



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**"CARACTERIZACION EDAFICA, EVALUACION DE LA
DEGRADACION DE LOS SUELOS Y GLASIFICACION
AGROLOGICA DE LOS MISMOS EN UNA AREA DEL
MUNICIPIO DE SALAMANCA, GUANAJUATO".**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

B I O L O G O

P R E S E N T A :

ARELIA GONZALEZ VELAZQUEZ



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.

I N D I C E

Resumen	1
I. INTRODUCCION	2
II. CARACTERIZACION DEL AREA DE ESTUDIO	4
1. Localización	4
2. Generalidades de la Subprovincia del Bajío Gu- najuatense	4
3. Generalidades del Municipio de Salamanca	5
III. ANTECEDENTES	8
1. Distribución de los Vertisoles	8
2. Condiciones ambientales	10
a) Clima	10
b) Fisiografía, Topografía y Drenaje	13
c) Vegetación	15
3. Aprovechamiento y productividad de los Vertiso- les	15
4. Naturaleza, origen y clasificación de los Ver- tisoles	16
5. Características morfológicas	17
a) Horizonte A	18
b) Horizonte AC	18
c) Horizonte C	19

6. Propiedades Físicas y composición química	19
a) Textura	19
b) pH	20
c) Densidad aparente	20
d) Materia orgánica	20
e) Capacidad de intercambio catiónico total ...	21
f) Contenido de elementos nutritivos	21
7. Mineralogía	23
8. Otros estudios sobre Vertisoles en México	24
IV. METODOLOGIA	26
1. Gabinete	26
A. Descripción y Caracterización de los suelos .	26
B. Evaluación de la degradación de los suelos ..	27
a) Observaciones y mediciones	28
b) Teledetección	28
c) Evaluación por métodos paramétricos	28
c.1. Erosión hídrica	29
c.2. Erosión eólica	30
c.3. Salinización	32
c.4. Sodificación	33
c.5. Degradación química	33
c.6. Degradación física	34
C. Clasificación de los suelos por limitantes naturales	35
2. Campo	36

3. Laboratorio	
A. Determinaciones físicas	37
B. Determinaciones químicas	37
V. SUELOS	38
1. Génesis de Suelos	38
A. Factores formadores del suelo	41
a. Factores estacionales	41
a.1) Relieve	41
a.2) Geología	42
a.3) Tiempo	43
b. Factores bioclimáticos	
b.1) Clima	43
b.2) Vegetación	48
2. Descripción de perfiles	50
VI. RESULTADOS Y DISCUSION	78
1. Características morfológicas	82
2. Características físicas	86
3. Características químicas	86
4. Degradación	88
VII. CONCLUSIONES	97

RESUMEN

Este trabajo se realizó en la parte norte del municipio de Salamanca, Guanajuato; geográficamente la zona de estudio queda comprendida entre los paralelos $20^{\circ} 37'$ y $20^{\circ} 40'$ de latitud norte y los $101^{\circ} 07'$ y $101^{\circ} 12'$ de longitud oeste y 1200 m. s.n.m.. Se realizó la caracterización edáfica, la evaluación cuantitativa de la degradación de los suelos y se estableció la clasificación agrológica de los mismos. Se colectaron 33 muestras correspondientes a siete perfiles y se hicieron 23 determinaciones de laboratorio. Con los resultados obtenidos se concluyó que: a) Todos los suelos estudiados presentan características genéticas, morfológicas, físicas y químicas típicas del orden Vertisol y se les puede considerar como representativo de los Grandes Grupos Vertisol pálido y ² Vertisol cromico. b) La evaluación de la degradación de los suelos estudiados (Vertisoles) presentan actualmente niveles bajos de degradación actual; sin embargo, el riesgo de degradación potencial se consideró de moderado a alto lo que debe implicar la optimización de las prácticas de manejo y conservación de los suelos. c) La clasificación agrológica detectó como clase 1 a 3085 ha, clase 2 a 2322 ha, y clase 6 a 696 ha.

I. INTRODUCCION

El suelo es un recurso natural de mucha importancia, ya que constituye la base principal de los recursos bióticos y en particular para el hombre, de las materias primas que necesita para su vida. La productividad de los suelos, específicamente de aquellos incorporados a la actividad agrícola, depende de sus características físicas y biológicas, pero más importante es la actitud del hombre que, al manifestarse en su forma de manejo, logrará su conservación y mejoramiento o la degradación paulatina del mismo.

Las actividades agrícolas cada vez más extensivas e intensivas crean la necesidad de conocer mejor el suelo y aplicar las tecnologías que de dicho conocimiento deriven para dar un manejo más eficiente, no solo para incrementar la productividad sino para legar a las generaciones futuras un recurso que les permitirá seguir viviendo.

El presente trabajo sobre suelos se realizó en el Bajío Guanajuatense, zona de mucha importancia agrícola, en la que se ha ejercido una gran presión sobre los recursos naturales, en particular sobre el suelo. El área de estudio se encuentra al norte del municipio de Salamanca y representa una superficie de 6 103 ha.

Con base en lo anterior se plantearon los siguientes ob-

jetivos: 1. Caracterizar taxonomicamente a los suelos, 2. Mediante una metodología paramétrica evaluar cuantitativamente la degradación de los mismos y 3. Establecer una clasificación agronológica.

II. CARACTERIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

1. LOCALIZACION.

El área de estudio está ubicada en la provincia del Eje Neovolcánico, Subprovincia del Bajío Guanajuatense, situada en la parte norte norte del municipio de Salamanca, Guanajuato. Geográficamente, queda comprendida entre los paralelos $20^{\circ} 37'$ y $20^{\circ} 40'$ de latitud Norte y los $101^{\circ} 07'$ y $101^{\circ} 12'$ de longitud Oeste (Fig. 1).

2. GENERALIDADES DE LA SUBPROVINCIA DEL BAJIO GUANAJUATENSE.

El Bajío Guanajuatense es una gran llanura, interrumpida por pequeñas sierras volcánicas, mesetas lávicas y lomeríos que incluyen los municipios de Abasolo, Huanímaro, Irapuato, Pueblo Nuevo, Romita, Salamanca, Sn. Francisco del Rincón, Silao, Villagrán y parte de los municipios de Apaseo el Grande, Celaya, Cd. Manuel Doblado, Cortázar, Cuernámaro, León, Guanajuato, Cerral del Progreso, Purísima de Bustos, Sta. Cruz de Juventino Rosas y Valle de Santiago.

Es una gran llanura fértil con obras de irrigación de tal magnitud que han convertido a esta región en una de las zonas agrícolas de más importancia en el país, debido a que en ésta se encuentra una superficie representativa de agricultura de riego y se considera como la de mayor producción a nivel na-

cional, siendo su uso básicamente comercial.

La ganadería, minería y prestación de servicios, son junto con la agricultura la principal rama de actividades del estado. En términos generales, la Subprovincia es una zona con condiciones climáticas buenas para el desarrollo de praderas cultivadas y vegetación de pastizales, además posee altas posibilidades de uso pecuario.

A las llanuras, sierritas, mesetas y lomeríos de la Subprovincia se asocian siete sistemas de topoformas, los suelos de la región son de dos tipos, los derivados de aluviones y los desarrollados a partir del metarrial que lo sustenta. Sobre estos suelos, y dependiendo del clima y de la topografía locales, se desarrollan bosques de encinos, pinares-encinos, matorrales rosetófilos, mesquitales y pastizales naturales. En el cuadro Ns. 1 se concentran los principales datos relativos a la Subprovincia del Bajío Guanajuatense.

3. GENERALIDADES DEL MUNICIPIO DE SALAMANCA.

El municipio de Salamanca está situado en la parte sur del estado de Guanajuato, limitando al norte con el municipio de Guanajuato, Dolores Hidalgo y Allende; al este con Irapuato y Pueblo Nuevo; al oeste con Sta. Cruz de Juventino Rosas y Villagrán y al sur con Valle de Santiago y Cerral del Progreso. (Fig. 1).

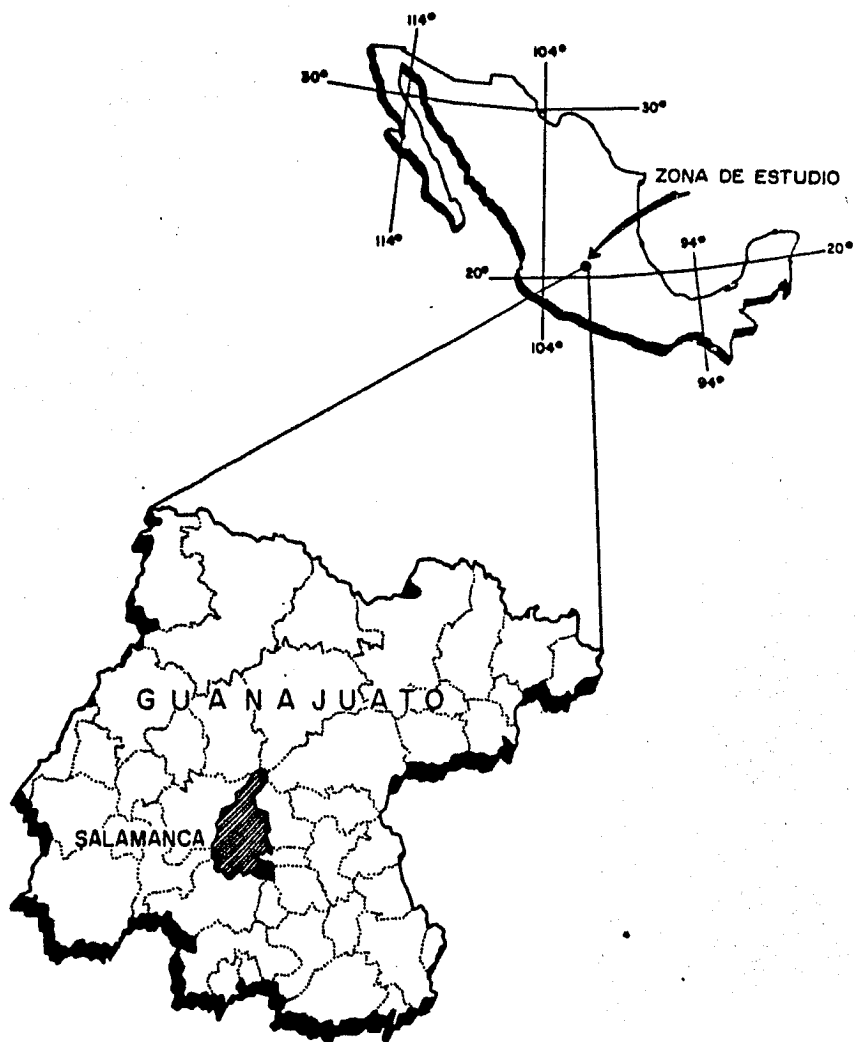


FIG. 1.- DIVISION MUNICIPAL DEL ESTADO DE GUANAJUATO

SUPROVINCIA DEL BAJO GUANAJUATENSE

Sistemas de Topografía	Suelos	Vegetación	AGRICOLA Alternativas de uso	PECUARIO	Limitaciones
Llanuras de Aluviones Profundas.	Vertisoles pélicos asociados a Faezems hálpicos.	Mezquital, Matorral Subtropical, Matorral Craicauale (nopales), Pastizal halófito y Pastizal Inducido.	Agricultura de riego y de temporal, mecanizada.	Pastoreo intensivo en praderas cultivadas.	Para cultivos temporales, el clima es a veces limitante.
Llanuras con Tepetates a Pozos Profundidad.	Panocoles y Vertisoles con altos índices de salinidad.	Mezquital.	Agricultura de riego y de temporal, mecanizada.	Pastoreo extensivo en la vegetación natural.	Salinidad y toxicidad, inundaciones.
Sierres de Laderas Tendidas.	Vertisoles pélicos asociados a Faezems hálpicos y limitados por una fase pedregosa.	Matorral Subtropical, Pastizal Inducido (en el Cerro el Vieito).	Agricultura de temporal, de subsistencia con labores manuales.	Pastoreo extensivo en la vegetación natural.	Relieve abrupto, altos índices de pedregosidad y suelos con 10 cm. de profundidad. Alto riesgo de deterioro del suelo y erosión.
Sierres de Cumbres Escarpadas.	Faezems hálpicos y litólicos asociados a Litocoles y limitados por una fase lítica.	Matorral Subtropical, Pastizal Inducido y Bosque de Encino (en pequeñas manchas aisladas).	Agricultura de temporal, de subsistencia con labores manuales.		Relieve abrupto, altos índices de pedregosidad y suelos con 10 cm. de profundidad. Alto riesgo de deterioro del suelo y erosión.
Mesetas de Laderas Abruptas.	Vertisoles pélicos asociados a Faezems hálpicos y limitados por una fase lítica.	Matorral Subtropical y Pastizal Inducido.	En las partes más bajas agricultura de temporal mecanizada.	Pastoreo extensivo en la vegetación natural.	Pendientes, suelos con 35-60 cm. de profundidad y algo de pedregosidad.
Mesetas con Lomeríos.	Faezems líticos limitados por una fase durica.	Matorral Subtropical y Pastizal Inducido.	Igual que en el anterior.	Lo mismo que en Mesetas de Laderas Abruptas.	Igual que en el anterior, pero en menor grado.
Lomeríos Asociados con Mesetas.	Vertisoles pélicos asociados a Faezems hálpicos.	Matorral Subtropical, Mezquital y Pastizal Inducido.	Lo mismo que en Sierres de Laderas Abruptas.		Las Sierres de Laderas.
Lomeríos Aislados.	Asociados con mesetas: Vertisoles pélicos limitados por una fase lítica. En contacto con las sierres de laderas tendidas: Vertisoles pélicos asociados a Faezems hálpicos y limitados por una fase lítica.	Pastizal Inducido, Pastizal Halófito y Matorral Subtropical.	Agricultura de riego y de temporal.	Pastoreo intensivo en praderas cultivadas.	Pendientes suaves, suelos profundos y erosión menor moderada (sobresale todo en las partes más bajas).

Cuadro 1. Datos principales del Bajío Guanajuatense

Salamanca es uno de los cuarenta y seis municipios del Estado de Guanajuato. Tiene una extensión aproximada de 773, 975 Km² representando el 2.53% del total del territorio del estado, su población es de aproximadamente 114,184 habitantes (DETENAL 1979).

III. ANTECEDENTES

1. DISTRIBUCION DE LOS VERTISOLES.

Con base en FAO 1967, los Vertisoles se encuentran en los cinco continentes, en zonas tropicales, subtropicales y templado-cálidas. En la Fig. 2 se indican las regiones donde - más abundan. La extensión mundial de las regiones de Vertisoles se calculan aproximadamente en unos 257 millones de hectáreas. Estos suelos abundan en Africa y al sur del Sahara, extendiéndose desde los márgenes del gran desierto hasta el extremo meridional del continente. En Asia los Vertisoles están repartidos de un extremo a otro de la mitad meridional - del continente, con regiones especialmente extensas en la Meseta Deccan, en la India.

En Australia, en América del norte y América del sur se encuentran importantes extensiones de estos suelos. En Australia aparecen al este y oeste del gran desierto, en América del norte se encuentran principalmente en la parte sur-central y en pequeñas extensiones en las secciones sudoccidentales.

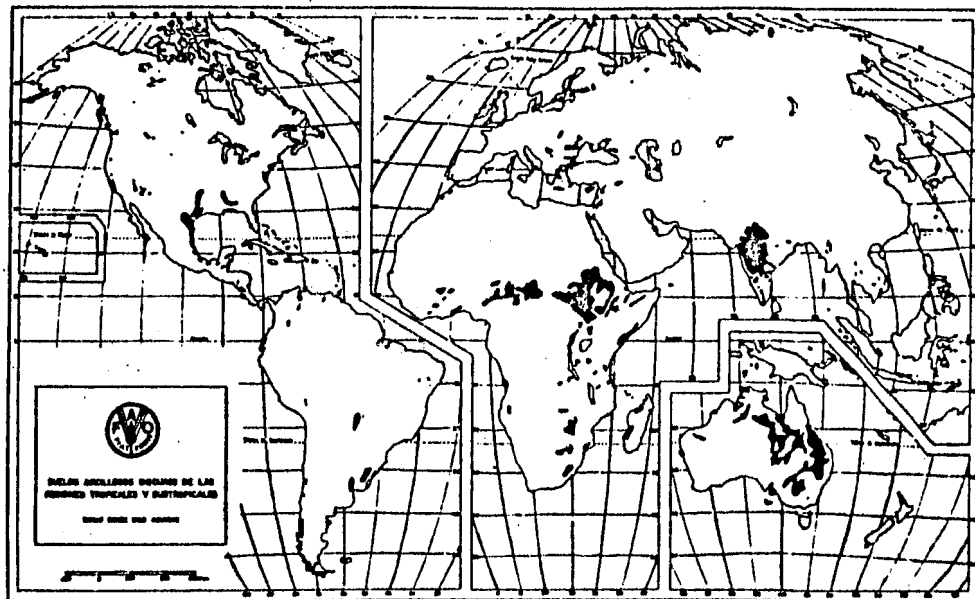


FIGURA 2. Suelos arcillosos oscuros de las regiones tropicales y subtropicales. Zonas donde más abundan.

En general se observa una distribución muy regular en las zonas intertropicales, excepto Australia (FAO- 1969)

En América del sur también abundan, los datos sobre su distribución y extensión son todavía limitados. En América central, Asia sudoriental e Islas del Pacífico se encuentran distribuidas extensiones pequeñas de estos suelos.

Puede decirse que la distribución geográfica de los Vertisoles es muy amplia, desde los 45° N a los 45° S.

2. CONDICIONES AMBIENTALES.

a) CLIMA.

Dada su distribución geográfica extensa, los Vertisoles existen bajo climas muy diversos, tanto en climas muy cálidos como en los fríos y en las zonas húmedas como en las áridas. El estudio de los datos registrados en 140 estaciones meteorológicas distribuidas en todas las regiones donde hay Vertisoles, revelan gran variedad de las condiciones climatológicas.

Las temperaturas medias anuales de las diferentes estaciones se han agrupado en clases, con variaciones de 5.5° C y se han representado por medio de un diagrama (Fig. 3) en función del número de estaciones. El diagrama muestra que la temperatura media anual oscila generalmente entre 15.5 y 26°C y que solo en unas pocas estaciones en la parte septentrional de los Estados Unidos, Canadá y Europa central, la temperatura media anual es inferior a 10°C. La diferencia entre la -

temperatura media máxima mensual y la mínima depende de la latitud a que se encuentran los suelos. El régimen medio anual de lluvias oscila, por lo general, entre 500 y 1000 mm (Fig. 4) y como máximo a 2000 mm en Indonesia.

