipitación y temperatura (Köppen, 1900; Thornthwaite, 1948).

b).- Análisis de Datos: por el método estadístico de prueba de significancia, y de inferencia estadística (Fisher, 1943).

## RESULTADOS

### Descripción del perfil del suelo.

#### I.- Descripción del sitio.

1.- Perfil No. 1 (Feozem).

2.- Descrito por: Ramiro Cisneros y Juana Ma. De la Paz.

3.- Fecha: 20/junio/1985

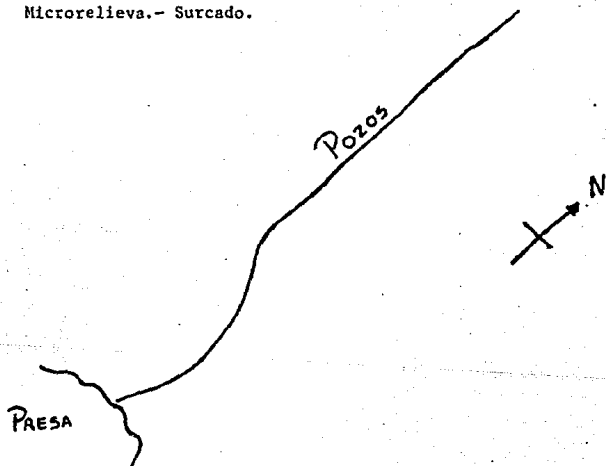
4.- Localización.- Fotografía Aérea Dígetenal 1970; 20B R-43 17-9 (fotografía 1).

5.- Localidad.- San Luis de las Peras Taxhimay, los puntos - son rumbo al embarcadero a 100 metros de la presa. Hay un camino de herradura que separa las parcelas A y B. La parcela A y B pertenecen a Don Aristeo Gante P.; el suelo es un Feozem.

6.- Elevación.- 2210 m snm.

7.- Relieve.- Regular.

Microrelieva.- Surcado.



8.- Drenaje superficial del sitio.- Normal

9.- Material Parental.- Toba volcánica en la parte inferior.  
Edad estatigráfica.

Angulo y dirección del material depositado.- La direc- ----

ción es de norte a sur.

Modo de origen.- Toba volcánica en la parte inferior y en la superficie riolita, son de origen volcánico extrusivo.

10.- Flora.- Vegetación nativa: maguey pulquero, nopal cardón, huizache, tepozán.

Vegetación cultivada: Durazno, manzano, capulín, zapote blanco, guayabo, granada y ruda. Cultivos en surco mateado, en asociación del maíz, frijol, calabaza y haba. El período vegetativo se encuentra en la segunda escarda; cultivo de temporal regular.

11.- Fauna.- Ganado bobino, ovino, equino y avícola.

12.- Condiciones meteorológicas.- El martes 18 de junio granizó, el 19 lluvias desde la tarde, el 20 de junio nublado por la mañana en un 100% y por la tarde en un 80%, con vientos de SW.

II.- Descripción del perfil tipo.

13.- Con un 20 por ciento de pedregosidad la superficie del suelo; la probabilidad de riego es grande, pues está a nivel de la presa. Con una pendiente de un 3.5 %. Presencia de caminos a 50 m. del perfil. Es un sitio receptor; se localiza en la entrada del primer río, tomando en cuenta la cortina.

Determinaciones de Campo.- (Tabla 1).

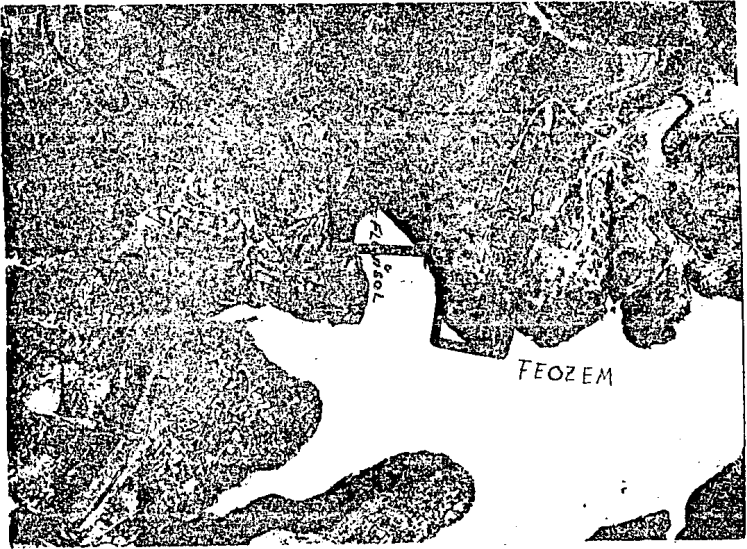
Determinaciones de laboratorio.- (Tabla 2 y Gráfica 1).

La zona de estudio con tipo de suelo Feozem, esta dedicada a la agricultura, el muestreo se hizo en dos parcelas que se denominaron Parcela A y Parcela B; con cinco puntos de muestreo cada una.

En la parcela A después de los 30 cm. se presenta iluviación de arcillas. En el pozo 2 de la parcela B hay iluviación de arcillas desde la superficie.

El horizonte Ap tiene como característica sobresaliente gran cantidad de raíces en descomposición.

Localización de los puntos de muestreo en las parcelas (mapa 8).



Fotografía aérea 1. Subzonas de trabajo: suelo feozem,  
fluvisol y vertisol.  
Escala: 1:25000

TABLA. 1

## DETERMINACIONES DE CAMPO

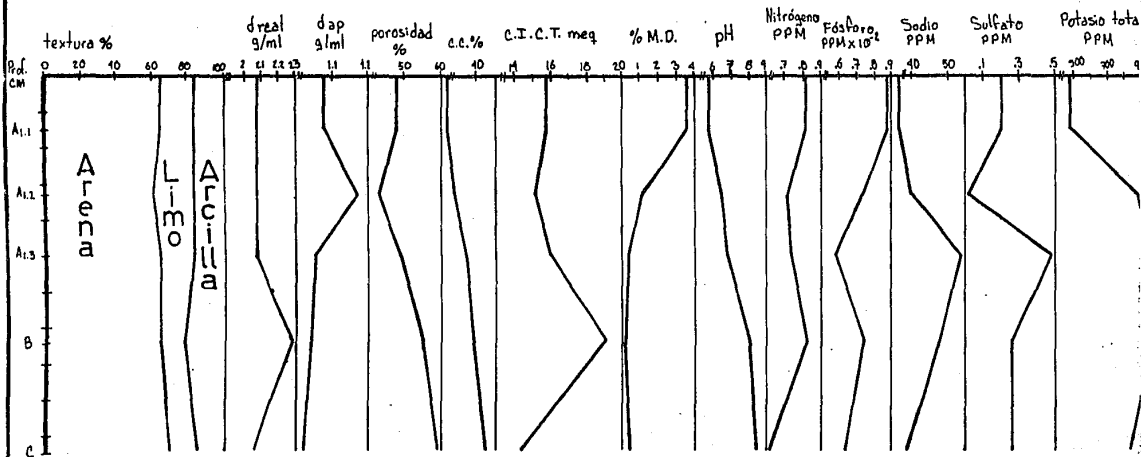
FACETA: LADERA		SISTEMA TERRESTRE DE MESETA			PERFIL No. 1	FEOZEM
HORIZOTES	A <sub>1.1</sub>	A <sub>1.2</sub>	A <sub>1.3</sub>	B	C	
PROF. EN CM.	0 - 15	15 - 33	33 - 50	50 - 74	74 - 106	
TEXTURA	ARCILLOSO	HIGAJON ARCILLOSO	LIMO ARCILLOSA	ARENOSA	ARENOSA	
HUMEDO COLOR	CAFE GRISACEO	CAFE GRISACEO MUY OBSCURO	CAFE GRISACEO OBSCURO	CAFE	CAFE PALIDO	
SECO	CAFE	GRIS CLARO	GRIS CAFESACIO CLARO	CAFE PALIDO	GRIS CLARO	
ESTRUCTURA	POLIEDRICA SUB ANGULAR MUY DE SARROLLADA	POLIEDRICA SUBAN GULAR POCO DESA RROLLADA	POLIEDRICA SUBAN GULAR POCO DESA RROLLADA	POLIEDRICA SUBANGULAR POCO DESA- RROLLADA	POLIEDRICA SUBANGULAR DEBILMENTE DESARRO LLADA	
CONSISTENCIA	FIRME	FRIABLE	FIRME	FRIABLE	FRIABLE	
POROSIDAD	FRECIENTES	FRECIENTES	FRECIENTE	FRECIENTES	NUMEROSOS	
PERMEABILIDAD	LENTA	LENTA	LENTA	LENTA	LENTA	
REAC. AL HCl	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	
REAC. H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	VIOLENTA	FUERTE	MEDIANA	BAJA	MUY BAJA	
DRENAJE	BIEN DRENADO	BIEN DRENADO	BIEN DRENADO	BIEN DRENADO	BIEN DRENADO	
HUMEDAD	LIGERAMENTE HUMEDO	LIGERAMENTE HUMEDO	LIGERAMENTE HUMEDO	LIGERAMENTE HUMEDO	LIGERAMENTE HUMEDO	
RAICES	ABUNDANTES	ABUNDANTES	COMUNES	COMUNES	NO HAY	
REACCION ALOFA NO	NEGATIVO	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	

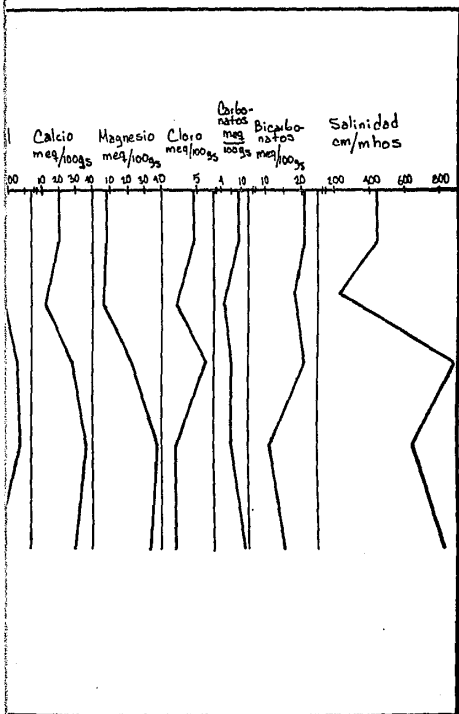
TABLA 2. DETERMINACION DE LABORATORIO

FACETA: LADERA		SISTEMA TERRESTRE DE MESETA			PERFIL No. 2 FEOZEN	
HORIZONTE	A <sub>11</sub>	A <sub>12</sub>	A <sub>13</sub>	B	C	
SECO COLOR	CAFE GRISACEO OBSCURO	CAFE GRISACEO	CAFE GRISACEO	GRIS	CAFE PALIDO	
HUMEDO	CAFE MUY OBS- CURO	CAFE GRISACEO MUY OBSCURO	CAFE GRISACEO OBSCURO	CAFE GRISACEO	CAFE OBSC.	
Sap. gr/c.c.	1.08	1.17	1.05	1.043	1.02	
Sreal gr/c.c.	2.08	2.08	2.08	2.27	2.05	
% DE POROSI- DAD	48.00	43.00	49.00	54.00	59.00	
T. HUMEDAD%	32.00	34.00	37.00	38.05	42.00	
% DE ARENA	64.00	60.00	64.00	65.28	42.00	
% DE LIMO	20.00	24.00	20.00	12.56	69.36	
% DE ARCILLA	16.00	16.00	16.00	22.16	14.46	
N. TEXTURAL	MIGAJON ARENOSO	MIGAJON ARENO- NOSO	MIGAJON ARE- NOSO	MIGAJON ARCILLO ARENOSO	MIGA- JON AREN-	
P.H	5.71	6.56	6.83	7.97	8.25	
NITROGENO ppm	0.81	0.72	0.72	0.81	0.60	
FOSFORO	0.0087	0.0074	0.0058	0.0074	0.0064	
POTASIO total Solub.	492.5	885.5	969	1019	843.5	
SODIO ppm	37.37	39.78	53.57	48.40	38.75	
CALCIO Meq/100gS	21.43	13.05	29.25	36.9	31.95	
MAGNESIO Meq/100gS	9.15	6.15	21.75	39.00	34.35	
CLORO Meq/100gS	4.4	2.00	6.4	2.00	2.4	
CARBONATOS Meq/100gS	8.88	4.44	7.4	7.4	10.36	
BICARBONATOS Meq/100gS	20.72	17.76	20.72	10.36	14.8	
SULFATOS (mgr/l) ppm	0.2136	0.0119	0.47	0.2564	0.2564	
% DE M.O	3.45	1.035	0.1932	0.069	0.1932	
SALINIDAD cmhos	429	218	884	641	811	
ClCMeq/100Sg	15.62	14.48	16.02	10.02	12.78	

# Gráfica 1 Características Físicas y Químicas del perfil tipo del Feozem.

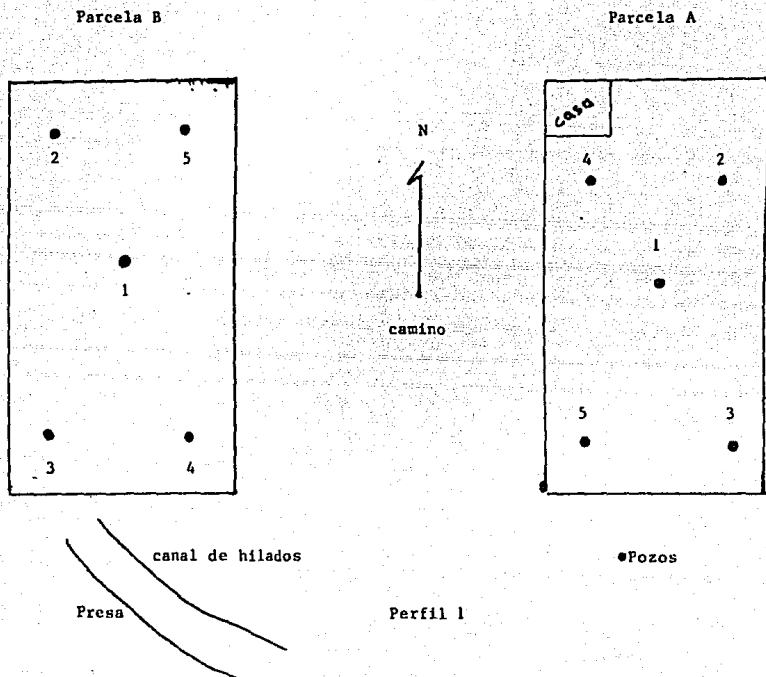
## Perfil 1 Feozem.







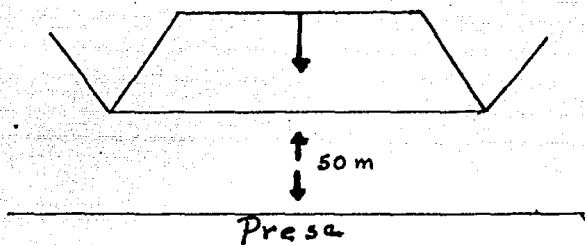
Mapa 8. Localización de los puntos de muestreo en el tipo de suelo Feozem.



Descripción del Perfil del Suelo.

I.- Descripción del sitio.

- 1.- Perfil No. 2 (fluvisol).
- 2.- Descrito por: Ramiro Cisneros y Juana Ma. De la Paz.
- 3.- Fecha: 10/junio/1985
- 4.- Localización.- fotografía aérea Digetenal 1970; 20B R-43  
17-9 (fotografía 1).
- 5.- Localidad.- San Luis de las Peras Taxhimay.
- 6.- Elevación.- 2210 m snm.
- 7.- Relieve.- Plano.



- 8.- Drenaje superficial del sitio.- Receptor, anegado con aguas dulces de forma regular por algunas semanas.
- 9.- Material Parental.- Aluvión activo intermitente.  
Edad Estadigráfica.  
Angulo y dirección del material depositado.- La dirección es del NW al SW.  
El material aluvial del lugar es reciente, el aluvión es -

activo e intermitente. Presencia de óxidos de fierro en la parte superior o posiblemente sea materia orgánica.

10.- Flora.- Vegetación nativa: maguey pulquero, nopal cardón, huizache, sauce y tepozán.

Vegetación cultivada: durazno, manzano, capulín, zapote blanco y guayabo. Cultivos en surco mateado, en asociación maíz y frijol.

11.- Fauna.- ganado bobino, ovino y equino.

12.- Condiciones Meteorológicas.- Nublado en un 60 %.

II.- Descripción del Perfil.

13.- La superficie del suelo con un 40% de pedregosidad.

Determinación de campo.- (tabla 3).

Localización de los puntos de muestreo en el fluvisol - (mapa 9).

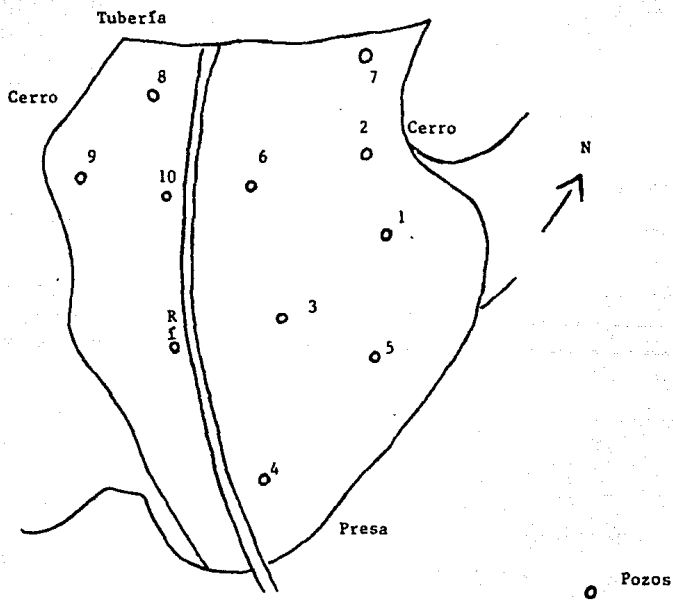
El suelo de muestreo es receptor y donador, con pendiente -- suave que va de mayor a menor altura del pozo 3 al pozo 5; se observa que en el pozo No. 7 a una profundidad de 60 cm hay mayor cantidad de humedad, mayor a un punto de saturación.

TABLA 3. DETERMINACIONES DE CAMPO.

		D E T E R M I N A C I O N E S D E C A M P O					PERFIL No' 2 FLUVISOL
HORIZONTE	Ap	I	II	III	IV	V	
PROF. en cm.	0 - 15	15 - 33	33 - 50	50 - 74	74 - 106	106 -	
HUNEDAD	ligeramen te humedo	húmedo	húmedo	muy húmedo	húmedo	saturado	
Color a humedad de campo	7.5 YR - 3.5/2 CAFE OBSCURO	7.5 YR 3/2 CAFE OBS.	10 YR 3/1 GRIS OBSC.	10 YR 2.5/1 NEGRO	10 YR 3/1.5 CAFE GRISA CEO MUY OBSC.		
TEXTURA	Higajón li moso	mgajón arcilloso	arcilla li mosa	arcilla li mosa	arcilla limo sa		
ESTRUCTURA	poliedrica subangular moderada-- mente desa rrollada.	Igual que Ap.	Poliedrica angular te niendo a - cúbica fuer temente desa rrollada.	igual que II	poliédrlica angu lar cúbica		
POROS	Numerosos, muy finos continuos caóticos dentro de los arre glados tu bulares.	numeros de micro a fi nos conti nuos caoti cos dentro de los ar reglados = tubulares.	numerosos de fino a media no, continuos caóticos den tro de los arreglados, tubulares.	numerosos de medianos a - finos, conti nuos, caóticos dentro de los a-- agregados, tubu lares.	numerosos de - finos a media nos continuos caóticos, den tro de los a-- agregados, tubu lares.		
PERMEABILIDAD	Moderada	lenta	lenta	lenta	lenta	lenta	
RAICES	COMUNES de finas a delgadas	Igual que Ap	pocas y fi nas	raras y finas	no hay	no hay	
REAC. $H_2 O_2$	Baja	Fuerte	Violenta	mediana	muy baja		
REAC. Alófano y al HCL	Negativa	Negativa	Negativa	Negativa	Negativa		

La transición a la siguiente capa en todos los estratos es tenue y la forma del límite es horizontal. La consistencia en húmedo es friable y muy húmedo de ligeramente pegajoso a pegajoso; la pedregocidad está ausente; todo el perfil es plástico. No hay concentraciones ni inclusiones de origen pedogenético. El drenaje del perfil es perfectamente drenado.

Mapa 9. Localización de los puntos de muestreo en el Fluvisol.



Perfil 2

**Descripción del perfil tipo.**

Se localiza en el poblado de la Cruz y Carrizal; en un brazo. Es un sitio receptor, con material parental de un aluvión estable. -- Tierra de temporal, su preparación es por tracción animal; zona de -- gran pastoreo de ganado vacuno y ovino.

