



Universidad Nacional Autónoma de México

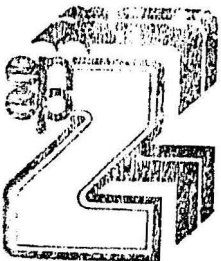
E. N. E. P. - ZARAGOZA

ESTUDIO DE LA APTITUD DE LAS TIERRAS EN UNA
REGION DEL VALLE DE TOLUCA EDO. DE MEXICO

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el Título de
B I O L O G O
P r e s e n t a

SERAFIN SANCHEZ PEREZ



México, D. F.

1984



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E.

1.	INTRODUCCION -----	1
2.	OBJETIVOS -----	2
3.	REVISION DE BIBLIOGRAFIA	
3.1	Consideraciones Generales -----	3
3.2	La evaluación de las tierras y la planificación del uso de las mismas -----	5
3.2.1	Generalidades -----	5
3.2.2	La clasificación de capacidad de uso de los suelos -----	6
3.2.3	Evaluación de la Aptitud de las tierras -----	10
3.2.4	Problemática de los sistemas de evaluación de la tierra en México -----	14
3.2.5	Algunas consideraciones sobre las variantes introducidas en la evaluación -----	15
3.3	Fotografías aéreas -----	20
3.3.1	Criterios que se utilizaron para la interpretación de las fotografías aéreas -----	21
4.	DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO	
4.1	Localización -----	23
4.2	Fisiografía -----	23
4.3	Geología -----	25
4.4	Hidrografía -----	26
4.5	Climas -----	28
4.5.1	Generalidades -----	28
4.5.2	Análisis de algunos datos climáticos -----	28

4.5.3	Temperatura -----	31
4.5.4	Precipitación -----	31
4.6	Vegetación -----	32
5.	MATERIALES Y METODOS	
5.1	Muestreo de suelos -----	34
5.2	Análisis de los suelos -----	34
5.2.1	Preparación de las muestras -----	34
5.2.2	Análisis físicos -----	35
5.2.3	Análisis químicos -----	36
5.2.4	Análisis mineralógicos -----	36
5.3	Fotografías aéreas y modo de interpretación -----	37
6.	RESULTADOS -----	38
7.	DISCUSION -----	54
8.	CONCLUSIONES -----	89
9.	BIBLIOGRAFIA -----	94

1. INTRODUCCION

México cuenta con una superficie aproximada de 2 000 000 Km² los que se caracterizan por tener una gran diversidad de recursos naturales y de climas, esto nos dice de las posibilidades que tiene el país para desarrollar las potencialidades de los recursos agropecuarios.

Hay que hacer notar que, dentro del contexto agrícola, el 86% de la superficie cosechada es de temporal (Lamine, 1978). Esta se desarrolla con un nivel tecnológico mínimo. La evaluación de los recursos (las tierras en este caso), integrados a los distritos de temporal, constituyen una de las bases para el mejor uso y manejo de las tierras (vease capítulo 3.2.1.) y para una adecuada planeación de su desarrollo.

Por otro lado, la clasificación de acuerdo a la aptitud (vease capítulo 3.2.1.) de las tierras, es englobada dentro del contexto de la Evaluación de las Tierras, que tiene como una de sus finalidades, la planificación del desarrollo de las potencialidades agropecuarias de una área determinada. Por tal motivo la clasificación de la Aptitud es una parte vital de la Evaluación de las tierras.

Generalmente este tipo de clasificación se lleva a cabo mediante una subdivisión del medio ambiente en unidades cuya variabilidad dentro de ellas es menor que entre ellas y menor que todas las unidades consideradas en su conjunto (Lamine, 1978).

En el presente trabajo se trata de clasificar de acuerdo a la aptitud de las tierras una región del valle de Toluca, Edo. de México, que por sus características agropecuarias, queda ubicada en las zonas agrícolas de temporal con un nivel tecnológico bajo: para esta clasificación se tomó como base el sistema propuesto por la F.A.O. (1976), que se encuentra contemplado en el esquema de "La Evaluación de las Tierras"

2. OBJETIVOS.

Delimitar áreas con características físicas y químicas del suelo semejantes así como otros parámetros del medio ambiente que nos lleve a una clasificación de Aptitud de las tierras (propuesta por la F.A.O., 1976) diseñada para las condiciones de la zona de estudio.

3. REVISION DE BIBLIOGRAFIA

3.1. Consideraciones Generales.

La necesidad de la planificación en el empleo de las tierras surge frecuentemente a través de necesidades y presiones cambiantes en el uso del suelo, en las que entran en juego usos competitivos de una misma tierra. La función planificadora del uso de las tierras es orientar decisiones al respecto, de tal manera que los recursos ambientales permitan el uso más beneficioso para el hombre, conservándolos para el futuro.

La evaluación de las tierras se refiere al estudio de su rendimiento cuando se utiliza para fines concretos; supone la ejecución e interpretación de reconocimientos básicos de clima, suelos, vegetación y otros aspectos de las tierras en función de los requisitos de otras formas posibles de uso, además deben ser incorporadas informaciones de tipo económico y social. Esto de acuerdo a la escala y/o intensidad del trabajo (F.A.O., 1976).

Por tal motivo, surge la necesidad de implementar una técnica que haga posible la evaluación y posteriormente la planificación del uso de las tierras. Esta técnica sería la "Clasificación de las Tierras". Para esto, hay sistemas distintos y cada uno se base en alguna propiedad especial.

Una de estas clasificaciones es la llamada "Capacidad de Uso de las Tierras"; este sistema tiene un propósito particular, que registra todos los datos sobresalientes del mismo, que ayudarán y harán más fácil tomar una decisión que permita un uso más intensivo para la agricultura.

La "Clasificación de acuerdo a la Aptitud de las Tierras", es una de las partes de la evaluación de las tierra, indispensable para una adecuada planificación del uso de las mismas. No debe olvidarse que para llevar a cabo un estudio de evaluación de esta naturaleza se necesita abarcar no sólo aspectos edáficos y -

climáticos, sino también estudios profundos desde un punto de vista económico y social. Siendo esto último el motivo por el cual este tipo de trabajos son realizados por equipos multidisciplinarios.

Algunos países han desarrollado sus propias clasificaciones de acuerdo a sus propias características y requerimientos ya que cada país o región geográfica tiene que considerar diferentes factores. Los suelos, el clima, las costumbres sociales, tenencias de la tierra y economía, son factores que pueden afectar la selección del mejor uso de las tierras.

Según lo anterior, Westen y Beckett (1970) dicen: Cualquier sistema de clasificación debe reunir los siguientes requisitos:

- a) Que la información que está disponible sobre los terrenos y que es necesaria, pueda organizarse en términos de clases de tierras y que éstas se relacionen con un amplio número de usos posibles.
- b) Que la información registrada en un sitio pueda emplearse para planear el uso de las tierras.
- c) Que la fotointerpretación aérea sea la principal herramienta de trabajo y las clases básicas de terrenos en cualquier área de interés puedan ser reconocidas sobre fotografías aéreas y en campo.
- d) Que la clasificación sea simple, para que pueda ser utilizada por personas que no son especialistas en evaluación de tierras.

El sistema de clasificación de aptitud de las tierras además de considerar los puntos anteriores, sólo reconoce clases concretas de uso de las tierras, cada una con sus propias exigencias, por ejemplo, en cuanto a la humedad del suelo, pro

fundidad de las raíces, etc. Las cualidades de cada tipo de tierra tales como humedad disponible o posibilidad de inundaciones se comparan con los requisitos de cada empleo. También considera aspectos de degradación ambiental, es decir, se evalúan las consecuencias -- probables para el medio ambiente con mayor precisión posible, teniendo presentes tales evaluaciones al determinar la aptitud (F.A.O 1976).

3.2. La evaluación de las tierras y la planificación del uso de las mismas.

3.2.1. Generalidades.

La palabra "tierra" fué usada por primera vez por Christian y Stewart (1967-1973) para señalar la complejidad de atributos superficiales y cercanos a la superficie del planeta, que son significativos para el hombre. Christian (1963), consideró a la tierra como un perfil vertical de un terreno que involucra una porción de la superficie del planeta, incluyendo el ambiente aéreo, los horizontes geológicos subyacentes, las poblaciones de plantas y animales y las actividades humanas pasadas y presentes. Sin embargo, los aspectos puramente económicos y sociales no se incluyen en el concepto de -- tierras.

Los reconocimientos de suelos constituyen a veces la base principal para la definición de las unidades cartográficas. Sin embargo, el estudio de los suelos en el contexto de las tierras no pueden evaluarse separadamente de otros aspectos del medio ambiente, y es por ello que el concepto de tierra se le emplea como base para la evaluación de la aptitud.

La planificación del uso de la tierra consiste en orientar el tipo de explotación de las tierras, de tal manera que los recursos naturales proporcionen mayor beneficio al hombre conservándolos

al mismo tiempo para el futuro. La evaluación de las tierras es únicamente una parte del proceso de planificación de su uso.

Otro de los términos que se emplean en la evaluación de la tierra y que es necesario definir es la "Aptitud de las Tierras" que se refiere a la adaptabilidad de un tipo dado de tierras para una clase específica de uso de las mismas.

Para la evaluación de las tierras se utilizan generalmente dos tipos de clasificaciones: la clasificación de capacidad de uso de los suelos y la evaluación de la aptitud de las tierras.

3.2.2 La Clasificación de Capacidad de Uso de los Suelos.

La clasificación por capacidad de uso más conocida y más usada, es la de Klienengebiel y Montgomery del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (Manual No. 210). La clasificación de USDA permite un agrupamiento de unidades cartográficas que se comportan de una manera similar, respecto al manejo y tratamiento. Los suelos agrícolas se agrupan de acuerdo a sus potencialidades y limitaciones para una producción continua de los cultivos comunes que no requieren condiciones o tratamientos particulares.

Los suelos que son adecuados para una producción continua y por largo tiempo, se agrupan de acuerdo a sus potencialidades y limitaciones para la producción de vegetación permanente y, de acuerdo a los riesgos de destrucción o daños, si son mal manejados.

La clasificación por capacidad de uso comprende tres niveles de categorías de agrupamiento de suelos (USDA, 1961).

- 1.- Unidad de Capacidad
- 2.- Subunidad
- 3.- Clase

La unidad de capacidad, constituye un agrupamiento de suelos que tienen aproximadamente las mismas características en el manejo de plantas cultivadas y pastos comunes. Los suelos de la misma unidad se adaptan a la misma clase de plantas cultivadas y pastos comunes.

La subunidad es un agrupamiento de unidades de capacidad que tienen limitaciones y riesgos similares. Se conocen cuatro clases generales de limitaciones: erosión, humedad, limitaciones de la zona radicular y clima.

La subunidad está formada por clases que tienen un número similar y grado de limitaciones. Son ocho clases que se representan por números romanos. El número y grado de limitaciones en su uso se plantea progresivamente, con menos limitaciones corresponden a la clase I, y con el máximo, a la clase VIII. Las cuatro primeras son aptas para la agricultura, las clases V, VI, VII son adecuadas para pastos y árboles, aunque en algunos casos las clases V y VI pueden producir cultivos especiales bajo condiciones de manejo también especiales. Las áreas clasificadas como clase VIII tienen el mayor número de limitaciones y su uso queda limitado a la silvicultura de protección.