La distribución de la precipitación es acusadamente estacional (Fig. 5 y 6). El período seco así como el húmedo se pueden presentar en cualquier época del año. Los Vertisoles, como muestran los datos relativos a la frecuencia de los meses secos, solo se dan en climas con una estación seca, que suele durar de 4 a 8 meses, mientras que la estación húmeda rara vez dura más de 7 meses.

En las zonas más secas las precipitaciones suelen ser muy variables. El índice de humedad de estas regiones que es el cociente entre la lluvia y la evapotranspiración suele estar comprendida entre 0.1 y 1.0, sin embargo cuando el período seco es breve varía entre 0.7 y 0.9. Los Vertisoles se encuentran principalmente, en zonas áridas a semiáridas de temperatura media anual elevada, con precipitaciones de 250 a 270 mm y con un período seco de 6 a 12 meses.

En términos de potencial agrícola, los diferentes climas ofrecen las siguientes posibilidades: en el clima desértico, todos los meses son secos y no es posible ningún cultivo sin riego; en el clima árido hay uno o más meses no secos, pero no hay ningún mes húmedo, por lo que los cultivos son casi

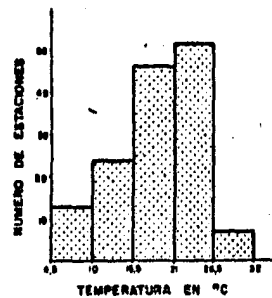


FIGURA 2. Temperaturas medias anuales de las regiones de suelos arcillosos oscuros.

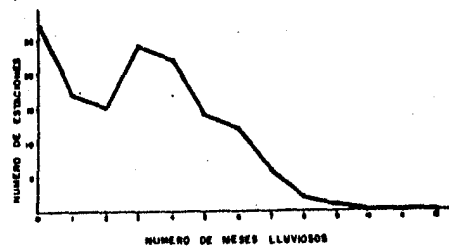


FIGURA 3. Número de meses lluviosos de las regiones de suelos arcillosos oscuros.

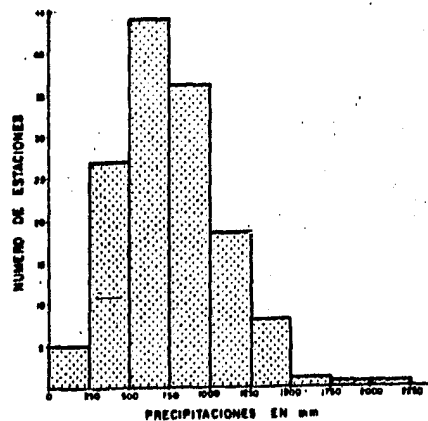


FIGURA 4. Precipitaciones medias anuales de las regiones de suelos arcillosos oscuros.



FIGURA 5. Número de meses secos de las regiones de suelos arcillosos oscuros.

imposibles sin riesgo, pero durante la breve estación no seca crece pasto natural. En las zonas semiáridas hay dos o tres meses húmedos, las precipitaciones anuales son inferiores al 44 por ciento de la evapotranspiración potencial anual y el período seco es muy largo, se obtiene gran rendimiento si hay riego. En el clima tropical monzónico las precipitaciones son superiores al 44 por ciento de la evapotranspiración potencial anual pero la escasez de agua es grande y es larga la estación seca; el maíz es un cultivo de tierra seca en casi todas las zonas húmedas, o bien con riego. Con el clima ecuatorial monzónico, la estación húmeda es breve de 3 a 4 meses, la estación seca no es muy larga y es de 4 a 5 meses, y la temperatura media mínima mensual es superior a 19°C todo el año, se puede conseguir buenos rendimientos si hay riego. En los climas templados semiáridos no hay ningún mes húmedo, pero el invierno es frío y no seco, con pastos durante el mismo. En el clima mediterráneo seco, algunos meses de invierno son húmedos y pueden practicarse los cultivos invernales sin necesidad de riego.

b) FISIOGRAFIA, TOPOGRAFIA Y DRENAJE.

Los Vertisoles se encuentran a alturas muy diversas, desde el nivel del mar, pero en su gran mayoría se encuentran a menos de 300 m s.n.m.. Hay sin embargo, extensiones importantes de estos suelos, como por ejemplo los suelos de las alti-

planicies etiópicas que se encuentran a alturas de hasta 2,200 m. s.n.m..

La topografía de estos suelos es muy variada: se encuentran en las extensas mesetas de la India, en las llanuras costeras de Texas y en las grandes cuencas continentales de Sudán. Las extensiones llanas de los Vertisoles se dan principalmente en las cuencas de diversos tipos, en las llanuras de aluviones, en antiguas llanuras de aluvión inundadas, en los valles y en las terrazas marítimas y fluviales. Pueden encontrarse en regiones más inclinadas como son las laderas de los valles, en las mesetas o perillanuras desecadas, en las laderas inferiores de los volcanes y en las colinas o montañas de roca resistente que corona una perillanura o topografía ondulada que se va aplanando suavemente. Los Vertisoles por su escasa permeabilidad y por la estructura inestable de la capa superficial, son muy susceptibles a la erosión del agua, incluso cuando su inclinación es muy suave.

Los Vertisoles proceden de varios materiales como rocas duras, basaltos, esquistos, pizarras, arcillas y margas lacustres; estos materiales de partida se dividen en dos clases: a) materiales arcillosos de origen sedimentario, como aluviones fluviales y marítimos, depósitos coluviales en depresiones o zonas de piedemonte, depósitos lacustres y margas. b) materiales arcillosos procedentes de la meteorización de las rocas duras o no consolidadas, como rocas sedimentarias (cali

zas), rocas eruptivas y metamórficas (basaltos, gravas, diabasas etc.), cenizas y lavas volcánicas (minerales ferromagnesianos y en carbonatos de Ca y Mg).

c) VEGETACION.

Tanto en las regiones tropicales como en las subtropicales la vegetación es casi siempre herbácea. En regímenes subhúmedos el tipo de vegetación es la sabana arbustiva y las gramíneas para las regiones semiáridas, en los climas húmedos la vegetación varía de la sabana arbustiva a los bosques de follaje semiperennes. En general, la vegetación natural se ha visto muy perturbada por la actividad del hombre, como las quemas y el pastoreo, por lo que las delimitaciones precisas entre bosques y sabanas son prueba de la influencia del hombre.

3. APROVECHAMIENTO Y PRODUCTIVIDAD DE LOS VERTISOLES.

Los Vertisoles están muy distribuidos por toda la superficie terrestre y por consiguiente se encuentran en regiones de climas muy diversos y son aprovechados por poblaciones con conocimientos técnicos de niveles muy diferentes. Algunas regiones de Vertisoles han sido cultivadas durante siglos, mientras que otras han permanecido prácticamente inalteradas. La explotación de estos suelos depende de una combinación de factores físicos, económicos y sociales.

La mayoría de estos cultivos dependen mucho del clima, especialmente de la temperatura y de la lluvia incluyendo además el nivel técnico de la población. En casi todas las regiones los Vertisoles se utilizan para más de un cultivo, aunque no es una práctica común la rotación sistemática de cultivos. Los niveles de producción agrícola de los Vertisoles están en todos los países estrechamente relacionados con los métodos de labranza, ya que estos dependen, a su vez del adelanto técnico de las regiones que explotan estos suelos. Por lo que la producción total, obtenida por unidad de superficie ó por día-hombre de trabajo, será siempre mayor.

4. NATURALEZA, ORIGEN Y CLASIFICACION DE LOS VERTISOLES.

Los Vertisoles considerados como grupo, muestran una gran uniformidad en muchas propiedades de su perfil y no presentan horizontes nítidos. La secuencia dominante está formada por los horizontes A, AC y C. Algunos perfiles se pueden presentar además horizontes de acumulación de carbonatos, horizontes D y horizontes de gley.

El horizonte A se caracteriza por una acumulación de materia orgánica, que se refleja entre arcilla y materia orgánica. Este horizonte está compuesto generalmente de dos o tres sub-horizontes ligeramente diferenciados en color, estructura y consistencia.

El horizonte AC es de transición desde la capa superficial con su acumulación de materia orgánica, hasta el material de partida subyacente u Horizonte C. Sus características son usualmente de graduación entre los horizontes superior e inferior. En unos pocos perfiles, este horizonte AC se compone de lenguas interpenetrantes de los horizontes A y C. Puede faltar en algunos otros perfiles por el límite brusco entre los horizontes A y C.

El horizonte C puede estar compuesto de cualquiera de las variedades de los materiales rocosos in-situ desintegrados, parcialmente meteorizados, o bien estar compuestos de materiales rocosos meteorizados transportados por el agua, el viento o la gravedad. En perfiles más profundos pueden existir horizontes compuestos de carbonatos de calcio, acumulado en formas concrecionarias o finamente divididas.

En algunos Vertisoles se presenta el horizonte D debajo del horizonte C o reemplazando parte del mismo. Estos suelos se han formado de sedimentos de textura fina, con espesores de 50 cm a 2 m sobre materiales no consolidados.

5. CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS.

Las concreciones y guijarros en los perfiles de los Vertisoles pueden distribuirse uniformemente en los horizontes Ap y AC. La estructura del horizonte superior es granular, de-

bajo se encuentra el horizonte medio AC con una estructura en bloques, prismática y de cuñas, con la profundidad las cuñas unitarias se vuelven progresivamente de mayor tamaño con superficies marcadas de slickensides o aglomerada. El grado estructural varía de muy débil a fuerte. El agrietamiento y la dilatación de los Vertisoles ocasionan un microrelieve característico denominado gilgai, solo se forma en los materiales depositados en lugares muy húmedos, su topografía presenta considerables diferencias de magnitud y de forma.

a) HORIZONTE A.

En estos suelos, los horizontes A son típicamente oscuros. Los colores más frecuentes en húmedo son el gris muy oscuro y el pardo grisáceo muy oscuro, tienen casi siempre las tonalidades 10YR, 5YR y 2.5YR. Cuando los suelos están secos los valores aumentan generalmente una unidad. Los suelos oscuros son característicos de un drenaje deficiente. El espesor de un horizonte Ap es de 30 a 90 cm aproximadamente.

Con respecto a la consistencia de estos suelos pueden ser plásticos y adherentes o muy plásticos y muy adherentes. Cuando están secos, los horizontes Ap son duros o sumamente duros.

b) HORIZONTE AC.

Los colores de los horizontes AC son más variados y están

más dispersos, son más claros y más intensos que los de los horizontes Ap. Algunos horizontes AC tienen manchas a causa de las masas interpenetrantes de los horizontes Ap y C adjuntos, o a los gley debido a un drenaje insuficiente. El espesor medio de los horizontes AC es aproximadamente de 30 cm variando de 12 a 60 cm. Su estructura es aglomerada y en bloques débil o moderada y su consistencia del horizonte AC es muy plástica y muy adherente.

c) HORIZONTE C.

El color del horizonte C depende de la naturaleza del material original y de su meteorización, comprende la gama completa de matices, valores e intensidades. El espesor de este horizonte varía ya que el límite inferior se determina arbitrariamente. Suele carecer de estructura aunque puede existir en bloques manifestándose débilmente y la estructura es laminar de fuerte a moderada. La consistencia es más variada en los horizontes C y no son plásticos ni adherentes, pero cuando se mojan pueden endurecerse al secarse. El carácter de los horizontes C refleja intensamente la naturaleza original del material que proceden.

6. PROPIEDADES FISICAS Y COMPOSICION QUIMICA.

a) TEXTURA.

La textura es generalmente arcillosa y algunas veces es franco limosa o franca con un contenido de arcilla de 30 al 80%. En algunos casos aumenta con la profundidad gradualmente y en otros disminuye, lo cual se debe probablemente al material parental. La cantidad de limo es del 10 al 40% del total del suelo y la fracción arenosa es generalmente baja.

b) pH.

El pH depende de la composición del material parental y de las condiciones topográficas y climatológicas. Los valores de pH de los horizontes superficiales de los Vertisoles varía entre 6 y 7.5 pero, cuando el contenido en carbonato de calcio es elevado varía de 7.2 a 8.5. Por lo general el pH aumenta con la profundidad al incrementarse el carbonato de calcio.

c) DENSIDAD APARENTE.

Los Vertisoles se caracterizan por una fuerte densidad - aparente se han registrado valores hasta de 2.08 por el método del terrón seco y en el horizonte debilmente granular se han encontrado valores generalmente de 1.8.

d) MATERIA ORGANICA.

El contenido de materia orgánica de los Vertisoles es relativamente bajo, este contenido parece estar relacionado con

la vegetación natural o con los cultivos que se practican. En la estación experimental Blackland de Texas se observaron diferencias entre las parcelas cultivadas con maíz en permanencia, las sometidas a rotación de cultivo y las cultivadas de permanencia durante veinte años con pasto Bermuda, estas capas arables tenían un contenido de materia orgánica de 2.05%, 2.28% y 3.94% respectivamente.

e) CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO TOTAL.

En las capas superficiales el contenido en materia orgánica puede influir en la capacidad de intercambio de base, la cual varía regularmente con la profundidad, lo que hace pensar que el papel más importante corresponde a los componentes minerales del suelo. Se han reportado datos de 24 a 35 meq/100g de suelo y en los Vertisoles de Arkansas y de Ghana de 60 a 80 meq/100g.

f) CONTENIDO EN ELEMENTOS NUTRITIVOS.

Además de sus propiedades físicas y de su color oscuro, una de las más importantes características es su alto grado de saturación básica con un 50% o más en casi todos los perfiles. El calcio y el magnesio prevalecen en la composición de los complejos de sorción. En la India, el contenido de calcio satura del 60 al 80% de complejo de sorción y el magnesio del 10 al 30%. En algunos casos el calcio cambiabile so

brepasa la capacidad de cambio por la presencia de compuestos solubles de calcio, como carbonatos de calcio. El potasio y el sodio existen en el complejo de sorción en cantidades variables. Las cantidades de potasio son generalmente pequeñas, en Africa central se han encontrado datos de 0.1 a 0.3 meq/100g, se han dado casos de niveles superiores de 1 y 0.7 meq/100g.

La saturación del complejo de sorción por el potasio no sobrepasa por lo general el 2%. Las cantidades de sodio son también pequeñas en los Vertisoles, en Africa central se han reportado datos de 0.2 meq/100g. de suelo, en Bezira y Sudán de 3 a 10 meq/100g. La saturación con el sodio es inferior, normalmente al 5%, aunque en los horizontes inferiores puede llegar al 10% aproximadamente.

El manganeso y el fósforo asimilable son generalmente escasos, en la India se reporta como 0.09 a 53 meq/100g de suelo y de 10ppm. respectivamente. El contenido de nitrógeno es tá estrechamente relacionado con el contenido en materia orgá nica. En el Sudán, Valle del Níger y el Alto Volta se han re gistrado cifras de 0.04 a 0.06%.

La presencia de carbonatos de calcio no es característica absoluta de los Vertisoles, aunque en muchos de estos suelos sí existen. El contenido es muy variable, en la India se han reportado datos de 0.5 a 8% y en Australia del 5 al 15%, tam-

bien pueden estar presentes como concreciones o en pequeñas partículas. Los Vertisoles presentan frecuentemente importantes cantidades de sulfato cálcico y sulfato magnésico como en algunas regiones del Sudán, la acumulación de estas sales se ve favorecida por el clima árido en un período largo del año.

7. MINERALOGÍA.

En casi todas las zonas donde se han estudiado los Vertisoles mineralógicamente, la montmorillonita y las arcillas de la capa mixta constituyen una parte importante de la formación arcillosa. A esto se une una gran capacidad de cambio catiónico y las propiedades de dilatación, de plasticidad y de adherencia de estos suelos. En Ghana, los perfiles analizados muestran un predominio claro de la montmorillonita, algo diluida en algunos otros minerales de arcilla que se supone ser ilitas.

En la India la fracción arcillosa se ha subdividido en arcilla gruesa (1.4 a 0.1 micrones), arcilla fina (0.1 a 0.06 micrones) y arcilla superfina (menos de 0.06 micrones). La fracción más fina contiene un 70% de montmorillonita, un 10% de caolinita, un 15% de mica y un 5% de cuarzo, mientras que la arcilla gruesa solo contenía del 25 al 35% de montmorillonita, los demás componentes eran principalmente cuarzo y caolinita.

En los perfiles de los Estados Unidos, la fracción de Ar-

cilla fina (menos de 0.2 micrones) está compuesta predominantemente de montmorillonita, con caolinita, illita, vermiculita y aloisita como componentes secundarios. La fracción limosa se caracteriza por illita, mientras que en otros perfiles domina la caolinita. La fracción arcillosa gruesa (2 a 0.2 micrones) puede estar compuesta principalmente de caolinita, - montmorillonita, illita, vermiculita y aloisita en cantidades menores. En general los Vertisoles parecen desarrollarse fácilmente de rocas ricas en anfíbolos y piroxenos, con mucha hornblenda y plagioclasa. A las propiedades citadas anteriormente no solo varían con el material parental, grado de desarrollo del suelo, condiciones climáticas y cultivos practicados, sino que también produce considerables variaciones cuando los suelos están muy cerca de lugares con un microrelieve gilgai.

8. OTROS ESTUDIOS SOBRE VERTISOLES EN MEXICO.

En México los vertisoles se encuentran distribuidos en los siguientes estados: Baja California, Campeche, Chiapas, Guanajuato, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Morelos, Querétaro, Quintana Roo, Tamaulipas y Yucatán, (López Ramos, 1983) (Fig. 7).

Los estudios realizados en México sobre los Vertisoles han sido muy generales, recientemente DETENAL (1975), llevó a cabo una investigación sobre los Vertisoles en el país, aportando con esto características morfológicas y taxonómicas de es-

Figura 7 Mapa de suelos de la República Mexicana

tos suelos, así como el desarrollo de la carta edafológica. Barbosa (1981) y Mata (1981) efectuaron estudios edáficos sobre estos mismos suelos contribuyendo de una manera general al conocimiento de los Vertisoles. Castellanos (1982) también desarrolló otros estudios edáficos sobre los Vertisoles, realizando la caracterización de estos suelos y su clasificación taxonómica. Todos estos estudios en general solo nos dan características morfológicas y taxonómicas pero aportan muy poco sobre su génesis y otros aspectos importantes sobre estos suelos.

IV. METODOLOGIA

1. GABINETE

A. DESCRIPCION Y CARACTERIZACION DE LOS SUELOS

La metodología empleada para desarrollar este concepto se basó principalmente en la utilizada actualmente por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (1984) mediante el sistema FAO-UNESCO (1974), modificado por DETENAL y consistió básicamente en:

a) FORMULACION DE HIPOTESIS.