Con una pendiente del 4%, con ausencia de pedregosidad, una - vegetación nativa de sauces y huizaches. Cultivos de maíz, frijol, -- haba y cebada.

Determinaciones de Campo.- (Tabla 4).

Determinaciones de laboratorio.- (Tabla 5 y gráfica 2).

TABLA 4 DETERMINACIONES DE CAMPO

FACETA: VALLE		SISTEMA TERRESTRE DE MESETA			PERFIL No. 2 FLUVISOL
HORIZONTES	AP 1.1	AP 1.2	AP 1.3	C	
PROF. EN CM.	0 - 12	12 - 22	22 - 43	43- 100	
TEXTURA	ARENA LIMOSA	ARENOSA GRUESA	LIMO ARCILLOSO	LIMO ARCILLOSO	
HUMEDAD DE COLOR DE CAMPO	GRIS MUY OSCURO	CAFE GRISACEO MUY OSCURO	NEGRO	NEGRO	
ESTRUCTURA	POCO DESARROLLADA	DEBILMENTE DESARROLLADA	MODERADAMENTE DESARROLLADA	MODERADAMENTE DESARROLLADA	
CONSISTENCIA	FRIABLE	FRIABLE	FRIABLE	FRIABLE	
POROSIDAD	FRECUENTE	NUMEROSOS	FRECUENTES	FRECUENTES	
PERMEABILIDAD	MODERADA	RAPIDA	MODERADA	LENTA	
REAC. AL HCL	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	
REAC. $H_2 O_2$	VIOLENTA	FUERTE	MODERADA	BAJA	
DRENAJE	BIEN DRENADO	BIEN DRENADO	BIEN DRENADO	BIEN DRENADO	
REAC. ALOFANO	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	
HUMEDAD	LIGERAMENTE HUMEDO	LIGERAMENTE HUMEDO	LIGERAMENTE HUMEDO	LIGERAMENTE HUMEDO	
RAICES	COMUNES	COMUNES	RARAS	MUY RARAS	

Tabla 5

DETERMINACIONES DE LABORATORIO

FACETA: VALLE	SISTEMA TERRESTRE DE MESETA			PERFIL No. 2 FLUVISOL
HORIZONTE	AP 11	AP 12	AP 13	C
SECO COLOR	CAFE GRISACEO MUY OBSCURO	CAFE GRISACEO MUY OBSCURO	CAFE GRISACEO MUY OBSCURO	GRIS MUY OBSCURO
HUMEDO	CAFE MUY OBS CURO	GRIS MUY OBS CURO	GRIS MUY OBS CUSRO	NEGRO
Sap. gr/c.c.	1.09	1.18	1.07	1.16
Sreal gr/ c.c.	2.1	2.15	2.5	2.2
% DE POROSIDAD	48.09	45.11	57.2	47.27
RET. DE HUMEDAD %	26.8	14.0	35.5	43.0
% DE ARENA	35.00	81.00	60.00	56.00
% DE LIMO	56.00	5.00	22.00	22.00
% DE ARCILLA	9.00	14.00	18.00	22.00
N. TEXTURA	migajón li BO	arena migajo sa.	migajón are noso	migajón ar- cilloso
P.H	5.63	8.07	6.44	8.06
NITROGENO ppm	1.2	0.81	0.85	0.72
FOSFORO ppm	0.0074	0.0074	0.0128	0.058
POTASIO Total Solub. ppm.	325	241.5	434	425.5
SODIO ppm	38.06	34.61	45.3	52.2
LITIO ppm	0.522	0.348	0.696	0.812
CALCIO meq/100g S	21.45	13.05	29.25	34.35
MAGNESIO meq./100g S	9.1	6.15	21.15	28.65
CLORO meq/100g S	1.2	2.00	1.8	1.4
CARBONAT.meq/100g S	13.32	13.32	10.36	7.4
BICARBONATOS meq/100g S	20.72	17.76	14.8	18.5
SULFATOS mgr/lit	0.2991	0.6837	0.3418	0.9401
% DE H.O.	1.518	3.69	1.65	1.932
SALINIDAD C/mhos	511.0	588.0	397.0	463.0
C.I.C.T meq/100grs	6.82	8.236	15.05	22.72

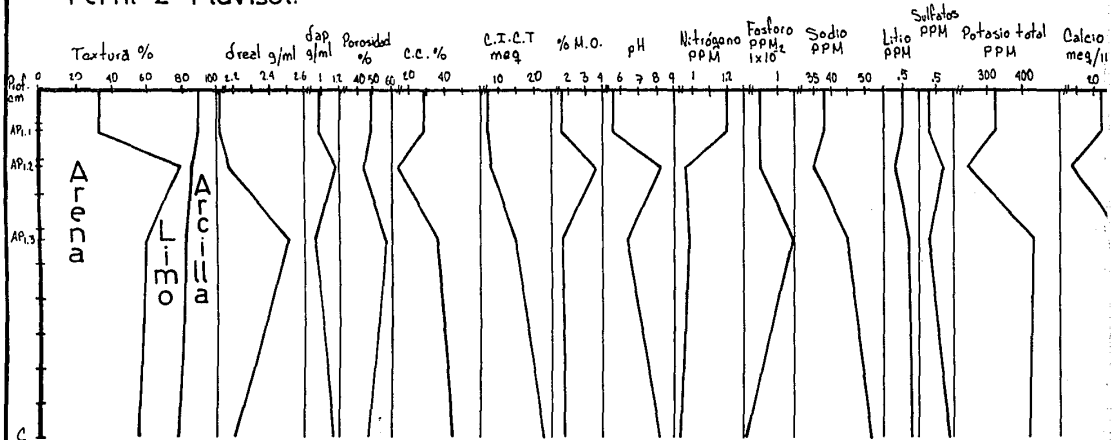
OBSERVACIONES: Suelo mineral. El contenido de M.O. se comporta de forma similar a lo largo de todo perfil.

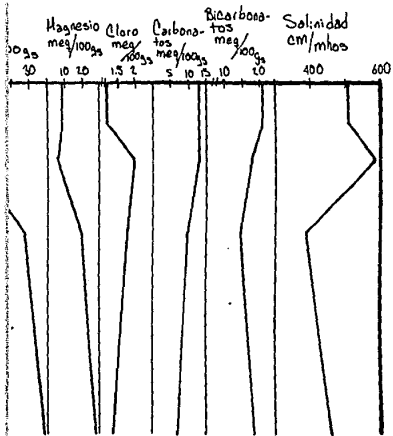
La retención de humedad en este suelo es relativamente baja.



# Gráfica 2 Características Físicas y Químicas del perfil tipo del Fluvisol.

## Perfil 2 Fluvisol.





Descripción del perfil tipo (vertisol).

Se localiza en el poblado de Loma alta a 2 m de un camino y al SW a 1 km del jagüey; en la parte sur se encuentra un río.

Es un sitio receptor, el material parental es un coluvión o aluvión estable; el riego es por gravedad. El terreno se prepara por tracción animal.

La fauna que presenta es de tipo avícola, bobino, equino, caprino y ovino.

Con una pendiente del 15%, una pedregosidad del 1 % y una altitud de 2245 m snm.

Vegetación natural.- matorral xerófito, maguey. Cultivos de maíz, avena y durazno.

Suelo mineral, tierra sometida al cultivo pero se encontraba en reposo. Gran contenido de arcillas y su retención de humedad es adecuado.

Determinación en campo.- (tabla 6).

Determinaciones de laboratorio.- (tabla 7 y gráfica tres).

Localización de los puntos de muestreo en el vertisol.- (mapa No. 10).

El vertisol posee horizontes Ay C y en algunos casos un B, - pero sólo cuando esta más desarrollado.

Se encuentra en lugares que vienen de sedimentos de rocas sedimentarias, se localiza en un valle, con una edad estatigráfica del terciario. Confluencia de rocas sedimentarias y volcánicas (riolita). Hay una deficiencia de agua muy marcada en el pozo No. 10 con relación a los otros pozos. (deficiencia edáfica).

El tipo de arcillas que presenta (montmorillonita); físicamente destruye la raíz cuando el suelo se contrae.

TABLA 6. DETERMINACIONES DE CAMPO

FACE: VALLE		SISTEMA TERRESTRE DE MONTAÑA			PERFIL No. 3 VERTISOL
HORIZONTES	A <sub>1.1.</sub>	A <sub>1.2.</sub>	A <sub>1.3.</sub>	C	
PROF. EN CM.	0 - 25	25 - 43	43 - 67	67 - 92	
TEXTURA	ARCILLO LIMOSO	ARCILLO LIMOSO	ARCILLA MEDIA	MIGAJON ARCILLOSO	
HUMEDAD COLOR EN EL CAMPO	NEGRO	NEGRO	GRIS MUY OBS- CURO	GRIS OSCURO	
ESTRUCTURA	FUERTEMENTE DESA- RROLLADA	FUERTEMENTE DESARROLLADA	FUERTEMENTE DESARROLLADA	DEBILMENTE DESARROLLADA	
CONSISTENCIA	-----	-----	-----	-----	
POROSIDAD	NUMEROSOS	FRECIENTES	NUMEROSOS	FRECIENTES	
PERMEABILIDAD	LENTA	LENTA	LENTA	MODERADA	
REAC. AL HCL	NEGATIVA	NEGATIVA	MODERADA	FUERTE	
REAC. $H_2O_2$	MUY VIOLENTA	BAJA	MODERADA	FUERTE	
REAC. ALOFANO	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	
DRENAJE	LENTO	LENTO	LENTO	LENTO	
HUMEDAD	LIGERAMENTE HUMEDO	HUMEDO	HUMEDO	HUMEDO	
RAICES	COMUNES	RARAS	AUSENCIA	AUSENCIA	

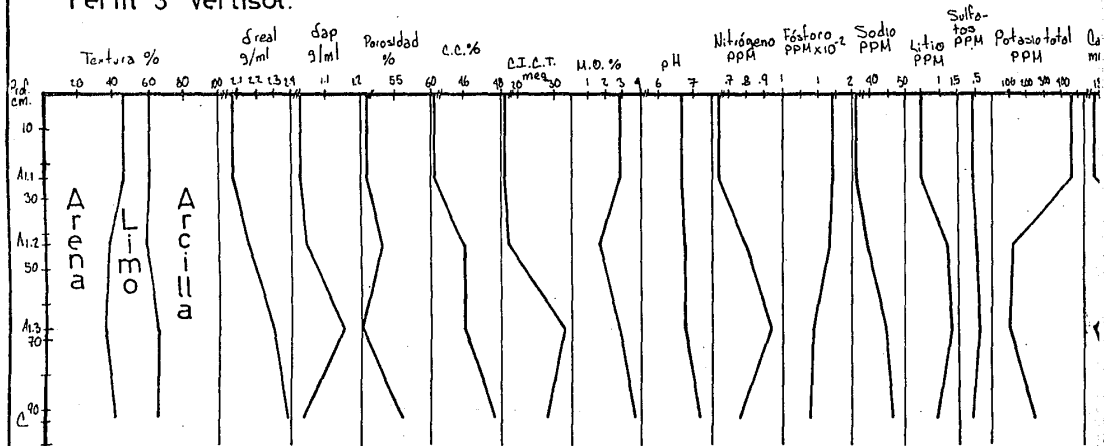
TABLA. 7

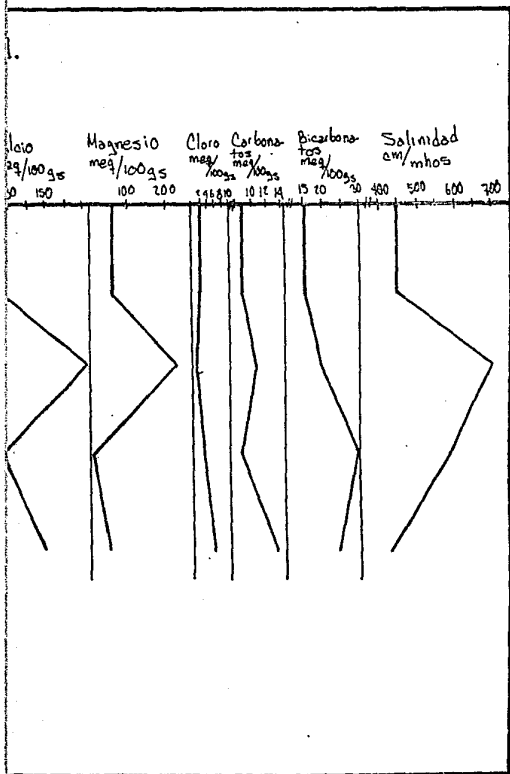
## DETERMINACION DE LABORATORIO

FACETA: VALLE		SISTEMA TERRESTRE DE MONTAÑA			PERFIL No. 3 VERTISOL
HORIZONTE	A <sub>11</sub>	A <sub>12</sub>	A <sub>13</sub>	C	
SECO COLOR	GRIS OBSCURO	GRIS OBSCURO	GRIS OBSCURO	GRIS OBS- CURO	
HUMEDO	GRIS MUY OBS CURO	GRIS MUY OBS CURO	GRIS MUY OBS CURO	CAFE GRISA CEO MUY -- OBSCURO	
Gap gr/ c.c.	1.021	1.07	1.15	1.041	
Sreal gr/c.c	2.08	2.27	2.3	2.38	
Z DE POROSIDAD	50.91	52.86	50.00	56.26	
RET. DE HUMEDAD	44.00	46.00	46.00	47.5	
Z DE ARENA	45.5	36.00	34.00	40.00	
Z DE LIMO	14.5	22.0	30.0	24.00	
Z DE ARCILLA	40.00	42.00	40.00	36.00	
N. TEXTURA	ARCILLA ARE NOSA	ARCILLOSO	MIGAJON ARCILLOSO	MIGAJON ARCILLOSO	
P.H	6.75	6.82	6.82	7.12	
NITROGENO ppm	0.64	0.80	0.95	0.76	
FOSFORO ppm	0.0136	0.0128	0.0087	0.0058	
POTASIO Total Solub. ppm	442	117	116	250	
SODIO ppm	35.30	38.75	44.26	45.64	
LITIO ppm	0.522	1.16	1.276	0.980	
CALCIO meq/100gS gS	127.4	171.15	124.6	150.5	
MAGNESIO meq/100 g S	68.25	231.25	3.15	53.2	
CLORO meq/100 gS	2.0	1.6	2.4	5.2	
CARBONATOS meq/100 gS	8,88	10.36	8.8	13.32	
SULFATOS mgr/1t. g S	0.4273	0.47	0.598	0.4273	
Z DE H <sub>2</sub> O	2.8	1.275	2.76	3.6	
SALINIDAD C/mho x 10 <sup>-3</sup>	515	702	591	478	
ClCT meq/100gS	20.75	21.3	33.51	28.37	

### Gráfica 3 Características Físicas y Químicas del perfil tipo del Vertisol

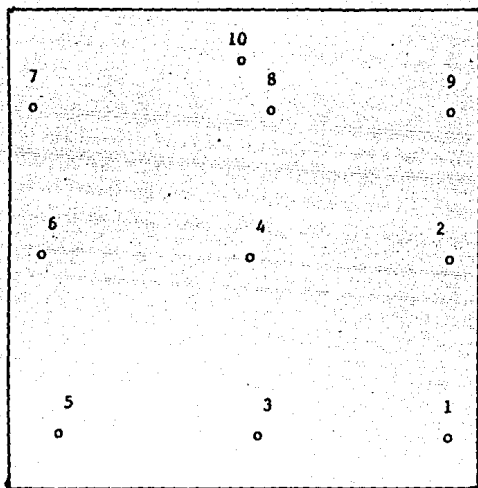
#### Perfil 3 Vertisol.





Mapa No. 10.- Localización de los puntos de muestreo en el --  
vertisol.

VERTISOL



C  
A  
M  
I  
N  
O

Perfil 3	C a s a
	o Pozos



Tabla 8. Propiedades Físicas del suelo Feozem

Parcela A POZO	Profundidad cm	Densidad aparente gr/cc	Densidad real bure. gr/cc	Densidad real Picno	Capacidad de campo	Porosidad	S Coeficiente Hi groscoپی	P. Marchi ter perna Teóric	Agua apro vechable Teóric	Agua a- prove-- Girasol	Agua a prove- Maiz	P
1	0 - 30	1.2742	2.2727	2.3519	33.4734	44.8946	10.1750	16.7367	16.7367	16.4335	13.9124	
	30 - 60	1.3086	2.1739	2.3987	42.4178	42.7634	10.5928	21.2089	21.2089	25.3779	22.8568	
2	0 - 30	1.2690	2.1739	2.3838	32.9955	44.3140	7.6169	16.4977	16.4977	15.9556	13.4345	
	30 - 60	1.2889	2.2727	2.2934	34.7705	43.4842	10.7882	17.3853	17.3952	17.7306	13.4345	
3	0 - 30	1.3032	2.4390	2.3562	38.1016	45.6456	9.6193	19.0508	10.0508	21.0617	18.5406	
	30 - 60	1.3342	2.0835	2.3671	39.5390	40.0434	10.5082	19.7695	19.7695	22.5291	19.9780	
4	0 - 30	1.2172	2.3809	2.3799	30.8932	48.8657	8.9633	15.4466	15.4466	13.8533	11.3322	
	30 - 60	1.3086	2.2727	2.3326	43.1998	43.1698	10.3229	21.5761	21.5761	26.1124	23.5918	
5	0 - 30	1.1558	2.3809	2.1336	42.6911	48.7961	10.1384	21.3456	21.3555	25.6511	23.1301	
	30 - 60	1.2918	2.3809	2.2634	37.9497	44.3705	11.6434	18.9748	189734	20.9098	18.3887	
Parcela B												
POZO												
1	0 - 30	1.2252	2.2727	2.2730	36.1406	46.0941	9.6907	18.5703	18.5703	18.9738	16.3804	
	30 - 60	1.2540	2.2727	2.3306	38.7145	455173	13.2896	19.3573	19.3572	20.4577	17.9543	
2	0 - 30	1.2950	2.3809	2.3316	34.9633	45.0397	8.6560	17.4817	17.4816	16.7765	14.2031	
	30 - 60	1.2752	2.3809	2.2958	43.5059	45.4658	8.6268	21.7505	21.7504	25.3341	22.7407	
3	0 - 30	1.2710	2.2727	2.3103	37.2908	44.5341	7.0101	18.6454	18.6454	19.1240	16.5306	
	30 - 60	1.3066	2.2727	2.2072	31.9627	42.6917	10.7201	15.9813	15.9813	137959	11.2025	
4	0 - 30	1.2592	2.1739	2.2082	33.9829	42.5298	10.4754	16.9915	16.9915	15.8161	13.2227	
	30 - 60	1.2318	2.3809	2.4135	42.2669	48.6150	10.9367	21.1335	21.1334	24.1001	21.5067	
5	0 - 30	1.2570	2.4758	2.2727	36.0365	47.0569	10.6204	18.0183	18.0182	17.8687	15.2763	
	30 - 60	1.1592	2.2222	2.1880	43.1424	47.4309	16.7669	21.5712	21.5712	24.9756	22.3822	

Tabla 9. Propiedades Físicas del suelo Fluvisol

FLUVISOL	Profundidad ca	Densidad aparente gr/cc	Densidad real bure gr/cc	Densidad real Pinc. gr/cc	Capacidad de campo	Porosidad	S Coefi- ciente Higros- cópico	Punto de Marqui- ter	Agua apro- vechable Teórico	Agua apro- vechable Exp. Gira- sol	Agua prove- chable Exp. Mfz.
POZO											
1	0 - 30	1.0484	2.3255	2.2803	28.3512	54.4747	8.2757	14.1756	14.1756	10.8109	12.6477
	30 - 60	1.1408	2.3809	2.2975	32.5681	51.2311	8.1013	16.2841	16.2841	15.0278	16.8546
2	0 - 30	1.1528	2.4390	2.2811	37.0957	51.1535	8.1706	18.5479	18.7578	19.5554	21.3922
	30 - 60	1.1436	2.2809	2.3469	47.1643	51.6223	9.3062	23.5822	23.5821	29.6240	31.4608
3	0 - 30	1.0380	2.3255	2.3263	36.6642	55.3721	8.3039	18.3321	19.3321	19.1239	20.9607
	30 - 60	1.0744	2.1713	2.3381	37.8877	52.3758	7.6328	18.9439	18.9438	20.3474	22.1842
4	0 - 30	0.9824	2.3809	2.3719	31.7945	58.6601	8.0115	18.8973	15.8972	14.2541	16.0910
	30 - 60	1.0664	2.1739	2.4242	28.6216	53.6156	7.7279	14.3108	14.3108	11.0813	12.1981
5	0 - 30	0.9048	2.3809	2.3807	30.7648	61.9959	11.4664	15.3824	14.3824	13.2245	15.0613
	30 - 60	1.0436	2.3809	2.2712	44.9313	55.1342	6.2603	22.4657	22.4656	27.3910	29.2213
6	0 - 30	0.9624	2.3809	2.3377	31.5409	59.2082	8.6390	15.7705	15.7704	14.0006	15.8374
	30 - 60	0.9836	2.4390	2.2865	31.2867	58.3705	8.2314	16.6433	15.6433	13.7454	15.5832
7	0 - 30	1.0072	2.1739	2.3713	33.5867	55.6895	5.8458	16.7684	16.7683	15.9964	17.8332
	30 - 60	1.0488	2.2727	2.4118	31.5807	55.2225	6.8990	15.7904	15.7903	14.0404	15.8772
8	0 - 30	1.0472	2.4390	2.4342	29.0234	57.0220	7.1542	14.5117	14.5117	11.4831	13.3199
	30 - 60	1.0580	2.2727	2.3250	30.3574	53.9769	8.3539	15.1787	15.5717	12.8171	14.6539
9	0 - 30	0.9508	2.2727	2.2297	39.9748	57.7647	11.7064	19.9874	19.9074	22.4345	24.2713
	30 - 60	1.0740	2.5000	2.3982	29.6748	56.1431	8.4569	14.8374	14.8374	12.1345	13.9713
10	0 - 30	0.9716	2.3809	2.3995	42.4178	59.3506	9.5241	21.2089	21.2089	24.8775	26.7143
	30 - 60	0.9744	2.4390	2.4124	23.0799	59.8305	7.5994	11.5399	11.5399	5.5396	7.3764