A continuación consideramos algunas características de las clases mencionadas.

CLASE I.- Suelos con muy pocas limitaciones para su uso; son casi planos, con muy pequeños problemas de erosión, profundos, bien drenados, fáciles de trabajar, con buena capacidad de retención de agua y responden a la fertilización. El clima local es favorable para el crecimiento de muchos cultivos a menos que las limitaciones de lluvia hayan sido eliminadas mediante obras de riego.

CLASE II.- Suelos con algunas limitaciones que reducen la elegibilidad de plantas, o requieren prácticas ligeras de conservación de suelos.

Las limitaciones de estos suelos incluyen los efectos individuales o combinados de: pendiente suave, susceptibilidad moderada a la erosión, profundidad menor a la del suelo ideal, contenido moderado de sales y sodio, daños a la vegetación por inundaciones, exceso de humedad fácilmente corregible, limitaciones ligeras del clima en el uso y manejo de los suelos.

CLASE III- Suelos con severas limitaciones que reducen la selección de plantas o requieren prácticas especializadas de conservación o ambas. Las limitaciones incluyen los efectos individuales o combinados de: pendientes moderadamente altas, alta susceptibilidad a la erosión, frecuentes inundaciones, muy baja fertilización del subsuelo. Poca profundidad del suelo, baja capacidad de retención de humedad, bajo contenido de los nutrimentos. salinidad y sodio en cantidades moderadas, y condiciones climáticas limitantes.

CLASE IV.- Suelos con limitaciones muy severas que restringen la elección de cultivos o requieren de un manejo muy cuidadoso o ambos. Las limitaciones de estos suelos bajo cultivo, incluyen los efectos individuales o combinados de: pendientes muy pronunciadas, severa susceptibilidad a la erosión, efectos severos de erosión, suelos poco profundos, baja retención de humedad, inundaciones frecuentes que afectan severamente a los cultivos, peligro continuo de exceso de humedad, afectación severa de sales y sodio y efectos moderadamente adversos del clima. Terrenos para pastos y bosques, generalmente no aptos para cultivos.

CLASE V .- Suelos prácticamente sin problemas de erosión pero tienen limitaciones de susceptibilidad a inundación frecuente o tienen piedras o tienen limitaciones climáticas; ejemplos de estos suelos son: suelos de terrenos bajos sujetos a frecuentes inundaciones que limitan el desarrollo de cultivo; suelos casi planos con piedras y rocas sobre la superficie.

CLASE VI .- Suelos con limitaciones severas que los hacen no aptos para su aprovechamiento bajo cultivos, pero que pueden ser utilizados en la producción de pastos, árboles o vida silvestre o cobertura.

Estos suelos tienen limitaciones permanentes que es muy difícil de corregir tales como, pendientes muy pronunciadas, susceptibles a erosión severa, muestra efectos muy severos de erosión anterior, pedregosidad, superficialidad de la zona radical, excesiva humedad o riesgo de inundación, exceso de salinidad y sodio o factores climáticos severos o combinaciones de ellos. Algunos de estos suelos son aptos para cultivos especiales que muestran requerimientos distintos a la mayoría de los cultivos.

CLASE VII.- Suelos con limitaciones muy severas que los hacen no aptos para cultivos y restringen su uso a la producción de pastos o árboles y a la vida silvestre. Estos suelos pueden ser aprovechados para pastoreo o a la producción de maderas o combinaciones de ellas siempre y cuando se apliquen prácticas de manejo.

Las limitaciones permanentes para su uso incluyen los efectos individuales o combinados de: pendiente muy pronunciada, erosión, suelos someros, pedregosidad, suelos excesivamente húmedos, salinidad y sodio y otras limitaciones que hacen de estos suelos no aptos para los cultivos comunes.

CLASE VIII.- Suelos con limitaciones tales que únicamente pueden ser utilizados para recreación de vida silvestre, abastecimiento de agua, propósitos estéticos.

Las limitaciones permanentes para su uso incluyen los efectos individuales o combinados de: erosión o peligro de ser erosionados, clima severo, suelo excesivamente húmedo, pedregosidad, baja capacidad de retención de humedad y exceso de salinidad y sodio entre otras.

3.2.3. Evaluación de la Aptitud de las Tierras.

La evaluación de las tierras es un procedimiento asociado con la posibilidad de encontrar un uso más adecuado del suelo, incluyendo alternativas en su empleo. Este planteamiento se basa en un cuidadoso entendimiento de aspectos naturales y humanos del medio ambiente.

La clasificación de la capacidad de las tierras es una evaluación de la adaptabilidad de una unidad fisiográfica por ejemplo, a un tipo de uso definido (Ortiz y Cuanalo, 1978). Las tierras se pueden considerar en su estado actual o después de incorporarle mejoras. El proceso consiste en evaluar la relación entre las limitaciones de una unidad terrestre con los requerimientos de un tipo de uso de la tierra en términos económicos cualitativos o cuantitativos (F.A.O.--1976).

Erinkman y Young (1975), definen los siguientes tipos de clasificación de las tierras de acuerdo a su capacidad (o aptitud):

La clasificación cualitativa, consiste en una estimación de la capacidad relativa de la tierra para la producción agrícola, ganadera y forestal, en términos cualitativos únicamente sin calcular con precisión la relación costo-beneficio para un tipo de uso en una unidad de tierra. Esta clasificación se basa en el potencial de producción de las tierras, usando la economía como referencia. Se utiliza en estudios a nivel de reconocimiento.

La clasificación cuantitativa consiste en la definición de clases de aptitud en términos numéricos, lo que permite una comparación objetiva entre las unidades cartográficas con los diversos tipos de uso. Este sistema involucra el empleo intenso de criterios económicos a través de índices como la relación -- costo-beneficio, hasta la elaboración de modelos de programación lineal o dinámico, para buscar las mejores alternativas -- del uso de la tierra.

El esquema de la clasificación de aptitud de las tierras -- fue propuesto por Bennema, posteriormente adoptado por la F.A.O. en el esquema de la evaluación de las tierras (Brinkman y Young 1975). El sistema comprende cuatro niveles de generalización -- que funcionan en orden decreciente de generalización: orden, -- clase, subclase y unidad.

ORDEN DE APTITUD. El orden de aptitud está formado por -- tierras que han sido evaluadas, aptas (A) o no aptas (N) o condicionalmente aptas.

El orden apta (A), abarca las unidades de tierras en las -- cuales se espera que el tipo de aprovechamiento de la tierra -- sostenido rinda beneficios que justifique los insumos, sin riesgos inaceptables de peligros para los recursos de la tierra.

El orden de aptitud de las tierras no apta (N), se define como una contrapuesta de la apta y corresponden a terrenos que poseen características que impiden un tipo de aprovechamiento -- sostenido.

- 1- Las tierras pueden clasificarse como aptas para un uso determinado por una diversidad de razones. Puede ocurrir que el uso propuesto sea técnicamente impracticable, tal como el riego de terrenos pedregosos escarpados, o que provoque una grave degradación ambiental, como el cultivo, de laderas escarpadas. Frecuentemente la razón es de tipo económico, es decir, el valor de los beneficios esperados no justifica los costos de los insumos que serían necesarios.

CLASE DE APTITUD. Las clases de aptitud reflejan grados de adaptabilidad dentro de un orden, denominándose mediante números arábigos progresivos y descendentes que corresponden a una secuencia descendente de aptitud dentro de un orden. El criterio de diferenciación de los grados de aptitud está basado sobre una estimación cualitativa de las relaciones entre beneficio e insumo. El beneficio consiste en rendimientos de cultivos, productos pecuarios, madera o bienes de servicios.

La clase de aptitud se define localmente con base en los costo de una producción sostenida.

- El número de clases reconocidas deberá mantenerse a un mínimo necesario para satisfacer los objetivos interpretativos; cinco será probablemente el número más elevado que se utilice, y el más recomendado es tres.

SUBCLASE DE APTITUD. Las subclases corresponden a tierras que presentan las mismas modificaciones o mismas necesidades de mejoramiento. Las limitaciones se determinan localmente. Los nombres de las subclases se indican con letras minúsculas de significación nemotécnica, vinculados con el nombre de la clase de aptitud. El número de subclase debe mantenerse a un mínimo, utilizando el menor número posible de limitaciones en el símbolo para cualquier subclase.

UNIDAD DE APTITUD. Las unidades de aptitud reflejan diferencias de menor cuantía, dentro de una subclase. Las unidades difieren entre sí en sus características de producción o en aspectos secundarios de sus exigencias de ordenación. Su reconocimiento permite una interpretación detallada a nivel de planificación de la explotación. Estas unidades se distinguen mediante cifras que siguen a un guión. No hay límite alguno en el número de unidades reconocidas dentro de una subclase.

El concepto "condicionalmente apta" es una modalidad del orden "apta" que indica aptitud después de haberse cumplido con las condiciones del caso. Se indica mediante la letra minúscula "c" dispuesta entre el símbolo del orden apta y el número que indica la clase: Ac_3 por ejemplo :

- La estructura de la clasificación de aptitud junto con los símbolos utilizados se resumen en la figura 3.1. Según la finalidad, escala e intensidad del estudio, pueden diferenciarse la gama total de órdenes, clases, subclases y unidades de aptitud, o bien - limitar la clasificación a las dos o tres categorías más altas.

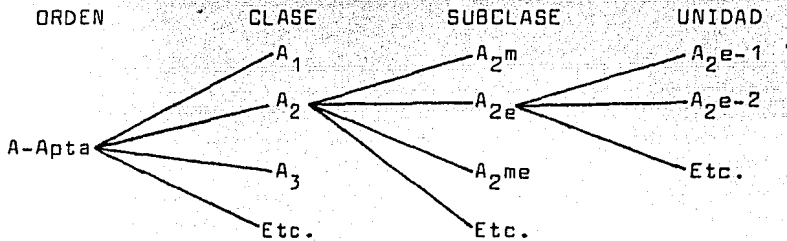


Figura 3.1

1.- De los sistemas expuestos anteriormente, podemos observar que el sistema F.A.O. difiere del USDA en tres aspectos principales:

- a) La aptitud es evaluada por separado para cada uso.
- b) Hace uso de las cualidades de las tierras en lugar de las limitantes individuales de las mismas.
- c) Hace énfasis en aspectos económicos.

La mayor contribución de este esquema, es el énfasis que otorga a las distintas formas de uso del suelo; tiene diferentes requerimientos y, por lo tanto, estos usos deben de ser definidos y evaluados desde un punto de vista de la aptitud de las tierras de manera separada.

Los procedimientos de la clasificación de aptitud de las tierras (FAO) no funcionan a partir de una base de "riesgo de uso", sino más bien analizando los componentes del clima, suelo, etc. cuyas características se denominan características de la tierra y pueden ser objetiva o cuantitativamente predecibles. Son entonces --

consideradas en términos de interacciones que ocurren entre diferentes características. A estas interacciones se les llaman "cuadriculadas de las tierras" que se relacionan con varios cultivos cuyos parámetros de crecimiento se han definido separadamente. En los casos donde los parámetros se relacionen, entonces esas tierras son las más aptas para un cultivo determinado; donde hay una pobre relación, entonces el conteo se reduce a un punto donde la tierra se considera como no apta.