La formulación de hipótesis sobre la génesis de estos suelos, se realizó con base en los factores formadores que exis-

ten en la zona de estudio, considerando su grado de desarrollo, morfología, características físicas y químicas que presentan.

b) COMPARACION.

Se comparó esta investigación con otros estudios y clasificaciones anteriormente realizados, evaluando en cada uno la calidad, nivel del trabajo y los resultados obtenidos.

c) CLASIFICACION MORFOLOGICA.

Se procedió a la clasificación morfológica, física y química de cada uno de los horizontes obtenidos en el campo.

d) CLASIFICACION FAO.

Se procedió a la clasificación de estos suelos a través del sistema FAO-UNESCO (1974), correlacionándolos con algunos de los sistemas taxonómicos empleados en los trabajos anteriores.

e) CARTOGRAFIA DE LOS SUELOS.

Las representaciones cartográficas de este trabajo se hicieron en una escala de 1:50 000 (semidetalladas), siguiendo los lineamientos utilizados por INEGI.

B. EVALUACION DE LA DEGRADACION DE LOS SUELOS.

La metodología empleada fué la propuesta por FAO en 1980

y se realizaron las siguientes etapas:

a) OBSERVACIONES Y MEDICIONES.

Se realizaron observaciones y mediciones directas en campo, tales como: longitud de pendiente, grado de inclinación, efectos de erosión hídrica y respuesta de cultivos a la degradación. Sintetizando estos datos en los diferentes mapas, - gráficas, tablas y cuadros presentes en este trabajo, en el - Gabinete inciso b.1 se obtuvieron los datos climáticos de la estación meteorológica de Salamanca y se calcularon otros mediante el segundo sistema de Thornthwaite (1948).

b) TELEDETECCION.

Se utilizaron principalmente fotografías aéreas en blanco y negro, estas fotografías presentan una escala de 1:50 000 y su cubrimiento en la zona comprende la Faja 13 con las fotografías 6, 7, 8 y 9 y la Faja 14 con las fotografías 24, 25, 26 y 27. Estas fotografías fueron tomadas con una cámara con objetivo gran angular cuya distancia focal es de 150 mm cada una de las fotografías presenta un traslape lateral de $\pm 30\%$ y un traslape longitudinal de $\pm 60\%$, se utilizó una película con formato de 23 X 23 cm calculándose una altura de vuelo aproximada de 7 500 m.

c) EVALUACION POR METODOS PARAMETRICOS.

Para la evaluación de la degradación de estos suelos se

tomó como base el sistema FAO (1980), el cual utiliza muchas de las ecuaciones básicas establecidas por USLE (1959), Wischmeier (1965), Jhonson y Cross (1971), Foster y Wischmeier - (1973) y Arnoldus (1977). FAO ha simplificado y modificado estas ecuaciones a un nivel de aplicación práctica para los países en donde las informaciones e investigaciones son limitadas, por lo que FAO utiliza valores aproximados que representan medias promediadas de las ecuaciones originales. Las evaluaciones obtenidas mediante el empleo de esta metodología FAO, son relativas a los siguientes conceptos:

c.1) EROSION HIDRICA.

La fórmula utilizada en este trabajo es una modificación propuesta por FAO del Índice de Fournier (1960), la situación básica u original se expresa así:

$$A = R K L S C P$$

donde

A = pérdida computada de suelo por unidad de superficie.

R = factor lluvia.

K = factor erosionabilidad del suelo.

L = factor longitud del declive.

S = factor pendiente del declive.

C = factor cultivo-explotación.

P = factor práctica de medidas de lucha contra la erosión.

La ecuación modificada por FAO y empleada en este trabajo

para determinar el riesgo de erosión hídrica es la siguiente:

$$\sum_{1}^{12} \frac{P^2}{P} \times K \times T = \text{Riesgo de Erosión hídrica} \dots\dots (1)$$

donde

$$f \sum_{1}^{12} \frac{P^2}{P} = R' = \text{Agresividad climática}$$

$$K = \frac{\text{Erosionabilidad del suelo} \times \text{Textura}}{\text{Núm. de suelos}}$$

$$T = L + S$$

La ecuación general empleada para determinar la erosión hídrica actual es :

$$R' \times K \times T (C + V) P \dots\dots\dots (2)$$

donde

C = tipo de cultivo (incluye superficie cultivada y densidad de cultivo).

V = superficie con vegetación natural y porcentaje de cobertura de ésta.

P = técnicas de cultivo.

Los resultados de ésta ecuación se expresan en t/ha/año o en mm/año.

c.2) EROSION EOLICA.

Para la evaluación de la erosión eólica se pensó utilizar una forma modificada por FAO del índice eólico de Chapin (1962). Esta forma modificada es:

$$R' = \frac{1}{100} \sum_{1}^{12} V^3 \left(\frac{PET - P}{PET} \right) \times n) \dots\dots (3)$$

donde

V = Velocidad media mensual del viento a
2m de altura, m/seg.

P = precipitación anual, mm.

PET = evapotranspiración potencial mm.

$\frac{PET - P}{PET} \times n$ = número de días en que hay erosión
por mes.

En áreas regadas:

$$\frac{PET - (P + Q)}{PET} \times n \dots\dots\dots (4)$$

donde

Q = agua proporcionada mediante el rie-
go mm.

Si $P + Q = \frac{PET - (P + Q)}{PET} \times n = 0$; luego $R' = 0$

la erosividad del viento es nula du-
rante el período del riego.

Esta fórmula se complementa tomando en cuenta además, los
siguientes factores:

t = textura del suelo.

vnc = valoración del suelo no calcárico.

vc = valoración del suelo calcárico.

vpg = valoración del suelo pedregoso o gra-
voso.

cac = valoración de cultivos anuales de pe
ríodo corto.

cr = cultivo de regadío.

vn = vegetación natural.

%c = por ciento de cobertura de vegetación
natural.

Los resultados de ésta ecuación se pueden expresar en t/ha
/año.

c.3) SALINIZACION.

De acuerdo con FAO se debe establecer una clara distinción
entre suelos que presentan salinización con mantos freáticos
elevados y suelos con salinización sin mantos freáticos elevada
dos, indicando además, que en los terrenos que no se aplica
agua de riego el índice correcto para aplicar es:

$$R' = \frac{PET}{P \times 10} \dots\dots\dots (5)$$

donde

R' = agresividad climática.

PET = evapotranspiración potencial.

P x 10 = precipitación anual x 10

En los suelos con riego, con agua de buena calidad se utili
liza la fórmula:

$$\frac{PET}{(P + Q) \times 10} \dots\dots\dots (6)$$

donde

Q = cantidad de agua de riego empleada.

FAO recomienda que además se estiman los siguientes valores:

t = textura.

Pas = profundidad de las aguas subterráneas.

T = topografía.

vn = vegetación natural.

c = cultivo

Los resultados de esta ecuación se expresa en mmhos/cm/año.

c.4) SODIFICACION.

Para la determinación de la sodificación al igual que en el caso de la salinización²⁷ se establece una distinción entre las áreas de aguas subterráneas sodificadas y sin ellas. Aplicando para la determinación de R' la fórmula (5), valorando además los mismos factores establecidos para la salinización, aunque en el caso de la salinización el valor de estos factores son diferentes a los de sodificación.

Los resultados obtenidos se expresan como un aumento del ESP/año/60 cm profundidad del suelo.

c.5) DEGRADACION QUIMICA

De acuerdo con FAO existe una propensión general de los suelos tropicales a la lixiviación la cual en nuestro país se acentúa debido a prácticas inadecuadas, tales como la tala de

vegetación, mal empleo de fertilizantes y uso inadecuado de la tierra.

En el caso particular de los suelos estudiados las fórmulas empleadas fueron las siguientes:

$$R' = \sum_{1}^{12} \frac{P - PET}{100} (P - PET \ 0) \dots\dots (7)$$

utilizando además los siguientes factores:

t = textura del suelo.

r = tipo de arcilla.

T = topografía.

quedando la fórmula general empleada como sigue:

$$D.Q = R' \times t \times r \times T$$

Los resultados se expresan en por ciento de disminución de saturación de bases.

El riesgo de degradación química que implique una toxicidad diferente de la salinización y de la sodificación no existe en ninguna de las informaciones consultadas, y FAO considera este riesgo como improbable.

c.6) DEGRADACION FISICA

Para la evaluación del riesgo de degradación física¹⁵ se hizo uso de la fórmula (1), aunque en este caso la valoración de R' difiere de la utilizada para la evaluación del riesgo de erosión hídrica¹⁶. Para el uso de esta fórmula de degrada

ción física se tomaron en cuenta los siguientes factores:

CE = erosionabilidad del suelo

T = topografía.

D.A = densidad aparente.

empleando además la siguiente ecuación:

$$\frac{+ 0.75 \text{ de limo grueso (2-50)}}{\text{arcilla (2) + (10 M.O \%)}} \dots (8)$$

expresándose los resultados en por ciento de la disminución de la permeabilidad/año y por ciento de aumento de la D.A/año.

c.7) DEGRADACION BIOLOGICA.

Para la degradación biológica se empleó la siguiente fórmula:

$$K_2 = \frac{P}{PET} \sum_{1}^{12} e^{0.1065t} \times \frac{P}{PET} \dots (9)$$

(si $P > PET$, $\frac{P}{PET} = 1$); (si $t < 0$, $t=0$).

donde

K_2 = mineralización.

t = temperatura mensual.

P = precipitación pluvial mensual.

PET = evapotranspiración potencial mensual.

C. CLASIFICACION DE LOS SUELOS POR LIMITANTES NATURALES.

Para la clasificación de los suelos por limitantes naturales se consideraron los factores limitantes de acuerdo a lo -

propuesto por el Dr. Velasco-Molina (1983). Fundamentalmente estos factores son: deficiencia de agua (c), pendiente (T), profundidad efectiva del suelo (P), obstrucciones (O), inundaciones (I), salinización (S), sodicidad (N), acídés (A), erosión (E), drenaje interno (b) e inestabilidad (B). Los resultados se expresan en %.

2. CAMPO

El trabajo de campo se hizo con base en la metodología utilizada actualmente por el departamento de Edafología de INEGI; y consistió de las siguientes etapas:

a) Localización por medio de las fotografías aéreas de posibles puntos de muestreo y verificación.

b) Recorrido preliminar en la zona.

c) Planeación del tiempo y costo de trabajo definitivo de campo.

d) Se obtuvieron los puntos de verificación y posteriormente se decidieron los puntos de muestreo de perfiles.

e) Se muestrearon los perfiles de acuerdo a los horizontes clasificados en el campo.

f) Se establecieron diferentes observaciones sobre las características morfológicas, genéticas, de degradación y de -

clase de uso de estos suelos.

g) Toda la información recabada en campo, fué vaciada sobre las fotografías aéreas y sobre los mapas base.

h) Las muestras recolectadas, fueron trasladadas para su análisis al laboratorio de edafología del Instituto de Geología de la UNAM.

3. LABORATORIO

Las determinaciones físicas y químicas de las muestras de suelo se realizaron en el Departamento de Edafología del Instituto de Geología de la UNAM. Una vez secadas y tamizadas, se practicaron a las muestras las determinaciones siguientes:

A. DETERMINACIONES FISICAS.

Se determinó el color por comparación con las tablas Munsell. Densidad aparente por el método de probeta (g/ml). Densidad real por el método del picnómetro (g/ml). Textura por el método de hidrómetro de Bouyoucos (%)³⁵. Porosidad por la relación entre la densidad aparente y densidad real.

B. DETERMINACIONES QUIMICAS.

La reacción del suelo (pH), se llevó a cabo por medio del potenciómetro Corning 10, con electrodos de vidrio y calomel, se utilizó una suspensión de suelo-agua en relación a 1:2.5. Materia orgánica se usó el método de Walkley y Black (1947)²¹.

Capacidad de intercambio catiónico total y cationes intercambiables por saturación con acetato de amonio 1N, pH7, por el método de percolación, clacio y magnesio por titulación con versenato, sodio y potasio por flamometría con el aparato Corning 400. La conductividad eléctrica fué medida en el extracto de pasta de saturación mediante el puente de conductividad Philips PR 9501 (mmhos/cm. 20°C). Cationes y aniones solubles, los extractos se obtuvieron de pastas de saturación: calcio y magnesio por titulación con versenato, sodio y potasio por flamometría con un aparato Corning 400; carbonatos y bicarbonatos por titulación con ácido sulfúrico, cloruros por titulación con nitrato de plata y sulfatos como precipitado de sulfato de bario.

V. SUELOS

1. GENESIS DE SUELOS.

La formación y las características específicas de los Vertisoles están estrechamente relacionados en la contracción y expansión de la masa del suelo¹³ y con el volteo de los materiales del suelo. Estos fenómenos son debidos a una textura pesada, a un predominio de las arcillas dilatables de la fracción fina y a marcadas variaciones del grado de humedad. La génesis de los Vertisoles está regida por los factores que favorecen la formación de arcillas del tipo expansible y por las condiciones que permiten el humedecimiento y desecación sucesivos².

Las arcillas expandibles pueden existir en el material original de partida del suelo o formarse por síntesis durante el proceso de meteorización de la roca¹⁴. La primera posibilidad parece limitada a los seimentos lacustres depositados en los medios alcalinos e intensamente magnésicos. La estabilidad de estas arcillas depende, no obstante, de que no haya una lixiviación importante o de un aporte constante de tierra alcalina de origen exterior. Si la sedimentación va seguida de un medio ácido tiende a establecerse un nuevo equilibrio por la transformación de montmorillonitas en illitas y coalitas. En lo que respecta a los minerales de arcilla formada por la meteorización de rocas in-situ, los datos actuales indican la síntesis de los minerales expandibles de este tipo, que es favorecida por un nivel adecuado de tierras alcalinas de meteorización. El magnesio desempeña una función en la síntesis de la montmorillonita, mientras que el calcio mantiene un nivel favorable de pH para su formación.

Las tierras alcalinas son generadas por la meteorización de las rocas básicas, por ejemplo las que tienen un contenido relativamente elevado en plagioclasa, minerales ferromagnesianos y carbonato cálcico o magnésico, o bien por un enriquecimiento secundario debido a las aguas de inundaciones o de infiltración en las llanuras y depresiones. La síntesis de la arcilla puede ocurrir sólo cuando esos elementos una vez liberados, permanecen un período de tiempo suficiente en la zona

de meteorización. La retención de estos elementos móviles aumenta cuando las condiciones climatológicas no dan lugar a una rápida lixiviación, aún permitiendo una meteorización intermitente. De este modo suelen formarse los Vertisoles en climas alternativamente secos y húmedos.

Los Vertisoles se forman en medios adecuadamente provistos de magnesio y de calcio, con un clima suficientemente cálido y húmedo para permitir la meteorización, aunque a veces lo suficientemente seco para producir amplias grietas⁹. Estas condiciones suelen darse en lugares donde los suelos se desarrollan a partir de materiales básicos, en climas con altas temperaturas medias, con un régimen de lluvias de medio a moderado y con una estación seca marcada, como es el caso de climas templados, tropicales o subtropicales en donde los períodos secos y húmedos se alternan marcadamente. No obstante pueden también desarrollarse con fuertes lluvias cuando la lixiviación es menor por la impermeabilidad del material parental y por una intensa evaporación.

Los Vertisoles pueden también formarse de rocas madres ácidas cuya falta de bases es compensada por tierras alcalinas - aportadas por infiltración desde las tierras altas adyacentes. Pueden formarse de una gran variedad de materiales de partida y bajo condiciones climatológicas muy diversas.

Los efectos de la contracción y de la dilatación de estos

suelos permiten su autorrenovación, debido en gran parte a la penetración profunda e irregular de la materia orgánica en el suelo, el espesor y límite inferior frecuentemente ondulado - del horizonte Ap, la forma y naturaleza de los suelos estructu rales, distribución y emplazamiento de las concreciones y cantos en la masa del suelo, formación local de un microrelieve especial, conservación de una cierta fertilidad y de una elevada saturación básica, resistencia a la salinización de los horizontes superiores, la falta de horizontes nítidos salvo el horizonte Ap y la carencia de una importante migración arcillosa se deben principalmente a los efectos de la contracción, dilatación y autorrenovación de los suelos.

A. FACTORES FORMADORES DEL SUELO

Los factores formadores del suelo se consideran como los estacionales y bioclimáticos. (Duchaufaur, 1980), los cuales desencadenan procesos de formación del suelo produciendo varia ciones en las propiedades físicas y químicas en el material pa rental (Joffe, 1953), se dividen en dos grupos:

a) FACTORES ESTACIONALES.

a.1) RELIEVE.

El relieve del Estado de Guanajuato está formado por sie rras, valles, lomeríos, mesetas y llanuras, contornando un pai

saje accidentado y diverso en el que se presenta un mosaico complejo³ de climas, suelos y vegetación local⁴. Se localizan tres provincias fisiográficas (Detenal, 1980), hacia el norte, la Mesa Central y una parte de la Sierra Madre Oriental y aproximadamente desde la parte media del estado y ocupando toda su parte sur el Eje Neovolcánico. En el Estado de Guanajuato y dentro del Eje Neovolcánico quedan representadas cinco subprovincias: todo el Bajío Guanajuatense, parte de los Altos de Jalisco, las Sierras volcánicas, Llanos de Querétaro y Sierras y Lagos del Centro.

El Bajío Guanajuatense es una gran llanura, interrumpida por pequeñas sierras volcánicas, mesetas lávicas y lomeríos - que incluyen los municipios de: Abasolo, Huanímaro, Irapuato, Pueblo Nuevo, Romita, Salamanca, San Fco. del Rincón, Silao y Villagrán, incluyendo parte de los Municipios: Apaseo el Grande, Celaya, Ciudad Manuel Doblado, Cortazar, Cuerámaro, León, Guanajuato, Seral del Progreso, Purísima de Bustos, Santa Cruz de Juventino Rosas y el Valle de Santiago. (En el cuadro No. 1 se concentran los principales datos relativos a la subprovincia del Bajío Guanajuatense).

a.2) GEOLOGIA.

En el estado existen afloramientos de rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas que varían sus edades del mesozoico hasta el reciente (Detenal, 1980)⁶. La provincia del Eje Neo

volcánico se caracteriza por la presencia de una gran cantidad de formas volcánicas diversas como: conos, calderas y coladas. Existe también gran cantidad de fracturas y fallas asociadas al vulcanismo terciario y cuaternario, dando lugar a lagos como el de Yuriria. En la zona de estudio se encuentran aluviones del pleistoceno y del reciente cubriendo la mayor parte, así como rocas extrusivas básicas predominando el basalto.

a.3) TIEMPO.