Tabla 10 Propiedades Físicas del suelo Vertisol

VERTISO	Profundidad ca.	Densidad Aparente gr/cc	Densidad real bure gr/cc	Densidad real Pícn. g/cc	Capacidad del campo %	Porosidad %	% Coeficiente Higrscópico	P. Marchitez perma Teórico	Agua aprovechable Teórico	Agua aprove Exp. Girasol	Agua epro Exp. Maíz
POZO											
1	0 - 30	1.1052	2.3809	2.3150	44.4539	52.9291	12.1058	22.2289	22.2289	30.0554	22.7604
	30 - 60	1.0616	2.2222	2.2285	43.3629	52.2951	12.1775	21.6815	21.6814	28.9604	21.6654
2	0 - 30	1.1668	2.5000	2.4151	40.4672	52.5218	9.9699	20.2336	20.2376	26.0647	18.7697
	30 - 60	1.1836	2.2727	2.2664	46.6930	47.8486	11.4988	23.3465	23.3465	32.2905	24.9955
3	0 - 30	1.1224	2.2727	2.3020	43.4967	47.8486	11.2258	21.7484	21.7484	29.0942	21.7992
	30 - 60	1.1424	2.2222	2.4312	48.7844	50.9004	10.2025	24.3922	24.3922	34.3819	27.0869
4	0 - 30	1.1256	2.1739	2.2003	42.9248	48.5345	10.7165	21.4624	21.4624	28.5223	21.2273
	30 - 60	1.1272	2.2727	2.4067	41.2647	21.8228	12.7968	20.6323	20.6323	26.3622	19.5672
5	0 - 30	1.0792	2.1939	2.3037	35.7992	51.7956	8.9028	17.8996	17.8996	21.3968	14.1018
	30 - 60	1.1848	2.2222	2.2501	46.6047	47.0160	11.0593	23.3024	23.3023	32.2022	24.9073
6	0 - 30	1.1416	2.2727	2.1033	38.8609	47.8244	11.1613	19.4305	19.4305	24.4584	17.1634
	30 - 60	1.0980	2.2727	2.2551	39.6536	51.4996	11.4049	19.8268	19.8268	25.2511	17.9561
7	0 - 30	1.1580	2.1739	2.4162	38.6363	49.5435	7.4906	19.3182	19.3181	24.2348	16.9388
	30 - 60	1.1456	2.2727	2.4372	47.8703	50.4058	10.1574	20.9352	23.9351	33.4678	26.1728
8	0 - 30	1.1772	2.2222	2.3169	40.8976	48.1306	9.2684	20.4483	20.4483	26.4941	19.1991
	30 - 60	1.1508	2.2380	2.2842	45.0859	49.0323	12.9093	22.5429	22.5429	30.6834	23.3834
9	0 - 30	1.1112	2.0833	2.3964	38.0169	50.3895	8.6056	25.1948	19.0084	23.6144	16.3194
	30 - 60	1.1797	2.3809	2.2716	49.2011	49.2917	10.8059	26.6459	24.6005	34.7986	27.5036
10	0 - 30	1.1088	2.3809	2.4023	40.4176	53.6377	10.5747	26.8189	20.2088	26.0151	18.7201
	30 - 60	1.1224	2.2222	2.3228	50.3048	50.6094	11.4922	25.3047	25.1524	35.9023	28.6073

TARLA 2. PORCENTAJE DE HUMEDAD EN VOLUMEN

YEOZEN

PARCELA A.

POZO	Z= cm	JUNIO	JULIO	AGOSTO	OCTUBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO
1	0-30	42.0291	40.2208	30.5147	40.9003	23.3826	15.4793	19.5486	13.0525	15.7055	44.2247
	30-60	41.8637	37.7774	49.3203	45.4029	24.3833	14.5300	23.4806	27.8012	28.7714	37.2995
2	0-30	36.7464	39.1930	31.0744	28.9542	15.8741	15.4601	14.8652	18.4540	25.8241	26.2573
	30-60	39.8037	40.1294	33.1445	46.4487	39.0652	31.5818	41.1768	37.3173	29.7011	44.7865
3	0-30	43.2236	39.4510	39.5417	29.6444	26.2274	27.3672	18.5656	13.5513	12.8037	40.9361
	30-60	37.6949	44.1808	49.0037	50.8019	45.7222	35.9408	28.3300	25.7593	34.1220	45.3444
4	0-30	37.6583	34.7425	44.2175	27.7349	16.0549	55.1665	12.8646	14.0798	15.6077	45.7810
	30-60	36.5118	35.4972	53.7833	37.2785	33.2674	31.4010	20.1024	26.2643	24.2268	45.9569
5	0-30	34.0784	30.2012	31.6274	46.2735	33.9207	40.2733	26.9775	18.1412	15.8727	38.1539
	30-60	36.0805	50.8612	37.8037	33.1011	45.1604	33.3000	40.4011	37.5072	29.2585	41.8008

PARCELA B.

POZO	Z= cm	JUNIO	JULIO	AGOSTO	OCTUBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO
1	0-30	37.2098	37.1573	34.7490	23.6836	20.5508	19' 1319	14.5074	66.6432	11.5706	28.4599
	30-60	50.9293	34.8145	32.2758	47.7713	42.9419	46.3062	25.3448	28.0490	35.2052	43.3526
2	0-30	37.8393	44.4725	41.5349	30.7973	20.6798	30.1997	12.3866	22.5810	17.8883	44.7334
	30-60	23.8329	51.0346	49.0351	40.6757	34.6663	25.8093	17.0573	18.4837	11.8645	48.7239
3	0-30	46.2437	44.6787	37.2309	22.5892	23.2329	22.2868	18.3362	11.9726	21.7975	42.9949
	30-60	38.8850	46.9416	45.2021	36.5947	36.8349	27.9044	30.2906	25.6348	12.0343	16.9586
4	0-30	49.1588	45.1399	38.5550	31.3804	18.0992	26.9771	23.5364	11.9208	15.0823	47.3411
	30-60	45.9401	62.5852	37.9732	33.7689	22.2457	21.4914	18.3851	15.2359	18.4367	38.9927
5	0-30	51.3367	51.9627	49.4142	32.4613	25.4063	23.4662	24.5648	20.2553	16.5839	40.9794
	30-60	59.4600	32.8054	45.3640	36.3606	19.6304	32.0386	25.0413	18.4060	21.2576	42.8156

TABLA 12. PORCENTAJE DE HUMEDAD EN VOLUMEN

FLUVISOL

POZO	Z = cm	JULIO	AGOSTO	OCTUBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL
1	0 - 30	30.4559	57.1113	57.1113	57.1113	57.1113	57.1113	57.1113	31.6426
	30-60	37.0106	58.4444	58.4444	58.4444	58.4444	58.4444	58.4444	37.3775
2	0 - 30	32.8767	58.9697	58.9697	58.9697	58.9697	58.9697	58.9697	36.7300
	30-60	38.9952	59.0352	59.0352	59.0352	59.0352	59.0352	58.0352	36.1430
3	0 - 30	30.9601	57.4762	57.4762	57.4762	57.4762	57.4762	57.4762	46.8658
	30-60	31.2443	56.2725	56.2725	56.2725	56.2725	56.2725	56.2725	42.0510
4	0 - 30	22.4253	57.6277	57.6277	57.6277	57.6277	57.6277	57.6277	40.1132
	30 - 60	29.9016	57.1756	57.1756	57.1756	57.1756	57.1756	57.1756	37.8284
5	0 - 30	31.59.16	56.0939	56.0939	56.0939	56.0939	56.0939	56.0939	26.3276
	30 - 60	32.7374	57.5380	57.5380	57.5380	57.5380	57.5380	57.5380	36.0254
6	0- 30	35.7847	56.9819	56.9819	56.9819	56.9819	56.9819	56.9819	39.8681
	30 -60	33.6461	57.4132	57.4132	57.4132	57.4132	57.4132	57.4132	38.6906
7	0 - 30	32.2215	56.0904	56.0904	56.0904	56.0904	56.0904	56.0904	31.0913
	30 - 60	33.6780	57.9173	57.9173	57.9173	57.9173	57.9173	57.9173	32.4715
8	0 - 30	28.6829	59.7134	59.7134	59.7134	59.7134	59.7134	59.7134	15.4844
	30 - 60	30.4163	57.1075	57.1075	57.1075	57.1075	57.1075	57.1075	29.7704
9	0 - 30	48.0413	54.8776	54.8776	54.8776	54.8776	54.8776	54.8776	36.43.40
	30 - 60	40.1704	60.3019	60.3019	60.3019	60.3019	60.3019	60.3019	40.7456
10	0 - 30	30.0127	57.66.50	57.6650	57.6650	57.6650	57.6650	57.6650	28.6031
	30 -60	50.3076	58.2988	58.2988	58.2988	58.2988	58.2988	58.2988	30,6401

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

TABLA 13. PORCENTAJE DE HUMEDAD EN VOLUMEN

VERTISOL

POZO	Z = cm	AGOSTO	OCTUBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO
1	0 - 30	39.1038	45.9691	28.0731	33.0932	12.3539	45.2274	34.7497	41.3477
	30-60	36.8580	55.6709	51.0914	38.8284	26.4692	29.5030	26.6548	55.0523
2	0 - 30	41.9575	41.6288	28.2707	26.0327	20.7806	41.0193	37.3286	40.3400
	30- 60	45.8671	43.1252	36.8432	39.7975	25.0710	47.5415	39.1549	49.5517
3	0 - 30	39.7079	49.0623	38.3093	22.9456	26.0184	42.6053	43.3299	37.8931
	30- 60	46.7663	52.4433	45.2510	41.0440	32.3427	36.7325	44.1364	27.5212
4	0 - 30	44.3324	38.4426	26.2314	18.3042	12.7680	54.4620	41.0331	43.0235
	30- 60	49.1469	36.9352	28.5708	29.8476	22.9914	50.7948	36.9777	40.2473
5	0 - 30	53.4153	40.1614	31.4956	31.4956	21.3834	43.3173	37.7882	33.3327
	30- 60	30.1707	45.59.91	25.0862	33.8914	24.9876	44.1436	51.7505	45.2996
6	0 - 30	45.5103	68.7494	25.6752	16.8299	17.5630	62.7257	41.1862	16.6617
	30- 60	56.2873	50.0842	34.42.37	16.8510	27.5117	39.4922	35.3909	55.8560
7	0 - 30	39.0872	45.4534	23.5124	21.7633	22.6275	48.9829	40.3193	43.6468
	30- 60	40.1832	47.0837	30.5828	26.8365	25.9514	36.6011	38.3745	47.0660
8	0 - 30	42.0038	50.5164	43.7862	20.9906	24.5884	44.0078	41.2414	42.3362
	30- 60	43.9287	46.2335	42.5618	38.2191	31.8393	41.7367	40.3519	45.7421
9	0 - 30	46.2916	40.9360	27.2086	24.7841	25.5122	43.6300	32.1029	35.9643
	30- 60	48.2535	41.8780	42.8127	41.5749	29.1003	48.0759	44.9868	44.0592
10	0 - 30	32.7647	43.2220	33.3154	36.5887	31'1639	42.5914	38.0374	52.9215
	30- 60	43.4999	47.2142	46.0419	41.5942	34.1595		41.6252	50.7623

TABLA 14. PORCENTAJE DE PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE  
EXPERIMENTAL ( PMP) CON SEMILLA DE GIRASOL

PHEOZEM

17.2572	17.4525	18.9591	
16.4033	15.0614	18.1668	
15.1661	17.3250	15.5691	
15.9764	17.3354	19.4898	
15.3795	19.2361	19.3811	
14.7729	15.0016	19.3235	
17.0399	20.0090	18.8987	
18.5927	15.2265	21.4589	
18.2307	18.3758	17.7321	
20.4704	18.7376	16.1731	PMP = 17.6033

FLUVISOL

14.8612	18.2102	15.7592	
16.6709	18.8028	15.0143	
18.7308	17.0463	15.8318	
18.8356	18.8087	17.1657	
17.6541	16.7126	16.9772	
16.4588	16.5177	16.3606	
17.6745	17.5403	16.7734	
18.2832	18.2972	17.6355	
19.3129	16.8173	17.5403	PMP = 17.5403

VERTISOL

13.0043	18.0765	20.9585	
14.2360	12.4223	22.3038	
14.1177	14.1021	18.0875	
14.6535	19.5141	14.8729	
14.8741	16.0950	13.7933	
11.1495	12.5938	16.7034	
14.1803	14.9235	15.8974	
12.8717	14.3023	12.2156	
15.9827	14.3581	11.8119	
19.9753	15.4437	11.6078	PMP = 14.4025

TABLA 15. PORCENTAJE DE PUNTO DE MARCHITEZ  
PERMANENTE EXPERIMENTAL (PMP) CON SEMILLA DE MAIZ

PHEOZEM

21.4405	20.7910	19.4092
20.5770	18.3455	19.7832
21.8922	19.3915	20.7602
18.1799	18.5157	17.9768
21.5114	18.7673	21.7798
15.8732	21.8858	17.1930
20.3814	22.5965	20.1921
20.3802	19.5572	19.4645
17.7448	22.0583	24.7083
19.7336	19.6083	24.9298

PMP = 20.1606

FLUVISOL

17.9996	12.0848	16.9629
15.9884	10.7422	17.6751
15.7712	17.0437	16.3058
16.4363	17.4932	15.2543
18.1035	14.4915	14.2842
15.1884	15.9521	17.7279
15.5400	15.8072	15.1120
15.5278	15.4101	14.7377
14.3036	15.6472	
18.4157	13.6938	

PMP = 15.7035

VERTISOL

25.1086	21.22.32	20.8574
14.0195	19.6972	17.8151
20.0962	27.5980	22.5584
19.7776	26.8684	21.3217
19.6343	20.5715	18.0259
20.1401	26.0061	19.8558
23.3471	21.0772	24.6151
20.6808	19.9615	27.279
17.8907	21.9994	26.5504
19.5236	22.9375	24.5683

PMP = 21.6975



Tabla 16 CLASES TEXTURA DEL SUELO FEZEM

PARCELA A					
POZO	PROF.	T E X T U R A	% LIMO	% ARCILLA	% ARENA
1	0 - 30	MIGAJON ARCILLO ARENOSO	22.00	30.00	48.00
	30 - 60	ARCILLA	12.28	45.00	42.72
2	0 - 30	MIGAJON ARCILLO ARENOSO	17.64	34.36	48.00
	30 - 60	ARCILLA	17.64	49.36	38.00
3	0 - 30	MIGAJON ARCILLO ARENOSO	20.00	32.00	48.00
	30 - 60	ARCILLA	1.00	66.28	32.72
4	0 - 30	FRANCO	16.00	29.28	54.72
	30 - 60	ARCILLA	2.28	72.00	25.72
5	0 - 30	MIGAJON ARCILLO ARENOSO	15.64	27.28	57.08
	30 - 60	MIGAJON LIMOSO	63.00	8.28	28.72
PARCELA B					
POZO	PROF.	T E X T U R A	% LIMO	% ARCILLA	% ARENA
1	0 - 30	MIGAJON ARCILLO ARENOSO	6.00	33.28	60.72
	30 - 60	ARCILLA	3.28	75.28	21.44
2	0 - 30	MIGAJON ARCILLO ARENOSO	20.00	29.28	50.72
	30 - 60	FRANCO	46.64	13.26	40.00
3	0 - 30	FRANCO	4.28	18.00	40.72
	30 - 60	FRANCO	47.00	9.00	44.00
4	0 - 30	FRANCO	40.00	23.28	36.72
	30 - 60	MIGAJON LIMOSO	51.00	26.28	22.72
5	0 - 30	ARCILLA ARENOSA	15.28	40.00	44.72
	30 - 60	MIGAJON LIMOSO	73.00	3.28	23.72

Tabla 17. CLASES TEXTURA DEL SUELO FLUVISOL

POZO	PROF.	T E X T U R A	% LIMO	% ARCILLA	% ARENA
1	0 - 30	MIGAJON ARCILLOSO	43.64	33.44	22.92
	30 - 60	ARCILLA	32.28	44.16	23.56
2	0 - 60	ARCILLA	29.92	42.44	27.64
	30 - 60	ARCILLA	27.00	55.16	17.84
3	0 - 30	MIGAJON ARCILLOSO	26.28	35.16	38.56
	30 - 60	MIGAJON ARCILLOSO	37.28	36.16	26.56
4	0 - 30	MIGAJON ARCILLOSO	41.64	31.44	26.92
	30 - 60	MIGAJON ARCILLOSO	29.64	33.44	36.92
5	0 - 30	FRANCO	43.92	27.44	28.64
	30 - 60	MIGAJON ARCILLOSO	40.64	32.64	26.72
6	0 - 30	MIGAJON ARCILLOSO	46.99	35.64	17.37
	30 - 60	FRANCO	42.00	26.16	31.84
7	0 - 30	MIGAJON ARCILLOSO	41.28	35.44	23.28
	30 - 60	MIGAJON ARCILLOSO	36.92	31.44	31.64
8	0 - 30	MIGAJON ARCILLOSO	39.28	28.16	32.64
	30 - 60	MIGAJON ARCILLOSO	34.28	35.16	30.56
9	0 - 30	MIGAJON ARCILLOSO	32.28	36.16	30.56
	30 - 60	MIGAJON ARCILLOSO	30.28	35.16	34.56
10	0 - 30	FRANCO	32.92	27.44	39.64
	30 - 60	FRANCO	37.92	23.44	38.64

Tabla 18. CLASES TEXTURALES DEL SUELO VERTISOL

POZO	PROF.	T E X T U R A	% LIMO	% ARCILLA	% ARENA
1	0 - 30	ARCILLA	18.92	53.08	28.00
	30 - 60	ARCILLA	18.42	55.72	27.85
2	0 - 30	ARCILLA	20.42	51.72	27.86
	30 - 60	ARCILLA	21.50	52.86	25.64
3	0 - 30	ARCILLA	17.28	54.72	28.00
	30 - 60	ARCILLA	20.28	64.00	15.72
4	0 - 30	ARCILLA	20.92	52.44	26.64
	30 - 60	ARCILLA	18.52	53.84	27.64
5	0 - 30	ARCILLA	19.64	52.72	27.64
	30 - 60	ARCILLA	31.28	40.00	28.72
6	0 - 30	ARCILLA	17.92	54.44	27.64
	30 - 60	MIGAJON LIMOSO	60.28	17.00	22.72
7	0 - 30	ARCILLA	19.56	53.44	27.00
	30 - 60	ARCILLA	41.28	44.00	14.72
8	0 - 30	ARCILLA	20.56	51.44	28.00
	30 - 60	ARCILLA	19.19	61.64	19.37
9	0 - 30	ARCILLA	17.64	45.72	36.64
	30 - 60	ARCILLA	11.28	74.00	14.72
10	0 - 30	ARCILLA	20.64	51.72	27.64
	30 - 60	MIGAJON LIMOSO	64.28	21.00	14.72

Tabla 19. PORCENTAJE PROMEDIO DE LOS TAMAÑOS DE PARTICULAS DEL SUELO

DIAMETRO DE PARTICULA EN mm	X i	FEOZEM 0 - 30 cm		
		X	% DE CADA PART.	% ACUMULATIVO
2.000	3.873	0.3873	1.05	1.03
1.190	19.990	1.999	5.35	6.39
0.840	16.800	1.680	4.50	10.90
0.700	5.380	0.538	1.44	12.30
0.420	39.390	3.939	10.50	22.80
0.297	36.780	3.678	9.90	32.70
0.250	12.500	1.250	3.34	36.00
0.177	41.600	4.160	11.13	47.20
0.125	69.600	4.960	18.60	65.80
0.105	16.300	1.630	4.36	70.20
0.074	9.900	0.990	2.65	72.85
0.044	101.400	10.140	27.10	100.00