El resultado final de la clasificación de la aptitud es una etapa más avanzada que la clasificación de la capacidad dado que en el primer caso, cada cultivo importante tiene las áreas de aptitud bien definidas; en cambio, cada clase de capacidad debe examinar de nuevo sus componentes para llegar a un rango de aptitud adecuado.

3.2.4. Problemática de los Sistemas de Evaluación de la Tierra en México.

La Dirección General de Geografía del Territorio Nacional, para apoyar la planificación, programación y aprovechamiento de los recursos naturales, elabora desde 1968, la carta de uso potencial. Para este fin se han utilizado dos sistemas de evaluación de tierras, que presentan enfoques similares puesto que están basados en el "Land Capability Classification" del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (1961).

Ambos sistemas se caracterizan por clasificar en ocho clases de capacidad de uso de las tierras en función del grado o magnitud con que los llamados factores limitantes registren el establecimiento de las actividades agrícolas, pecuarias y forestales.

Los responsables de la elaboración de la carta de uso potencial aclaran: "La experiencia generada a lo largo de estos once años de trabajo sistemático, permite reconocer en estos sistemas, una serie de imprecisiones que abarcan desde los aspectos conceptuales, hasta aquéllos que tienen que ver con los procedimientos cartográficos".

Las principales deficiencias observadas pueden precisarse en los siguientes aspectos:

- a) Las tierras son evaluadas únicamente desde el punto de vista cualitativo.
- b) Ambos sistemas solamente contemplan a la evaluación de las tierras como un medio para determinar las posibilidades de establecer un solo modelo de utilización; la agricultura tecnológicamente avanzada.
- c) Las clases de capacidad de uso se definen en términos ambiguos, perdiéndose cada vez más el concepto central que los caracteriza.
- d) Ambos sistemas carecen de un marco de referencia conceptual.

Cuanalo (1981) advierte que esta clasificación por capacidad de uso está basada, como podemos deducir de lo anterior, en varios supuestos fundamentales pero probablemente los más difíciles de aceptar para grandes áreas agrícolas de México son:

- 1.-La clasificación parte del supuesto de que existe una tecnología agrícola de capital ilimitado, altamente mecanizada, comercial y extensiva.
- 2.-La clasificación considera que no hay limitaciones para la venta de productos, tales como distancia a los mercados y calidad de las comunicaciones.
- 3.-La clasificación considera que no hay limitaciones de organización social, tales como tamaño de la unidad de producción o tenencia de la tierra.

La posibilidad de diseñar un nuevo sistema comenzó a vislumbrarse en los últimos años y la abre el planteamiento de la consulta de la FAO sobre evaluación de tierras para fines rurales.

3.2.5. Algunas Consideraciones Sobre las Variantes Introducidas en la Evaluación de las Tierras en este Trabajo.

El presente estudio no pretende ser sino una contribución para el planteamiento de una clasificación más práctica para la evaluación de las tierras.

El uso adecuado del suelo es el primer paso hacia una buena agricultura, y desde un punto de vista conservacionista del suelo, una definición acerca del uso adecuado del suelo sería usar toda la tierra de acuerdo a su capacidad para sostener una productividad económica continua.

El hombre desde los tiempos más remotos hasta nuestros días cuando se enfrenta al campo de la diversidad del mundo natural, clasifica intuitivamente y estratifica a esta diversidad en grupos más pequeños y manejables (Heywood, 1968).

Todas las ciencias de alguna forma utilizan la división y agrupación de los objetos de su interés. La ciencia del suelo no es la excepción, los primeros intentos tuvieron un carácter específico, es decir, se buscaba una aplicación práctica inmediata y se consideraban factores externos. Más tarde, al iniciarse en Rusia la moderna ciencia del suelo con Dokuchaev (1846-1903) se comienza a clasificar a los suelos con base en sus características internas, se propone al perfil como unidad de observación y se establecen los factores formadores del suelo. A la fecha existen varias clasificaciones pero no hay ninguna que haya sido aceptada en forma universal, ya que debemos recordar que la clasificación es una herramienta generada por la mente del hombre.

Ahora bien, la clasificación de las tierras se enfrenta a varios problemas y de acuerdo a Marbutt (1978) estos problemas se agrupan en:

- a) Problemas de complejidad: originados por la multitud de propiedades que tienen las tierras.
- b) Problemas de extensión: surgen fundamentalmente por el interés de conocer cual es el área de ocurrencia de determinada clase de terreno.

En nuestro país, al igual que muchos otros en Latinoamérica, las clasificaciones tanto taxonómicas como interpretativas han sido copiadas de otros países pero a diferencia de las primeras, no son lo más adecuado, ya que como se ha indicado, las clasificaciones interpretativas deben basarse en experimentos, pruebas de campo y observaciones.

Es posible sin embargo, utilizar las experiencias generadas en otros países como un punto de partida, modificándolas de acuerdo a hechos y no a consideraciones teóricas que en lugar de provocar un avance pueden producir limitaciones del sistema.

Considerando estas razones y las expuestas en los puntos anteriores, el presente trabajo se abocó a formar parte de un esquema general de clasificación de aptitud de las tierras que se viene desarrollando (Hernández, 1983) y que se adapta a las características y necesidades del país y usos del suelo específicos.

Esta clasificación como se dijo anteriormente esta contemplada en el esquema para la evaluación de las tierras publicado por la FAO, en 1976.

Se proponen criterios y limitaciones que deben seguirse para la clasificación de las tierras. Sin embargo el sistema es flexible y más libre para modificarlo y adaptarlo de acuerdo a la región donde se pretenda hacer una clasificación. Además, nos permite seleccionar los tipos de limitaciones de cada clase de uso de acuerdo a las características de una cierta área; esta clasificación permite adaptarse a las características socioeconómicas y de la tierra de un determinado lugar. Esto quiere decir que es posible contemplar varios modelos de utilización de las tierras.

Se pueden hacer algunas consideraciones sobre el método de muestreo en campo.

Aunque la técnica del muestreo utilizada es conocida y manejada por algunos investigadores en algunos casos puede prestarse a ciertas confusiones de concepto.

Cuanalo (1981) indica que en el campo el tipo de muestreo para esta clase de trabajo puede realizarse por muestreo libre o muestreo sistemático.

En el muestreo libre, los sitios de observación no están espaciados regularmente sino que son seleccionados como representativos de áreas identificadas con base en las geformas o a las investigaciones; además, se escogen otros sitios cuando se está realizando el estudio de acuerdo como se observe el patrón de distribución de los suelos. En el muestreo sistemático los sitios están regularmente espaciados sobre los vértices de una cuadrícula del área previamente elaborada con esta finalidad.

El muestreo libre es esencialmente, una forma de muestreo estratificado, en el cual, los estratos son las unidades identificadas por foteointerpretación u otras unidades determinadas en el campo en el momento de muestreo. Los sitios son usualmente seleccionados como puntos que parecen ser, sobre las fotografías aéreas o sobre el terreno, "típicos" de las unidades de tierras, procedimiento que desde un punto de vista estadístico podría refutarse, pero en la práctica funciona.

En el muestreo sistemático el método consiste en trazar un conjunto de líneas paralelas a través de la zona de estudio y tomar observaciones de suelos a intervalos fijos a lo largo de ellas. El método se emplea comunmente en levantamientos a escala intensiva y es menos frecuente en levantamientos detallados y semidetallados.

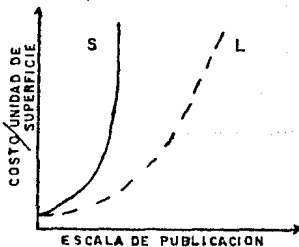


Fig. (32) Relación escala costo para procedimientos de muestreo Libre (l) y sistemático (s) (Beckett, 1968)

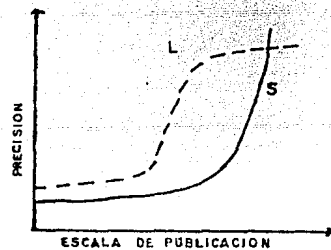


Fig. (33) Relación Escala-precisión para los procedimientos de muestreo libre (l) y sistemático (s) (Beckett, 1968).

De lo anterior, puede surgir una duda en relación al distanciamiento de las líneas y los intervalos a los que sobre ellas deban muestrearse. Hay algunas experiencias sobre la densidad de observaciones, como por ejemplo, los técnicos franceses de la O.R.S.T.-O.M., emplean de una a dos observaciones por cm^2 del mapa final, aunque con la fotointerpretación podrían reducirse. La decisión final debe tomarla las personas que realicen el trabajo de campo y que a su vez estará en función del tiempo, el costo y la complejidad del patrón de suelos.

De esta manera y tomando en cuenta la escala e intensidad del trabajo, se llevó a cabo el muestreo libre, teniendo como apoyo determinante para este muestreo el reconocimiento en el campo y las fotografías aéreas, así como mapas que nos ayudaron a seleccionar los puntos representativos lo que a la vez permitió un muestreo específico en cuanto al número necesario de muestras.

La recolección de muestras fue hecha horizonte por horizonte este tipo de muestreo nos da una idea clara de las características del suelo a lo largo del perfil; además, el número de muestras es menor que en otras técnicas, así como el tiempo de recolección, obteniendo los mismos resultados, y por consiguiente el costo de análisis es menor así como el tiempo de procesamiento.

Los tipos de análisis que se realicen deben de ir de acuerdo a los objetivos y a las características de la zona de estudio; por ejemplo, para un trabajo de fertilidad no se usarán exactamente los mismos análisis que para un estudio taxonómico. Asimismo, los análisis que se efectúan en las muestras de una zona templada-fría, son diferentes a algunos análisis para una zona tropical o para una zona árida.

Siguiendo los criterios anteriores, en el presente trabajo se realizaron análisis que fueron pensados de acuerdo a los objetivos y a la zona de estudios, y de esta manera se trató de salir de los análisis rutinarios efectuados generalmente para todos los tipos de trabajo en suelos, y así evitando informaciones innecesarias.

3.3. Fotografías Aéreas.

El éxito de una buena planeación económica para lograr el desarrollo regional e integral de un país, depende principalmente de la fidelidad y oportunidad de la información con que se cuenta. La fotointerpretación y la fotogrametría proporcionan la exactitud y rapidez necesarias para estos propósitos y es en la cuantificación y localización de los recursos donde la fotografía aérea resulta ser de importancia capital como instrumento básico para el ejercicio de las técnicas mencionadas.

La fotogrametría es una técnica que tiene por objeto la determinación de la forma y dimensiones de los objetivos con base en las características métricas de sus perspectivas centrales. Las perspectivas centrales utilizadas son, en este caso, las fotografías.

Por su parte la fotointerpretación es la técnica de reconocer - en las fotografías, todos los elementos presentes y superficiales -- del terreno fotografiado, deducir su significado e interpretar su -- evaluación en el pasado y futuro.

Esta técnica ofrece extraordinarias ventajas cuando es aplicada a la realización de estudios de recursos naturales, además como ya se había dicho, es rápida, económica y de gran precisión.

Actualmente sabemos que una de las ventajas por la cual se usa esta técnica es la ganancia de tiempo y de costo. Vink (1963), aclara que tal ganancia está en función de la escala.