Se considera tiempo cero al punto en que se inicia un ciclo de desarrollo edáfico a partir del material de origen. Una catástrofe puede marcar esta iniciación, que podría deberse a una erupción volcánica o a un cambio en la topografía del sustrato, marcando así un tiempo cero en la génesis del suelo². El tiempo que se necesita para la formación del suelo, es variable y va a depender de que el material parental sea permeable o impermeable, así como del clima que lo afecte.

b) FACTORES BIOCLIMATICOS.

b.1) CLIMA.

De acuerdo a Koppen modificado por García (1973), en la entidad se distinguen cuatro climas: al suroeste se presenta un clima semicálido subhúmedo, al sureste templado, hacia el norte predomina un clima semiseco templado y la Sierra de la Media Luna, también en el norte, es templado subhúmedo. La épo-

ca de lluvias es en verano. En la zona de estudio se presenta un clima semicálido húmedo (A) C (w_o) (w), intermedio en cuanto a humedad, con un porcentaje de lluvia invernal menor que el 5% del total anual⁷.

Los rangos de precipitación media anual están entre los 700 y 800 mm. con una temperatura media anual que va de los 18 a 20°C. El mes de máxima lluvia es agosto, con un valor entre los 160 a 170 mm y el mes de menor incidencia pluvial es febrero. El mes más cálido se registra en mayo con temperaturas entre los 23 y 24°C y el más frío en enero con un valor de 15 a 16°C. (Fig. 8).

Con el fin de establecer una relación más estrecha entre el suelo, la vegetación y los cultivos de la zona con el clima³², se optó por establecer un balance con base a la fórmula de Thornthwaite, (1948). (Cuadro 2, Fig. 9), utilizando los siguientes índices:

$$I_h = \frac{100 S_a}{E_p a} = \frac{100 \times 13.44}{92.59} = 14.5 \%$$

donde

I_h = índice de humedad en %

S_a = demasía anual de agua en cm.

$E_p a$ = evapotranspiración anual en cm.

$$I_a = \frac{100 d_a}{E_p a} = \frac{100 \times 30.89}{92.59} = 33.36 \%$$

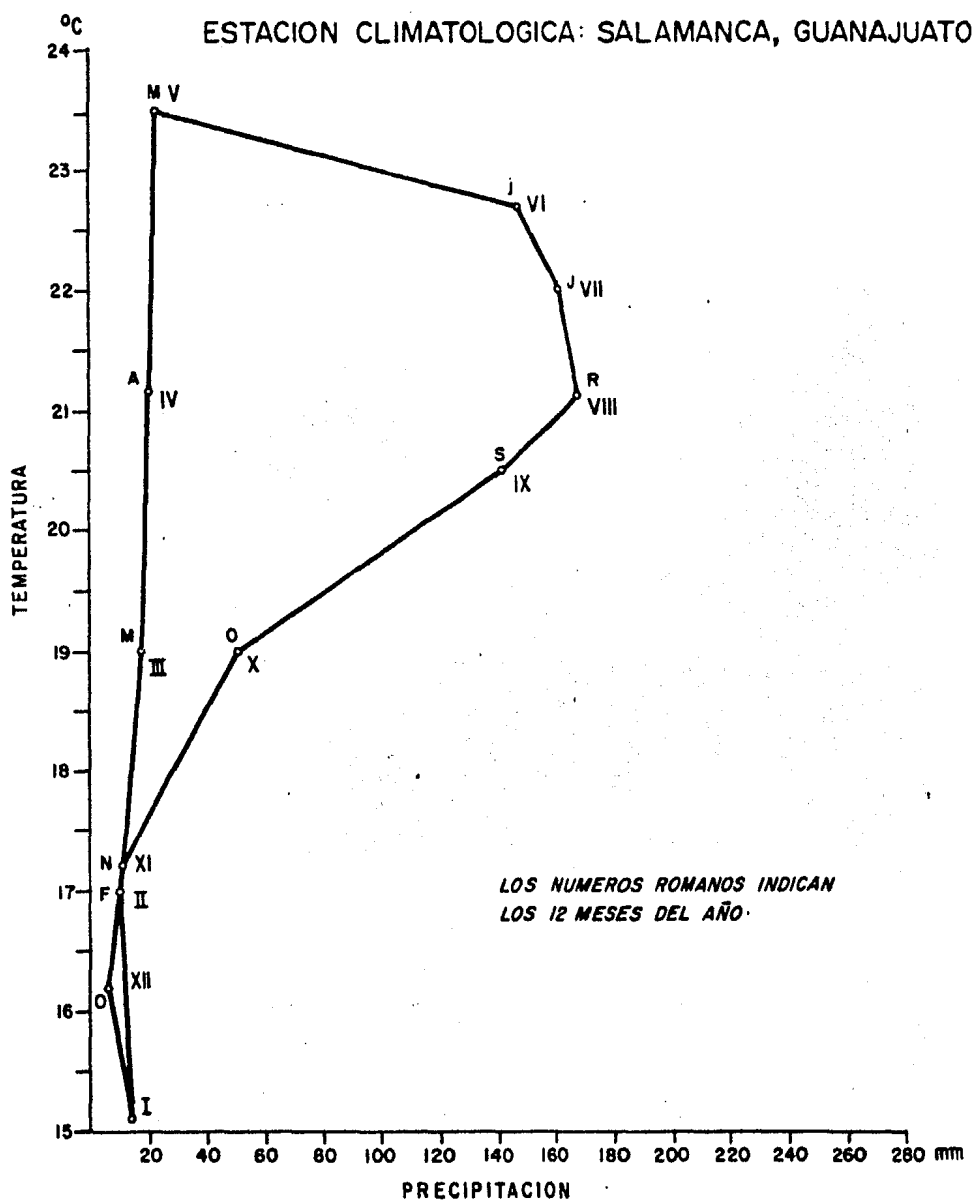


FIG. 8- CLIMOGRAMA

Concepto	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	Promedio Anual
Temperatura °C.	15.1	17.0	19.0	21.7	23.5	22.7	22.0	21.1	20.5	19.0	17.2	16.2	15.1	19.58
Precipitación cm.	1.5	1.0	1.8	2.0	3.5	14.5	16.0	17.0	14.0	5.0	1.0	0.5	1.5	77.80
Evapotranspiración ETP cm.	4.0	5.79	6.95	9.43	14.98	11.05	10.53	9.23	7.29	6.71	5.03	4.54	4.06	32.59
Movimiento del agua en el suelo MIS	-2.56	0	0	0	0	3.45	5.47	1.08	0	-1.71	-4.03	4.04	-2.56	
Humedad almacenada Ha cm	0.22	0	0	0	0	3.45	8.92	10.0	10.0	8.29	4.26	0.22	0	
Demasía de agua Sa	0	0	0	0	0	0	0	6.69	6.75	0	0	0	0	13.44
Deficiencia de agua da	2.34	-4.79	-5.15	-7.43	-8.48	0	0	0	0	0	0	0	2.34	30.89

Cuadro 2. Cálculo del clima

Estación: Salamanca

Fórmula de Clima:

$C_1 S'B'_3 a'$

Semi Seco, con moderada demasía de humedad en verano o templado cálido con baja concentración térmica en el verano.

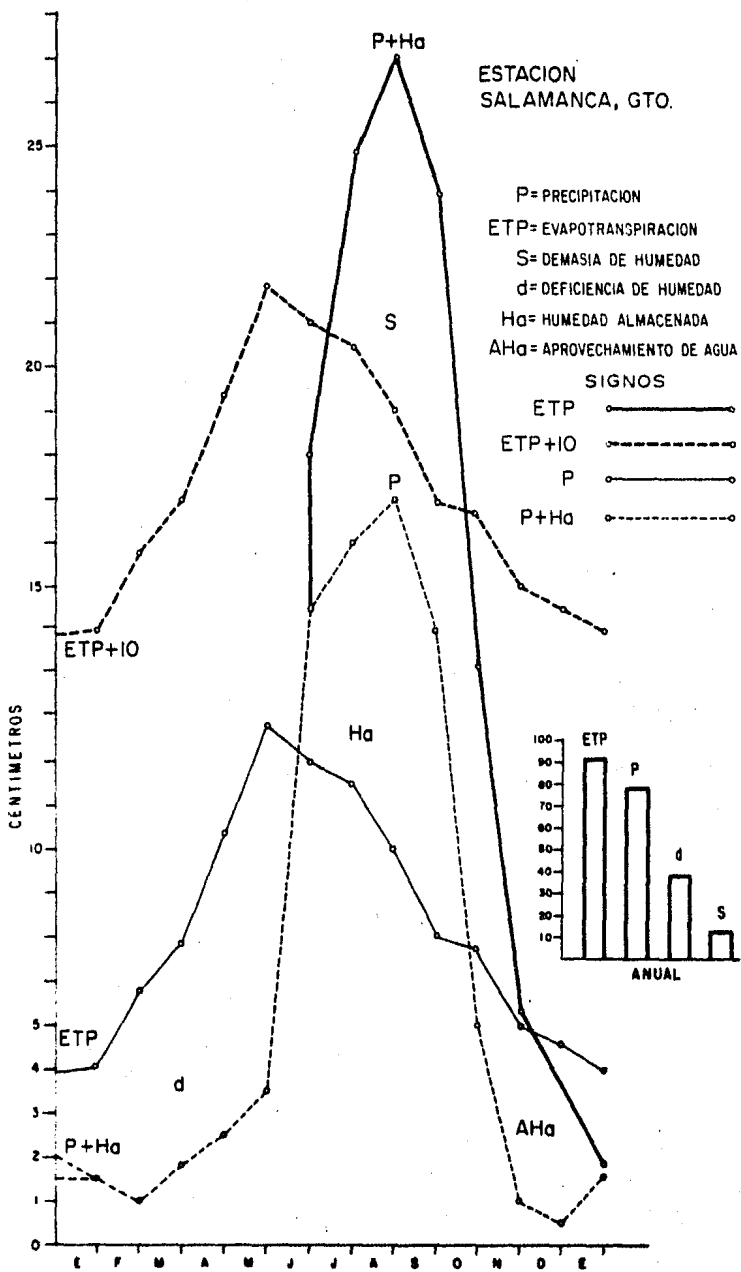


FIG 9-CLIMOGRAMA

donde

I_a = índice de aridez en %

d_a = deficiencia anual en cm.

$$I_m = I_h - I_a = 14.5 - 33.35 = 18.85 \%$$

donde

I_m = índice pluviométrico en %

$$S = \frac{100 \times EP_n}{E_{Pa}} = \frac{100 \times 33.56}{92.59} = 36.24 \%$$

donde

S = concentración térmica en el verano
en %

EP_n = Suma de las EP de los tres meses consecutivos con temperatura media más alta.

Con base en la utilización de estos índices se obtuvo la siguiente fórmula climática: $C_1 S' B'_3 a'$ para la zona de estudio; Semiseco, con moderada demasía de humedad en verano, templado cálido con baja concentración térmica en el verano.

b.2) VEGETACION.

Debido al gran impacto que ha tenido el hombre desde hace aproximadamente 28 años, muchos terrenos del Bajío estaban cubiertos por matorral subtropical crasicaule y desértico rose-tófilo, los cuales se han desmontado para utilizar el suelo

en la agricultura tanto de riego como de temporal, quedando solo en pequeños manchones que tienen poca importancia desde el punto de vista forestal⁸, para algunos pueden ser localmente importantes para la elaboración de carbón vegetal o utilizarse directamente como leña Rzedowski (1978). Esta vegetación se caracteriza por presentar bosques de Encino al norte del estado donde Q. castanea, Q. crassifolia, Q. paralansis Q. laurina, Q. mexicana, Q. rugosa, constituye las especies dominantes en áreas montañosas como la sierra de Guanajuato. Existen también pinares en manchones aislados correspondientes a las partes más altas que sobrepasan altitudes de 2 200 m. s.n.m.

En algunos suelos someros de laderas de naturaleza volcánica, se desarrollan matorrales crasicuales constituidos principalmente por nopaleras de Opuntia streptocantha y O. leuco-tricha asociadas con Myrtillocactus geometrizans y a veces - con Lemaireocereus sp., habiendo muchos arbustos microfilos como especies de Mimosa, Acacia, Licium, Jatropha y Agave. Este matorral alcanza aproximadamente de dos a cuatro metros de altura en el noroeste limitando con Jalisco, también se encuentran zacatales constituidos por gramíneas.

La vegetación del área de estudio está compuesta principalmente, por nopaleras asociadas con matorral subímerme que está formado por especies caducifolias e inermes y algunas especies espinosas. En algunas partes donde no se ha introducido la agricultura se encuentra matorral, formado principalmen

te por Acacia farnesiana y en las partes bajas se encuentra pastizal halófilo como Distichlis spicata y Buchloe sp.

2. DESCRIPCION DE PERFILES.

Se muestrearon siete perfiles típicos de la zona de estudio, este muestreo se hizo con base en los horizontes y subhorizontes presentes¹¹, obteniéndose un promedio de 4 a 5 muestras por perfil, las cuales fueron descritas en campo, utilizando una clave (pag. 101) expresamente diseñada para estos fines. Se obtuvo un total de 33 muestras y a cada una de ellas se les realizó 21 análisis de laboratorio para determinar sus principales características físicas y químicas. A continuación se dan las descripciones de campo, gabinete y laboratorio.

INSTITUCION Instituto de Geología

DESCRIPCION FISIOGRAFICA

1- PROVINCIA FISIOGRAFICA Eje Neovolcánico 5- CLIMA Koppen (A) C (w₀) (w)
 2- LOCALIZACION La Compañía 6- EROSION Muy leve
 3- GEOMORFIA Llanura de aluviones profundos 7- GEOLOGIA Aluvión
 4- ALTITUD 1735, m. s.n.m. 8- USO DEL SUELO Agricultura de riego

CARACTERISTICAS DEL SITIO DE MUESTREO

1- PENDIENTE 1° 5- INFLUENCIA HUMANA Muy alta
 2- DRENAJE SUPERFICIAL Eficiente 6- VEGETACION Agricultura de riego
 3- PEDREGOSIDAD Nula a) Herbáceas _____
 4- AFLORAMIENTOS ROCOSOS Nula b) Arbustivos _____
 c) Arbóreos _____

DESCRIPCION DEL PERFIL 1

1-HORIZONTE	Ap	A	AC	OBSERVACIONES	
2-PROFUNDIDAD	0-40cm	40-74cm	74-115	* El significado de estas claves se encuentra en la página 101.	
3-COLOR EN SECO	10YR6/1	10YR5/1	10YR7/1		
4-COLOR EN HUMEDO	10YR4/1	10YR4/1	10YR5/2		
5-TEXTURA	R	R	Mr		
6-ESTRUCTURA	Sa ^r	Sm	Sm		
7-TAMAÑO	fm				
8-DESARROLLO	M				
9-CONSISTENCIA EN SECO	Cld	Cmd	Cmd		
10-ADHESIVIDAD	Ama	Ama	Ama		
11-PLASTICIDAD	Pp	Pp	Pp		
12-REACCION AL HCL	Rm	Rm	Rm		
13-REACCION A LA FENOLTALENA	Rn	Rn	Rn		
14-CONCRECIONES	Cs	Csm	Csa		
15-NAT. QUIMICA	CaCO ₃	CaCO ₃	CaCO ₃		
16-MODULOS					
17-MANCHAS			Es		
18-COLOR DE MANCHAS			Blancas		
19-PELÍCULAS					
20-FACETAS DE PRESION	Ba	Ba	Ba		
21-RAICES	Hm	Hm	Hm		
HORIZONTES DE DIAGNOSTICO A úmbrico					
CLASIFICACION Vertisol pálido					

CULTIVO	SUPERFICIE CULTIVADA	PRACTICAS AGRICOLAS	PRODUCCION	CLASE	OBSERVACIONES
Maíz	70%	riego fertilización	4 t/ha.	1	

PERFIL No. 1

Se describió en una topoforma denominada por DETENAL, llanura de aluviones profundos, aproximadamente a 1,725 m. s.n.m. El lugar del perfil es una llanura plana con una ligerísima pendiente hacia el suroeste, con un gradiente de 1 %. La región tiene un clima según los cálculos de Thornthwite (1948) semiseco, con moderada demasía de humedad en verano, templado cálido con baja concentración térmica en el verano. La participación media anual es aproximadamente de 778 mm.

Ap 0-40 cm. Horizonte de color gris 10 YR 6/1 en seco y gris oscuro 10 YR 4/1 en húmedo, estructura granular media, moderadamente desarrollado, duro en seco, muy adhesivo y muy plástico; con reacción moderada al HCl, escasas concreciones de carbonato de calcio y límite gradual.

Ap 40-74 cm. Horizonte de color gris 10 YR 5/1 en seco y gris oscuro 10 YR 4/1 en húmedo, estructura masiva sin desarrollo, muy duro en seco, muy plástico y muy adhesivo, con reacción moderada al HCl, concreciones de carbonato de calcio en cantidad moderada, cuando está

seco se presenta una pseudo estructura en bloques angulares, lo que repercute en grietas y fisuras, presenta límite gradual.

Ac 74-125 cm. Horizonte de color gris claro 10 YR 7/1 en seco y gris pardo 10 YR 5/2 en húmedo, estructura masiva sin desarrollo, aunque cuando seco presenta una pseudo estructura en bloques angulares y subangulares medios y gruesos, muy duros, muy plásticos y muy adhesivos, con reacción moderada al HCl, abundantes concreciones de carbonato de calcio, moteado escaso de color blanco y abundantes facetas de presión y límite gradual.