FEOZEM 30 - 60 cm				
2.000	4.260	0.426	1.57	1.57
1.190	23.100	2.310	8.52	10.10
0.840	19.400	1.940	7.10	17.20
0.700	6.060	0.606	2.20	19.40
0.420	34.600	3.460	12.50	32.00
0.297	25.000	2.500	9.20	41.20
0.250	8.900	0.890	3.30	44.52
0.177	25.600	2.560	9.20	53.70
0.125	41.100	4.110	15.10	68.80
0.105	10.700	1.070	3.90	72.80
0.074	6.400	0.640	2.30	75.00
0.044	67.700	7.770	24.70	100.00

PORCENTAJE DE LOS DIFERENTES TAMAÑOS

ARENAS	0 - 30	=	37.35
	0 - 60	=	27.10
	0 - 30	=	26.85
LIMOS	0 - 60	=	32.95
	0 - 30	=	35.80
ARCILLAS	0 - 60	=	39.95

Tabla 20. PORCENTAJE PROMEDIO DE LOS TAMAÑOS DE PARTICULAS DEL SUELO

DIAMETRO DE PARTICULA EN mm.	FLUVISOL 0 - 30 cm			
	$\sum Xi$	$\bar{X}$	% DE CADA PART.	% ACUMULATIVO
2.000	0.4010	0.04010	0.1699	0.1699
1.190	4.7330	0.47330	2.0063	2.1763
0.840	5.4616	0.54616	2.3140	4.4913
0.700	2.2218	0.22218	0.9415	5.4328
0.420	14.6000	1.46000	6.1928	11.6256
0.297	12.3600	1.23600	5.2395	16.8600
0.250	5.3431	0.53431	2.2649	19.1300
0.177	15.4112	1.54112	6.5329	25.6600
0.125	52.2500	5.22500	22.1400	47.8100
0.105	0.4372	0.04372	0.1853	47.9900
0.074	6.6774	0.66774	2.8306	50.8200
0.44	116.0855	11.60855	49.1700	100.0000

FLUVISOL 30 - 60				
2.000	0.4387	0.04387	0.1677	0.1677
1.190	6.5282	0.65282	2.4963	2.6641
0.840	7.5351	0.75351	2.8814	5.5456
0.700	3.1919	0.31919	1.2200	6.7658
0.420	20.5118	2.05118	7.8439	14.6090
0.297	19.6025	1.96025	7.4961	22.1000
0.250	6.2447	0.62447	2.3880	24.4900
0.177	19.0030	1.90030	7.2669	31.7600
0.125	54.0760	5.40760	20.6790	52.4400
0.105	0.1709	0.01709	0.0653	52.5000
0.074	8.2433	0.82433	3.1519	55.6600
0.044	115.9930	11.59930	44.3500	100.0000

PORCENTAJE DE LOS DIFERENTES TAMAÑOS

ARENAS	0 - 30	= 23.59
	30 - 60	= 26.15
LIMOS	0 - 30	= 40.46
	30 - 60	= 36.85
ARCILLAS	0 - 30	= 35.95
	30 - 60	= 37.00

Tabla 21. PORCENTAJE DE LOS TAMAÑOS DE PARTICULAS DEL SUELO

VERTISOL 0 - 30 cm

DIAMETRO DE PARTICULA EN mm	fXi	$\bar{X}$	% DE CADA PART.	% ACUMULATIVO
2.000	0.0676	0.00676	0.0349	0.0349
1.190	4.0764	0.40760	2.1064	2.1413
0.840	4.5315	0.45315	2.3416	4.4829
0.700	1.8943	0.18943	0.9788	5.4618
0.420	13.7483	1.37483	7.1050	12.5600
0.297	15.4600	1.54600	7.9896	20.5500
0.250	5.6127	0.56127	2.9002	23.4500
0.177	18.8600	1.88600	9.7467	33.2000
0.125	46.9300	4.69300	24.2300	57.4400
0.105	3.5642	0.35640	1.8418	59.2800
0.074	5.2239	0.52239	2.6992	61.9800
0.044	73.5700	7.35700	38.0200	100.0000

VERTISOL 30 - 60 cm

2.000	0.3865	0.03865	0.2055	0.2055
1.190	7.5000	0.75000	3.9893	4.1949
0.840	8.6000	0.86000	4.5744	8.7694
0.700	3.2000	0.32000	1.7020	10.4700
0.420	17.8000	1.78000	9.4680	19.9300
0.297	13.8000	1.38000	7.3404	27.2800
0.250	5.8000	0.58000	3.0850	30.3600
0.177	17.9000	1.79000	9.5212	39.8800
0.125	36.2700	3.62700	19.2500	59.1400
0.105	6.6000	0.66000	3.5106	62.6500
0.074	5.0326	0.50320	2.6765	65.3200
0.044	65.1100	6.51100	34.6300	100.0000

PORCENTAJE DE LOS DIFERENTES TAMAÑOS

ARENAS	0 - 30	= 19.35
	30 - 60	= 18.83
LIMOS	0 - 30	= 23.65
	30 - 60	= 31.22
ARCILLAS	0 - 30	= 57.00
	30 - 60	= 49.95

Tabla 22. ANALISIS DE VARIANZA SIN REPETICIONES.

DENSIDAD APARENTE			
FUENTE	G.L.	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO O VARIANZA
Tratamientos	11	0.577690	0.0525172
Residual	48	0.107507	0.00223973
Total	59	0.685197	

F. calculada = 23.4481 Probabilidad = 0.0000  
 F. de tablas =  $\alpha=0.01 = 2.50$   
 $\alpha=0.05 = 1.91$  F cal. > F tab.  
 Ho:  $\bar{x}_1 = \bar{x}_2 = \bar{x}_3 = \bar{x}_4 = \dots \bar{x}_{12}$  Ho: se rechaza.

DENSIDAD REAL (método de la bureta).

FUENTE	G.L.	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO O VARIANZA
Tratamiento	11	0.138651	0.0126047
Residual	48	0.434623	0.00903382
Total	59	0.572275	

F. calculada = 1.39528 Probabilidad = 0.2060  
 F de tablas =  $\alpha=0.01 = 2.5$  F cal. < F tab.  
 $\alpha=0.05 = 1.92$  Ho: se acepta.

DENSIDAD REAL (picnómetro).

FUENTE	G.L.	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO O VARIANZA
Tratamientos	11	0.0226047	0.00205497
Residual	48	0.316322	0.00659005
Total	59	0.338927	

F calculada = 0.311830 Probabilidad = 0.9798  
 F de tablas =  $\alpha=0.01 = 2.50$  F. cal < F. tab.  
 $\alpha=0.05 = 1.92$  Ho: se acepta.

Tabla 23. ANALISIS DE VARIANZA SIN REPETICION  
CAPACIDAD DE CAMPO

FUENTE	G.L.	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO O VARIANZA
Tratamientos	11	1321.82	120.165
Residual	48	886.450	18.4677
Total	59	2208.27	

F calculada = 6.50679 Probabilidad = 0.0000

F de tablas =  $\alpha = 0.01 = 250$  F cal. > F tab.  
 $\alpha = 0.05 = 1.92$  Ho. se rechaza

Ho:  $\bar{X}_1 = \bar{X}_2 = \bar{X}_3 = \dots \bar{X}_{12}$

Ha: Al menos una  $\bar{X}_i$  es diferente.

% DE POROSIDAD.

FUENTE	G.L.	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO O VARIANZA
Tratamientos	11	1288.96	117.178
Residual	48	243.717	5.07743
Total	59	1532.68	

F calculada = 23.0782 Probabilidad = 0.0000

F de tablas =  $\alpha = 0.01 = 2.50$  F cal. > F tab.  
 $\alpha = 0.05 = 1.92$  Ho: se rechaza

% DE HUEMADA A COEFICIENTE HIGROSCOPICO.

FUENTE	G.L.	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO O VARIANZA
Tratamientos	11	112.742	10.2492
Residual	48	111.862	2.33047
Total	59	224.604	

F calculada = 0.8178 Probabilidad = 0.8316

F de tablas =  $\alpha = 0.01 = 1.47$  F cal. > F tab.  
 $\alpha = 0.05 = 1.32$  Ho: se acepta.



Tabla 24. ANALISIS DE VARIANZA SIN REPETICIONES.

PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE

FUENTE	G.L.	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO O VARIANZA
Tratamiento	11	1013.54	92.1402
Residual	166	842.300	5.07410
Total	177	1855.84	

F calculada = 18.1589 Probabilidad - 0.0000  
 F de tablas =  $\alpha$  0.01 = 2.50 F cal. > F tab.  
 $\alpha$  0.05 = 1.92 Ho: se rechaza.  
 Ho:  $\bar{X}_1 = \bar{X}_2 = \bar{X}_3 = \dots \bar{X}_{12}$  Ha: Al menos una  $\bar{X}_i$  es diferente.

% DE HUMEDAD A LO LARGO DEL AÑO..

FUENTE	G.L.	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO O VARIANZA
Tratamiento	59	384363	6514.63
Residual	480	168294	350.613
Total	539	552658	

F calculada = 18.5807 Probabilidad 0.0000  
 F de tablas =  $\alpha$  0.01 = 1.47 F cal. > F tab.  
 $\alpha$  0.05 = 1.32 Ho: se rechaza.

MASA DE LOS DIFERENTES TAMAÑOS DE PARTICULAS (arenas).

FUENTE	G.L.	SUMA DE CUADRADOS	CAUDRADO MEDIO ) VARIANZA
Tratamientos	59	370.949	6.2827
Residual	660	5071.76	7.68448
Total	719	5442.71	

F calculada = 0.8178 Probabilidad = 0.8316  
 F de Tablas =  $\alpha$  0.01 = 1.47 F cal. < F tab.  
 $\alpha$  0.05 = 1.32 Ho: se acepta.

TABLA. 25 ANALISIS CLIMATICO SEGUN THORNTHWAITE ESTACION METEREOLÓGICA:TEPEJI DEL RÍO. EDO. HGO.  
LATITUD: 19 54' NORTE  
LONGITUD: 99° 20' OESTE

MES	i	ep	FC	EP	P	P EP	MH	HA	RH	er	DE	ES	RP
ENERO	3.67	1.42	0.95	1.35	1.1		-0.25	0	0	1.1	0.25	0	-0.18
FEB.	4.60	1.33	0.90	1.19	0.95		-0.24	0	0	0.95	0.24	0	-0.20
MARZO	6.15	1.21	1.03	1.24	2.17		0.93	0.93	0	1.24	0	0	0.75
ABRIL	7.07	1.15	1.05	1.21	2.9		1.21	1.69	0	1.21	0	0	1.39
MAYO	17.97	17.96	1.13	20.29	6.0		-14.29	0	0	8.62	11.67	0	-0.70
JUNIO	7.37	1.13	1.10	1.24	10.0		8.76	8.76	0	1.24	0	0	7.06
JULIO	6.95	1.16	1.14	1.32	16.6		15.28	10.00	5.28	1.32	0	2.64	11.57
AGOSTO	7.01	1.15	1.10	1.26	13.2		11.94	10.00	1.94	1.26	0	2.29	9.47
SEPT.	6.72	1.17	1.69	1.19	11.2		10.01	10.00	0.01	1.19	0	0.49	8.41
OCT.	6.04	1.22	1.00	1.22	8.8		7.58	7.58	0	1.22	0	0.002	6.21
NOV.	4.75	1.32	0.93	1.23	1.3		0.07	0.07	0	1.23	0	0	0.06
DIC.	4.35	1.35	0.95	1.28	0.78		-0.5	0.02	0	1.28	0	0	-0.39

i= Índice de calor mensual

ep= Evapotranspiración potencial sin corregir

FC= Factor de corrección por latitud

EP= Evaporación potencial corregida

P= Precipitación (cm)

P EP=Relación pluvial

MH= Variación reserva de humedad

HA= Reserva de humedad almacenada en el suelo

RH= Demasia de agua

er= Evapotranspiración real.

DE= Deficit de agua mensual

ES= Escurrimiento

INDICE DE HUMEDAD (Ih) = 21.25

INDICE DE ARIDEZ (Ia) = 35.74

INDICE PLUVIAL (Im) = -0.194

CONC. TERMICA DE VERANO (C) = 66.84

INDICE DE CALOR ANUAL(I)= 82.8

EVAP. POTENCIAL ANUAL C.(EPA)= 34.02

DEMASIA DE AGUA ANUAL (RHA) = 7.23

EVAP. REAL ANUAL (ER) = 21.86

DEFICIT DE AGUA ANUAL(DEA) = 12.16

ESCURRIMIENTO ANUAL (ESA) = 5.423

RP= Relación pluvial

TIPO DE CLIMA C<sub>1</sub> W<sub>2</sub> S<sub>2</sub> C<sub>1</sub> b<sub>4</sub>

Semiseco, deficit de agua grande en invierno, superavit de agua grande en verano, frío acentuado, con baja concentración de calor en verano.

TABLA 26. ANALISIS CLIMATICO SEGUN THORNTHWAITE ESTACION METEOROLOGICA; PRESA REQUENA EDO. HIDALGO

LATITUD: 19. 55' NORTE  
LONGITUD : 99 20' OESTE

MES	i	ep	FC	EP	P	EP	MH	HA	RH	er	DE	ES	RP
ENERO	4.05	1.85	0.95	1.76	2.5		0.74	0.74	0	1.76	0	0	0.42
FEBRERO	5.12	1.95	0.90	1.75	0.416		-1.33	0	0	1.16	0.59	0	-0.76
MARZO	5.82	2.01	1.03	2.07	0.97		-1.1	0	0	1.71	0.36	0	-0.53
ABRIL	6.26	2.05	1.05	2.15	1.93		-0.22	0	0	2.15	0	0	-0.10
MAYO	6.26	2.05	1.13	2.32	12.13		9.18	9.81	0	2.32	0	0	4.23
JUNIO	5.93	2.02	1.11	2.24	0.82		-1.41	8.39	0	2.24	0	0	0.63
JULIO	5.76	2.00	1.14	2.28	12.08		9.8	9.8	0	2.28	0	0	4.29
AGOSTO	5.93	2.02	1.11	2.24	13.3		11.06	10.00	1.06	2.24	0	0.5	4.94
SEPT.	5.76	2.00	1.02	2.04	12.8		10.76	10.00	0.76	2.04	0	0.6	5.27
OCT.	5.49	1.98	1.00	1.98	4.15		2.17	2.17	0	1.98	0	0.2	1.09
NOV.	5.01	1.94	0.93	1.8	0.94		-0.86	1.3	0	1.8	0	0	-0.47
DIC.	0.75	1.91	0.94	1.79	0.71		-1.08	0	0	1.79	0	0	-0.60

i = Indice de calor mensual  
ep = Evapotranspiración potencial sin corregir  
FC = Factor de corrección por latitud  
EP = Evapotranspiración potencial corregida  
P = Precipitación (cm)  
P EP= Relación pluvial  
MH = Variación reserva de humedad  
HA = Reserva de humedad almacenada en el suelo  
RH = Demasía de agua  
er = Evapotranspiración real  
DE = Deficit de agua mensual  
ES = Escurrimiento  
RP = Relación pluvial

INDICE DE HUMEDAD (Ih) = 7.45  
INDICE DE ARIDEZ (Ia) = 3.89  
INDICE PLUVIAL (Im) = 5.11  
CONC. TERMICA DE VERANO (C) = 27.48  
INDICE DE CALOR ANUAL (I) = 66.14  
EVAP. POTENCIAL ANUAL C (EPA) = 24.42  
DEMASIA DE AGUA (RHA) = 1.82  
EVAP. REAL ANUAL (ER) = 23.47  
DEFICIT DE AGUA ANUAL (DEA) = 0.95  
ESCURRIMIENTO ANUAL (ESA) = 1.365

TIPO DE CLIMA C<sub>2</sub> rD'a' Semi húmedo, deficit de agua pequeño o ninguno, superávit de agua en otoño, temperatura de tundra, con baja concentración de calor en verano.

TABLA 27. ANALISIS CLIMATICO SEGUN THORNTHWAITE. ESTACION METEREOLÓGICA: EL SALTO, EDO. HIDALGO

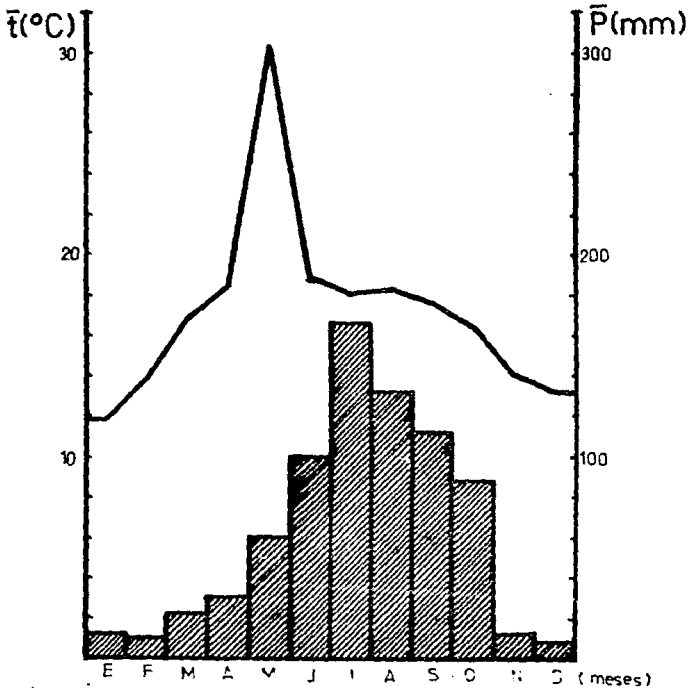
LATITUD: 19° 57' NORTE

LONGITUD: 99° 18' OESTE

MES	i	ep	FC	EP	P	EP	MH	HA	RH	er	DE	ES	RP
ENERO	3.86	1.82	0.95	1.73	0.9	-0.83	0	0	0	0.9	0.83	0	-0.479
FEBRERO	3.86	1.82	0.90	1.64	0.6	-1.04	0	0	0	0.6	1.04	0	-0.634
MARZO	5.76	1.98	1.03	2.04	1.6	-0.44	0	0	0	1.6	0.44	0	-0.215
ABRIL	6.61	2.06	1.05	2.16	2.7	0.54	0.54	0	0	2.2	0	0	0.25
MAYO	7.13	2.11	1.13	2.38	6.0	3.62	3.62	0	0	2.4	0	0	1.52
JUNIO	6.72	2.07	1.10	2.28	9.6	7.32	7.32	0	0	2.3	0	0	3.21
JULIO	6.26	2.03	1.14	2.31	13.8	11.49	10.00	1.49	0	2.3	0	0.74	4.97
AGOSTO	6.32	2.03	1.10	2.23	10.1	7.87	7.87	0	0	2.2	0	0.37	3.53
SEPT.	6.10	2.02	1.02	2.06	9.15	7.09	7.09	0	0	2.1	0	0	3.44
OCT.	5.65	1.98	1.0	1.98	5.23	3.25	3.25	0	0	1.9	0	0	1.81
NOV.	4.60	1.88	0.93	1.75	1.07	-0.68	2.57	0	0	1.8	0	0	-0.39
DIC.	4.05	1.84	0.95	1.75	0.9	-0.85	1.72	0	0	1.8	0	0	-0.48

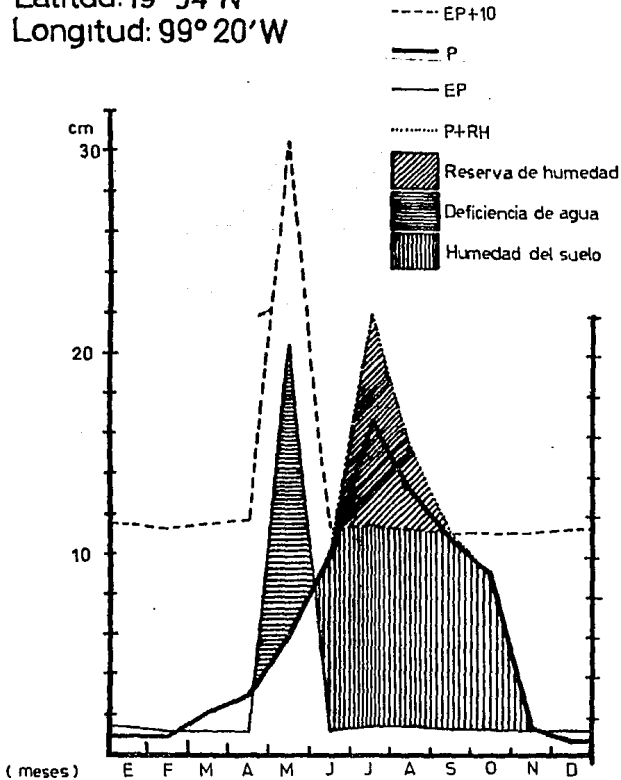
i = Índice de calor mensual	INDICE DE HUMEDAD (Ih)	= 6.13
ep = Evapotranspiración potencial sin corregir	INDICE DE ARIDEZ (Ia)	= 9.50
FC = Factor de corrección por latitud	INDICE PLUVIAL (Im)	= 0.43
EP = Evapotranspiración potencial corregida	CONC. TERMICA DE VERANO (C)	= 28.05
P = Precipitación (cm)	INDICE DE CALOR ANUAL (I)	= 66.92
EP = Relación pluvial	EVAP. REAL ANUAL (ER)	= 22.00
MH = Variación reserva de humedad	DEMASIA DE AGUA ANUAL (RHA)	= 1.49
Ha = Reserva de humedad almacenada en el suelo	DEFICIT DE AGUA ANUAL (DEA)	= 2.31
Rh = Demasía de agua	ESCURRIMIENTO ANUAL (ESA)	= 1.12
er = Evapotranspiración real	EVAP. POTENCIAL ANUAL C. (EPA)	= 24.31
ES = Escurrimiento		
RP = Relación pluvial		
DE = Deficit de agua mensual		
TIPO DE CLIMA C <sub>2</sub> rdC <sub>1</sub> a'	Semihúmedo, deficit de agua pequeño o ninguno; superávit de agua pequeño o ninguno, temperatura de tundra, con baja concentración de calor en verano.	