ESCALA DE PUBLICACION

GANANCIA APROXIMADA EN
TIEMPO Y COSTO POR EL
USO DE FOTOINTERPRETACION

1:2 000 000	70 %
1:1 000 000	75 %
1:250 000	80 %
1:50 000	70 %
1:20 000	25 %
1:10 000	10 %

Existen muchos tipos de fotointerpretación de acuerdo al objetivo que se persigue en el estudio; así tenemos que hay fotointerpretación geológica, que también abarca aspectos de erosión, drenaje y topografía; fotointerpretación de suelos aplicada a la agricultura y al uso del suelo; fotointerpretación aplicada a estudios forestales, etc.

3.3.1. Criterios que se Utilizaron para la Interpretación de las fotografías Aéreas

Para realizar la fotointerpretación es necesario tener elementos de juicio que se pueden dividir en dos grupos (García, 1977)

- Los derivados de las características físicas de las fotografías.
- Los que se derivan de las características del elemento fotografiado.
- Los que se derivan de las ciencias y disciplinas que quieren estudiarse en las fotografías.

Y el segundo:

- Se puede reconocer la superficie del terreno, cubierta vegetal etc.
- Reconoce la forma del elemento fotografiado y su composición básica.
- Nos permite interpretar la presencia de algún elemento en el terreno que no fué directamente fotografiado.

Dentro de las fotografías aéreas también encontramos características como su tonalidad, forma y textura.

TONO DE LA FOTOGRAFIA. Es la cantidad de luz reflejada en la placa fotográfica por los colores del terreno fotografiado, dando como resultado distintas variaciones de gris, negro y blanco. Se pueden denotar presencias de materia orgánica, humedad, composición mineralógica, algunas características de la vegetación (bllaje), etc.

TEXTURA. Es la apariencia dada por un conjunto de rasgos unidos que son demasiado pequeños e imposibles de identificarlos individualmente.

Se puede decir también que es la apariencia dada por un conjunto de rasgos unidos que no son pequeños y consecuentemente posibles de identificarse individualmente, pero que ofrece determinado arreglo representativo de las características del terreno o de su cubierta vegetal. La textura va a depender de la escala de las fotografías (Eugene, 1968).

;

4. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.

4.1. Localización.

El área de estudio se encuentra ubicada en la parte NE del valle de Toluca en el Estado de México. Se encuentra dentro de las coordenadas $19^{\circ}21'$ de la latitud norte y $99^{\circ}25'$ a $99^{\circ}34'$ de longitud oeste. Abarca los municipios de Xonacatlán, Hixquilucan, Toluca, Mexicaltzingo y Lerma. (Figura 4.1)

Esta área cuenta con una superficie aproximada de 7 898 has que su mayoría son destinadas a la agricultura.

4.2. Fisiografía.

La parte NE del valle de Toluca esta localizada en la provincia fisiográfica que Ordoñez (1946) llamó Mesa Central Mexicana, subprovincia de la Mesa Central del Sur.

Posteriormente Alvarez (1961), ha incluido el área de estudio en la zona de fosas tectónicas y vulcanismo reciente.

Queda comprendida dentro de la amplia zona volcánica que atraviesa a la República Mexicana; faja de intensos esfuerzos tectónicos y donde se manifiesta con mayor intensidad, la actividad ígnea del Cenozoico en México; algunos autores la han denominado zona neovolcánica.

Es difícil señalar en esta región unidades fisiográficas (unidades que señalan las modificaciones y evoluciones de la corteza terrestre) que han sido enmascaradas por una variedad prodigiosa de formas volcánicas de distintas épocas, modificadas por la tectónica y moldeadas por varios ciclos erosivos (Aparicio, 1967).

Al este del área y en sus límites, se desarrolla la cadena montañosa conocida como Sierra de Catedral y Las Cruces, constituidas principalmente por rocas de tipo andesítico y geoformas de conos basálticos. Esta zona alcanza la elevación más alta dentro del área de estudio, con 3 050 m. de altitud (cerro Pe-ralta).

La parte sur se ubica propiamente dentro del valle de Toluca; más hacia el sur y a fuera del área de estudio, se presenta la unidad geomorfológica del Nevado de Toluca (Xinaltecatl), en cuyas estribaciones se desprende la serranía del Ajusco, entre ésta y el Nevado se cierra el Valle de Toluca por el lado sur.

Hacia las regiones oeste y norte también se tiene como en la parte sur, una planicie que constituye el valle. La característica dominante en la zona de estudio es la planicie dentro del valle, cubriendo aproximadamente un 55% del área de trabajo. Y ya fuera de esta zona continúan las áreas planas; en la región oeste se encuentran lomeríos que se prolongan hasta La Gavia y los montes de Xochi, La Providencia. El Aro y Tlalpujahuá. Al norte de Ixtlahuaca, el valle de Toluca comienza a extrangularse, siendo casi cerrado por completo en el cerro de Xocotitlán.

Algunos autores opinan que esta cuenca, y otras como la de Ixtlahuaca y Atlacomulco se formaron a fines de Plioceno y que los afluentes altos del río Lerma al oriente y sureste de Toluca descargaban al río San Jerónimo de la cuenca de Balsas Amacuzac y que el vulcanismo basáltico cambió las redes locales de drenaje repetidamente.

Posiblemente estos lagos fueron cuencas muy profundas excediendo tal vez a los 500 m de su nivel actual (se han hecho sondeos hasta 200 m), que fueron rellenados poco a poco, tanto por sedimentos aluviales arrancados de las montañas circundantes, como por escorias y cenizas volcánicas (Aparicio, 1967).

4.3. Geología.

El área de estudio queda localizada en la llamada zona neovolcánica de la República (Aparicio, 1967), dentro de esta área aproximadamente el 40% de la superficie se encuentra cubierta por rocas volcánicas del Mioceno al Plioceno.

Al este del área de estudio y del valle de Toluca, se encuentran elevaciones montañosas compuestas principalmente de rocas ígneas de tipo andesítico, lavas, brechas y tobas volcánicas del Plioceno. Además, en esta misma área, rodeando a las elevaciones montañosas, se encuentran abanicos aluviales, compuestos principalmente de gravas, arenas y limos, acarreados por agua y depositados en esa forma. El origen de estos materiales son las montañas donde existían grandes cantidades de detritus volcánicos poco consolidados y por tanto fáciles de erosionar. Dentro y fuera del área de estudio se encuentran ampliamente distribuidas, principalmente en la zona oriental que circunda al valle de Toluca.

También dentro de esta área, se encuentran rocas de tipo basáltico cuyos conos forman unidades notables dentro de la fisonomía de la región.

La zona anteriormente descrita ocupa aproximadamente un 45% de la zona de estudio encontrándose al NE, y SE extendiéndose a una gran parte de las zonas montañosas circundantes al valle.

La parte que resta se encuentra propiamente en el valle, ocupando la zona central, SE y NE. En esta área y en todo el valle de Toluca, existen espesores muy grandes de depósitos lacustres y sedimentos clásticos, no consolidados que ocupan zonas casi planas de este valle y de Ixtlahuaca. (Aparicio, 1967; López, 1971)

Los depósitos lacustres están formados por capas delgadas a laminares de limos, arcillas, cenizas volcánicas y diatomitas. En algunos pozos hechos anteriormente en otros trabajos se han alcanzado espesores mayores a 200 m sin haber encontrado su base.

Los depósitos aluviales forman rellenos internos y la cubierta actual de las cuencas lacustres, están constituidos por clásticos - de las montañas circundantes.

La edad de estos sedimentos posiblemente correspondan al Pleis-toceno y al Reciente. (Aparicio, 1967; López, 1971)

4.4. Hidrografía.

Todas las corrientes del Estado escurren hacia tres cuencas -- principales: El Pánuco (Golfo de México), El Lerma y El Balsas - -- (Océano Pacífico).

En la región oriental, en las crestas de las serranías conocidas como Catedral, Ajusco y las Cruces, queda localizada la línea - divisoria de drenaje entre el valle de México y el río Lerma (Apari-cio, 1967; CETENAL, 1978).

Al sur y oeste del Nevado de Toluca, sierra del Ajusco y las se-
rranías que se desarrollan entre las poblaciones de Valle de Bravo-
y el Oro, marcan el parteaguas de la cuenca Balsas-Mexcala con la -
cuenca del Santiago-Lerma.

Ocupando la región central del área cubierta por el plano geo-
lógico, se desarrolla lo que se ha llamado parte alta de la cuenca-
del Lerma.

El primer cauce (El Pánuco, Golfo de México), tiene como fuen-
tes originales (unidas por obras de ingeniería), las cuencas del La-
go de Texcoco, que recogen las aguas de los ríos de la Asunción, de
los Remedios, Tlalmanalco, Río Frio, Los Reyes, Panoya y la de Zum-
pango, todos canalizados actualmente y conducidos al gran canal del
desagüe (DEGGETENAL, 1981)

El río Lerma se forma de los manantiales de Almoloya del Río, al pie occidental de la Sierra del Ajusco; y está formado por rocas andesíticas atravesadas posteriormente por erupciones basálticas que dieron lugar a los cerros volcánicos del Xitle y el Pedregal de San Angel. Los citados manantiales del Almoloya, brotan al pie del macizo del Ajusco del lado del valle de Toluca. Son nueve grupos de manantiales, entre ellos los de Texocuapan (73 veneros) y Tecalco (95). En el pasado formaban la ciénega de Chignahyapan y más adelante las lagunas de Chimaliapan y Lerma, más allá de las cuales se estabilizaba el cauce; este tiene un desarrollo de 125 Km en el Estado de México, tocando a lo largo de su curso 28 municipios. En 1948 se decidió aprovechar las primeras aguas del Lerma para abastecimiento de la Ciudad de México, se construyó un acueducto de 50 Kms. de longitud, desde Almoloya del Río a las Lomas de Dolores en las afueras de la capital.

En su curso se instalaron 3 sifones (Dolores, San Joaquín y río del Borracho), y se perforaron 25 túneles. En años posteriores se han perforado nuevos pozos a uno y otro lado del cauce del río cuyas aguas se vierten al acueducto con destino a la Ciudad de México. Este caudal que antes escurría al Pacífico lo hace ahora al Golfo de México.

Aunque muy disminuido, el río Lerma corre aún en el fondo del valle de Toluca.

En las ciénegas y lagunas ya desaparecidas los pobladores ribereños obtenían productos alimenticios y materias primas, en especial el tule o juncia, útil para producir esteras (petates) y otros objetos artesanales. En la actualidad varios pueblos de esta región enfrentan grandes problemas, pues la actividad agrícola que siempre fue precaria, no basta para emplear la mano de obra que antaño se ocupaba en faenas lacustres.

Toda la región sur del Estado forma parte de la cuenca del río Balsas: El Chalma con sus afluentes Malinalco, Zumpahuacán, Zempuala y Zarcas, se unen al Amacuzac ya en territorio de Morelos.

4. 5. Clima.

4. 5. 1. Generalidades.

El clima de la región esta representado por el grupo de climas templados húmedos y los subgrupos, templados húmedo y muy húmedo, esto de acuerdo con Köppen, modificado por E. García -- (1970).