ANALISIS FISICOS

PERFIL 1

PROP. cm.	C O L O R		ANALISIS			MECANICOS		D. APARENTE	D. REAL	POROSIDAD	PERMEABILIDAD
	Seco	Húmedo	Clase	Aréa	Limos	Arcillas		g/cm ³	g/cm ³	%	cm ³ /h
0-22	10YR 4/1 gris	10YR 4/1 gris oscuro	Arcilla	24	34	42		0.99	2.07	50.5	0.60 cm
22-40	10YR 6/1 gris	10YR 4/1 gris oscuro	Arcilla	21	33	46		1.55	1.69	30.28	0.60 cm
40-50	10YR 8/1 gris	10YR 4/1 gris oscuro	Arcilla	21	24	54		1.00	1.38	27.53	
50-74	7.5YR 6/2 gris rosáceo	7.5YR 4/2 pardo oscuro	Arcilla	22	37	41		1.20	1.67	28.14	
74-115	10YR 7/1 gris claro	10YR 5/2 gris pardo	Arcilla	27	39	28		1.10	1.60	31.25	

ANALISIS QUIMICOS

PROP. cm.	CATIONES		INTERCAMBIABLES			P.S.B.	P.S.I.	PH	M.O.	C.E.	CATIONES Y		ANIONES		SOLUBLES		Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CLCT.	%	%	S-H ₂ O. 1:2.5	%	mmhos/cm	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₃ ⁻	HCO ⁻		
			meq/100g												meq/lt			
0-22	34.17	3.33	1.32	0.52	32	100	2.3	7.9	1.70	0.48	5.1	3.4	0.33	0.18	3	0	1.7	0.032
22-40	36.7	14.28	1.65	0.52	33	100	4.8	8.0	0.64	0.52	2.0	2.4	0.33	0.12	3	0	2.2	0.02
40-50	35.7	9.3	5.52	0.38	36	100	4.1	8.0	0.83	0.57	3.5	0.43	3.07	0.17	3	0	3.2	0.01
50-74	44.3	16.3	2.17	0.70	36	100	5.0	8.1	0.53	0.90	4.5	0.41	0.52	0.18	2	0.5	2.0	0.45
74-115	43.8	11.1	2.39	0.82	33	100	6.0	8.1	0.06	1.05	5.1	9.91	0.65	0.20	3	0	1.2	0.07

Cuadro 4 Datos de laboratorio

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

INSTITUCION Instituto de Geología

DESCRIPCION FISIOGRAFICA

1- PROVINCIA FISIOGRAFICA Eje Neovolcánico 5- CLIMA Köppen (A) C (w₀) (w)
 2- LOCALIZACION Loguitos 6- EROSION Ligera
 3- GEOFORMA Llanura de aluviones profundos 7- GEOLOGIA Aluvién
 4- ALTITUD 1730 m.s.n.m. 8- USO DEL SUELO Agricultura

CARACTERISTICAS DEL SITIO DE MUESTREO

1- PENDIENTE 1 % 5- INFLUENCIA HUMANA Muy alta
 2- DRENAJE SUPERFICIAL Drenado 6- VEGETACION: Agricultura de temporal
 3- PEDREGOSIDAD Nulo a) Herbáceas 2 % de cubrimiento
 4- AFLORAMIENTOS ROCOSOS Nulo b) Arbustivos
 c) Arbores

DESCRIPCION DEL PERFIL 2

1- HORIZONTE	Ap	A	AC	OBSERVACIONES
2- PROFUNDIDAD	0-50	50-100	100-125	* Esta estructura masiva cuando seca rompe en bloques angulares y subangulares (pseudo estructura).
3- COLOR EN SECO	10YR6/1	7.5YR6/2	10YR4/1	
4- COLOR EN HUMEDO	10YR4/1	7.5YR4/2	7.5YR6/2	
5- TEXTURA	R	R	R	
6- ESTRUCTURA	Sa 0-20cm	Sm	Sm *	
7- TAMAÑO	f-m			
8- DESARROLLO	M			
9- CONSISTENCIA EN SECO	cld	cmd	cmd	
10- ADHESIVIDAD	Ama	Aa	Am	
11- PLASTICIDAD	Pmp	Pp	Pm	
12- REACCION AL HCL	Rn	RI	Rn	
13- REACCION A LA FENOFTALEINA	Rn	Rn	Rn	
14- CONCRECIONES	Csn	Csm	Csa	
15- NAT. QUIMICA		CaCO ₃	CaCO ₃	
16- NODULOS	Nsn	Nsn	Nsn	
17- MANCHAS	Rn	Rn	Rn	
18- COLOR DE MANCHAS				
19- PELICULAS	Wn	Wn	Wn	
20- FACETAS DEPRESION	Ba	Ba	Ba	
21- RAICES	Rn	Re	Rn	
HORIZONTES DE DIAGNOSTICO A úmbrico				
CLASIFICACION Vertical pálido				

CULTIVO	SUPERFICIE CULTIVADA	PRACTICAS AGRICOLAS	PRODUCCION	CLASE	OBSERVACIONES
Sorgo	98 %	fertilización	2 t/ha.	2	
Maíz					

PERFIL 2.

Se describió en una llanura plana con una ligerísima pendiente hacia el sur, con un gradiente menor al 1%. El uso actual del suelo consiste principalmente en agricultura de temporal permanente anual, observándose en algunas partes el crecimiento de pequeñas gramíneas.

Ap 0-50 cm. Horizonte de color gris 10 YR 6/1 en seco y gris oscuro 10 YR 4/1 en húmedo, estructura granular en los primeros 20 cm de profundidad, de tamaño medio y fino; moderadamente desarrollado, ligeramente duro, muy adhesivo y muy plástico; sin reacción al HCl, presenta abundantes facetas de presión-fricción, así como grietas de más de un cm de ancho y más de 50 cm de profundidad y límite gradual.

A 50-100 cm. Horizonte de color gris pardo claro 7.5 YR 6/2 en seco y pardo oscuro 7.5 YR 4/2 en húmedo, textura arcillosa, estructura masiva que en seco rompe en bloques angulares, muy duros, adhesivo y plástico, con ligera reacción al HCl, presenta concreciones

de carbonato de calcio en cantidad mo
derada, sin moteado, abundantes face-
tas de presión-fricción y límite gra-
dual.

AC 100-125 cm. Horizonte de color gris claro 10 YR
7/1 en seco y gris rosado 7.5 YR 6/2
en húmedo, textura arcillosa, estructura
masiva, extremadamente adhesivo
y moderadamente plástico, con reac-
ción moderada al HCl, sin moteado,
abundantes facetas de presión-fric-
ción, presenta un esqueleto constituído
por gravas y gravillas angulares y
subangulares en cantidad baja, límite
gradual.

ANÁLISIS FÍSICOS

PERFIL 2

PROP. cm.	C Seco	O L O R Húmedo	ANÁLISIS Clase	Arena	MECÁNICOS Limos	Arcillas	D. APARENTE g/cm ³	D. REAL g/cm ³	POROSIDAD %	PERMEABILIDAD cm ³ /h
0-25	5YR 6/1 gris	5YR 5/1 gris oscuro	Arcilla	8	29	63	1.0	2.1	52.3	0.49
22-50	5YR 6/1 gris	5YR 5/1 gris oscuro	Arcilla	13	27	60	0.9	1.7	43.8	0.51
50-75	10YR 6/2 gris pardo claro	10YR 5/2 pardo grisáceo	Arcilla	19	39	42	1.0	1.1	41.5	
75-100	10YR 5/3 gris	10YR 4/3 pardo oscuro	Arcilla	17	36	47	1.1	1.8	40.5	
100-125	7.5YR 6/2 gris rosáceo	7.5YR 5/2 pardo	Arcillo limosa	17	41	42	1.2	1.6	27.7	

ANÁLISIS QUÍMICOS

PROP. cm.	CATIONES		INTERCAMBIABLES			P.S.B. %	P.S.I. %	PH S-H ₂ O 1:2.5	M.O. %	C.E. mmhos/cm	CATIONES Y		ANIONES		SOLUBLES		Cl ⁻	SO ₄ ⁻
	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CLCT.						Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₃ ⁻	HCO ⁻		
	meq/100g											meq/lit						
0-25	56.1	6.4	3.58	1.15	48	100	7.2	8.0	1.2	0.86	3.5	1.9	0.59	0.21	4	0	1.0	0.034
25-50	45.9	21.6	2.71	1.07	35	100	7.7	8.0	0.8	0.97	4.5	2.4	0.53	0.23	2	0	1.0	0.065
50-65	56.1	11.4	1.63	0.79	30	100	5.3	8.1	0.5	0.76	4.5	2.4	2.83	0.13	2	0	0.5	0.382
75-100	46.4	16.0	1.08	0.87	32	100	3.1	8.1	0.3	0.55	3.0	1.9	2.05	0.15	2	0	0.5	0.051
100-125	53.5	21.9	1.15	1.02	32	100	3.4	7.9	0.2	0.50	4.0	5.4	2.26	0.17	2	3	1.7	0.000

Cuadro 5 Datos de laboratorio

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

INSTITUCION Instituto de Geología

DESCRIPCION FISIOGRAFICA

1- PROVINCIA FISIOGRAFICA <u>Eje Neovolcánico</u>	5- CLIMA <u>Köppen (A) C (v_g) (w)</u>
2- LOCALIZACION <u>Las Cruces</u>	6- EROSION <u>Ligera</u>
3- GEOMORFIA <u>Llanura de aluviones profundos</u>	7- GEOLOGIA <u>Aluvial</u>
4- ALTITUD <u>1720 m.s.n.m.</u>	8- USO DEL SUELO <u>Agricultura de riego</u>

CARACTERISTICAS DEL SITIO DE MUESTREO

1- PENDIENTE <u>18</u>	5- INFLUENCIA HUMANA <u>Muy alta</u>
2- DRENAJE SUPERFICIAL <u>Drenado</u>	6- VEGETACION: <u>Agricultura de riego</u>
3- PEDREGOSIDAD <u>Nula</u>	a) Herbáceas _____
4- AFLORAMIENTOS ROCOSOS <u>Nulos</u>	b) Arbustivas _____
	c) Arbóreas _____

DESCRIPCION DEL PERFIL 3

HORIZONTE	Ap	A	AC	OBSERVACIONES
2- PROFUNDIDAD	0-40	40-60	60-100	+ Esta estructura masiva en seco rompe en bloques angulares y subangulares (pseudo estructural).
3- COLOR EN SECO	10YR5/1	7.5YR5/2	5YR5/1	
4- COLOR EN HUMEDO	10YR3/1	7.5YR4/2	5YR6/1	
5- TEXTURA	R	R	R	
6- ESTRUCTURA	Sq	Sm ⁺	Sm ⁺	
7- TAMAÑO	t-m			
8- DESARROLLO	M-F			
9- CONSISTENCIA EN SECO	cb	clb	cmd	
10- ADHESIVIDAD	Am	Aa	Ama	
11- PLASTICIDAD	Pm	P	Pmp	
12- REACCION AL HCL	RL	RF	RF	
13- REACCION A LA FENOLTALEINA	Rn	Rn	Rn	
14- CONCRECIONES	Cse	Cse	Cse	
15- NAT. QUIMICA	CaCO ₃	CaCO ₃	CaCO ₃	
16- MODULOS	Nsn	Nsn	Nsn	
17- MANCHAS	En	En	En	
18- COLOR DE MANCHAS				
19- PELICULAS	Wn	Wn	Wn	
20- FACETAS DEPRESION	Bm	Ba	Ba	
21- RAICES	Hm	Hm	Hm	
HORIZONTES DE DIAGNOSTICO <u>A úmbrico</u>				
CLASIFICACION <u>Vertisol pálido</u>				

CULTIVO	SUPERFICIE CULTIVADA	PRACTICAS AGRICOLAS	PRODUCCION	CLASE	OBSERVACIONES
Sorgo	98 %	riego	5 t/ha.	1	
Maíz		fertilización			

PERFIL 3.

Este horizonte se encuentra localizado en una llanura plana constituida por aluviones del pleistoceno, presenta un gradiente menor al 1% y se observan en el área algunas pendientes cóncavas con gradientes del 1% o menos, actualmente toda esta zona está cultivada y presenta riego.

Ap 0-40 cm. Horizonte de color gris 10 YR 5/1 en seco y pardo oscuro 10 YR 3/1 en húmedo, textura arcillosa, estructura granular fina y media con desarrollo moderado y en ocasiones fuerte, moderadamente adhesivo y moderadamente plástico, de consistencia blanda, ligera reacción al HCl, presenta escasas concreciones de carbonato de calcio y moderada cantidad de facetas de presión-fricción, no se observan grietas o fisuras, posiblemente por la cantidad de humedad presente en el suelo, límite gradual.

A 40-60 cm. Horizonte de color gris pardo 5 YR 5/1 en seco y gris 5 YR 6/1 en húmedo, textura arcillosa, estructura masiva que por la presencia de grietas y fi

suras da una pseudo estructura angular y subangular con cuñas en ángulos de 45°, adhesivo y plástico, con fuerte reacción al HCl, presenta escasas concreciones de carbonato de calcio y abundantes facetas de presión-fricción, límite gradual.

AC 60-100 cm. Horizonte de color gris 5 YR 5/1 en seco y gris 5 YR 6/1 en húmedo, textura arcillosa, estructura masiva, muy duro cuando seco, muy adhesivo y muy plástico, fuerte reacción con el HCl, presenta escasas concreciones de carbonato de calcio y abundantes facetas de presión-fricción presenta escasas gravas de naturaleza basáltica, presenta además una clara tendencia a - acumular carbonato de calcio con la profundidad (soft-powder), límite - claro.

ANÁLISIS FÍSICOS

P E R F I L 3

PROF. cm.	C O L O R		ANÁLISIS Clase	M E C A N I C O S			D. APARENTE g/cm ³	D. REAL g/cm ³	POROSIDAD %	PERMEABILIDAD cm ³ /h
	Seco	Húmedo		Arena %	Limos %	Arcillas %				
0-20	10YR 5/1 gris	10YR 3/1 pardo oscuro	Arcilla	16	33	51	0.9	1.2	18.1	0.55
20-40	10YR 6/1 gris	10YR 4/1 gris oscuro	Migajón Arcilloso	39	27	34	1.0	2.2	55.9	0.80
40-60	7.5YR 5/2 pardo	7.5YR 4/2 pardo oscuro	Arcilla	13	35	52	1.0	2.2	52.1	
60-80	5YR 6/1 gris	5YR 5/1 gris pardo	Arcilla	12	24	64	1.0	2.1	52.1	
80-100	5YR 6/1 gris claro	5YR 5/1 gris	Arcilla	6	32	62	1.0	1.6	35.5	

ANÁLISIS QUÍMICOS

PROF. cm.	CATIONES		INTERCAMBIABLES		CLIX.	P.S.B. %	P.S.I. %	PH S-H ₂ O 1:2.5	M.O. %	C.E. mbhos/cm	CATIONES Y		ANIONES		SOLUBLES		Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺							Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₃ ²⁻	HCO ⁻		
	meq/100g										meq/lt							
0-20	45.9	4.1	5.0	0.82	45	100	4.1	8.4	1.6	1.35	5.6	1.8	0.91	0.18	2	1.5	2.2	0.056
20-40	68.1	1.6	4.0	0.79	31	100	12.9	8.4	0.9	1.15	3.0	1.9	0.91	0.10	2	1.5	2.7	0.023
40-60	56.1	1.6	5.0	0.76	45	100	11.1	8.3	0.8	0.85	2.0	3.9	0.73	0.07	2	1.5	1.5	0.032
60-80	54.0	1.5	4.3	4.10	47	100	9.1	8.2	0.6	0.84	3.5	5.4	0.65	0.07	3	1.0	1.0	0.048
80-100	40.8	9.2	2.4	0.25	43	100	5.5	8.3	0.6	1.00	5.1	0.4	0.64	0.07	2	0.5	0.3	0.070

Cuadro 6 Datos de laboratorio

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

INSTITUCION Instituto de Geología

DESCRIPCION FISIOGRAFICA

1- PROVINCIA FISIOGRAFICA Eje Neovolcánico 5- CLIMA Kö per (A) C (w₀) (w)
 2- LOCALIZACION Unión de Liebres 6- EROSION Ligera
 3- GEOFORMA Llanura 7- GEOLOGIA Aluvión
 4- ALTITUD 1725 m, s.n.m. 8- USO DEL SUELO Agricultura de riego

CARACTERISTICAS DEL SITIO DE MUESTREO

1- PENDIENTE 1% 5- INFLUENCIA HUMANA Alta
 2- DRENAJE SUPERFICIAL Drenada 6- VEGETACION: Agricultura de riego
 3- PEDREGOSIDAD Nula a) Herbáceas _____
 4- AFLORAMIENTOS ROCOSOS Nula b) Arbustivos _____
 c) Arbóreas _____

DESCRIPCION DEL PERFIL 4

1-HORIZONTE	Ap	A	AC	OBSERVACIONES
2-PROFUNDIDAD	0-35	35-75	75-120	* Estructura masiva que en seco rompe en bloques angulares.
3-COLOR EN SECO	5YR3/1	7,5YR5/2	5YR5/1	
4-COLOR EN HUMEDO	5YR3/1.	7,5YR4/2	5YR4/2	
5-TEXTURA	R	R	R	
6-ESTRUCTURA	Sg	Sm *	Sm *	
7-TAMAÑO	f-m			
8-DESARROLLO	M			
9-CONSISTENCIA EN SECO	cld	cld	cnd	
10-ADHESIVIDAD	Aa	Aa	Aa	
11-PLASTICIDAD	Pp	Pp	Pp	
12-REACCION AL HCL	Rl	Rn	Rf	
13-REACCION A LA FENOFTALEINA	Rn	Rn	Rn	
14-CONCRECIONES	Csn	Csn	Cse	
15-NAT. QUIMICA			CaCO ₃	
16-NUDULOS	Nsn	Nsn	Nsn	
17-MANCHAS	En	En	En	
18-COLOR DE MANCHAS				
19-PELICULAS	Wn	Wn	Wn	
20-FACETAS DEPRESION	Ba	Ba	Ba	
21-RAICES	Hn	He	Hn	
HORIZONTES DE DIAGNOSTICO				
A Umbrico				
CLASIFICACION				
Vertisol pálido				

CULTIVO	SUPERFICIE CULTIVADA	PRACTICAS AGRICOLAS	PRODUCCION	CLASE	OBSERVACIONES
Sorgo	70 %	riego fertilización	4 t/ha.	1	

PERFIL 4.

Este perfil, se localiza en la misma topoforma descrita para el perfil No. 1, siendo similar en su pendiente y por ciento de gradiente, aunque en esta área particular se observó que algunos sitios con microrelieve "gilgai", así como grietas de más de un cm. de ancho y mayores de 50 cm de profundidad, en las que se observa el proceso de autoinversión típico de estos suelos.

Ap 0-35 cm. Horizonte de color gris muy oscuro YR 3/1 en seco y en húmedo, textura arcillosa, estructura granular fina y media, con desarrollo moderado, - adhesivo y plástico, de consistencia ligeramente dura, con ligera reacción al HCl, abundantes facetas de presión -fricción, límite claro e irregular.

A 35-75 cm. Horizonte de color pardo 7.5 YR 5/2 en seco y pardo oscuro 7.5 YR 4/2 en húmedo, textura arcillosa, estructura masiva, aunque presenta pseudo estructura en bloques angulares que le dan la apariencia de estructura (B), consistencia ligeramente dura, adhesivo y plástico, sin reacción al HCl,

y abundantes facetas de presión, lími
te gradual.