Gráfica 4 Temperaturas y Precipitaciones medias mensuales del periodo 1973-84



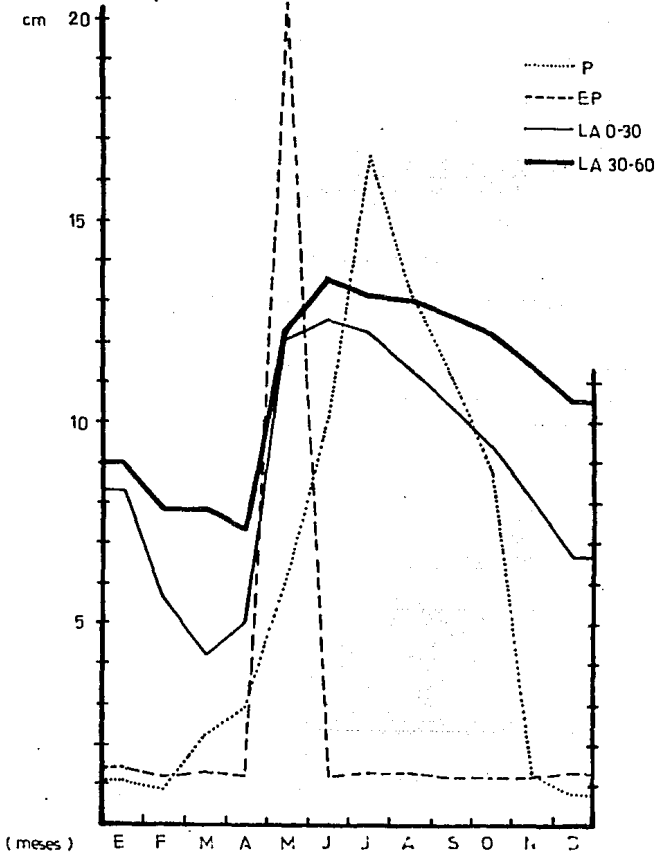
Estación: Tepeji del Río  
Estado: Hidalgo  
Latitud: 19° 54' N  
Longitud: 99° 20' W

Gráfica 5 Balance hídrico de Thornthwaite  
periodo 1973- 84  
Estación Meteorológica: Tepeji del Río  
Estado: Hidalgo  
Latitud: 19° 54' N  
Longitud: 99° 20' W



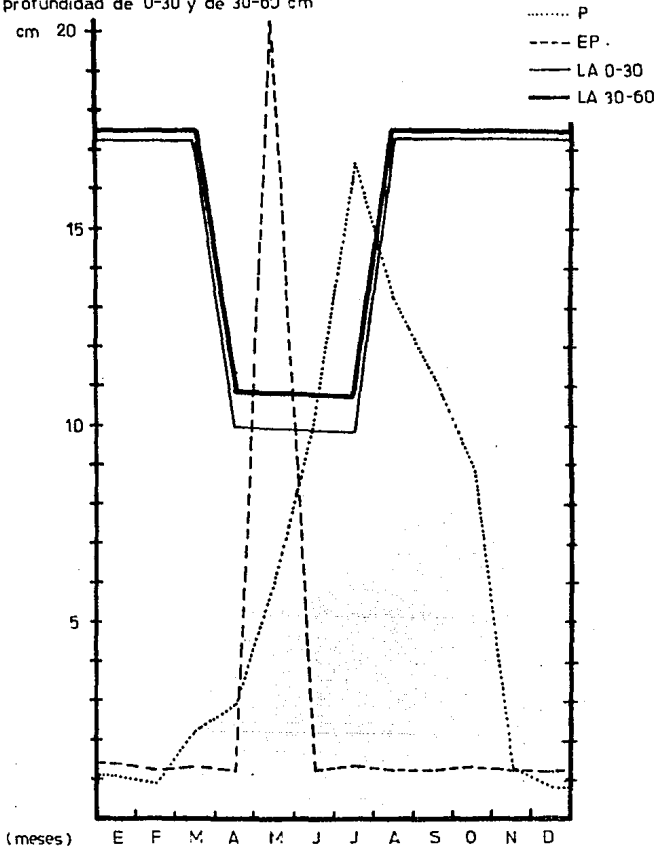
### Gráfica 6 Estación Tepeji del Río

Relación entre P, EP y lámina de agua contenida en el suelo FEOZEM a la profundidad de 0-30 y 30-60 cm.



### Gráfica 7 Estación Tepeji del Río

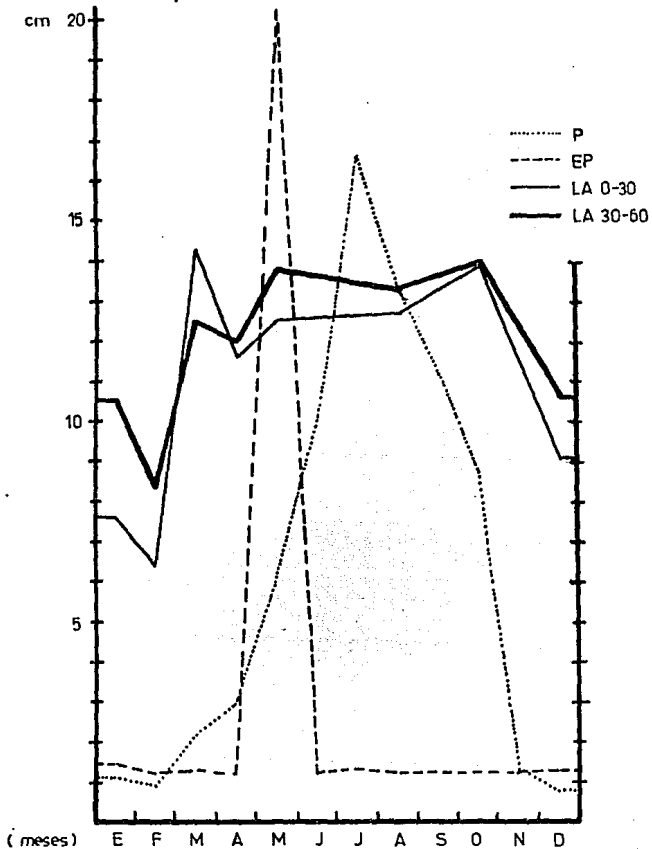
Relación entre P, EP y lámina de agua contenida en el suelo FLUVISOL a la profundidad de 0-30 y de 30-60 cm





### Gráfica 8 Estación Tepeji del Río

Relación entre P, EP y lámina de agua contenida en el suelo VERTISOL a la profundidad de 0-30 y de 30-60 cm.



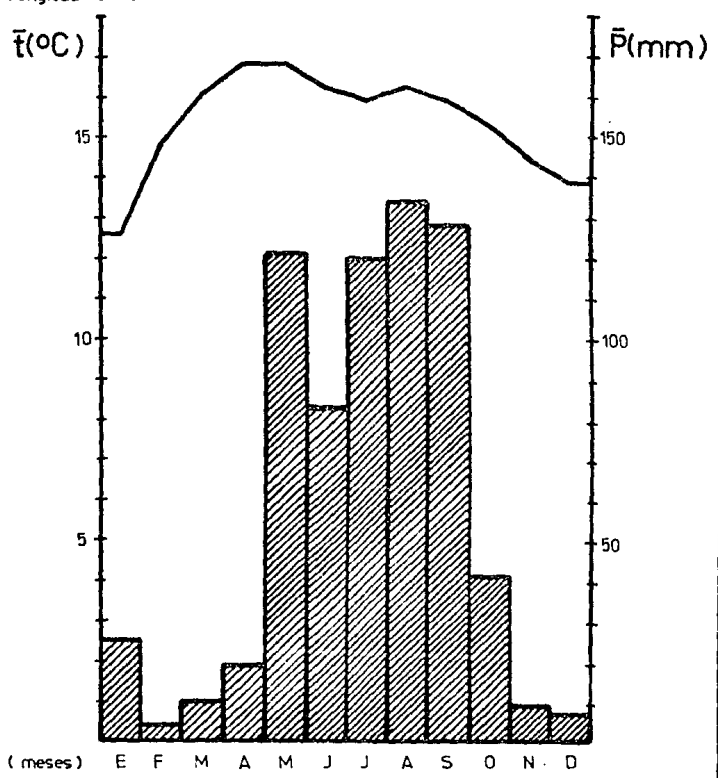
# Gráfica 9 Temperaturas y Precipitaciones medias mensuales del periodo 1973-84

Estación Meteorológica: Presa Requena

Estado: Hidalgo

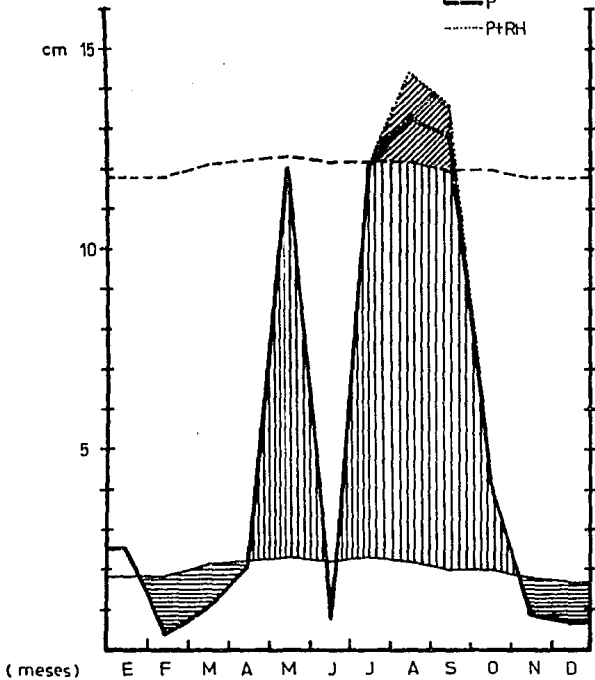
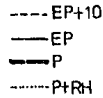
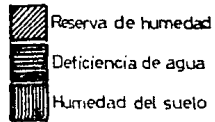
Latitud: 19°55'

Longitud 99°20'



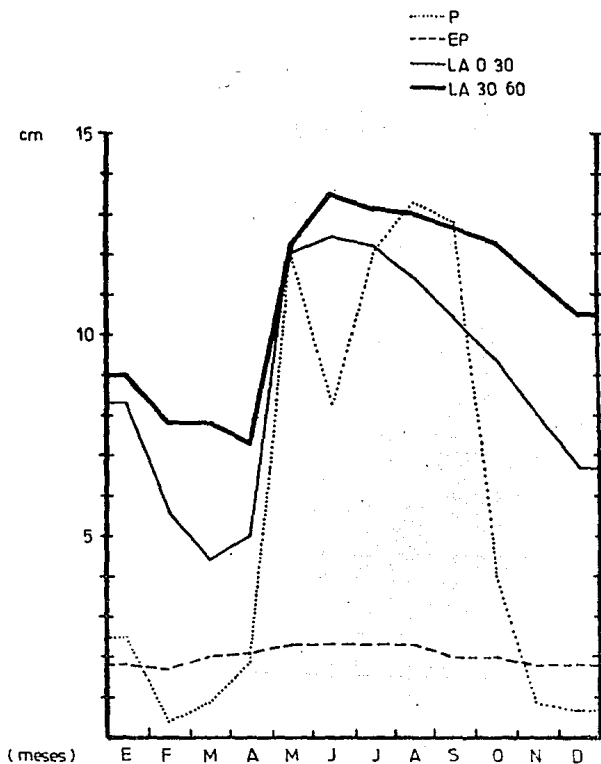
# Gráfica 10 Balance hídrico de Thornthwaite periodo 1973-84

Estación Meteorológica: Presa Requena  
Estado: Hidalgo  
Latitud: 19°55'  
Longitud: 99°20'



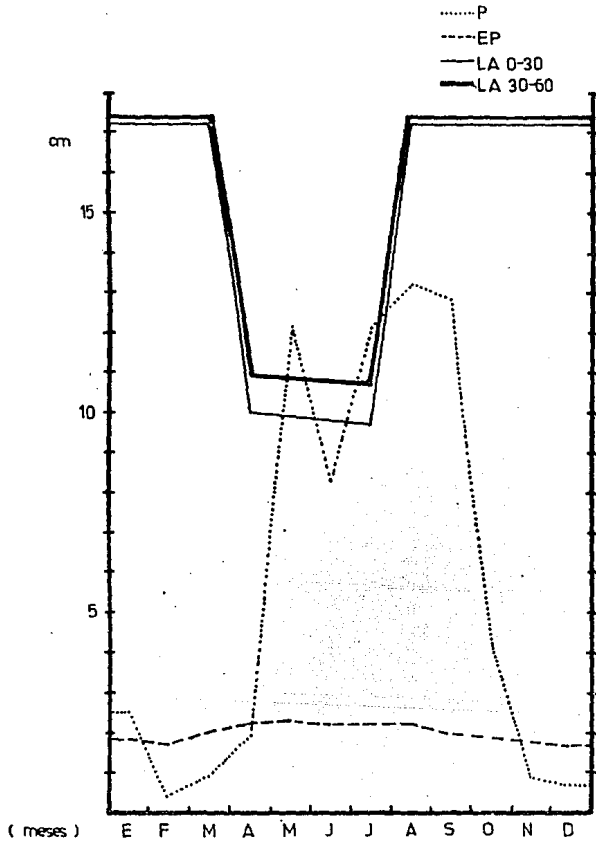
## Gráfica 11 Estación Presa Requena

Relación entre P, EP y lámina de agua contenida en el suelo FE0ZEM a la profundidad de 0-30 y de 30-60



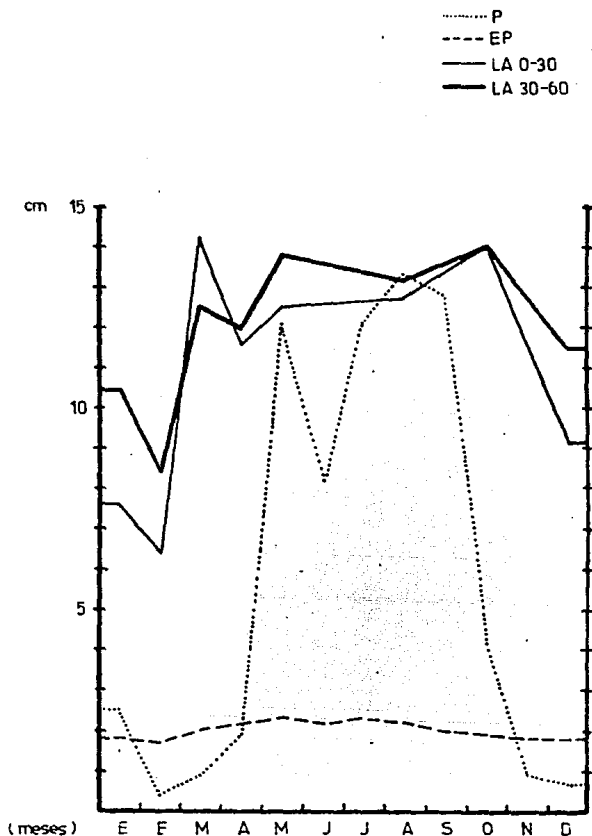
## Gráfica 12 Estación Presa Requena

Relación entre P, EP y lámina de agua contenida en el suelo FLUVISOL a la profundidad de 0-30 y de 30-60



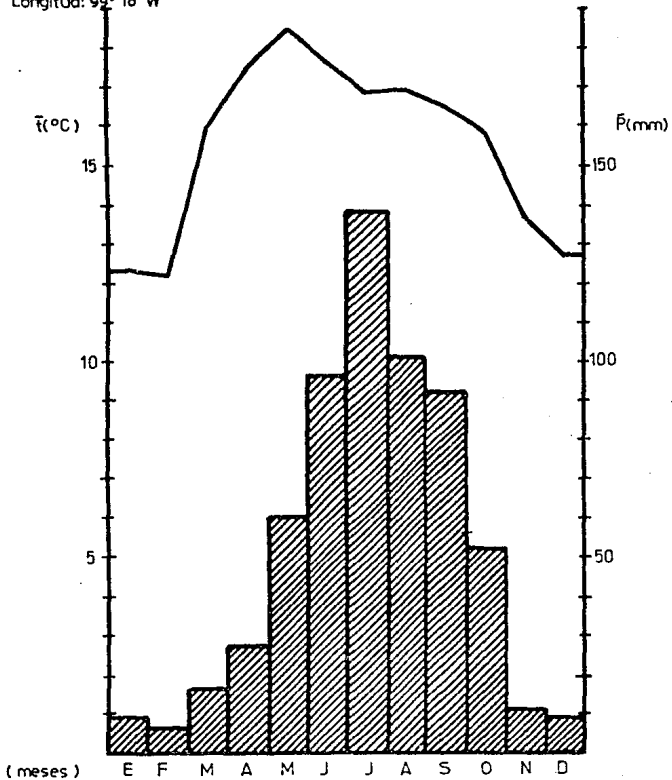
### Gráfica 13 Estación Presa Requena

Relación entre P, EP y lámina de agua contenida en el suelo VERTISOL a la profundidad de 0-30 y de 30-60 cm.



# Gráfica 14 Temperaturas y Precipitaciones medias mensuales del periodo 1973-84

Estación Meteorológica: El Salto  
Estado: Hidalgo  
Latitud: 19°57' N  
Longitud: 99° 18' W



# Gráfica 15 Balance hídrico de Thornthwaite periodo 1973-84

Estación Meteorológica: El Salto

Estado: Hidalgo

Latitud: 19°57' N

Longitud: 99° 18' W

--- EPH10

— EP

— P

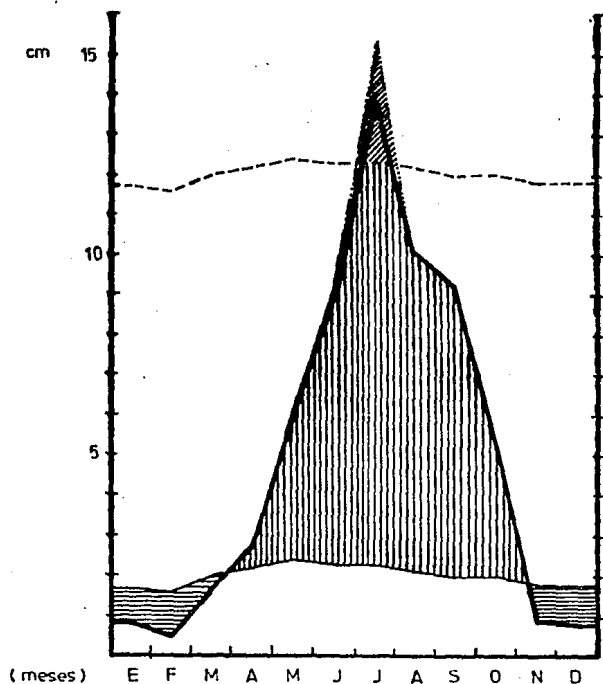
..... P+RH



Reserva de humedad

Deficiencia de agua

Humedad del suelo

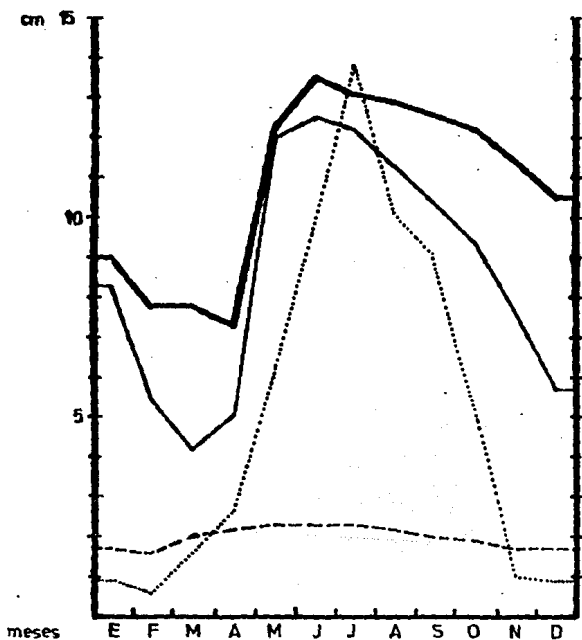




## Gráfica 16 Estación El Salto

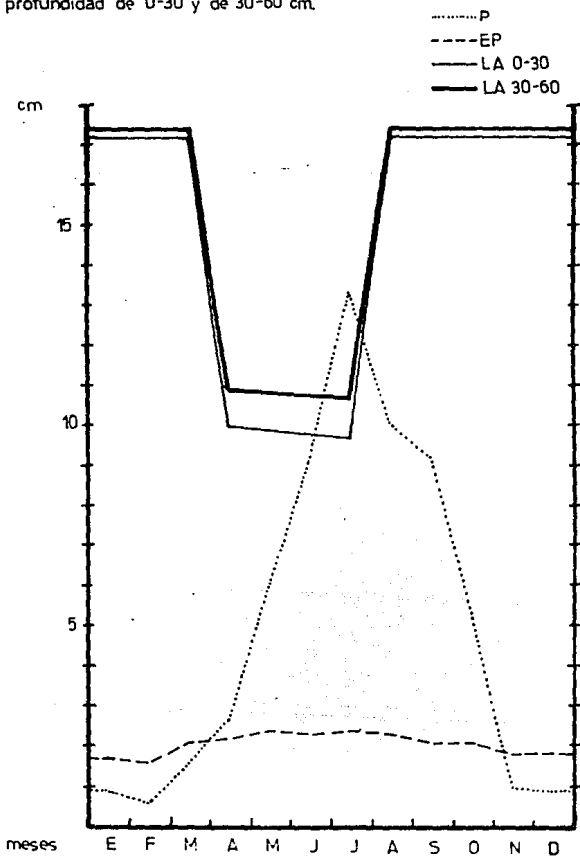
Relación entre P, EP y lámina de agua contenida en el suelo FE0ZEM a la profundidad de 0-30 y de 30-60 cm.