Una de las características determinantes del grupo es la de tener una temperatura media del mes más frío entre -3 y 18°C y la del mes más caliente 6.5°C . Este grupo presenta varios subgrupos climáticos de acuerdo al grado de humedad. Los más húmedos de los templados son el C (W_1), C (W_2). el primero intermedio entre el C (W_0) y C (W_2) en cuanto a humedad con lluvias en verano, y el segundo el más húmedo de los templados subhúmedos con lluvias en verano.

4. 5. 2. Análisis de Algunos Datos Climáticos.

Se utilizaron para este análisis datos de estaciones localizadas dentro de la zona de estudio, así como algunas estaciones que estan fuera.

Las estaciones meteorológicas fueron localizadas en la carta climática (México 14 Q-V) del Instituto de Geografía UNAM CENAL (1970), y de la publicación del Instituto de Geografía (Climas) correspondiente al Estado de México (1974). Esta última sólo considera datos de precipitación desde un punto de vista estadístico. También hay que hacer notar, que todas las estaciones consideradas tienen más de 10 años de servicio.

Se utilizaron datos de las estaciones: Toluca, San Pedro Arriba, San Miguel Mimiapan y Lerma.

Estación Toluca (latitud norte $19^{\circ}17'$ y longitud oeste $99^{\circ}40'$), con una altitud de 2600 m. Esta estación describe la parte que corresponde al área sur de la zona de estudio (parte que se ubica en la zona baja del valle).

El clima de esta zona queda representado por $C(w_2) (w)$ big. Presenta un subgrupo $C(w_2)$, con un régimen de lluvias en verano, por tener la precipitación del mes más lluvioso de la mitad caliente del año mayor de 10 veces que la del mes más seco; su cociente P/T es mayor de 55.0. Para determinar si el clima es húmedo o no, se utiliza el rh , que es la cantidad de precipitación anual mínima para que el clima sea considerado húmedo.

$$rh = 2t + 28$$

$$rh = 2(12.7) + 28$$

$$rh = 25.4 + 28$$

$$rh = 53.4 = 534 \text{ mm}$$

Se necesitan por lo menos 534 mm para que el clima sea húmedo. Como en el lugar tenemos 800.2 mm de lluvia anual que es mayor que la cantidad obtenida, el clima es húmedo.

También presenta un porcentaje de lluvia invernal menor al 5 % de la lluvia anual (0.37 % de lluvia invernal), representándose por una (w).

Con respecto a la temperatura, la temperatura media anual es sobre 13°C , la del mes más caliente es menor a 22°C siendo éste el motivo por el cual presenta un verano fresco y largo, representando por la letra b.

La temperatura del mes más caliente es de 15°C y la del mes más frío de 11°C , su oscilación térmica es de 4°C , es considerada isotermal y la letra que lo representa es la i.

El mes con la más alta temperatura es mayo (con 15°C). ésta se presenta antes del solsticio de verano (junio). por lo tanto, se dice que tiene una marcha de la temperatura tipo Ganges representado por la letra g.

Estación San Pedro Arriba (latitud norte $19^{\circ}29'$ y longitud oeste $99^{\circ}34'$), con una altitud de 2730 m. Esta estación describe el clima de la zona que corresponde al norte y noreste (parte montañosa) del área de estudio.

El clima de esta zona queda representado por $C(\omega_2)$ (w) big debido a que el área de estudio es relativamente pequeña para -- que exista una variación importante en el clima ya que la distancia entre las estaciones Toluca y San Pedro Arriba también es relativamente corta; esta estación no registra una variación importante con respecto a la estación Toluca.

Y así se tiene que, la única diferencia registrada es con respecto a la oscilación térmica. La temperatura del mes más caliente es de 15°C y la del mes más frío es de 9°C . obteniéndose una oscilación térmica de 6°C , considerada con poca oscilación (diferencia de temperatura entre 5° y 7°C). representado por la letra (i'). El mes más caliente es junio (con 15°C), en el solsticio de verano, en este caso no se emplea ninguna letra en especial para describir la marcha de la temperatura.

Estación San Miguel Mimiapan (latitud norte $19^{\circ}27'$ y longitud oeste $99^{\circ}28'$), con una altitud de 2900 m. Esta estación describe el clima de la zona que corresponde al este (parte montañosa) del área de estudio.

El clima de esta zona queda representado por $C(\omega_2)$ (w) big esta estación se encuentra en el mismo caso que la anterior; la clasificación climática es igual a la que reporta la estación -- Toluca.

4.5.3. Temperatura.

Debido a la altitud del área de estudio la temperatura se distribuye casi uniformemente durante todo el año y presenta - dos máximos, en mayo con 15°C y agosto con 13°C (estación Toluca); en junio con 15.5°C y agosto con 14°C (estación San Pedro Arriba); en mayo con 15.5°C y octubre con 14.5°C (estación San Miguel Mimiapan), que corresponde al doble paso del sol por el zenit.

En base al mapa de isotermas anuales se tiene que, efectivamente, en toda el área de estudio la distribución de la temperatura es casi uniforme y que a mayor altitud (esto en las - cerranías circundantes al valle) la temperatura disminuye en - proporciones mínimas; esto puede explicarse, si tomamos en - cuenta que en general el área tiene un promedio de altitud de 2 700 m y las elevaciones a esta altitud en la región no -- son muy grandes.

En esta zona templada se incluyen localidades con temperatura media anual entre 12 y 14°C , comprendiendo la zona central del valle (2600 m) y la zona montañosa que circunda al valle (2 800 m).

Las temperaturas máximas mensuales oscilan entre $15-16^{\circ}\text{C}$ a 2700 de altitud. Las temperaturas mínimas mensuales osci-- lan entre $9-12^{\circ}\text{C}$ a 2 700 m como altitud promedio.

4.5.4. Precipitación.

En la zona de estudio se presenta una precipitación anual de 861.3 mm (esta cifra es el promedio de las tres estaciones meteorológicas), distribuida la mayor parte de mayo (73.3 mm) a octubre (74.0 mm), siendo generalmente mayor en los meses de junio a septiembre y llegar a registrarse hasta 260 mm; en los meses de diciembre a marzo se presenta una sequía con pre- cipitaciones hasta de 10 mm.

Evaluar la probabilidad para una determinada cantidad de lluvia ya sea mensual, anual, o en los periodos de mayo a octubre y de noviembre a abril es de vital importancia en la actualidad para el planeamiento de obras de riego, de construcción de presas y otras obras de ingeniería y de cultivos, donde el conocimiento de la disponibilidad de agua es importante para la selección del mejor uso de las tierras.

En la figuras 4.2 a 4.4 se representa la lluvia media anual, la de mayo a octubre (época húmeda en las porciones central y sur de México) y la de noviembre a abril (época seca en las mismas áreas). También en estas cartas de isoyetas, se encuentran representadas isolíneas de probabilidades donde se presenta la precipitación media o más. Además, se muestra una serie de gráficas hechas con datos de precipitación contra probabilidad, datos obtenidos de la estación Lerma. Estas gráficas comprenden todos los meses del año; además, tienen graficadas la lluvia anual y los periodos de mayo-octubre y noviembre-abril. También cuenta cada gráfica con los siguientes datos: X_1 = cantidad mínima de lluvia registrada para el período considerado; X_2 = cantidad máxima; $cv = 100 / X_m$ = coeficiente de variación; X_m = precipitación media; σ = desviación estandar y p = probabilidad de tener una precipitación igual o mayor a la media.

La utilidad de estos mapas y gráficas radica principalmente en la planificación del cultivo de una cierta región; por ejemplo, si para un cultivo determinado en cierta área se requiere de una precipitación mayor o igual a x cantidad durante uno o más meses, se pueden consultar los mapas y complementarse con las gráficas, para conocer en función de las probabilidades de riesgos.

4.6. Vegetación.

El área de estudio se encuentra ubicada en la zona que Rzedowski (1978) denominó en sus divisiones florísticas de México, provincias de las Serranías Meridionales. Se encuentran asociaciones de pino-encino que en las montañas tiene una importancia equiparable y dominan una gran parte del paisaje.

Los encinares (Quercus spp) alcanzan alturas que van desde los 2 hasta 20 m aproximadamente. Sus hojas varían de pequeñas a grandes y son algo membranosas. Con respecto a los pinares, encontramos que hay dos clases de pinares (Pinus spp) unos de hojas flexibles y otros de hojas rígidas, los más abundantes son los primeros, y estos a medida que la altitud aumenta se encuentran pequeños bosques de oyameles (Abies religiosa), principalmente en declives ocupados por suelos más o menos profundos.

Estos bosques han sido diezmados fuertemente por el hombre por medio de la tala inmoderada y de los frecuentes incendios, debido a esta razón, hay grandes áreas cubiertas por pastizales que indudablemente llevaron al bosque (ya sea de pino-encino ó oyameles) como vegetación climax.

Los zacatales son muy variados; en cuanto a su estructura, aspecto y composición, muchas veces son mantenidos indefinidamente la acción del pastoreo o de fuego, factores que impiden el avance de la sucesión. Se encuentran principalmente en la región zacatales de los géneros Stipia, Muelenbergia y Festuca. Los zacatales se encuentran además de las serranías circundantes, en la parte baja del valle, aunque han sido desplazados en esta área por la agricultura (maíz principalmente).