AC 75-120 cm. Horizonte de color gris 5 YR 5/1 en
seco y gris rojizo oscuro 5 YR 4/2 en
húmedo, textura arcillosa, estructura
masiva, consistencia muy dura, adhe-
sivo y plástico con fuerte reacción
al HCl, presenta escasas concreciones
de carbonato de calcio y abundantes
facetas de presión, límite gradual.

ANÁLISIS FÍSICOS

P E R F I L 4

PROF. cm.	C O L O R		A N A L I S I S	M E C A N I C O S			D. APARENTE	D. REAL	POROSIDAD	PERMEABILIDAD
	Seco	Húmedo	Clase	Arena %	Limos %	Arcillas %	g/cm ³	g/cm ³	%	cm ³ /h.
0-35	5YR 3/1 gris muy oscuro	5YR 3/1 gris muy oscuro	Arcilla	22	35	43	1.1	2.0	45.5	0.60
35-54	7.5YR 5/2 pardo	7.5YR 4/2 pardo oscuro	Arcilla	24	32	44	1.0	1.7	42.1	0.60
54-75	7.5YR 5/2 pardo	7.5YR 4/2 pardo oscuro	Arcilla	22	38	40	0.9	2.5	64.7	
75-98	5YR 5/1 gris	5YR 4/1 gris rojizo oscuro	Arcilla	22	38	40	1.1	1.7	35.6	
98-120	5YR 6/1 gris	5YR 5/2 gris pardo	Arcilla	16	38	46	1.1	1.8	41.1	

ANÁLISIS QUÍMICOS

PROF. cm.	CATIONES		INTERCAMBIABLES		P.S.B.	P.S.I.	PH	M.O.	C.E.	CATIONES Y		ANIONES		SOLUBLES		CL ⁻	SO ₄ ²⁻
	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CLCT.	%	% S-H ₂ O 1:2.5	%	mmhos/cm	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₃ ⁻	HCO ³⁻		
			meq/100g											meq/lt			
0-35	39.7	16.2	2.3	1.1	32	100	7.1	7.8	1.6	0.65	2.5	3.4	1.4	0.230	2	3	1.7 0.018
35-54	62.7	7.2	1.8	1.0	31	100	5.8	8.1	0.7	0.70	5.1	1.4	0.4	0.153	3	0	2.0 0.036
54-75	52.1	10.9	1.5	0.8	30	100	5.0	7.9	0.3	0.64	4.5	0.9	0.6	0.138	2	0.5	0.7 0.041
75-98	46.9	11.5	1.2	0.7	30	95	4.0	8.1	0.2	0.67	4.0	1.4	0.7	0.123	2	0.4	1.0 0.017
98-120	59.6	12.3	1.3	0.9	33	100	3.9	8.1	0.6	0.67	4.5	2.4	0.7	0.184	2	0.7	0.5 0.012

Cuadro 7 Datos de laboratorio

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

INSTITUCION Instituto de Geología

DESCRIPCION FISIOGRAFICA

1- PROVINCIA FISIOGRAFICA Eje Neovolcánico 5- CLIMA Köppen (A) C (w₀) (w)
 2- LOCALIZACION Sauz de las Cruces 6- EROSION Moderada a alta
 3- GEOFORMA Pedimento 7- GEOLOGIA Basalto
 4- ALTITUD 8- USO DEL SUELO Agricultura de Temporal

CARACTERISTICAS DEL SITIO DE MUESTREO

1- PENDIENTE 5 - 8% 5- INFLUENCIA HUMANA Alto
 2- DRENAJE SUPERFICIAL Rápido 6- VEGETACION: Agricultura de temporal
 3- PEDREGOSIDAD Gravoso a) Herbáceas 20% de cubrimiento
 4- AFLORAMIENTOS ROCOSOS Nulos b) Arbustivos
 c) Árbores

DESCRIPCION DEL PERFIL 5

1-HORIZONTE	Ap	A ₁₁ *	A ₁₂	OBSERVACIONES	
2-PROFUNDIDAD	0-30	30-72	22-90	* Esta estrucutra ma- siva en seco rompe en bloques angulares y sub angulares (pseudo es- tructura)	
3-COLOR EN SECO	5YR5/1	5YR6/1	10YR6/2		
4-COLOR EN HUMEDO	5YR3/1	5YR4/1	10YR4/2		
5-TEXTURA	R	R	R		
6-ESTRUCTURA	So *	Sm *	Sm *		
7-TAMAÑO					
8-DESARROLLO					
9-CONSISTENCIA EN SECO	Cld	Cld	Cld		
10-ADHESIVIDAD	Ama	Aa	Aa		
11-PLASTICIDAD	Pmo	Pp	Pp		
12-REACCION AL HCL	Pn	Rn	Rf		
13-REACCION A LA FENOFTALEINA	Rn	Rn	Rn		
14-CONCRECIONES	Csn	Csn	Cse		
15-NAT. QUIMICA			CaCO ₃		
16-NODULOS	Nan	Nan	Nan		
17-MANCHAS	En	En	En		
18-COLOR DE MANCHAS					
19-PELICULAS	Wh	Wh	Wh		
20-FACETAS DE PRESION	Ba	Ba	Ba		
21-RAICES	Rn	Rn	Rn		
HORIZONTES DE DIAGNOSTICO A Gubric					
CLASIFICACION Vertical pálido/gravoso					

CULTIVO	SUPERFICIE CULTIVADA	PRACTICAS AGRICOLAS	PRODUCCION	CLASE	OBSERVACIONES
Sorgo Maíz	80 %	fertilización	2 t/ha.	2	

PERFIL 5

Se describió en una topoforma de ladera tendida la cual - presenta una topografía ligeramente ondulada con un gradiente que varía de 5-8 %, la pendiente en general presenta una dirección sur. En esta área es común encontrar a los Vertisoles - pélicos asociados a Feozem háplico ambos limitados por una fase pedregosa. El uso de estos suelos se reduce a la agricultura de temporal de subsistencia, con labranza manual y en ocasiones pastoreo, aprovechando la vegetación natural.

Ap 0-30 cm Horizonte de color gris 5 YR 5/1 en seco y gris muy oscuro 5 YR 3/1 en - húmedo, textura arcillosa, sin estructura, muy duro en seco, muy adhesivo y muy plástico, sin reacción al HCl, presenta abundantes facetas de presión-fricción, abundantes grietas y fisuras en las que se observan depósitos por remoción del suelo más superficial (autoinversión), presenta además numerosas gravas y gravillas de formas angulares y subredondas, - límite gradual.

A 30-72 cm Horizonte de color gris 5 YR 6/1 en seco y gris oscuro 5 YR 4/1 en húmedo,

textura arcillosa, estructura masiva, ligeramente dura, adhesivo y plástico, sin reacción al HCl, abundantes facetas de presión-fricción, así como gravas muy alteradas en cantidad moderada, límite difuso.

A 72-90 cm. Horizonte de color gris rosaceo 10 YR 6/2 en seco y pardo grisaceo oscuro 10 YR 4/2 en húmedo, textura arcillosa, estructura masiva, consistencia ligeramente dura, adhesivo y plástico, con fuerte reacción al HCl, presenta escasas concreciones de carbonato de calcio y abundantes facetas de presión-fricción, se presentan además gravas y gravillas de formas angulares, y redondeadas, límite difuso.

ANÁLISIS FÍSICOS

P E R F I L 5

PROP. cm.	C O L O R Seco	C O L O R Húmedo	ANÁLISIS Clase	ANÁLISIS Arena %	M E C A N I C O S Limos %	M E C A N I C O S Arcillas %	D. APARENTE g/cm ³	D. REAL g/cm ³	POROSIDAD %	PERMEABILIDAD cm ³ /s
0-30	5YR 5/1 gris	5YR 3/1 gris muy oscuro	Arcilla	14	22	64	1.2	1.6	28.5	0.50
30-49	5YR 6/1 gris	5YR 4/1 gris oscuro	Arcilla	27	24	49	1.2	2.0	40.0	0.89
49-72	10YR 6/2 gris rosáceo	10YR 4/2 pardo grisáceo	Arcilla	27	22	51	0.9	2.3	58.5	
72-90	5YR 5/1 gris	5YR 4/1 gris oscuro	Arcilla	27	22	51	1.1	1.6	33.2	

ANÁLISIS QUÍMICOS

PROP. cm.	CATIONES		INTERCAMBIABLES				P.S.B. %	P.S.I. %	PH S-H ₂ O 1:2.5	M.O. %	C.E. ambos/cm	CATIONES		ANIONES		SOLUBLES		Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CLIC ⁺							Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₃ ²⁻	HCO ³⁻		
0-30	27.5	15.9	1.1	1.3	39	100	2.8	7.7	0.6	0.48	3.0	1.4	0.66	0.25	2	1.5	0.7	0.011	
30-49	33.6	12.8	1.2	1.1	44	100	2.7	7.9	1.0	0.72	4.0	1.9	1.0	0.23	2	4.0	0.2	0.000	
49-72	44.9	1.4	1.3	2.5	39	100	3.3	7.9	0.5	0.53	2.5	1.9	0.8	0.20	2	3.0	1.0	0.054	
72-90	39.7	15.7	1.5	1.2	34	100	3.3	7.9	0.1	0.46	2.0	2.4	1.1	0.21	2	0.5	0.5	0.002	

Cuadro 8 Datos de laboratorio

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

INSTITUCION Instituto de Geología

DESCRIPCION FISIOGRAFICA

1- PROVINCIA FISIOGRAFICA Eje Neovolcánico 5- CLIMA Köppen (A) C (w₀) (w)
 2- LOCALIZACION Guadalupe 6- EROSION Ligera
 3- GEOFORMA Llanura de aluviones profundos 7- GEOLOGIA Aluvión
 4- ALTITUD 1720 m.s.n.m. 8- USO DEL SUELO Agricultura de riego

CARACTERISTICAS DEL SITIO DE MUESTREO

1- PENDIENTE 1% 5- INFLUENCIA HUMANA Muy alta
 2- DRENAJE SUPERFICIAL Drenado 6- VEGETACION Agricultura de riego
 3- PEDREGOSIDAD Nula a) Herbáceas _____
 4- AFLORAMIENTOS ROCOSOS Nula b) Arbustivas _____
 c) Arbóreas _____

DESCRIPCION DEL PERFIL 6

1- HORIZONTE	Ap	A	OBSERVACIONES
2- PROFUNDIDAD	0-50	50-100	
3- COLOR EN SECO	10YR5/1	5YR5/1	
4- COLOR EN HUMEDO	10YR4/1	5YR4/2	
5- TEXTURA	R	R	
6- ESTRUCTURA	Sq	Sm *	
7- TAMAÑO	f-m		
8- DESARROLLO	M		
9- CONSISTENCIA EN SECO	cb	cld	
10- ADHESIVIDAD	Am	aa	
11- PLASTICIDAD	Pm	Pp	
12- REACCION AL HCL	Rl	Rf	
13- REACCION A LA FENOLTALEINA	Rn	Rn	
14- CONCRECIONES	Cse	Cse	
15- NAT. QUIMICA	CaCO ₃	CaCO ₃	
16- NODULOS	Nsn	Nsn	
17- MANCHAS	En	En	
18- COLOR DE MANCHAS			
19- PELICULAS	Wn	Wn	
20- FACETAS DE PRESION	Bm	Bm	
21- RAICES	He	Hn	
HORIZONTES DE DIAGNOSTICO A <u>úmbrico</u>			
CLASIFICACION <u>Vertisol pálico</u>			

CULTIVO	SUPERFICIE CULTIVADA	PRACTICAS AGRICOLAS	PRODUCCION	CLASE	OBSERVACIONES
Sorgo Maíz	90 %	riego fertilización	4 t/ha.	1	

PERFIL 6

Este perfil se encuentra localizado en la misma llanura - donde fué descrito el perfil No. 3.

Ap 0-50 cm. Horizonte de color gris 10 YR 5/1, en seco y gris oscuro 10 YR 4/1 en húmedo, textura arcillosa, estructura granular fina y media, con desarrollo moderado, consistencia blanda, moderadamente adhesivo y moderadamente plástico, con ligera reacción al HCl, presenta escasas concreciones de carbónato de calcio y una cantidad moderada de facetas de presión-fricción, no se observan grietas, límite difuso.

AC 50-100 cm. Horizonte de color gris 5 YR 5/1 en seco y gris rojizo oscuro 5 YR 4/2 en húmedo, textura arcillosa, estructura masiva, ligeramente duro en seco, adhesivo y plástico, con fuerte reacción al HCl, escasa cantidad de concreciones de carbonato de calcio, aunque - presenta tendencia a acumularse con la profundidad, abundantes facetas de presión, se observaron grietas y fisuras, límite gradual.

ANÁLISIS FÍSICOS

P E R F I L 6

PROP. cm.	C O L O R		ANÁLISIS Clase	M E C Á N I C O S			D. APARENTE g/cm ³	D. REAL g/cm ³	POROSIDAD %	PERMEABILIDAD cm ³ /h.
	Seco	Húmedo		Arena %	Limos %	Arcillas %				
0-28	10YR 5/1 gris	10YR 4/1 gris oscuro	Arcilla	16	31	53	1.0	2.0	50.2	0.45
28-50	5YR 6/1 gris	5YR 4/1 gris oscuro	Arcilla	17	19	64	1.0	1.4	32.8	0.37
50-75	5YR 5/1 gris	5YR 4/2 gris rojizo oscuro	Arcilla	12	36	52	1.0	2.1	53.4	
75-100	10YR 5/1 gris	10YR 4/1 gris oscuro	Arcilla	12	36	52	1.0	1.7	41.5	

ANÁLISIS QUÍMICOS

PROP. cm.	CATIONES		INTERCAMBIABLES		P.S.B. CICE.	P.S.I. %	PH S-H ₂ O 1:2.5	M.O. %	C.E. mmhos/cm	CATIONES Y		ANIONES		SOLUBLES		Cl ⁻	SO ₄ ⁼⁼	
	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺						Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₃ ⁻	HCO ⁼⁼			
	meq/100g									meq/lt								
0-28	44.4	13.9	1.3	3.5	41	100	3.1	8.0	1.6	0.4	5.1	0.6	0.6	0.26	2	1.5	0.7	0.296
28-50	33.6	2.3	1.4	0.6	49	85	2.8	8.1	1.1	0.6	4.0	1.4	0.3	0.29	2	0	2.7	0.005
50-75	53.5	2.0	2.7	1.1	48	100	5.6	8.0	0.9	1.1	6.1	2.3	0.6	0.22	2	0	2.0	0.592
75-100	38.7	16.2	3.3	0.9	44	100	7.5	8.0	1.1	1.4	6.6	4.3	0.8	0.26	2	0	2.0	0.016

Cuadro 9 Datos de laboratorio

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

INSTITUCION Instituto de Geología

DESCRIPCION FISIOGRAFICA

1-PROVINCIA FISIOGRAFICA Eje Neovolcánico 5-CLIMA Köppen (A) C (w_g) (w)
 2-LOCALIZACION Las Liebres 6-EROSION Moderada
 3-GEOFORMA Llanura 7-GEOLOGIA Aluvión
 4-ALTITUD 1750 m.s.n.m. 8-USO DEL SUELO Agricultura de temporal

CARACTERISTICAS DEL SITIO DE MUESTREO

1- PENDIENTE 1 % 5-INFLUENCIA HUMANA Alta
 2-DRENAJE SUPERFICIAL Lento 6-VEGETACION: Agricultura de temporal
 3-PEDREGOSIDAD Nula a) Herbáceas 30% de cubrimiento
 4-AFLORAMIENTOS ROCOSOS Nula b) Arbustivos
 c) Árbores

DESCRIPCION DEL PERFIL 7

1-HORIZONTE	Ap	A	AC	OBSERVACIONES
2-PROFUNDIDAD	0-50	50-75	75-125	Esta estructura masiva en seco rompe en bloques angulares y subangulares (pseudo estructuras).
3-COLOR EN SECO	10YR5/1	10YR4/2	10YR5/2	
4-COLOR EN HUMEDO	10YR4/1	10YR4/2	10YR5/2	
5-TEXTURA	R	R	R	
6-ESTRUCTURA	Sg-Ssb	Sm *	Sm *	
7-TAMAÑO	f-m-g			
8-DESARROLLO	H			
9-CONSISTENCIA EN SECO	cmd	cld	cld	
10-ADHESIVIDAD	Ama	Aa	Aa	
11-PLASTICIDAD	Pmp	Pp	Pp	
12-REACCION AL HCL	Rm	Rl	Rl	
13-REACCION A LA FENOPTALEINA	Rn	Rn	Rn	
14-CONCRECIONES	Cse	Cse	Csn	
15-NAT. QUIMICA	CaCO ₃	CaCO ₃		
16-NODULOS	Nsn	Nsn	Nsn	
17-MANCHAS	En	En	En	
18-COLOR DE MANCHAS	MN	MN	MN	
19-PELICULAS	Ba	Ba	Ba	
20-FACETAS DE PRESION	Hm	He	Hn	
21-RAICES				
HORIZONTES DE DIAGNOSTICO A úmbrico				
CLASIFICACION Vertisol pélico				

CULTIVO	SUPERFICIE CULTIVADA	PRACTICAS AGRICOLAS	PRODUCCION	CLASE	OBSERVACIONES
<u>Sorgo</u> <u>Maíz</u>	<u>70 %</u>	<u>fertilización</u>	<u>2 t/ha...</u>	<u>2</u>	

PERFIL 7

Este perfil se describió en la llanura aluvial, con una pendiente muy ligera hacia el sur y un gradiente menor al 1%, características muy similares al perfil No. 2, aunque este perfil eventualmente sufre por inundaciones.

Ap 0-50 cm. Horizonte color gris 10 YR 5/1 en seco y gris oscuro 10 YR 4/1 en húmedo, textura arcillosa, estructura granular aunque presenta algunas estructuras subangulares, ambas de tamaño fino, medio y grueso, con desarrollo moderado, consistencia en seco muy duro, muy adhesivo y muy plástico, con reacción moderada al HCl, escasas concreciones de carbonato de calcio, abundantes facetas de presión y se presentan grietas de más de un cm de ancho y de más de 50 cm de profundidad, límite claro.

A 50-75 cm. Horizonte de color pardo grisáceo oscuro 10 YR 4/2 en seco y pardo grisáceo oscuro 10 YR 4/2 en húmedo, textura arcillosa, estructura masiva, en seco ligeramente duro, adhesivo y plás

tico, ligera reacción al HCl y escasa presencia de concreciones de carbonato de calcio, se observaron algunas grietas y fisuras así como abundantes facetas de presión-fricción, límite muy gradual.