----- P  
----- EP  
——— LA 0-30  
——— LA 30-60



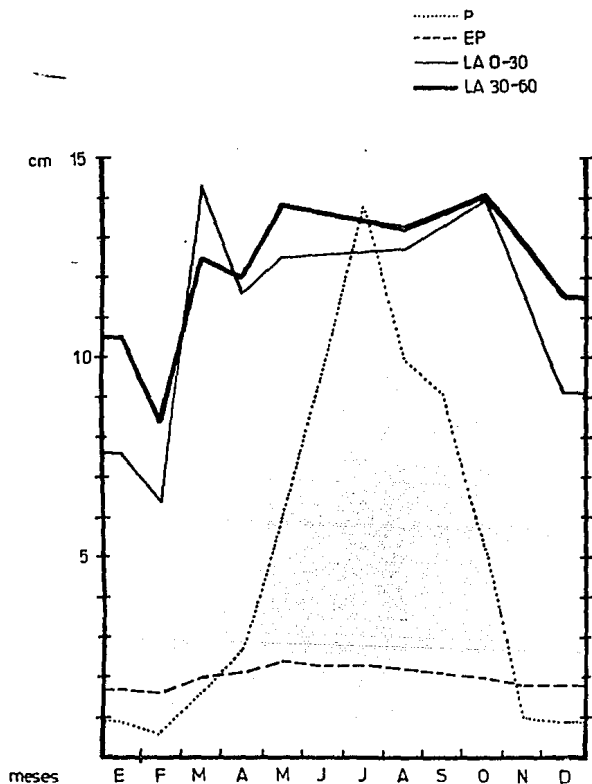
## Gráfica 17 Estación El Salto

Relación entre P, EP y lámina de agua contenida en el suelo FLUVISOL a la profundidad de 0-30 y de 30-60 cm.

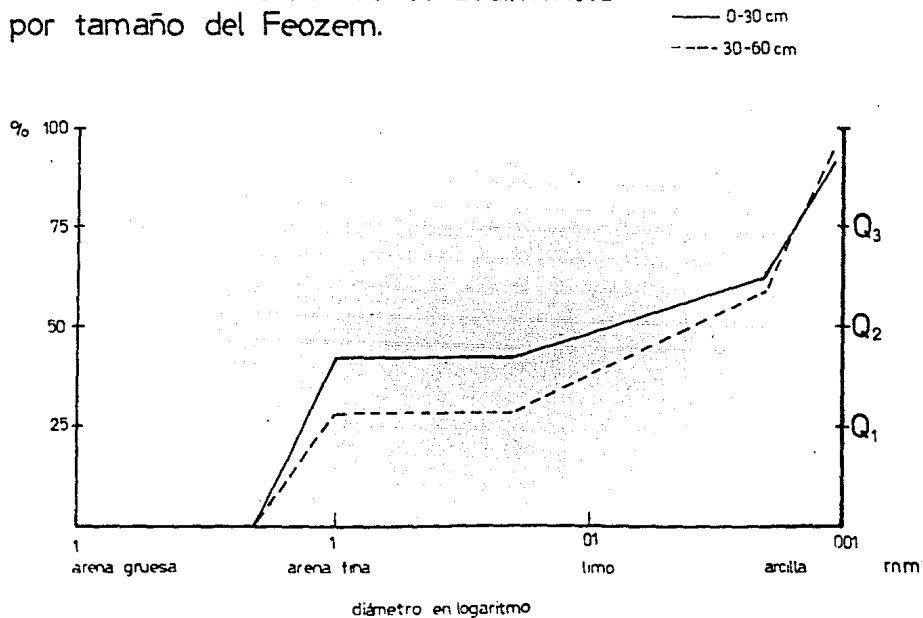


## Gráfica 18 Estación El Salto

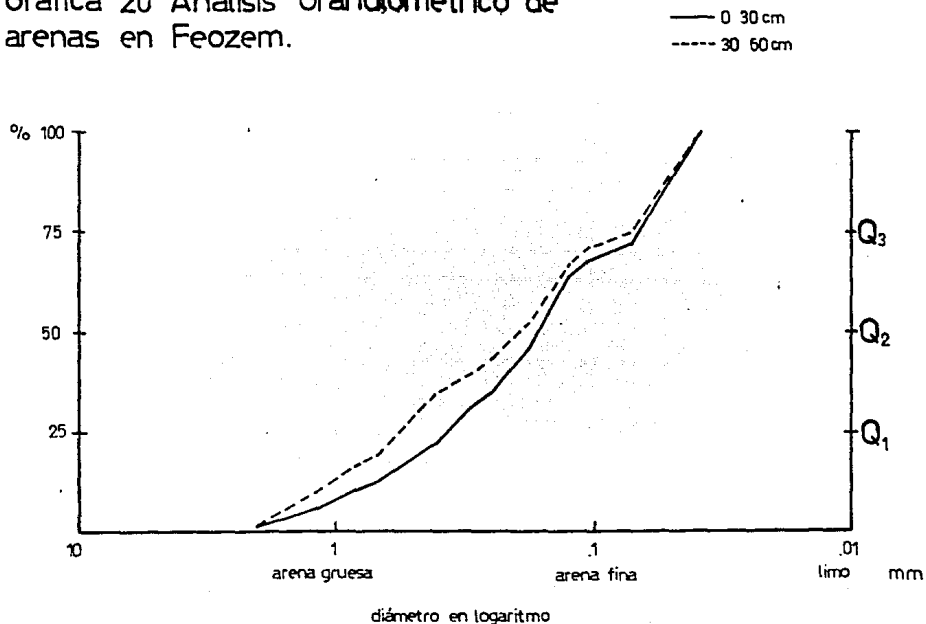
Relación entre P, EP y lámina de agua contenida en el suelo VERTISOL a la profundidad de 0-30 y de 30-60 cm.



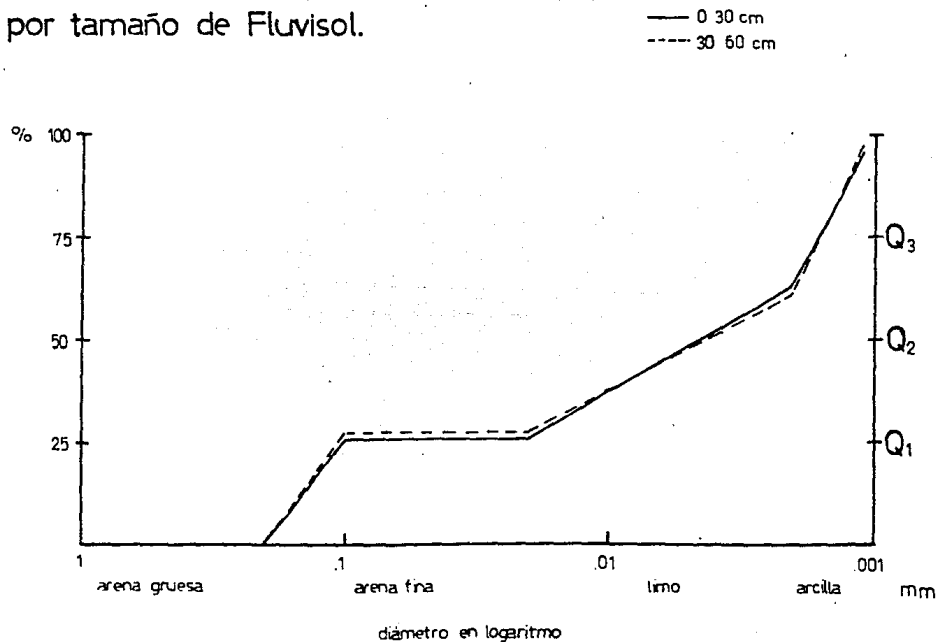
Gráfica 19 Distribución de los sedimentos por tamaño del Feozem.



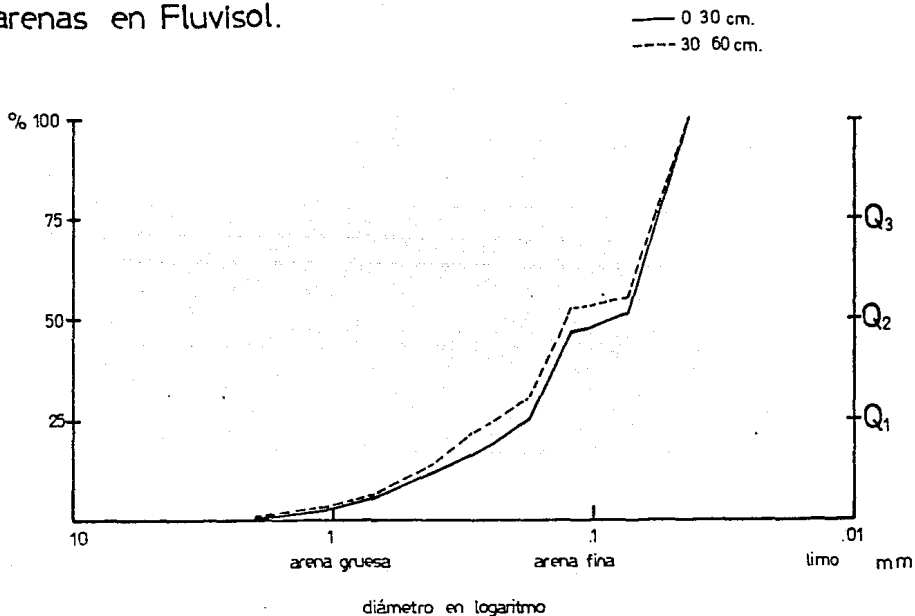
Gráfica 20 Análisis Granulométrico de arenas en Feozem.



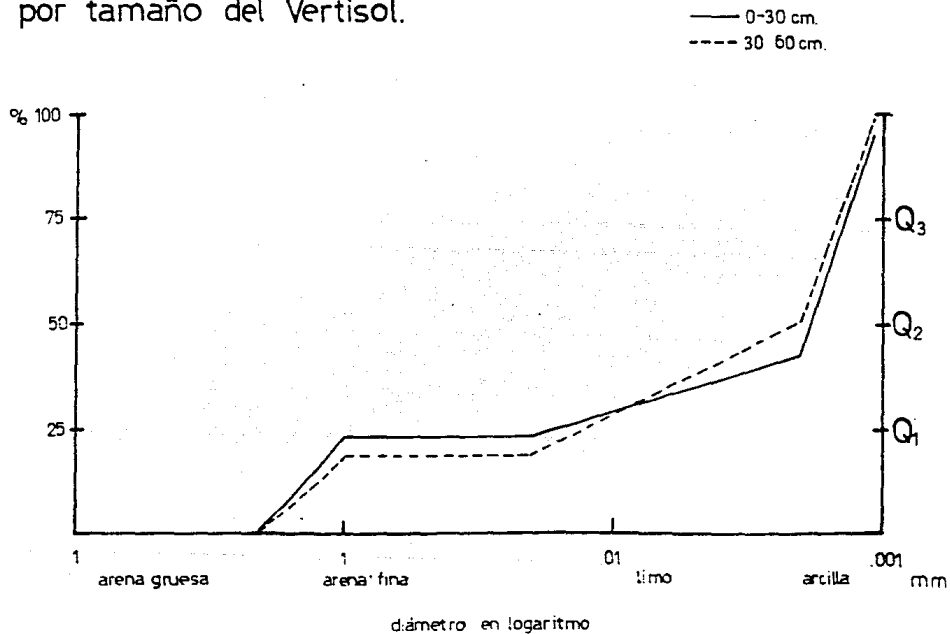
Gráfica 21 Distribución de los sedimentos por tamaño de Fluvisol.



Gráfica 22 Análisis Granulométrico de arenas en Fluvisol.

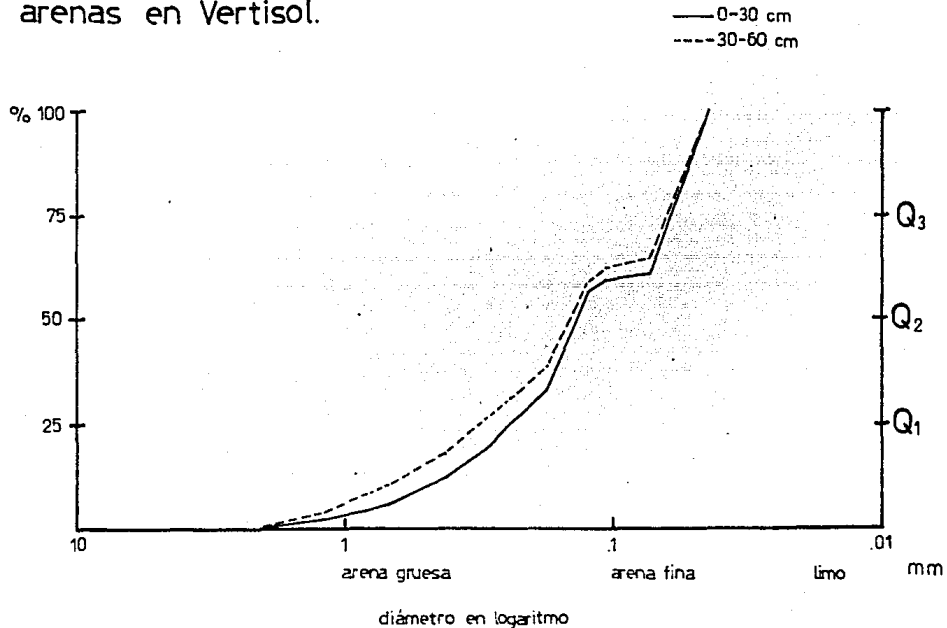


Gráfica 23 Distribución de los sedimentos por tamaño del Vertisol.





# Gráfica 24 Análisis Granulométrico de arenas en Vertisol.



## ANÁLISIS DE RESULTADOS

Análisis de los datos obtenidos de las características físicas químicas y fisiográficas de los suelos que componen la zona de estudio, - los cuales son: Feozem, Fluvisol y Vertisol, (Tablas 1 a 7 y gráficas --- 1 a 3).

Los tres tipos de suelo son de color oscuro tanto en suelo seco como en húmedo (10 YR 2/1 a 4/4) según las tablas de color de Munsell ( 1975 ), teniendo colores que van del gris, café claro (pálido ) al color negro.

La porosidad en el fluvisol varía de 48.09% a 57. 20% en lo -- más profundo del perfil; el feozem de 43.00% a 59.00% y el vertisol de - 50.92% a 56.26% respectivamente; como se puede observar por los valores - la diferencia entre el fluvisol - feozem es de 5.09% en la parte superficial y en la parte profunda de 1.8%, correspondiéndole al feozem los valo res más altos.

La diferencia entre fluvisol - vertisol es de 2.82% en la super ficie y de 1.8% en lo profundo, siendo mayor la porosidad en la superfi- cie del vertisol.

La diferencia entre el feozem - vertisol es de 6.09% en la su- perficie y de 3.74% en la profundidad.

La diferencia de la porosidad de estos suelos no es significati va en la capacidad que poseen para el almacenamiento del agua, por lo tan to las diferencias existentes en los diferentes contenidos de humedad, se deben atribuir al tamaño de partícula, orográfica, insolación, drenaje, - diámetro del pozo, profundidad, composición mineral.

El PH es de 5.63 unidades en los estratos en donde se encontró una mayor concentración de la materia orgánica (3.69%) y valores de pH de 8.07 en estratos con un contenido de materia orgánica de 1.52% este com- portamiento se presenta en fluvisol.

En el feozem los valores van de 5.75 a 8.25 unidades de pH, y - de 3.45 a 0.07% en el contenido de materia orgánica.

En el vertisol el pH es de 6.75% a 7.12% y la materia orgánica\_ de 2.8 a 3.6%, este comportamiento, de que al incrementarse el contenido\_

de materia orgánica se incrementa el valor del pH tiene su fundamento en la composición del material parental del vertisol, siendo areniscas ricas en carbonatos de calcio por lo que a mayor profundidad aunque se incrementa el contenido de materia orgánica, se neutralizan los iones  $H_3O^+$  producidos por los diferentes radicales que componen dicha materia (R-OH, R-NH<sub>2</sub>, R-COOH, etc.), por lo tanto estos suelos que dominan la zona se pueden clasificar como suelos con pH ligeramente ácidos a alcalinos.

La capacidad de intercambio catiónico total (CICT), en el fluvisol es muy variable se localizan valores de 6.82 meq/100 gramos de suelo hasta 22.72 meq/100 grs., en la parte profunda del perfil.

En el caso del feozem los valores fluctúan entre 12.78 a 19.02 meq/100 grs. en lo más profundo.

El vertisol en cambio sus valores son de 21.3 a 35.5 meq/100 grs. de suelo, tenemos entonces que potencialmente en cuanto a retención de cationes el vertisol posee mejores características químicas.

Los contenidos de  $Ca^{++}$ ,  $CO_3^{=}$ , y  $HCO_3^{-}$  en el fluvisol son del orden de:  $Ca^{++}$  = 13.05 a 34.35 meq/100 g s;  $CO_3^{=}$  = 7.4 a 13.32 meq/100 gramos de suelo;  $HCO_3^{-}$  = 14.8 a 20.72 meq/100 g s.

En el feozem se tiene:  $Ca^{++}$  = 13.05 a 36.9 meq/100 g s;  $CO_3^{=}$  = 4.4 a 10.36 meq/100 gs;  $HCO_3^{-}$  = 10.36 a 20.72 meq/100 g s.

En el vertisol,  $Ca^{++}$  = 124.6. a 171.15 meq/100 g s;  $CO_3^{=}$  = 8.8 a 13.12 meq/100 g s;  $HCO_3^{-}$  = 14.8 a 29.6 meq/100 g s.

Se encontró una mayor concentración de estos iones en el vertisol, ya que se origina a partir de materiales sedimentarios ricos en estos iones.

En resumen los factores de mayor influencia en la formación de estos tipos de suelo son: el material parental, la orografía y la vegetación.

En el fluvisol el material parental acumulado por el arrastre de las avenidas hídricas en la estación de lluvias es importante, se lo

caliza en las partes bajas de acumulación, en donde la orografía por lo general no es abrupta, carecen de una vegetación típica y son suelos jóvenes es decir; que su estabilización es reciente o aún no se estabilizan, son suelos profundos con más de un metro de profundidad, de textura variable y estratificados.

El tipo de suelo clasificado como feozem lo encontramos en lugares con pendientes mayores al 5% (en las laderas de los levantamientos geológicos), la vegetación que soporta varía de pastizal, matorral, bosque de encino o pino-encino según su orientación a la exposición solar; su material de origen esta formado por rocas volcánicas extrusivas (andesitas conglomerados y cenizas volcánicas) y material sedimentario, en una proporción son areniscas no consolidadas ricas en carbonatos, bicarbonatos y calcio. Son suelos someros con una profundidad promedio de 40 cm, sus lugares de desarrollo se catálogos como sitios donadores o normales con lo que respecta al flujo de materia.