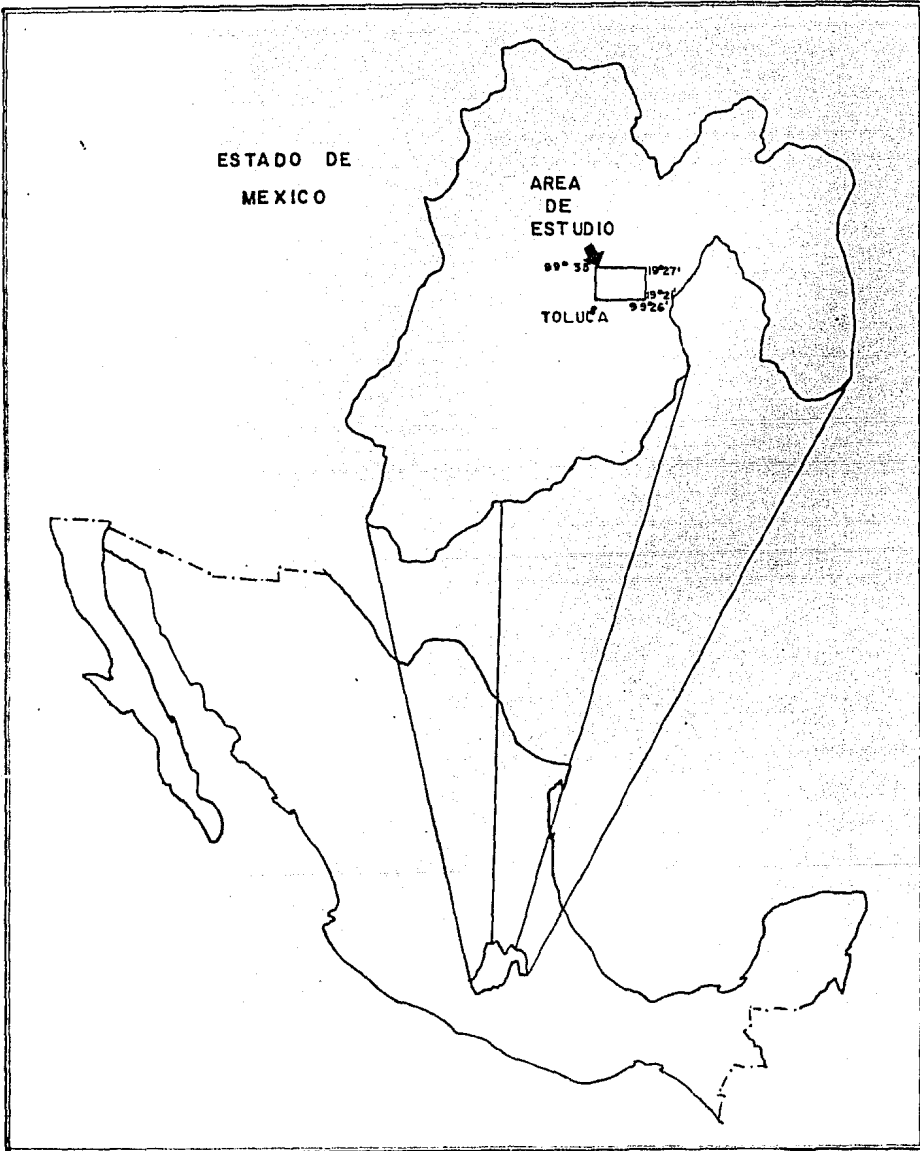


fig. 4.1

MAPA DE LOCALIZACION

ANUAL

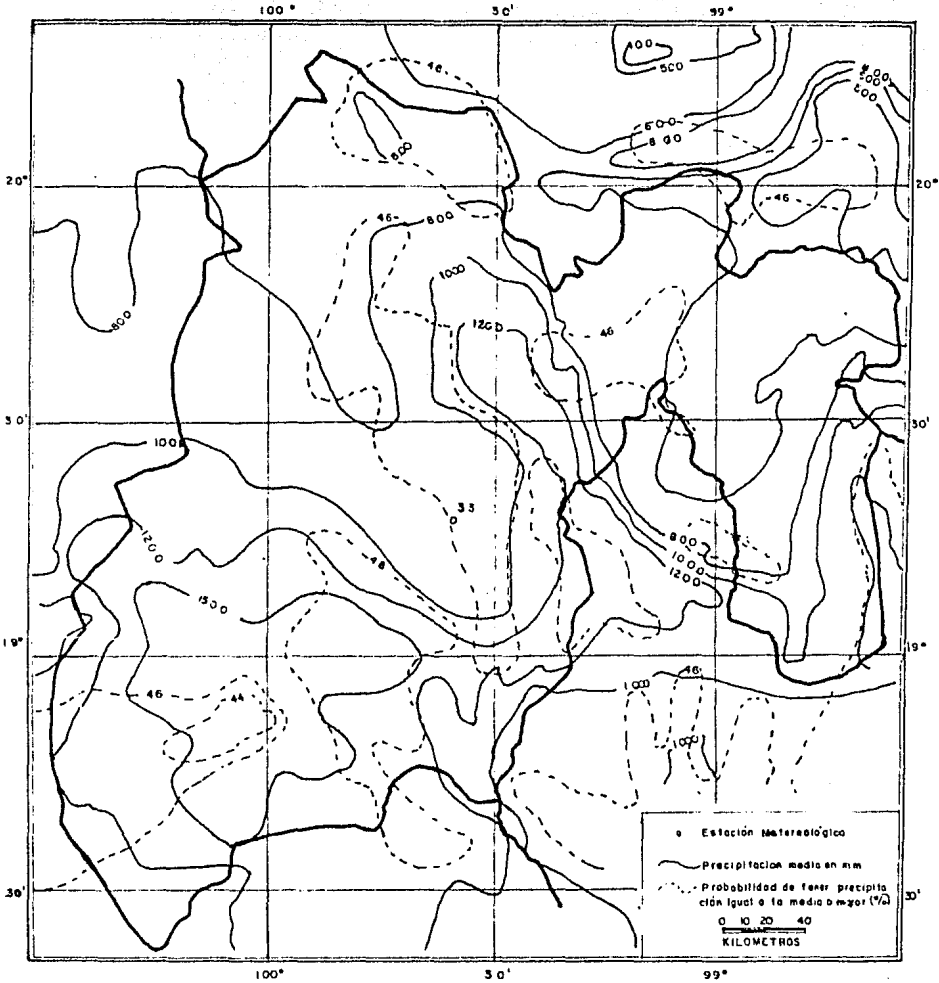


Figura 4.2

MAYO A OCTUBRE

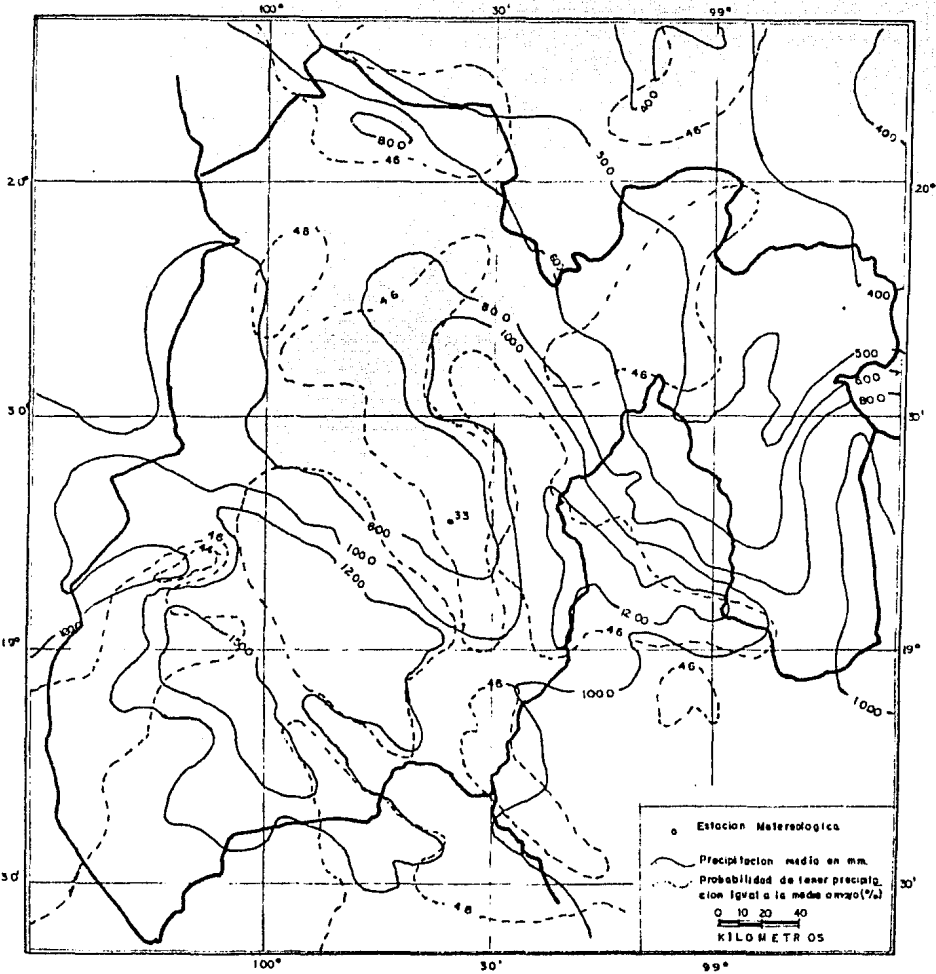


Figura 4.3

NOVIEMBRE A ABRIL

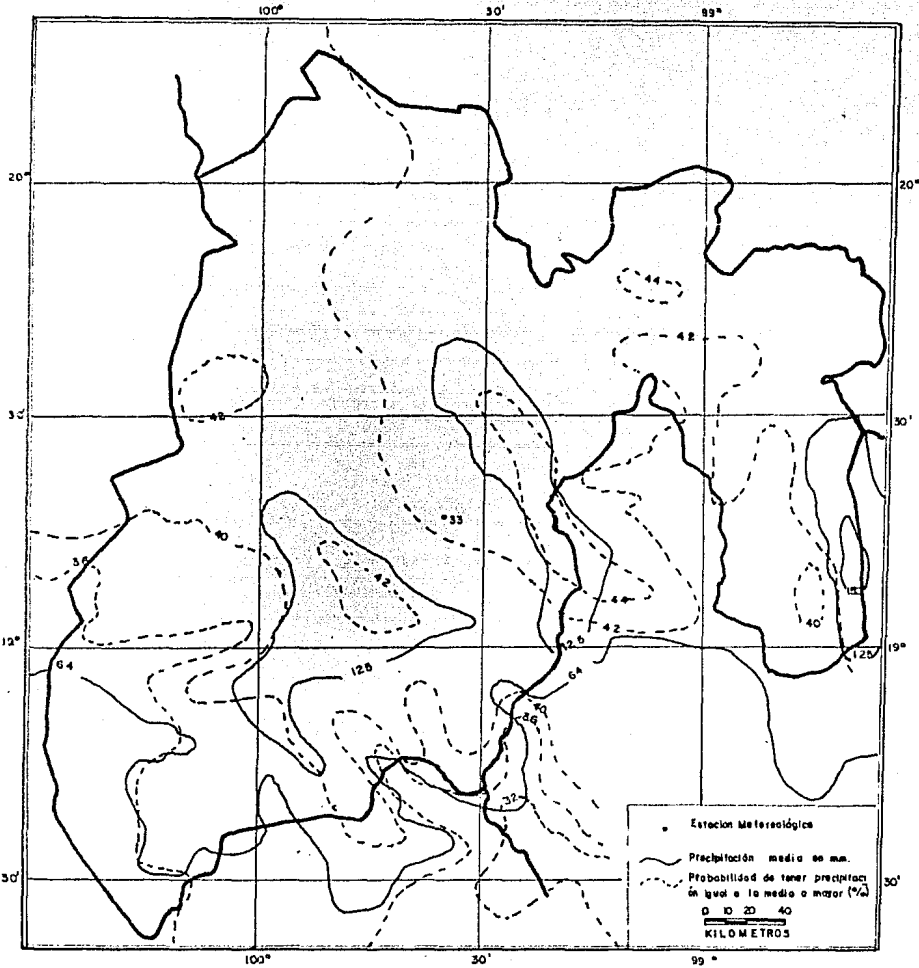
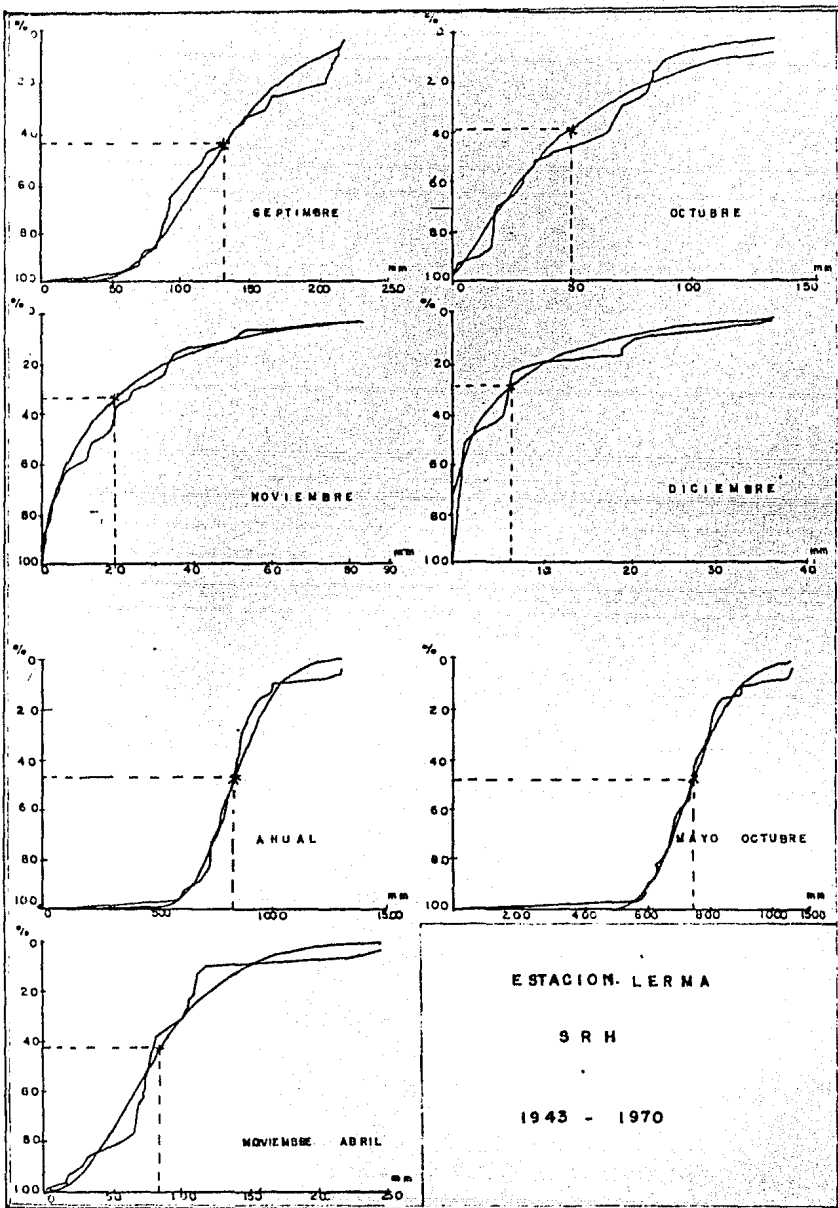
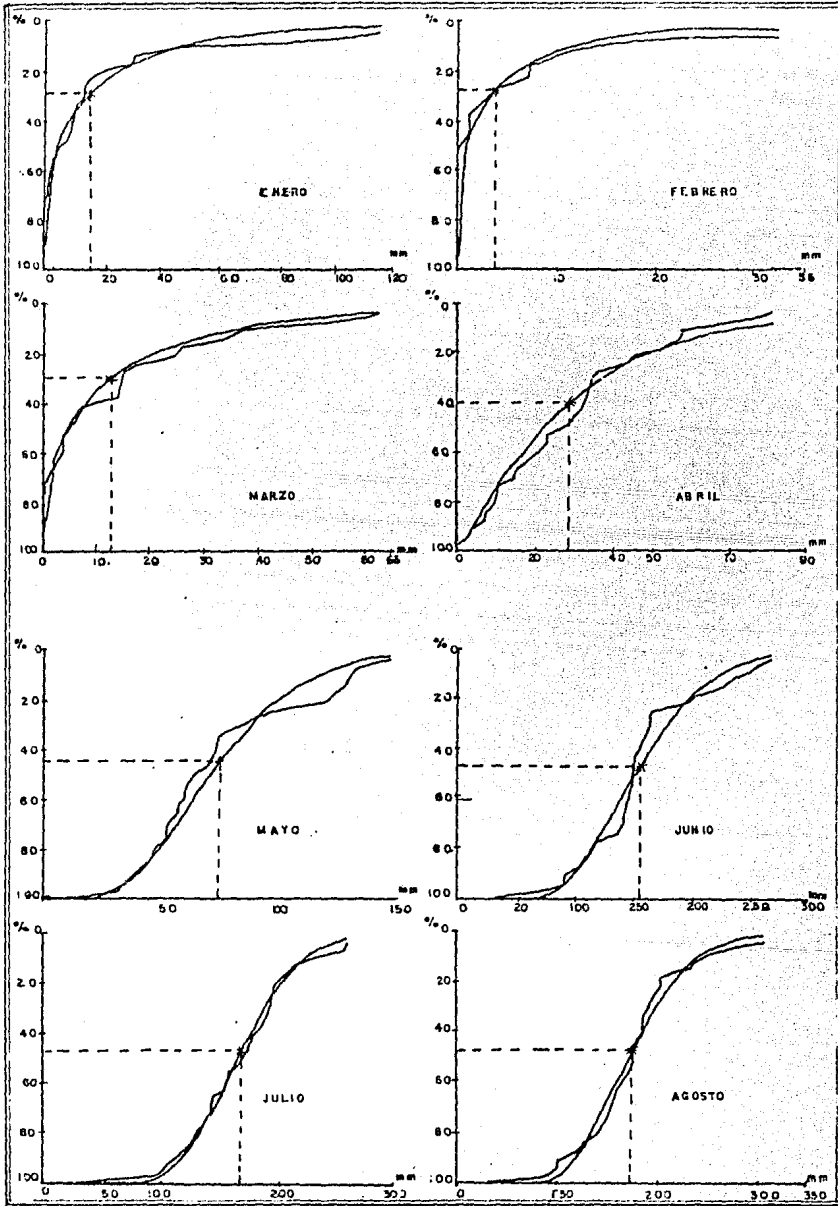


Figura 4.4





Datos de las graficas de la estación meteorologica Lerma

ENERO:	$X_1 = 0.00$	$X_m = 15.81$
	$X_2 = 116.50$	$\sigma = 27.09$
	$CV = 171.29$	$P = 28.45$
FEBRERO:	$X_1 = 0.00$	$X_m = 3.67$
	$X_2 = 32.00$	$\sigma = 6.73$
	$CV = 183.32$	$P = 27.23$
MARZO :	$X_1 = 0.00$	$X_m = 12.43$
	$X_2 = 63.00$	$\sigma = 19.57$
	$CV = 157.44$	$P = 29.92$
ABRIL :	$X_1 = 0.00$	$X_m = 28.52$
	$X_2 = 81.50$	$\sigma = 26.61$
	$CV = 93.30$	$P = 39.31$
MAYO :	$X_1 = 30.70$	$X_m = 74.99$
	$X_2 = 148.70$	$\sigma = 31.93$
	$CV = 42.63$	$P = 44.33$
JUNIO:	$X_1 = 60.00$	$X_m = 154.92$
	$X_2 = 268.90$	$\sigma = 49.09$
	$CV = 31.71$	$P = 45.79$
JULIO:	$X_1 = 96.50$	$X_m = 169.04$
	$X_2 = 261.00$	$\sigma = 41.72$
	$CV = 24.68$	$P = 46.72$
AGOSTO:	$X_1 = 86.50$	$X_m = 173.49$
	$X_2 = 305.30$	$\sigma = 46.88$
	$CV = 27.02$	$P = 46.41$
SEPTIEMBRE	$X_1 = 54.60$	$X_m = 133.13$
	$X_2 = 218.00$	$\sigma = 50.19$
	$CV = 37.70$	$P = 44.99$
OCTUBRE:	$X_1 = 0.00$	$X_m = 49.84$
	$X_2 = 138.10$	$\sigma = 47.61$
	$CV = 95.52$	$P = 39.58$

NOVIEMBRE: $X_1 = 0.00$ $X_m = 19.47$
 $X_2 = 83.80$ $\sigma = 23.58$
 $CV = 121.11$ $P = 34.14$

DICIEMBRE: $X_1 = 0.00$ $X_m = 6.49$
 $X_2 = 36.80$ $\sigma = 10.61$
 $CV = 163.38$ $P = 29.28$

ANUAL : $X_1 = 605.59$ $X_m = 841.63$
 $X_2 = 1300.99$ $\sigma = 147.01$
 $CV = 17.46$ $P = 47.68$

MAYO-OCTUBRE:
 $X_1 = 570.99$ $X_m = 755.22$
 $X_2 = 1061.00$ $\sigma = 114.97$
 $CV = 15.22$ $P = 47.97$

NOVIEMBRE-ABRIL:
 $X_1 = 16.80$ $X_m = 86.41$
 $X_2 = 245.39$ $\sigma = 46.76$
 $CV = 54.11$ $P = 42.61$

5. MATERIALES Y METODOS

5.1. Muestreo de Suelos.

La colecta de suelos se llevó a cabo siguiendo la técnica llamada muestreo libre (Cuanalo 1981). Los puntos de muestreo fueron identificados con base en las geoformas, y también se escogieron sitios cuando se estaba realizando el muestreo, de acuerdo como se observó el patrón de distribución de los suelos.