AC 75-125 cm. Horizonte de color pardo grisáceo 10 YR 5/2 en seco y pardo grisáceo 10 YR 5/2 en húmedo, textura arcillosa, estructura masiva, consistencia ligeramente dura en seco, adhesivo y plástico, reacción ligera HCl, no observándose la presencia de concreciones, - abundantes facetas de presión-fricción, límite gradual.

ANÁLISIS FÍSICOS

P E R F I L , 7

PROP. cm.	C O L O R Seco	C O L O R Húmedo	ANÁLISIS Clase	ANÁLISIS Arena %	MECÁNICOS Limos %	MECÁNICOS Arcillas %	D. APARENTE g/cm ³	D. REAL g/cm ³	POROSIDAD %	PERMEABILIDAD cm ² /h
0-25	10YR 5/1 gris	10YR 4/1 gris oscuro	Arcilla	13	24	63	0.9	1.8	45.0	0.40
25-50	10YR 5/1 gris	10YR 4/1 gris oscuro	Arcilla	20	32	48	0.9	1.8	49.0	0.50
50-75	10YR 4/2 pardo gris ceo oscuro	10YR 4/2 pardo grisáceo oscuro	Arcilla	18	26	56	1.0	2.6	37.1	
75-100	10YR 5/2 pardo gris ceo	10YR 5/2 pardo grisáceo ceo	Arcilla	20	32	48	1.0	2.9	66.0	
100-125	10YR 5/2 pardo gris ceo	10YR 5/2 pardo grisáceo ceo	Arcilla	14	33	53	1.1	2.1	48.0	

ANÁLISIS QUÍMICOS

PROP. cm.	CATIONES		INTERCAMBIABLES			P.S.B. %	P.S.I. %	PH S-H ₂ O 1:2,5	N.O. %	C.E. mmhos/cm	CATIONES Y		ANIONES K ⁺	SOLUBLES			Cl ⁻	SO ₄ ⁼⁼
	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CLCT.						Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺		Na ⁺	CO ₃ ⁼⁼	HCO ⁼⁼		
	meq/100g			meq/lt														
0-25	42.3	25.1	4.0	1.4	50	100	8.0	7.6	2.1	1.2	4.5	2.4	0.7	0.40	2	0	1.5	0.000
25-50	28.0	3.4	2.0	4.3	28	100	7.1	7.7	0.8	1.8	11.7	2.2	0.9	0.33	3	0	2.0	0.000
50-75	55.0	7.4	3.2	1.4	45	100	7.1	7.7	0.8	1.5	9.1	4.8	0.6	0.37	2	0	1.2	0.001
75-100	35.1	19.3	2.2	0.8	39	100	5.6	7.7	0.1	1.8	13.7	0	0.7	0.35	2	0	1.5	0.003
100-125	46.4	17.5	2.6	1.5	41	100	6.3	7.7	0.1	1.5	12.7	2.7	1.7	0.35	3	2	2.5	0.003

Cuadro 10 Datos de laboratorio

VI. RESULTADOS Y DISCUSION

Geológicamente, esta zona está constituida por aluviones del pleistoceno y rocas básicas del terciario (Cuadro 1, Fig. 13), los cuales han servido como material parental de diversos suelos fundamentalmente de cinco Grandes Grupos que son: Vertisoles pélicos y crómicos, Feozem háplico, Cambisoles éutricos, Litosoles éutricos y Fluvisoles éutricos, a todos estos suelos se les considera como residuales, salvo el caso de los Fluvisoles a los que se les asigna un origen aluvial reciente (Cuadro 3, Fig. 14).

La zona de estudio se caracteriza topográficamente por un relieve constituido de la siguiente manera: 4732 ha con relieve plano y pendientes menores al 1%; 794 ha con relieve ondulado y pendientes que varían del 5 al 8% y 579 ha que presentan un relieve muy ondulado y pendientes de 8% a más de 30% (Cuadro 3, Fig. 11).

El uso actual del suelo en esta zona se distribuye de la siguiente manera: todas las zonas planas así como las ligeramente onduladas presentan un tipo de agricultura de temporal y riego semipermanente, mientras que las áreas con topografías onduladas se caracterizan principalmente por presentar matorrales subinérmes, cardonales, nopaleras y pastizales naturales no observándose en ningún caso pastizal inducido (Cuadro 3, Fig. 12).

Unidades	Origen	Mat. parental.	Geotermia	Relieve	Uso del suelo y vegetación.	Gran grupo	Tipo textural.	Color en húmedo.	Estructura	Consistencia en seco.	Drenaje Interno	Fase	Sup. ha.
I	<u>in-situ</u>	aluviones del pleistoceno.	llanura de aluviones profundos.	plano 1 %	agricultura de riego semi-permanente anual.	Vertisol pélico.	arcilla (50-59%)	10YR 4/1 gris oscuro.	Vp-granular	Vp-duro	Vp-lento	Sin fase	2005-29
II	<u>in-situ</u>	aluvión del pleistoceno.	llanura	plano 1 %	agricultura de riego y temporal.	Vertisol pélico y Feozem háplico.	arcilla (40-49%)	10YR 5/1 gris	Vp-granular Hh-bloques subangulares.	Vp-dura Hh-blanda	Vp-lento Hh-eficiente.	ocasionalmente c/gravas.	1080.45
III	<u>in-situ</u>	aluvión del pleistoceno.	llanura	plano 1 %	agricultura de temporal permanente	Vertisol pélico.	arcilla (60-64%)	10YR 4/1 gris oscuro;	Vp-granular	Vp-dura	Vp-lento	gravosa	1528.38
IV	residual	basalto	pie demonte	ligeramente ondulado 5-8%	agricultura de temporal permanente.	vertisol pélico y	arcilla (65%)	5YR 4/1 gris oscuro.	Vp-masiva Vc-masiva	Vp-dura Vc-dura	Vp-lento Vc-lento	gravosa	794.43
V	residual	basalto	lomeríos	ondulado a muy ondulado. 5.5 20%	matorral subserme caducifolial, nopaleras y pastizal natural.	Vertisol pélico y Feozem háplico.	arcilla		Vp-masiva Hh-bloques angulares.	Vp-dura Hh-blanda	Vp-lento Hh-eficiente.	lítica y gravosa.	413.91
VI	residual	basalto	cerril	muy ondulado 30%	matorral subserme caducifolial y nopalera.	Feozem luvico y háplico Litoso eutrítico.	arena-limoso.		Hh-bloques angulares Hh-subangulares. Ie-Subangulares.	Hh-ligera Hh-blanda Ie-blanda	Hh-lento Hh-eficiente. Ie-eficiente.	lítica	126.0
VII	residual	basalto	cerril	quebrado 30%	matorral subserme caducifolial.	Litosol eutrítico y Feozem háplico.	arena-limoso.		Ie-bloques subangulares Hh-subangulares.	Ie-blanda (Hh-blanda)	Ie-eficiente. Hh-eficiente.	lítica	39.20
VIII	Aluvial	aluviones recientes	cruces de arroyos.	plano 0-2 %	agricultura de temporal	Cambisol eutrítico coágulo viasoles en	migajón arenoso		Be-bloques subangulares Je-laminares	Be-blanda Je-blanda	Be-eficiente. Je-rápido	ocasionalmente gravosa.	117.68

Cuadro 3. Caracterización de las clases texturales y de fases en la zona de estudio.

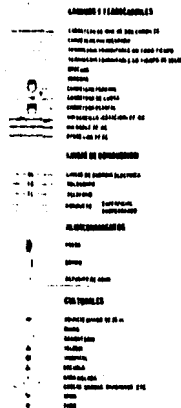


Figura 11 Mapa topográfico de la zona de estudio

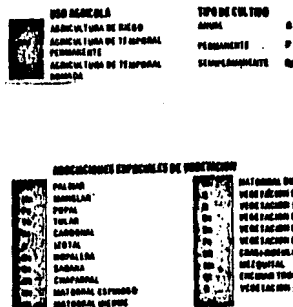
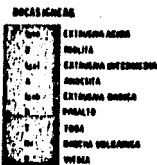


Figura 12 Mapa de uso del suelo de la zona de estudio



DESIG	REGIONAL
ALPINE	
CACUITE	
PANDITE	
PALUSTRE	
LITORAL	
COLEO	
GLACIAL	

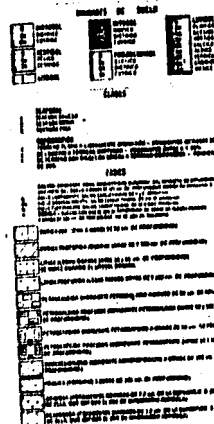


Figura 14 Mapa edafológico de la zona de estudio

En el cuadro 1 se presenta un resumen de las principales características que integran a esta zona de trabajo, denominada Subprovincia del Bajío Guanajuatense.

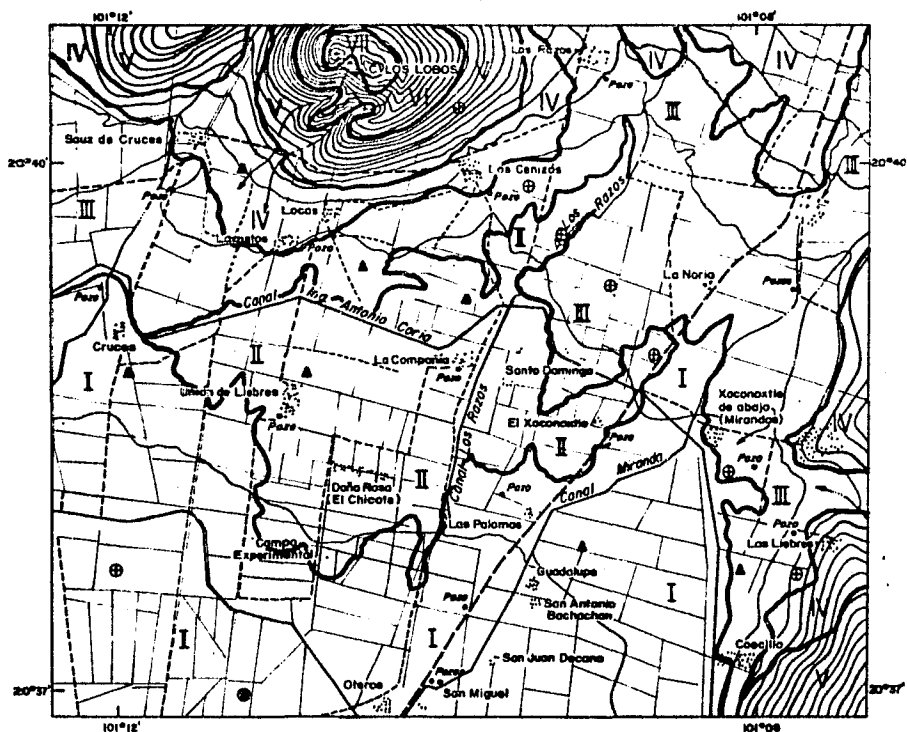
Los suelos se han desarrollado bajo condiciones ambientales típicas de regímenes semisecos con lluvias en verano y temperaturas templado-cálidas (Thorntwaite, 1972) (Cuadro 2, Fig. 9 y 10), considerando que todos los suelos aquí descritos, especialmente los Vertisoles son muy típicos de esta región denominada comunmente el Bajío¹⁹. El presente estudio se concentra en el Gran Grupo de los Vertisoles, dado que desde el punto de vista de investigación agrícola y carácter económico son los más importantes.

Los Vertisoles se encuentran principalmente en las zonas planas a ligeramente onduladas con pendientes que varían de 0% al 12% y constituyen aproximadamente el 95% de los suelos presentes en la zona (Fig. 11). Estando asociados en aproximadamente un 20% con el Gran Grupo de los Feozem háplicos¹⁹ (Fig. 14).

Los Vertisoles en la zona presentan características morfológicas, físicas y químicas, así como algunas evolutivas que permiten zonificarlos (Cuadro 4-10, Fig. 15)

CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS DE LA ZONA DE ESTUDIO

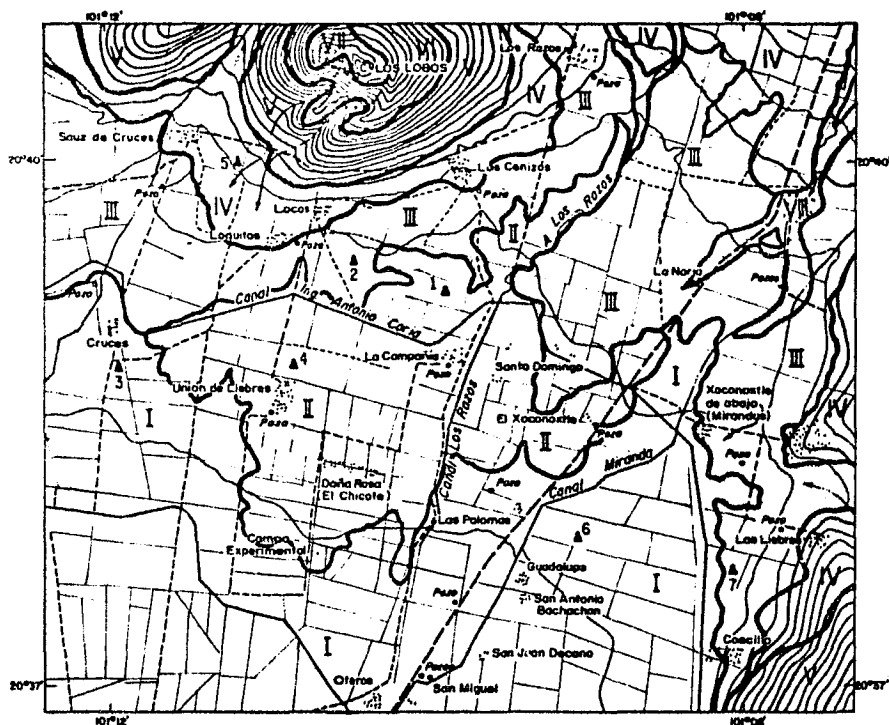
1. CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS.



▲ POZO

⊗ VERIFICACION

Fig. 10.- Mapa de localización de los sitios de muestreo y verificación



ZONA	PERFIL	SUELO	PROMEDIO % ARCILLA	RIESGO DE DEGRADACION
I	3-6	VERTISOL PELICO	50-59	EROSION HIDRICA LIGERA
II	1-4	Vp + Hh	40-49	EROSION HIDRICA LIGERA
III	2-7	Vp	60-64	EROSION HIDRICA MODERADA
IV	5	Vp + Vc	> 65	EROSION HIDRICA MODERADA

Fig. 15.- Zonificación de tipos textuales en vertisoles

Las principales características morfológicas de estos suelos observadas en el campo son:

- Presencia de horizontes A, C y/o AC.
- Espesor del horizonte A siempre mayor a 50 cm.
- Profundidad efectiva del suelo mayor a 100 cm.
- Porcentaje de arcilla siempre mayor a 33% en los primeros 40 cm de profundidad, siendo la montmorillonita la arcilla dominante.
- Presencia de grietas de más de 1 cm de ancho y más de 50 cm. de profundidad.
- Estructura generalmente masiva que cuando seca rompe a bloques angulares.
- Los terrones en seco siempre varían su consistencia de ligeramente dura a extremadamente dura.
- Todos los suelos son adhesivos y plásticos.
- En general las reacciones del suelo al HCl no fueron significativas considerándose en promedio como nulas a ligeras en el horizonte A y de ligeras a moderadas en el horizonte AC ó C.
- No presenta en ningún caso reacción a la fenoftaleína.
- En general en esta zona no resulta morfológicamente muy evidente la presencia o acumulación de capas cálcicas y/o calcáricas.
- Es muy evidente en estos suelos sus altos coeficientes de expansión y contracción (facetas de presión-fricción).

- La única fase física que se detectó para los Vertisoles de esta zona fue la fase gravosa.

2. CARACTERISTICAS FISICAS.

De acuerdo con los datos de laboratorio las principales características físicas de estos suelos son:

- Color, en general los horizontes A varían de colores grises 10 YR 6/1 a negros 10 YR 3/1, mientras que los horizontes C tienden hacia los colores grises siendo 10 YR 7/1 el color más claro que se reportó en la zona.
- Textura, en general las texturas del horizonte A son predominantes arcillosas con una variación de 42% a 64% de arcilla, mientras que en el C es muy variable dado que se reportan porcentajes de 28% hasta 63%.
- Densidad, las densidades aparentes reportadas para los horizontes A varían de 0.9 g/ml a 1.2 g/ml siendo en el AC ó C de 1 a 1.1 g/ml la densidad real varía de 1.4 a 2.2 g/ml en el horizonte A y de 1.6 a 2.1 g/ml en el C.

3. CARACTERISTICAS QUIMICAS

De acuerdo con los datos de laboratorio las principales características químicas de estos suelos son:

- Materia orgánica, esta varía en el horizonte A de 0.6 (extremadamente pobre) 1.1% (pobre).
- pH, estos suelos varían en el horizonte A de 7.6 (lige-

ramente alcalino) a 8.4 (fuertemente alcalino) mientras que en el AC y C su variación se establece de 7.9 (ligemente alcalino) a 8.3 (moderadamente alcalino) Moreno (1970)

- Capacidad de intercambio catiónico total, para los horizontes A varía de 28 meq/100g de suelo a 50 meq/100g, mientras que el AC y C varía de 33 a 47 meq/100g.
- Cationes intercambiables, en general todos los suelos estudiados presentan una saturación de bases de 100% siendo altos sus contenidos de calcio intercambiable ya que en promedio general siempre son mayores de 40 meq/100g, tanto para el horizonte A como para los horizontes AC y C, en general el Mg en la mayoría de los casos se reporta más alto en los primeros 50 cm de profundidad, siendo muy variables sus cantidades (1.4 a 21.6 meq/100g).

El sodio y el potasio se presentan normalmente en bajas cantidades las que varían de 1.2 a 5 meq/100g de suelo y de 0.25 a 3.5 meq/100g respectivamente. En general el sodio intercambiable siempre es menor al 15%.

- Cationes solubles, el calcio soluble varía en el perfil de 2 a 6.6 meq/l, el magnesio varía en el perfil de 0.3 a 2.83 meq/l el potasio varía de 0.07 a 0.29 meq/l.
- Aniones solubles, los aniones más abundantes reportados para estos perfiles son los carbonatos y cloruros, los primeros varían de 2 a 4 meq/l mientras que los segundos varían de 0.3 a 3.2 meq/l. Con respecto a los bicarbo-

atos y sulfatos representan una mínima parte de los aniones solubles, así en el caso de los bicarbonatos se reportan suelos como 0 meq/l hasta 3 meq/l mientras que - los sulfatos se reportan de 0 a 0.59 meq/l.