Los vertisoles en cambio son suelos en donde el material parental (sedimentos de partículas finas y antiguas), juega un papel muy importante, pues determina su dinámica junto con las condiciones climáticas de sequía-húmedad alternadas y marcadas, la acumulación de arcilla expandible o su formación endógena es muy importante ya que así adquiere su reciclaje edáfico propio, la vegetación que se desarrolla es pastizal o matorral; su orografía no es muy accidentada generalmente tienden a ser planos, son medianamente profundos (de 50 a 100 cm), generalmente se encuentran sobre un basamento pedregoso de origen sedimentario o volcánico.

El área que ocupa cada uno de estos suelos en la zona de estudio es la siguiente:

Tipo de suelo	Porcentaje	Km <sup>2</sup>	Area estudiada
Feozem	89.43	21.9358	24.5275 Km <sup>2</sup>
Vertisol	8.45	2.0734	
Fluvisol	2.11	0.5183	

Los análisis físicos arrojarán los siguientes resultados:

Los valores de densidad aparente que se obtuvieron en el feozem oscila entre 1.1558 a 1.3342 g/cm<sup>3</sup> (tabla 8); para el fluvisol se en-

cuentran entre 0.9040 a 1.1528 g/cm<sup>3</sup> (tabla 9), y para el suelo vertisolvan de 1.0616 a 1.1836 g/cm<sup>3</sup> (tabla 10).

Para la densidad real promedio en el feozem se tiene un rango de 2.1068 a 2.4574 g/cm<sup>3</sup>; en fluvisol de 2.2018 a 2.4671 g/cm<sup>3</sup>; en vertisol de 2.1386 a 2.4656 g/cm<sup>3</sup>.

Lo anterior indica que son suelos minerales, con porcentajes de materia orgánica bajo, suelos con tamaños de partícula pequeño que va de limos a arcillas, con porcentaje de porosidad relativamente alto. Esto concuerda con el porcentaje de porosidad que son: para el feozem de 40.0434 a 48.7961; fluvisol de 51.1535 a 61.9959; y el vertisol de 47.0106 a 52.9291. Teniendo por tanto una alta probabilidad de que el agua si la hay ocupe ese espacio poroso.

El análisis mecánico del suelo fué el siguiente:

En feozem su textura va de un suelo franco a una arcilla pasando por migajón limoso, migajón arcillo arenoso y arcilla arenosa; predominando el migajón arcillo arenoso y la arcilla indicando que es un suelo con dominancia de partículas finas (tabla 16)

El fluvisol la textura va de un franco a una arcilla pasando por un migajón arcilloso, siendo este último el que predomina en este tipo de suelo. El diámetro del tamaño de partícula es mediana tendiente a fina (tabla 17).

El vertisol la textura que predomina en el 80% es arcilla y el resto de migajón limoso. El tamaño de partícula que domina el suelo es la fina (tabla 18).

En general los suelos pueden considerarse como de textura fina, con una buena superficie de contacto, mayor capacidad para absorción de nutrientes y de retención de agua.

De acuerdo a los porcentajes de humedad en volumen obtenidos en laboratorio para los diferentes tipos de suelo, se tienen los siguientes resultados:

En feozem los valores con procentaje de humedad más bajos se encuentran en un rango de 14 al 18%, siendo los meses de febrero, marzo y abril en los que se presentan; mientras que para los meses de mayo, junio y julio estos valores son de 43 al 45% (tabla 11). Al parecer si existe -

diferencia significativa entre los valores de porcentaje de humedad para las profundidades de 0 - 30 y 30 - 60 cm, a excepción del mes de mayo --- donde este valor casi se iguala. Particularmente los valores de humedad - más altos corresponden al nivel inferior de 30 - 60 cm.

En el fluvisol se observa que los valores de porcentaje de humedad obtenidos a lo largo del año presentan cierta homogeneidad (tabla - 12). En los meses comprendidos entre abril y julio se encuentran valores más bajos de un 32 a un 33% de humedad; en los meses restantes se alcanza un 57% de humedad y en este período fué cuando la zona se encontró saturada por las aguas de la presa Texhimay. La humedad contenida en el suelo a la profundidad de 30 - 60 cm es mayor en todos los casos.

En el vertisol el contenido de humedad que se encuentra en el suelo presenta algunas variaciones, en el mes de marzo se encuentra el valor más alto que es de un 47% el cual corresponde a la profundidad de --- 0 - 30 cm, en el mes de octubre el porcentaje de humedad es muy similar - en ambas profundidades. En lo que respecta a los meses restantes en el -- suelo a la profundidad inferior; el valor más bajo se encuentra en el mes de febrero con un 21% (tabla 13).

En general se observa que en los tres tipos de suelo en la mayoría de los casos el porcentaje de humedad más bajo corresponde al nivel superior (0 - 30 cm), lo cual posiblemente se deba a los procesos combinados de evaporación, transpiración - que involucran factores ambientales - como la intensidad de luz, presión de vapor, temperatura, etc.- y/o a el movimiento del agua en el suelo. Por lo anterior en el nivel inferior hay un mayor porcentaje de humedad causados por la iluviación o lixiviación - en el suelo, que es un movimiento de agua por flujo no saturado; proceso que tiende a que se equilibre en ellos la tensión de la humedad.

En los casos en los que se presentan algunas variaciones como es el caso del vertisol, eso es debido a las características internas del suelo, como es la estructura, porosidad, textura, etc.

En lo referente al balanceo hídrico efectuado a partir de datos climáticos con el sistema de Thornthwaite (1948) abarcando el período de 1973-1984, obtenidos para las estaciones meteorológicas de Tepejé del

Río, Presa Requena y El Salto y relacionando estos datos con la lámina -- de agua contenida en el suelo a lo largo del año se tienen los siguientes resultados:

Uno de los parámetros determinados a partir de datos de porcentaje de humedad en volumen de profundidad es la lámina de agua en el suelo y que refleja el comportamiento de los valores de humedad contenidos en el suelo y que es disponible para la planta.

El feozem:

Estación meteorológica de Tepejé del Río. El comportamiento -- particular de la lámina de agua durante el ciclo de estudio para los dos niveles de profundidad es el siguiente: Se observa una diferencia significativa en la distribución temporal de los valores para este parámetro, en el período de febrero a abril las diferencias entre los niveles son de -- 2.2 cm a 3.6 cm, con la mayor diferencia se presenta en el período de septiembre a diciembre donde en el último mes la diferencia es de 3.8 cm -- (gráfica 6). El mes de mayo es la excepción, ya que los valores de lámina de agua son muy similares de 11.9 y de 12.2 cm., para las profundidades de 0 - 30 cm y de 30 - 60 cm., respectivamente.

El comportamiento de la evapotranspiración se mantiene con valores bajos y similares durante la mayor parte del año de junio a el mes de abril; sólo en el mes de mayo este valor aumenta considerablemente (20.3 cm), -- (gráfica 6).

La evapotranspiración es mayor que la precipitación en los meses de diciembre, enero, febrero y mayo; siendo éste último mes donde hay una gran evapotranspiración y el mes en el cual el contenido de la lámina de agua de suelo es menor que la evapotranspiración. La precipitación es mayor que el contenido de la lámina de agua en el suelo en los meses de junio y julio (gráfica 6).

En lo referente al comportamiento a lo largo del año de la temperatura media mensual, se tiene que a partir del mes de enero esta temperatura empieza a aumentar hasta alcanzar su máximo valor en el mes de mayo; mismo en el que la evapotranspiración alcanza su máximo valor; posteriormente esta temperatura tiende a declinar hasta alcanzar una temperatura de 12.6 C (gráfica 4).

Aparentemente el comportamiento cíclico de la evapotranspiración se relaciona bastante con las variaciones en temperatura ambiental a través del tiempo. Lo anterior es lógico ya que el contenido de humedad del suelo y la tasa de evapotranspiración están influenciados por la temperatura absoluta del mismo, así como las tasas de cambios de temperatura.

Las máximas precipitaciones se alcanzan en los meses comprendidos entre mayo y septiembre, fluctuando en un rango que va de 6 a 16.6 cm.

De acuerdo al balance hídrico durante los meses de junio a septiembre el suelo presenta una reserva de humedad bastante acentuada, sobre todo en el mes de julio donde alcanza su máximo valor (gráfica 5) - lo cual es causado por las abundantes lluvias; lo cual conduce a una reserva de humedad almacenada en el suelo a mediados del mes de junio hasta octubre. Hay cierta correspondencia de estos dos parámetros con la lámina de agua, precipitación y evapotranspiración; ya que precisamente en ese período de junio a octubre es cuando se tiene una buena cantidad de agua almacenada en el suelo. Los períodos con deficiencia de agua son el primero entre abril y a principios de junio, lo cual se relaciona con la excesiva evapotranspiración que se da en ese mismo período causada por las altas temperaturas.

El segundo período con deficiencia de agua es de noviembre a febrero y la relación de esto con la lámina de agua para estos meses es causada por la disminución de la precipitación y el contenido de la lámina de agua; también empieza a decrecer. Hay otros meses con valores de lámina de agua menores en los que no se observa deficiencia de humedad (marzo y abril), pero en ese período la precipitación es mayor que la evotranspiración (gráfica 5).

Estación meteorológica Presa Requena. Se hace la consideración de que en tiempo y espacio el comportamiento de la lámina de agua para ambos niveles de profundidad es el mismo que para la descripción anterior, ya que son los mismos valores.

El comportamiento de la evotranspiración es muy similar a lo largo del año, encontrándose el valor más alto en el mes de mayo que es igual a 2.32 cm; el valor más bajo es de 1.75 cm, en el mes de febrero (gráfica 11).



La evapotranspiración es mayor que la precipitación en los meses de noviembre, diciembre y de febrero al mes de abril. De mayo a octubre la precipitación es mayor que la evapotranspiración, el contenido de la lámina de agua es mayor que la precipitación en la mayoría de los casos, exceptuando a los meses de agosto y septiembre y al mes de mayo donde la precipitación y lámina de agua son muy similares (gráfica 11).

Se alcanzan las mayores precipitaciones en los meses de mayo a septiembre oscilando en un rango de 8.25 cm. a 13.3 cm. La máxima temperatura se alcanza en los meses de abril a mayo siendo esta de 16.7 C; las menores temperaturas son en la época de invierno a principios de primavera (gráfica 9).

Existen tres períodos de deficiencia de agua, uno se presenta en los meses de noviembre a diciembre, el segundo en febrero, marzo y a principios de abril y el otro período es en el mes de junio; que es precisamente cuando la precipitación es menor que la evapotranspiración. El su perávit de agua o reserva de humedad se encuentra en los meses de julio a septiembre donde las lluvias son abundantes; existen dos períodos con reserva de humedad almacenada en el suelo que es precisamente donde se encuentran los períodos de lluvias abundantes; el primero es de abril a mayo y el otro de mediados de junio a octubre (gráfica 10)

Se observa que al ir aumentando la precipitación, aumenta el contenido de la lámina de agua y que a pesar de que el mes de junio disminuye la precipitación el valor de la lámina de agua no decrece, ya que hubo una buena cantidad de agua almacenada en el suelo en los meses anteriores.

Estación meteorológica El Salto. Las máximas precipitaciones están en el período de junio a septiembre oscilando entre los 9.6 y - - - 13.8 cm. La máxima temperatura se encuentra en el mes de mayo y las mínimas temperaturas en el mes de noviembre y la estación de invierno (gráfica 14)

La evapotranspiración es mayor que la precipitación en noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo. La precipitación es menor que la lámina de agua contenida en el suelo, a excepción del mes de julio (gráfica 16).

Se observa que los valores de lámina de agua alcanzan su máximo en el mes de junio, un poco antes del máximo de precipitación pluvial. Al descender los valores de precipitación, también lo hacen los de lámina de agua, sin embargo entre los meses de marzo y abril a pesar de ir aumentando la precipitación encontramos los valores mínimos de lámina de agua, lo cual es debido a que en este período hay un aumento en la temperatura ambiental y causa una pérdida de agua por evapotranspiración (gráfica 14 y 16).

La concentración de humedad almacenada en el suelo se corresponde muy bien con el período de aumento de precipitación ya citado y como es de esperarse, se encuentra el máximo de reserva de humedad o superávit de agua en el mes de julio, incluyendo también a los meses de junio y -- agosto (gráfica 15).

También se corresponden un período de deficiencia de agua con aquellos valores de baja precipitación de noviembre a febrero; pero la deficiencia de agua se prolonga un poco más allá de mediados de marzo y precisamente en este período donde se encuentran los mínimos valores de lámina de agua (gráfica 15 y 16).

En fluvisol:

El contenido de la lámina de agua a lo largo de todo el año es mayor a la profundidad de 30 - 60 cm, para los meses de abril a junio los valores de lámina de agua son mínimos para ambos niveles de profundidad; mientras que a partir del mes de agosto hasta marzo los valores se conservan altos, constantes y muy similares para las dos profundidades (gráfica 7). Cabe mencionar que este suelo es inundado por las aguas de la Presa -- Taxhimay.

Estación meteorológica de Tepejí del Río. La evapotranspiración es superior que la precipitación en los meses de diciembre, enero, febrero y mayo. Así mismo la evapotranspiración en el mes de mayo es mayor que el contenido de la lámina de agua en el suelo. La precipitación es mayor que la lámina de agua contenida en el suelo en el mes de julio, y esto mismo sucede en el mes de junio pero sólo a la profundidad de 0 - 30 cm

Al parecer los valores de precipitación pluvial no influyen en -

forma decisiva en el comportamiento a través del tiempo de la lámina de agua; ya que mientras esta permanece constante la precipitación pluvial va en descenso, y cuando la lámina de agua alcanza su mínimo valor la precipitación pluvial aumenta (gráfica 4 y 7); por lo tanto lo que tiene más influencia en el contenido de lámina de agua en el suelo además del clima es la inundación de agua por la Presa Taxhimay.

Estación meteorológica Presa Requena. La evapotranspiración es mayor que la precipitación en noviembre, diciembre, febrero, marzo y abril. La precipitación supera la lámina de agua contenida en el suelo en los meses de mayo y julio (gráfica 12).

Estación meteorológica El Salto. En la mayoría de los casos el contenido de la lámina de agua es mayor a la precipitación, exceptuando el mes de julio donde se invierte el proceso y el mes de junio donde la precipitación tiene un valor muy similar a la profundidad de 0 - 30 cm (gráfica 17).

En vertisol:

El contenido de la lámina de agua a lo largo del año, presenta una diferencia significativa; en la mayoría de los casos la humedad del suelo es mayor a la profundidad de 30 - 60 cm, se exceptúa el mes de mayo donde se invierten los valores de humedad para los dos niveles de profundidad, y los meses de abril y octubre donde los valores de contenido de humedad, son muy cercanos (gráfica 8). Lo cual se debe posiblemente a lluvias ocasionales o un riego por inundación no previsto, esto es específico para el mes de mayo.

Estación Tepejí del Río. La evapotranspiración es superior a la precipitación en los meses de diciembre, enero, febrero y el mes de mayo en donde alcanza su máximo valor (EP = 20.29 cm). A su vez el contenido de la lámina de agua en el suelo es menor que la evapotranspiración, lo que es causado por las altas temperaturas (31°C). En el mes de julio la precipitación es mayor que la lámina de agua contenida en el suelo (gráfica 4 y 8).

El comportamiento anterior se debe a que la temperatura del sistema influye en la retención de agua, además de que la pérdida de agua --

por transpiración excede frecuentemente el contenido hídrico de las plantas, la absorción de agua no es un proceso independiente sino que se relaciona con el coeficiente de pérdida por evapotranspiración, por lo menos cuando el agua esta a la disposición de las raíces como es el caso -- del mes de julio donde hay una buena proporción de agua.

Con lo que respecta al balance hídrico, se tiene que el periodo de deficiencia de agua concuerda con los periodos de baja precipitación y/o altas temperaturas; a su vez el contenido de la lámina de agua concuerda y sigue un comportamiento similar a los periodos donde se da el superávit de agua y el mayor contenido de humedad almacenada en el suelo (gráfica 5 y 8 ).

Estación metereológica Presa Requena. En los meses de noviembre, diciembre, febrero y marzo, la evapotranspiración supera a la precipitación; y sólo en el mes de agosto la precipitación es mayor y muy similar que la lámina de agua contenida en el suelo (gráfica 13), para los meses de mayo, julio y septiembre la precipitación es muy cercana al contenido de la lámina de agua.

Se observa que en los periodos de máximas precipitaciones (gráfica 9) es donde se encuentra el contenido de la lámina considerable y los meses de una buena cantidad de agua almacenada en el suelo (gráfica 10) y el superávit de agua para el periodo definido; los periodos de diferencia de agua se relacionan con las bajas precipitaciones; sin embargo la lámina de agua no tiene un comportamiento homogéneo y esto es debido a que durante los meses críticos para mantener el crecimiento del maíz se necesita mucha agua causado por el crecimiento rápido de la planta y la alta tasa de evapotranspiración por lo tanto en el mes de noviembre se encuentra una buena cantidad de agua en el suelo, además de que las temperaturas son menores en esta época (grafica 9, 10 y 13).

Estación metereológica El Salto. La evapotranspiración tiene un comportamiento más o menos homogéneo a lo largo del año con algunas oscilaciones de sus valores (1.64 a 2.38 cm). La precipitación alcanza su máximo en el mes de junio, precisamente en donde se encuentra que la precipitación pluvial es mayor que la lámina de agua contenida en el sue

lo aunque sea por una pequeña diferencia; para los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo la precipitación es menor que la evapotranspiración; lo que concuerda con la relación entre el clima, planta y suelo (gráfica 14, 15 y 18).

En general se observa que hay una estrecha relación entre el suelo, la planta y el clima que determinan el contenido hídrico y la disponibilidad de agua para la planta, lo que a su vez depende de su potencial y de la conductividad hidráulica del suelo.

En lo referente al análisis climático de Thornthwaite para las tres estaciones meteorológicas consideradas en el estudio se establece:

Para la estación de Tepej del Río. Clima semiseco, con déficit de agua en invierno, un superávit en el verano, frío acentuado y con baja concentración de calor en el verano por lo que se tiene un clima del tipo  $C_1w_2S_2C_1b_4$  (tabla 25).

Estación Presa Requena. Clima semihúmedo, con déficit de agua pequeño o ninguno, superávit de agua en el otoño, temperatura de tundra, con baja concentración en el verano; con tipo de clima  $C_2rd_1a'$  (tabla 26)

Estación meteorológica El Salto. Clima semihúmedo, con déficit pequeño o ninguno, temperatura de tundra; con baja concentración de calor en verano el tipo de clima es  $C_2rdC_1a'$  (tabla 27).

A partir de los resultados obtenidos para los diferentes tipos de agua contenida en el suelo se tiene lo siguiente:

En feozem

Según los valores de porcentaje de agua Capacidad de Campo (CC) se mantienen más altos para el nivel de profundidad de 30-60 cm, con algunas excepciones (tabla 8); lo que concuerda con las densidades del suelo y la textura. El rango de valores porcentuales entre los que oscila este parámetro es de 30.8932 a 43.5009, con un valor promedio de 37.7493. Esta gran diferencia entre el valor mínimo y el valor máximo se debe a la variación del suelo en el tamaño de partículas.

El porcentaje de agua a punto de Marchitez Permanente (PMP) teórico, según Aguilera (1980) va de 15.4466 a 21.7505 con un valor promedio de 18.8747. Mientras que el porcentaje de agua obtenido experimentalmente

para el PMP con semilla de girasol y de maiz fué el siguiente. Para el primer sus valores oscilan de 14.7729 a 21.4589, con un promedio de 17.6033; mientras que para el segundo son de 15.8732 a 24.7083 con un porcentaje -- promedio de 20.1606 (Tabla 8 y 14). De lo anterior se observa que el PMP experimental del feozem con semilla de girasol se aleja un 6.7% menos del valor teórico y un 6.8% más con la semilla de maiz (tabla 15).

Los valores teóricos porcentuales de Agua Aprovechable (AA) según Aguilera (idem) son de 15.4466 a 21.7504 con un promedio de 18.8746; mientras que aquellos experimentales con semilla de girasol oscilan en un rango de 13.7959 a 25.6511 y un valor promedio de 18.8751. Así mismo para la semilla de maiz, se obtuvo experimentalmente valores desde 11.2025 a 23.5913, con un promedio de 17.5887 (tabla 8).

Los datos que se obtuvieron del porcentaje de humedad a Coeficiente Higroscópico (CH) son como promedio porcentual de 10.3582, ubicándose en un intervalo que va de 7.0101 a 16.7569.

Em fluvisol:

Atendiendo a los valores porcentuales de Capacidad de Campo (tabla 9), el rango de valores porcentuales entro los que oscila este parámetro es de 23.0799 a 47.1643, con un promedio de 33.9159. Al parecer este amplio rango de valores se ve determinado por las propiedades físicas del mismo.

El porcentaje de agua a PMP teórico va de 11.5399 a 23.5822 con un promedio de 17.5579. Para el porcentaje de agua a PMP experimental con semilla de girasol, los valores estan de 14.8612 a 23.4521 con un valor promedio de 17.5403; mientras que para la semilla de maiz los valores experimentales obtenidos se encuentran entre 10.7422 a 18.4157 con un promedio de 15.7035 (tabla 9, 14 y 15), se observa que el PMP experimental en el caso del fluvisol con semilla de girasol se aleja del teórico un 0.1% y con una semilla de maiz un 10.56%.