El mapa de aptitud generado en el trabajo se basó en las cartas topográficas y edafológicas (Toluca E - 14 - A - 38 de CETENAL 1978, 1979 respectivamente), en fotografías aéreas escala 1:25 000 pancromáticas en blanco y negro, con fecha de febrero de 1970, R-30 y 24, de la línea de vuelo 24 y 25, las fotografías 11 a la 18 y de la 24 a la 31 respectivamente.

Se realizaron 8 perfiles, describiéndose sus características de campo. La recolección de las muestras del perfil se hizo con base en sus horizontes, siendo en total 28 muestras. De esta manera fué posible realizar un muestreo representativo y específico en cuanto al número necesario de muestras (Fig.4.1)

5.2. Análisis de los Suelos.

5.2.1. Preparación de las Muestras.

Los suelos secados a la intemperie fueron molidos en un mortero de madera y se pasaron por un tamiz de 2 mm de diámetro.

A las muestras se les efectuaron análisis físicos, químicos y mineralógicos, que incluyen las siguientes determinaciones:

5.2.2. Análisis Físicos.

1.- Textura. Se usó el método del hidrómetro, tratando las muestras con peróxido de hidrógeno al 30% para eliminar la materia orgánica y utilizando calgón al 0.5 N para deflocular el suelo. (Bouyoucos, modificado por Villegas et al 1977).

2.- Humedad higroscópica. Se determinó calculando la cantidad de agua absorbida en 100 g de suelo secado al sol, sometido a un secado de 110° C durante 24 hrs en la estufa (Duchg four, 1978).

3.- Coeficiente higroscópico. Se determinó calculando la cantidad de agua que contienen 100 g de suelo que se encuentran en equilibrio con una atmósfera de 97.5% de humedad relativa a la temperatura ambiente durante 15 días (Gavande 1973).

4.- Capacidad de campo. Mediante una olla de presión, se determinó la cantidad de agua que contiene un suelo mojado, que ha dejado de drenar cuando se le aplica una presión de 1 -- bar (Gavande 1973).

5.- Agua aprovechable en peso. Fué calculada mediante la diferencia entre la capacidad de campo y el coeficiente higroscópico (Richards, 1954).

6.- Agua aprovechable en volumen. Se determinó la cantidad de agua que contienen 100 cm^3 de volumen total de suelo, usando los valores de densidad aparente (Richards, 1954).