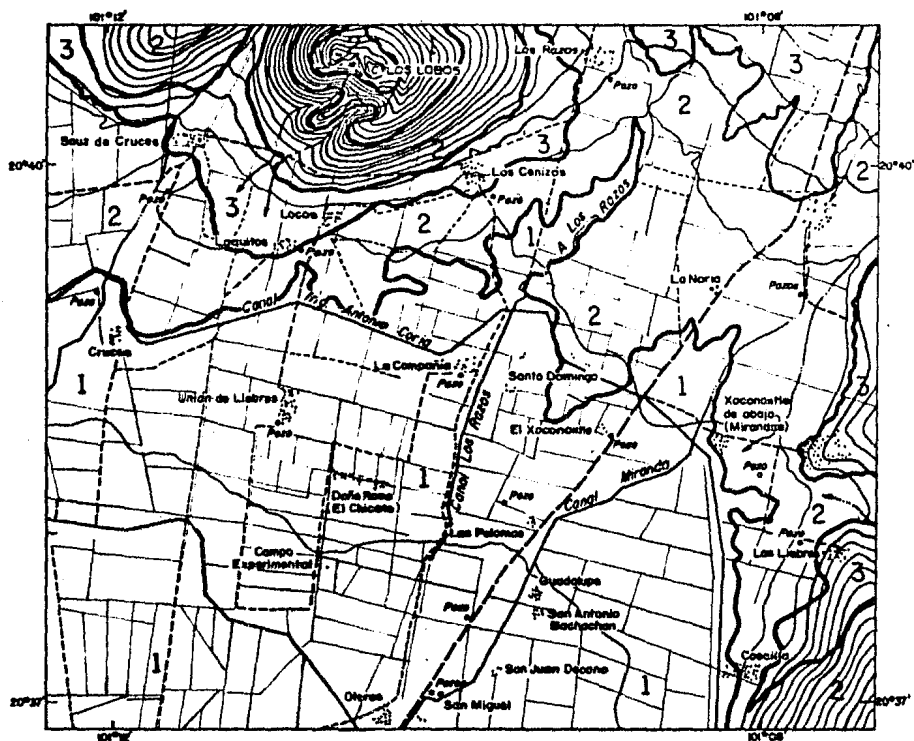
4. DEGRADACION

Se observó en el campo que para la mayoría de estos suelos se presentan diferentes problemas relativoa a algunos riesgos naturales siendo la erosión hídrica, la degradación física y biológica, las más importantes y de modo secundario la degradación química por pérdida de bases, la salinización y sodificación. Los porcentajes potenciales y reales calculados para estos conceptos son:

- Riesgo de erosión hídrica (Cuadro 11 y 12, Fig. 16 y 17).
El valor de agresividad climática calculado para la zona fué estimado en $R' = 128$ de donde se obtuvieron los siguientes valores potenciales y reales de erosión hídrica.
- Riesgo de erosión hídrica (potencial) ligera: abarca 3202.68 ha. con una variabilidad de 12.8 a 5.76 t/ha/año de pérdida de suelo.
- Riesgo de erosión hídrica (potencial) moderada: abarca 1654.38 ha. con una variabilidad de 23 a 67 t/ha/año de pérdida de suelo.
- Riesgo de erosión hídrica (potencial) moderada a alta: abarca 1247 ha con una variabilidad de 48 a 96 t/ha/año.

Fases: Unidades Terrestres	$\sum_{i=1}^{12} \frac{p_i^2}{P.A}$ Agresividad climática. Factor (R')	Erosionabi- lidad del suelo. $\frac{n}{f} \frac{s}{n} \times \text{Tex.}$ Factor (K)	Topografía pendiente % (T)=LS % (Factor (T))	Erosión hídrica potencial. t/ha./año	Valores de la erosión.	Fases cartográ- ficas de las Unidades Terrestres
I	128 mm	0.2	0 - 4% 0.18	4.6	ligera	I II VIII
II	128 mm	0.125	0 - 4% 0.18	2.88	muy li- gera.	
III	128 mm	1	0 - 4% 0.18	23.0	moderada	III VI
IV	128 mm	1	5 - 8% 0.35	44.8	de modera- da a alta.	IV
V	128 mm	0.3	5 - 20% 1 - 2	48-96	de modera- da a alta.	V VII
VI	128 mm	0.15	30% 3.5	67	moderada	
VII	128 mm	0.15	30% 5	96	de modera- da a alta.	
VIII	128 mm	0.3	0 - 2% 0.15	5.76	ligera	

Cuadro 11. Riesgo de Erosión Hídrica.



- 1 MUY LIGERA A LIGERA
- 2 MODERADA
- 3 MODERADA A ALTA

Fig. 16.- Mapa de erosión hídrica actual

- Erosión hídrica actual de nula a ligera: abarca 3211 ha con una variabilidad de 1.82 a 3.75 t/ha/año de pérdida de suelo.
- Erosión hídrica actual moderada abarca: 2894 ha con una variabilidad de 13.5 a 30.97 t/ha/año de pérdida de suelo.

La degradación física en los Vertisoles estudiados se manifiesta principalmente como apelmazamientos, encostramientos y compactación los que desde luego son indicativos de deficiencias en aireación, en drenaje y en la permeabilidad. De manera cuantitativa solo se estimó lo relativo a los cambios de densidad aparente/año y a la disminución de permeabilidad en por ciento/año, obteniéndose los siguientes resultados: (Cuadro 13).

- Cambio de densidad aparente/año: 5527 ha dieron valores en este concepto de 1.2%/año a 2%/año por lo que se considera en general valores bajos y 587 ha dieron valores nulos (1.8%/año).
- Disminución de por ciento de permeabilidad/año: en este concepto se determinaron los siguientes valores 5408 ha presentan valores que varían de 1.2%/año a 2%/año siendo considerados ya como valores moderados mientras que 697 ha presentan valores nulos.

Degradación biológica: en general la zona presentó un va+

lor de 0.872% anual de degradación lo cual según los parámetros establecidos por FAO se considera como muy ligero y no problemáticos para esta zona (Cuadro 14).

Degradación química: Por alcalinización de acuerdo a los resultados obtenidos no existe esta degradación ni potencial ni actualmente, sin embargo, se observó que en el perfil 3 - existen algunas evidencias, fundamentalmente pH y por ciento de sodio intercambiable que se interpretan como un riesgo latente de salinidad y/o sodicidad.

Uno de los principales problemas presentes en este estudio consistió en tratar de clasificar a estos suelos de acuerdo al uso y aptitud que presentan optando por utilizar para tal fin una serie de parámetros que a continuación se mencionan:

- Disponibilidad de agua: se considera que aproximadamente 2000 ha disponen de suficiente agua de riego durante todo el año por lo que quedan incluidas en clase 1, mientras que aproximadamente 3600 ha se consideran clase 2, dado que son de temporal, donde existe lluvia veraniega suficiente para los cultivos.
- Pendiente: las clases de pendientes se consideraron de la siguiente manera; Clase 1, de 0 a 2%, en esta clase quedaron incluidas 4732 ha; Clase 2, de 2 a 8%, en esta clase quedaron incluidas 794 ha; Clase 3, 4, 5 y 6 comprenden pendientes de más de 8% o más de 30%.

Fases : Unidades Terrestres	Factor climá- tico. C' Valores	Factor suelo Textura Valores	n s 1 n x Tex. Erosionabi- lidad del suelo. Valor	Topo- grafia. Valor	D.A. g/ml Valor	Cambio de D.A/año %	Disminución de permeabi- lidad. %
I	10	0.1	0.2	1	1	2% cambio/año. muy baja	2%/año mode- rada.
II	10	0.1	0.125	1	1	1.25%/año muy baja.	1.25%/año de ligera a moderada.
III	6	0.1	1	1	1.1	1.2%/año muy baja	1.2%/año moderada
IV	6	0.1	1	1	1.2	1.2%/año muy baja	1.2 moderada
V	6	0.1	0.3	5	1.2	0.375%/año nula	nula
VI	6	0.2	0.15	0.3		0.18%/año nula	nula
VII	6	0.2	0.15	0.3		0.18%/año nula	nula
VIII	6	0.2	0.3	1		1.2%/año muy baja	nula

Cuadro 13. Degradación Física.

- **Obstrucciones:** este concepto se refiere a las obstrucciones físicas que limitan a un suelo y que pueden ser gravosidad o pedregosidad, obteniéndose 4273 ha de clase 1 dado que las obstrucciones que se presentan carecen de importancia; aproximadamente 1300 ha se consideran como clase 3 dado que las obstrucciones interfieren seriamente las labores agrícolas, las restantes 500 ha se consideran como clase 5 donde solamente el terreno puede ser utilizado como bosque o pastizal con limitantes.
- **Profundidad efectiva del suelo:** en general más de 5500 ha se consideran como clase 1, dado que su profundidad siempre fue mayor de 100 cm; aproximadamente unas 500 ha localizadas en las partes cerriles, quedarían incluidas en la clase 3 ya que su promedio de profundidad varía de 35 a 50 cm; estos últimos suelos siempre están limitados por una fase lítica (roca continua).
- **Inundación:** este factor es muy poco común en la zona, sin embargo existen aproximadamente unas 200 ha que ocasionalmente se inundan produciendo daños moderados a la agricultura; en general se trata de zonas bajas o depresiones.
- **Salinidad y sodicidad:** de acuerdo con los datos obtenidos en el laboratorio, todos los suelos se consideraron como clase 1 en función de que no existe salinidad ni sodicidad.
- **Acidez:** en forma análoga se considera como clase 1 a -

todos los suelos de la zona dado que la reacción del suelo siempre es mayor a 7.

- Drenaje interno: se considera que más de 5500 ha presentan un drenaje que varía de lento a muy lento por lo que se les incluye dentro de la clase 2.
- Erosión: las clases comprendidas en esta limitante expresan únicamente el grado de avance de la erosión hídrica actual y se obtuvieron los siguientes resultados: 3211 ha se consideran como clase 1 dado que la erosión se manifiesta muy levemente; 2894 ha se consideran como clase 2, en donde la erosión es leve pero ya es perceptible en la observación directa de campno.

VII. CONCLUSIONES.

Todos los suelos estudiados presentan características genéticas, morfológicas, físicas y químicas típicas del orden Vertisoles y se les puede considerar como representativas de los Grandes Grupos Vertiso pélico y Vertisol crómico, lo cual es equivalente tanto para el sistema séptima aproximación³⁰ como para FAO - UNESCO.

Con base en la metodología usada y en los resultados obtenidos los suelos estudiados (Vertisoles) presentan actualmente niveles bajos de degradación, sin embargo, el riesgo de degradación potencial se considera de moderado a alto, lo que debe de implicar la optimización de las practicas de manejo y

conservación de los suelos.

La clasificación agrológica detectó como clase 1 a 3085 ha que representan el 50%; clase 2, 2322 ha, el 38% y la clase 6, 696 ha que representa el 11%. Las limitantes fueron para la clase 2, disponibilidad de agua y para la clase 6 pendiente, profundidad efectiva del suelo y obstrucciones.

LITERATURA CITADA

- BARBOSA, C. F., 1981. Algunos estudios edáficos del Municipio de Abasolo, Gto.. Tesis de Licenciatura, Univ. Nal. Autón. Fac. de Ciencias. UNAM. 100 p.
- BOUL, S. W., HOLE, F. O. y McCROKEN, R. J., 1981. Génesis y Clasificación de suelos. Trillas. México. 417 p.p.
- CASTELLANOS, R. R., 1982. Estudios edáficos de la zona centro-sur del Municipio de Acámbaro, Gto...Tesis de Licenciatura. Univ. Nal. Autón. Fac. de Ciencias, UNAM, 131 p.
- DETENAL, 1980. Descripción de la leyenda de la Carta Topográfica, Hoja Salamanca F-14-C-63 Gto. Escala 1:50.000.
- DETENAL, 1980. Descripción de la leyenda de la Carta Edafológica. Hoja Salamanca F-14-e-63 Gto. Escala 1:50.000.
- DETENAL, 1980. Descripción de la leyenda de la Carta Geológica. Hoja Salamanca F-14-c-63 Gto. Escala 1:50.000.
- DETENAL, 1980. Descripción de la leyenda de la Carta Climática. Hoja Salamanca F-14-c Gto. Escala 1:50.000.
- DETENAL, 1980. Descripción de la leyenda de la Carta Uso del Suelo. Hoja Salamanca F-14-c-63 Gto. Escala 1:50.000.
- DUCHAFAUR, P., 1980. Manual de edafología. Toray y Monson. S. A., Barcelona 475 p.
- DUDAL, R. y BRAMAO, D. L., 1967. Suelos arcillosos oscuros de las regiones tropicales y subtropicales. FAO. Agric. Roma, Boletín 83, 210 p.
- FAO y PNUMA, 1980. Metodología provisional para evaluación de degradación de suelos. Roma, Italia. 109 p.
- FITZPATRICK, E. A., 1971. Pedology a Systematic approach to soil Science. Oliver and Byd. Great Britain. 463 p.
- FLORES, R. D., AGUILERA, H. N. y FLORES, D. L., 1981, 1983. Estudios edafológicos de los Municipios de Cuatitlán, Edo. de México. Univ. Nal. Autón. México. Inst. Geología, Revista V. 5, p. 80-93.
- FOSTER, G. R., MAYER, L. D. y ONSTAD, C. A., 1973. Erosión Equation derived from modeling principles. Un Published.

- Paper Núm. 73-2250. Am. Soc. Agric. Engrs. sf. Joseph. Michigan.
- FOSTER, G. R. y WISCHMEIER, W. A., 1973. Evaluation irregular stopes for soil loss prediction. Trans. Am. Soc. Agric. Engrs. 17, 305-309.
- FOURNIER, F., 1960. Clima et erosion: la relation entre perosian du sal par Neau et les precipitation atmospheriques. Presses Universitaires de France, Paris.
- GAMA, C. J., 1965. Taxonomía de suelos, Tesis profesional, Univ. Nal. Autón. México, Fac. de Ciencias.
- GARCIA, E., 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. Inst. de Geografía, UNAM. México. 246 p.
- GAUCHER, G., 1971. El suelo y sus características agronómicas. Omega. Barcelona, 645 pp.
- JACKSON, M. L., 1964. Análisis químicos de suelos. Omega, S. A. Barcelona, 662 pp.
- JOFFE, J. S., 1953. Pedology. Somarset press. I N C. Somerville, N. l., 662 pp.
- MATA, G. F., 1981. Estudios edáficos de la región centro-sur del Municipio de Acámbaro, Gto.. Tesis de Licenciatura, Univ. Nal. Autón. México, Fac. de Ciencias, 182 pp.
- MEYER, L. D. y WISCHMEIERS, W. H., 1969. Mathematical simulation of process of Soil erosion by Water. Trans Am. Soc. Agric. Engr. 12, 754-758.
- MOLINA, V. J., 1980. Manejo y Uso del Suelo. Limusa, México. 236 p.
- MORENO, D. R., 1970. Rangos de concentración normal para los elementos comúnmente encontrados en suelos y plantas. Inst. Nal. de Invest. Agric. S.A.R.H. México. 5 p.
- PERSONAL DEL LABORATORIO DE SALINIDAD DE LOS E.U.A., 1980. Suelos salinos y sódicos. Limusa. México, 173 p.
- RZEDOWSKI, J., 1978. La vegetación de México. Limusa. México. 432 pp.
- SALGADO, P. F., 1961. Dinámica de la conservación del suelo y del agua en México. Dirección General de Conservación

del suelo y agua. Secretaría de Agricultura y Ganadería. México. 235 p.

SOIL SURVEY STAFF, 1960. Soil classification 7th approximation Washington, D. F., U.S. Dept. Agriculture. Soil Conservation Service.

S. P. P., 1980, Síntesis Geográfica de Guanajuato. Coordinación de Servicios Nacionales de Estadística e Informática. México.

THORNTHWAITTE, 1972. Instructivo para la determinación del Clima de acuerdo al segundo Sistema Thornthwite. Dirección General de Estadística, Dirección de Agrología, Departamento de Estudios Especializados. Secretaría de Recursos Hidráulicos. México, 76 p.

U S D A . Soil Conservation Service. 1959. Universal Soil loss equation. S. C. S. Technical note conservation, Agronomy Núm. 32, United States. Department of Agriculture West Technical Center. Portland, Oregon.

U S D A , 1961. Land-capability classification. Handbook Q 10. Soil Conservation Service, Washinton, D. C.

U S D A , 1965. Departamento de Agricultura, Manual de levantamiento de suelos. Nanual USDA 646 p.

VILLEGAS, S. M., AGUILERA, H. N. y FLORES, D. L., 1978. Método simplificado de análisis para la clasificación granulométrica de los minerales del suelo: Univ. Nal. Autón. México. Inst. Geología, Revista V. 2, p. 188-193.

WISCHMEIER, W. H., 1969. A rainfolll erosion index for a univer^{sal} Soil - loss equation. Proc. Soil. Soc. Am. 23. 246-249.

CLAVE PARA LA DESCRIPCION DEL PERFIL

1. Textura

M = Migajón

A = Arena

R = Arcilla

L = Limo

Ma = Migajón Arenoso

Mr = Migajón Arcilloso

Ml = Migajón limoso

2. Estructura (S)

So = sin estructura

Sm = masiva

Sl = laminar

Sg = granular

Ssb = Subangular

Sa = angular

Sp = prismática

Se = columnar

3. Tamaño de estructura

mf = Muy fina

f = fina

m = media

g = gruesa

mg = muy gruesa

4. Desarrollo

D = débil

M = moderado

F = fuerte

5. Consistencia en Seco (C)

Cs = Suelta

Cb = blanda

Cld = ligeramente dura

Cmd = muy dura

Cxd = extremadamente dura

6. Adhesividad (A)

An = nula

Al = ligera

Am = moderada

Aa = adhesiva

Ama = muy adhesiva

7. Plasticidad (P)

Pn = nula

Pl = ligera

Pm = moderada

Pp = plastica

Pmp = muy plástica

8. Reacción al Hcl y/o
fenoftaleína (R)

Rn = nula

Rl = ligera

Rm = moderada

Rf = fuerte

9. Concreciones (%) (Cs)

Csm = nula

Cse = escasas 2%

Csm = moderadas 2-20%

Csa = abundante 20%

10. Nódulos (%) (Ns)

Nsn = nula

Nse = escasas 2%

Nsm = moderada 2-20%

Nsa = abundante 20%

11. Manchas % (E)

En = nula

Ee = escasas 2%

Em = Moderada 2-20%

Ea = abundante 20%

12. Películas (W)

Wn = nula

We = escasa

Wm = moderada

Wa = abundante

13. Facetas de presión (B)

Bn = nula

Be = escasa

Bm = moderada

Ba = abundante