En lo referente al por ciento teórico de agua aprovechable se obtuvieron valores desde 11.54 a 23.5821 con un promedio de 16.3580. Así mismo experimentalmente para la semilla de girasol se obtuvieron los valores de por ciento de agua aprovechable de 5.5396 a 29.6240 con un promedio de ---

16.9885; para la semilla de maíz los valores obtenidos experimentalmente - para este mismo parámetro van de 7.3764 a 31.4608 con un valor promedio de 18.2123.

Los valores obtenidos para coeficiente higroscópico oscilan en un intervalo de valores que van de 5.8458 a 11.7064 con un promedio de 8.2982.

El vertisol:

Para este tipo de suelo los valores promedio porcentuales obtenidos para la capacidad de campo varían de 35.7993 a 50.3048, con un promedio de 43.14 (tabla 10)

Los valores porcentuales de agua a PMP teórico Aguilera (Op. cit.) se localizan en el intervalo de 17.8996 a 25.3047 y con un promedio de 22.0697, mientras que los valores porcentuales experimentales de PHP, obtenidos para semilla de girasol están entre 11.1495 y 22.3038 (tabla 14). Aquellos obtenidos para semilla de maíz se ubican en un intervalo de 14.0195 a 27.5980 con un promedio de 21.6975 (tabla 15). Se observa que el PMP experimental con la semilla de girasol difiere en un 34.74% con respecto al valor teórico y en un 1.6% del valor teórico con la semilla de maíz.

Los valores porcentuales de agua aprovechable teórica se sitúan desde 17.8996 a 25.1524 con un promedio de 21.0703 (Tabla 10). Los valores obtenidos de agua aprovechable experimental con semilla de girasol se ubican desde 21.3968 a 34.7986 y como valores promedio de 21.5702; para la semilla de maíz los valores experimentales para el porcentaje de agua aprovechable se encuentran en el intervalo de 14.1087 a 28.6073, y un promedio de 21.4422.

En referencia a los valores de porcentaje de humedad a coeficiente higroscópico, se tiene que dichos valores oscilan alrededor de un promedio de 10.7264, con un valor mínimo de 7.4906 y 12.9093 como valor máximo (tabla 10).

En general se observa de los datos obtenidos para los diferentes tipos de agua que para los datos de porcentaje de agua a capacidad de campo una diferencia entre los valores máximos y mínimos lo cual se debe a la --

variación en tamaño de las partículas del suelo, así los valores más altos corresponden teóricamente a las arcillas y limos, mientras que aquellos -- más bajos corresponden a las arenas. De acuerdo a los valores promedio de porcentaje de agua a CC, el fluvisol y el vertisol son los tipos de suelo cuyos valores se encuentran más alejados entre sí; el feozem se localiza -- intermedio entre los dos anteriores. Ya que la capacidad de campo se define como la cantidad de agua que un suelo retiene por la acción de la gravedad (Raven y Curtis, 1975), debe considerarse que esta retención está en función de las propiedades físicas.

De los datos de PMP se observa que el valor experimental en la mayoría de los casos (a excepción de uno) es menor que el teórico.

Se nota una diferencia significativa entre los valores máximos y -- mínimos en los puntos de marchitamiento teórico y experimental. Lo cual se debe a que el punto de marchitamiento es un valor dinámico y de equilibrio que depende del tipo de suelo, de la planta y del clima. De acuerdo con -- los datos de Aguilera (1980), en donde el punto de marchitez permanente es el 50% de la capacidad de campo (aproximadamente); se tiene experimentalmente que el PMP es un 43.90% de la capacidad de campo con la semilla de -- girasol y representando un 49.99% de la capacidad de campo con la semilla de maíz, no alejándose mucho de este valor teórico.

Como una relación general entre las características de la humedad -- y la textura del suelo; se presenta un incremento del punto de marchitez -- a medida que la textura se vuelve más fina. A su vez esto guarda relación -- con el comportamiento de la capacidad de campo, ya que esta aumenta hasta -- la textura de migajón limoso y después se conserva casi constante (Fitz -- Patrick, 1984), de aquí que los suelos estudiados cumplen esta característica tomando en cuenta el tamaño de la partícula.

El PMP y el porcentaje de agua capacidad de campo son parámetros -- que van a determinar la cantidad de agua aprovechable por la planta; comparando el valor teórico y el experimental se observa que en el feozem con -- semilla de girasol se aleja un 0.002% y con semilla de maíz un 6.8%. En el fluvisol un 3.85% con semilla de girasol y un 1.33 con semilla de maíz; en



el vertisol el valor experimental difiere en un 2.37% con girasol y un 1.76% con maíz. En la mayoría de los casos los valores teóricos y experimentales no difieren mucho, Los valores máximos y mínimos de por ciento de agua aprovechable presentan una diferencia significativa y esto es debido a que están influyendo las propiedades físicas, químicas y biológicas.

El porcentaje de agua que es aprovechable para la planta representa el 50% de la capacidad de campo de cada uno de los suelos cuando se utilizó la semilla de girasol, y representando un promedio de 49.99% en los diferentes tipos de suelo con la semilla de maíz. Lo anterior indica que el 50% de la capacidad de campo es agua no aprovechable para la planta.

El coeficiente higroscópico según Cavande (1972), representa un 25.5% de la capacidad de campo,. Este valor cuando se le describe como una fracción, la humedad relativa, es la actividad relativa del sistema, que es una manifestación directa del potencial del agua. Es coeficiente higroscópico es un valor equipotencial en las curvas de retención de humedad.

Los valores máximos promedios de agua a coeficiente higroscópico corresponde al vertisol, le sigue el feozem y por último el fluvisol; lo que habla de la capacidad retensora de humedad por parte de cada suelo y esta retención está directamente relacionada con los diámetros de partículas que componen el suelo, el vertisol presenta los mayores porcentajes de arcilla y a la vez concuerda con el valor máximo de coeficiente higroscópico.

Los resultados de la composición granular para los diferentes tipos de suelos es el siguiente:

Análisis del tamaño de partícula Wentworth (1922).

En feozem:

La gráfica de porcentaje acumulativo de arena, limo y arcilla (gráfica 19), muestra los siguientes resultados para el nivel superior 0 - 30 cm al 25% ( $Q_1$ ) un valor de 0.135 que corresponde al diámetro de partícula predominante; al 50% ( $Q_2$ ) predomina el limo fino con tamaño de partícula de 0.009, que es el tamaño medio de partícula para ese suelo a

esa profundidad; finalmente se alcanza el valor de 0.0017 mm de diámetro de partícula para el 75% ( $Q_3$ ). El coeficiente de clasificación que se obtiene para este suelo es de  $S_o = 0.1122$  que corresponde al diámetro de partícula que predomina en el suelo y que es de arena muy fina (tabla 19 y gráfica 19).

Para la profundidad 30 - 60 cm, se tiene al 25% un valor de 0.11 al 50% 0.044 que corresponde al valor promedio del tamaño de partícula el cual es un limo muy fino; al 75% se tiene un valor de 0.0016. El coeficiente de clasificación que se obtiene para este suelo es de  $S_o = 0.1206$  que corresponde al tamaño de partícula que predomina en el suelo a tal profundidad correspondiéndole a una arena fina (tabla 19 y gráfica 19).

El tamaño medio de partícula de arenas de acuerdo a la distribución de sedimentos para el feozem es a la profundidad de 0 - 30 cm (gráfica 20), al 25% 0.39 mm, al 50% 0.17 mm que corresponde al tamaño promedio de partícula siendo una arena fina; al 75% es de 0.07 mm y su coeficiente de clasificación de  $S_o = 0.4236$  que pertenece a una arena mediana que es la partícula predominante en el suelo a esa profundidad.

Para la profundidad 30 - 60 cm,  $Q_1 = 0.56$  mm,  $Q_2 = 0.205$  mm tamaño medio de la partícula del suelo que es arena fina;  $Q_3 = 0.74$  mm y el coeficiente de clasificación  $S_o = 0.3635$  mm que corresponde a una arena mediana (gráfica 20).

De lo anterior se concluye que el tamaño de partícula que predomina en el feozem es la arena muy fina (de 0 - 30 cm) y la arena fina (de 30 - 60 cm); y el tamaño de arena que predomina en el suelo es la mediana.

En el fluvisol:

A la profundidad de 0 - 30 cm la distribución de arena, limo y arcilla es como sigue (tabla 20 y gráfica 21), en el  $Q_1 = 0.105$  mm; en el  $Q_2 = 0.0047$  mm, que corresponde al tamaño medio de partícula y que es un limo muy fino; para  $Q_3 = 0.0016$  mm; con un coeficiente de  $S_o = 0.1234$  mm --; que se define como una arena muy fina.

En la profundidad 30 - 60 cm, la distribución de arena, limo y arcilla es en el  $Q_1 = 0.11$ , en  $Q_2 = 0.0047$  que corresponde a un limo muy

fino y al tamaño medio de partícula en el suelo a tal profundidad;  $Q_3 = 0.0016$ ; coeficiente de clasificación de  $S_o = 0.1206$  que corresponde a una arena muy fina (gráfica 21).

En lo que corresponde al tamaño de arena según la distribución de los sedimentos es a la profundidad de 0 - 30 cm,  $Q_1 = 0.18$  mm;  $Q_2 = 0.084$  mm, arena gruesa y que se ubica como el tamaño medio de partícula;  $Q_3 = 0.056$  mm; el valor del coeficiente es  $S_o = 0.0558$  mm que es de una arena muy fina (gráfica 22).

A la profundidad de 30 - 60 cm es  $Q_1 = 0.25$  mm;  $Q_2 = 0.13$  mm tamaño medio de partícula arena fina;  $Q_3 = 0.059$  mm;  $S_o = 2.05$  mm que se define como un limo grueso (gráfica 22).

Se concluye que en el fluvisol el tamaño de partícula que predomina en el suelo es el de arena muy fina para ambas profundidades. El tamaño de arena que predomina en el suelo es de arena muy fina y de limo grueso para la profundidad 0 - 30 cm y de 30 - 60 cm respectivamente.

En el vertisol:

Para la distribución de los sedimentos por tamaño a la profundidad de 0 - 30 cm,  $Q_1 = 0.0175$  mm;  $Q_2 = 0.00185$  que se ubica como arcilla gruesa y que es el tamaño medio de la partícula del suelo a la profundidad;  $Q_3 = 0.0014$  mm;  $S_o = 0.2828$  mm es arena mediana (Tabla 21 y gráfica 23)

Para el nivel de profundidad 30 - 60 cm,  $Q_1 = 0.013$  mm;  $Q_2 = 0.0021$  mm, arcilla gruesa es el tamaño medio de la partícula del suelo; el  $Q_3 = 0.0015$  mm y el coeficiente de clasificación  $S_o = 0.3396$  es una arena mediana (tabla 21 y gráfica 23)

El análisis granulométrico de arenas en el vertisol a la profundidad de 0 - 30 cm,  $Q_1 = 0.25$  mm;  $Q_2 = 0.135$  mm designada como arena fina, partícula media de el suelo;  $Q_3 = 0.062$  mm;  $S_o = 0.498$  que es una arena mediana (gráfica 24).

Para el nivel inferior 30 - 60 cm,  $Q_1 = 0.32$  mm;  $Q_2 = 0.15$  mm que se clasifica como arena fina y que es el tamaño medio de las partículas del suelo;  $Q_3 = 0.064$  mm; el coeficiente de clasificación  $S_o = 0.4472$  mm, y que se clasifica como arena mediana (gráfica 24)

De lo anterior se concluye que en el vertisol el tamaño de partícula que predomina en el suelo es la arcilla gruesa para ambas profundidades y el tamaño de arena que predomina en el suelo en los dos niveles de profundidad es la fina.

### CONCLUSIONES

- 1.- De acuerdo a los resultados de los análisis de tamaño de partícula, no hay diferencia significativa en la fracción arenosa; las diferencias se presentan en limos y arcilla.
- 2.- Los tres factores más importantes que afectan la disponibilidad de agua para los cultivos son el clima, la profundidad y la textura.
- 3.- En el grupo de suelos Feozem debido a su corta profundidad y a su ubicación orográfica (pendientes pronunciadas) y el sustrato impermeable sobre el que yacen los suelos sometidos a cultivo se presenta un drenaje excesivo, produciéndose una aridez edáfica y no climática.
- 4.- El % de PMP de maíz criollo comparado con el de girasol nos muestra una mayor sensibilidad en los vertisoles en un 7.2950 % y 2.9973% respectivamente. En cambio en el fluvisol presentó mayor sensibilidad en el de girasol en un 1.8368%.
- 5.- Según el análisis climático de Thorntwaite (1948), las estaciones de Tepej del Río y la presa Requena de acuerdo al balance hídrico, la zona presenta una aridez ecológica. En cambio en la estación El Salto no se presenta tal aridez.
- 6.- En el feozem el tamaño de partícula media oscila entre arena muy fina y en el vertisol de arena mediana. Por lo cual las partículas que tienen mayor influencia en la retención de humedad son los limos y arcillas.
- 7.- El tamaño medio de partícula se presenta en la fracción arenosa tanto en el feozem como en el vertisol se clasifica como arena mediana, en el fluvisol encontramos de 0-30 cm de profundidad arena muy fina y a la profundidad de 30 - 60 cm limo grueso. Demostrándose que la diferencia de cada grupo de suelo no es debida a la fracción arenosa;
- 8.- De acuerdo al análisis climático con el sistema de Thorntwaite los meses apropiados para el cultivo de maíz en cuanto a la disponibilidad del agua para los cultivos abarca los siguientes meses: junio, julio, agosto y septiembre. En cambio los meses de máximo déficit de agua son de noviembre a mayo.
- 9.- El contraste del porcentaje de agua a punto de marchitamiento permanen

te teórico propuesto por Aguilera (1980) y el porcentaje obtenido experimentalmente no presenta una diferencia significativa, por lo cual en la zona estudiada se puede calcular el punto de marchitez permanente conociéndose la capacidad de campo con una buena precisión y exactitud.

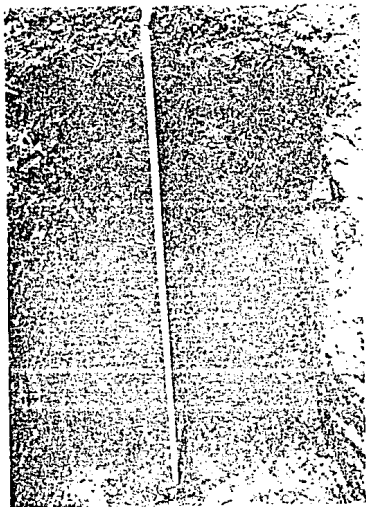
- 10.- El contenido de agua a capacidad de campo en Feozem oscila entre 30.8932 a 43.5009% en cambio su % de porosidad va de 40.0434 a 48.7961%, en el fluvisol la capacidad de campo se encuentra entre 23.0799 a 47.1643% y su porosidad 51.1535% a 61.9959; en el vertisol las capacidades de campo van de 35.7993 a 50.3048 y su porcentaje de porosidad de 47.0116 a 52.9291, esto a consecuencia del movimiento del agua en cada tipo de suelo.
- 11.- El agua aprovechable en el Feozem con semilla de girasol va de 13.7959 a 25.6511% y con semilla de maíz de 11.2025 a 23.5930%, en el fluvisol con semilla de girasol de 5.5396 a 29.6240% y con semilla de maíz de 7.3764 a 31.4608; en el caso del vertisol con semilla de girasol de 21.3968 a 39.7986%, en el caso del maíz va de 14.1087 a 28.6073%. Encontrándose un rango muy amplio en el fluvisol ya que la retención de agua depende de las proporciones en que se encuentran los diferentes tamaños de partículas tanto en su distribución vertical como horizontal.

RECOMENDACIONES.

- 1.- Realizar estudios sobre porcentaje mínimo de agua necesario que haga posible la germinación de las semillas de maíz criollo en los diferentes tipos de suelo, tanto en invernadero como en campo.
- 2.- Que se experimente con diferentes técnicas para modificar la capacidad de retención de humedad en los diferentes tipos de suelos en la época de cultivo. Puesto que por lo general y de acuerdo al clima que prevalece, la precipitación podemos considerarla como no limitante.
- 3.- Introducir variedades de maíz resistentes a la sequía.
- 4.- Experimentar con diferentes técnicas de preparación del suelo para el cultivo.
- 5.- Evaluar la productividad de maíz en monocultivo o en cultivos asociados (maíz, frijol, haba y calabaza).
- 6.- Cuantificar el aprovechamiento del agua por los cultivos cuando se encuentran en competencia por este recurso con las malas hierbas.



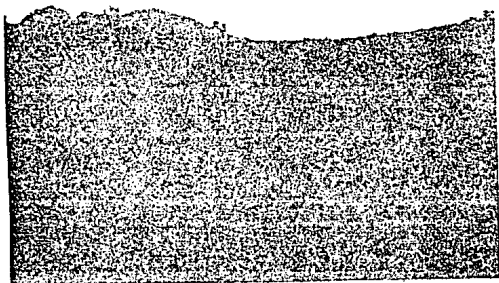
Panorámica  
de la zona  
de muestreo  
de tipo de  
suelo FROZEN



Perfil del  
suelo  
frozen

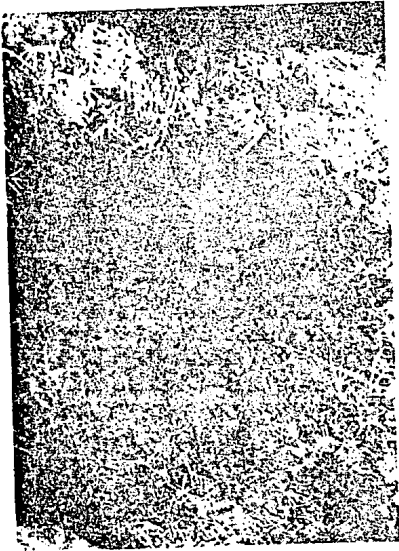


Panorámica de la zona  
de muestreo del tipo-  
fluvisol



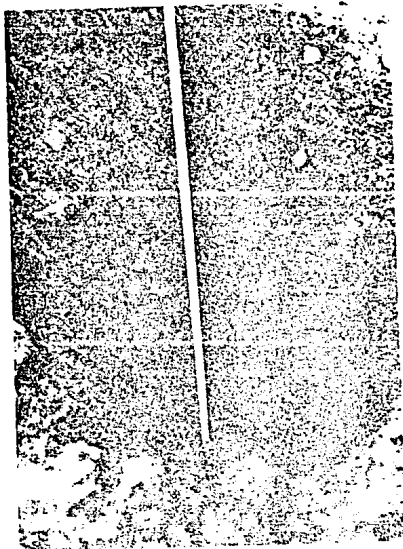
Perfil del suelo  
FLUVISOL





Perfil del suelo

VERTISOL



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

- Aguilera, C.M y Martínez, E.R. 1980. Relaciones de Agua - Suelo - Planta-Atmósfera. UACH. México. 320 pp.
- Archivos. Servicio Meteorológico Nacional. Dirección General de Geografía y Meteorología, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México.
- Baver, L.D. y Gardner, W.H. 1980. Física de Suelos. UTEAH, México. 529 pp.
- Berlijn, J.D. y Brower, C. y Col. 1983. Riego y Drenaje. Trillas, México\_ 100 pp.
- Blak, C.A. y Col. 1985 Methods of Soil Analysis, No. 9 Series Agronomy - Am. Soc. Agro. Inc. USA. 1594 pp.
- Bouyoucpis, D.J. 1983. Directions for Making Mechanical Analysis of Soil - Hydrometer Method, Soil Science. 42 : 25 - 30
- Buol, S.W.; Hol. F.D. y McCracken, R.J. 1981. Génesis y Clasificación de Suelos. Trillas, México. 417 pp.
- Buckman, H.O. y Brady, N.C. 1985. Naturaleza y Propiedades de los Suelos\_ UTEHA, México, 590 pp.
- CETENAL, 1981. Carta Edafológica de Tepejil del Río (E- 14 - A - 18).  
----- Carta Geológica de Tepejil del Río (E - 14 - A - 18).  
----- Carta de Uso del Suelo de Tepejil del Río (E- 14 - A - 18).  
----- Carta de Uso Potencial de Tepejil del Río (E - 14 - A - 18).
- CoCharan, W.G. y Cox, G, M. 1974. Diseños Experimentales. Trillas. 661pp!
- Cruz, F.G. 1985. Influencia del Boro, Hierro y Zinc en el Desarrollo de - la Fresa ( Frangancia X ananassa) en la Región del Bajío. Tesis Profesional. Zaragoza, UNAM. México. 54 pp.
- Cuanalo de la Cerda, H. 1981. Manual para la Descripción de Perfiles de - Suelos en el Campo. Centro de Edafología de la UACH., México -- 40 pp.
- Delorit, R.J. y Ahlgren, H.L. 1980. Producción Agrícola. CECSA, México -- 783 pp.