7.- Densidad aparente. Se calculó mediante la relación que existe entre la masa del suelo y el volumen del mismo, utilizando el método de la probeta, compactando el suelo con golpes ligeros (Gavande 1979).

8.- Tirante. Se calculó relacionando la densidad aparente, el agua aprovechable en volumen y el espesor del suelo - (U.S.D.A., 1962).

9.- Permeabilidad. Esta medida del movimiento del agua se determinó según la técnica reportada por Reeve (1965) y utilizando la fórmula de Darcy (1965).

10.- Análisis de agregados. La medida de la cantidad de -- agregados estables al agua, fue determinada mediante la técnica -- Yoder (1936); para el cálculo del coeficiente de agregación se utilizó la fórmula de Van Bavel (1949).

5.2.3. Análisis Químicos.

1.- pH. Se determinó usando el potenciómetro marca "Corning", con una relación 1 : 2.5 (Peech, 1965).

2.- Materia orgánica. Se utilizó el método de Walkey y -- Black, modificado por Walkey (1947), haciendo una digestión húmeda con dicromato de potasio.

3.- Nitrógeno total. Se empleó para este análisis el método de Kjeldahl (citado por Bremer, 1960).

4.- Fósforo asimilable. Se determinó usando el método de Bray I (1945), usado en suelos normales, en el que se extrae el -- fósforo asimilable por medio de la solución extractora de fluoruro de amonio y posteriormente se cuantifica por métodos colorimétricos.

5.2.4. Análisis Mineralógicos.

Se realizó en la fracción arcillosa de algunas muestras - representativas. Primeramente se obtuvieron por segregación las arcillas correspondientes y posteriormente se caracterizaron por el método de difracción de rayos X, ya que cada una de las arcillas posee una estructura atómica característica, que difracta a los rayos X con una patrón también característico que permite reconocer la sustancia. (Black et al., 1965).

5.3. Fotografías Aéreas y Modo de Interpretación.

El análisis de las fotografías aéreas fue hecho con base en los métodos tradicionales de la fotointerpretación de suelos. El uso de este método dió la oportunidad de identificar características tales como la geofoma, relieve, uso del suelo, vegetación y drenaje, factores que permitieron estimar los límites de los suelos. Además, se siguieron criterios adicionales tales como, tonalidad forma, textura, y demás elementos de juicio que se expusieron en el capítulo 3.3.

Como se mencionó anteriormente, se realizaron determinaciones físicas químicas y mineralógicas a los suelos, los resultados se presentan a continuación:

6.1. Características de los suelos.

Perfil : 1
 Clasificación de aptitud 2 s₂
 Localización: Carretera Toluca-Naucalpan, en la desviación que va a Lerma, 4.4 Km
 Uso del suelo: Pastos
 Precipitación anual: 800.2 mm
 Tem.media anual: 13° C
 Clima: C (w₂ (w) b i g
 Altitud: 2 600 m
 Pendiente: ± 2 %
 Material parental Aluvión

Horizonte	Profundidad cm	Descripción
A ₁	0-30	Estructura granular; friable; migajón arenosa; con macroporos; muy permeable 21.16 cm/h; pH 7.4; M.O. 2.01%; raíces moderadamente abundantes de tamaño medio.
A ₁₂	30-55	Estructura granular; friable; migajón arenosa con macroporos; permeable 7.58 cm/h; pH 7.8; M.O. 1.60%; raíces moderadamente abundantes de tamaño medio y finas.
C	55-120	Estructura angular; friable; migajón arenosa; permeable 2.15 cm/h; pH 7.9; M.O. 0.26%; raíces muy escasas.

Tabla 1

Perfil 1, Localización en la carretera Toluca-Naucaipan, en la desviación que va a Lerma a 4.4 Km

HORIZONTE	A ₁₁	A ₁₂	C
PROFUNDIDAD cm	0-30	30-55	55-120
TEXTURA %			
ARCILLA	12	5	5
LIMO	29	33	32
ARENA	59	62	63
CLASE TEXTURAL	migajón arenosa	migajón arenosa	migajón arenosa
DENSIDAD APARENTE g/cm ³	1.05	1.14	1.21
POROSIDAD TOTAL %	60.3	56.9	54.3
AGUA APROVECHABLE %	15.25	15.47	15.28
TIRANTE cm	4.80	4.40	12.01
PERMEABILIDAD cm/h	21.16	7.58	2.15
TIPO	permeable	permeable	permeable
PORCENTAJE DE AGREGACION	68.90	63.62	82.08
pH	7.4	7.8	7.9
MATERIA ORGANICA %	2.01	1.60	0.26
N TOTAL %	0.20	0.06	0.025
P ASIMILABLE ppm	2.40	1.20	0.00

PERFIL 1

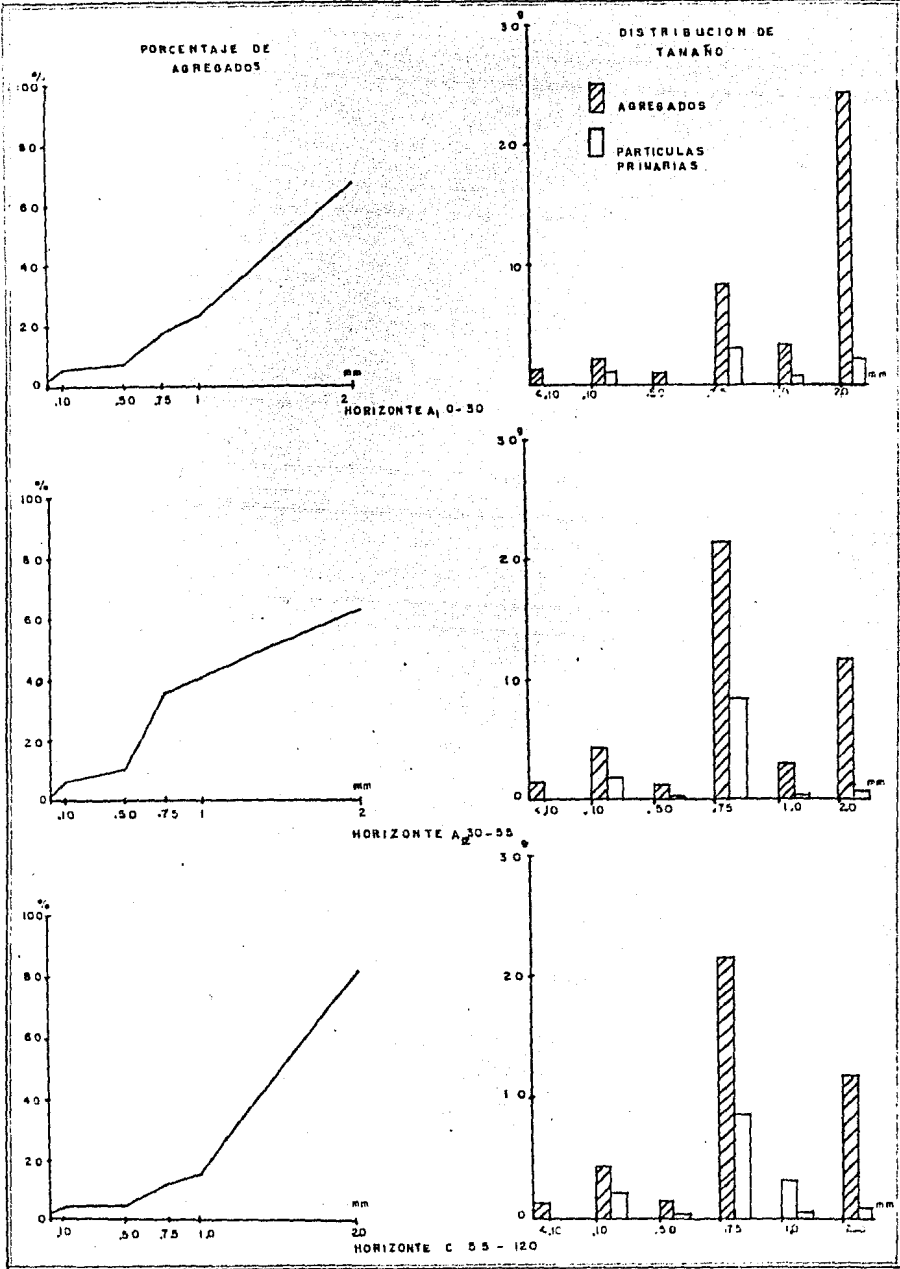
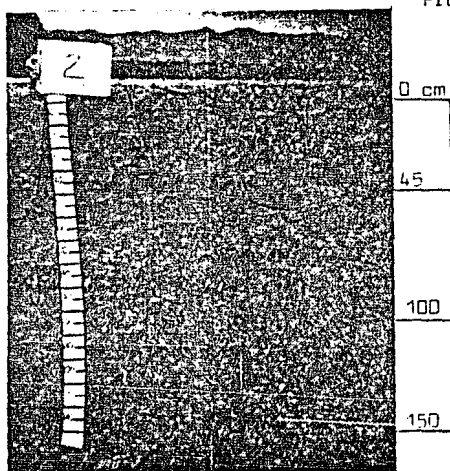


FIGURA 6.1

Perfil : 2
 Clasificación de aptitud: 3 O₁ s₁
 Localización: Carretera Toluca-Naucaupan, en la desviación puente río Lerma, a 2.2 Km.
 Uso del suelo: Parcela sin cultivar
 Precipitación anual: 800.2 mm.
 Tem. media anual: 13° C
 Clima: C (W₂) (W) b i g
 Altitud: 2 600 m
 Pendiente: ± 2 %
 Material parental: Material cinerítico



Profun.

Descripción

Migajón arenosa;poroso;permeable
4.47 cm/h;pH 7.0;M.O. 0.26%;
raíces escasas, sin estructura.

Migajón arcillosa;poroso; permeable
5.88 cm/h; pH 6.9; M.O. 0.26% sin
raíces, sin estructura

Migajón arcillo-arenosa; con micro
poros; permeable 5.33 cm/h; pH6.8;
M.O. 0.26%; sin raíces, sin estruc-
tura.

Tabla 2

Perfil No. 2, Localización en la carretera Toluca-Naucaupan, en la desviación puente de río Lerma, a 2.2 Km

HORIZONTE	A	AC	C
PROFUNDIDAD cm	0-45	45-100	100-150
TEXTURA %			
ARCILLA	19	31	25
LIMO	23	30	27
ARENA	58	39	48
CLASE TEXTURAL	migajón arenoso	migajón arcilloso	migajón arcilloso arenoso
DENSIDAD APARENTE g/cm ³	1.08	1.04	0.99
POROSIDAD TOTAL %	59.25	60.76	62.65
AGUA APROVECHABLE %	14.06	26.59	25.06
TIRANTE	6.83	15.20	12.40
PERMEABILIDAD cm/h	4.47	5.88	5.34
TIPO	permeable	permeable	permeable
PORCENTAJE DE AGREGACION	76.66	68.10	71.80
pH	7.0	6.9	6.8
MATERIA ORGANICA%	0.26	0.26	0.26
N TOTAL %	0.07	0.07	0.05
P ASIMILABLE ppm	1.0	0.60	0.00

PERFIL 2

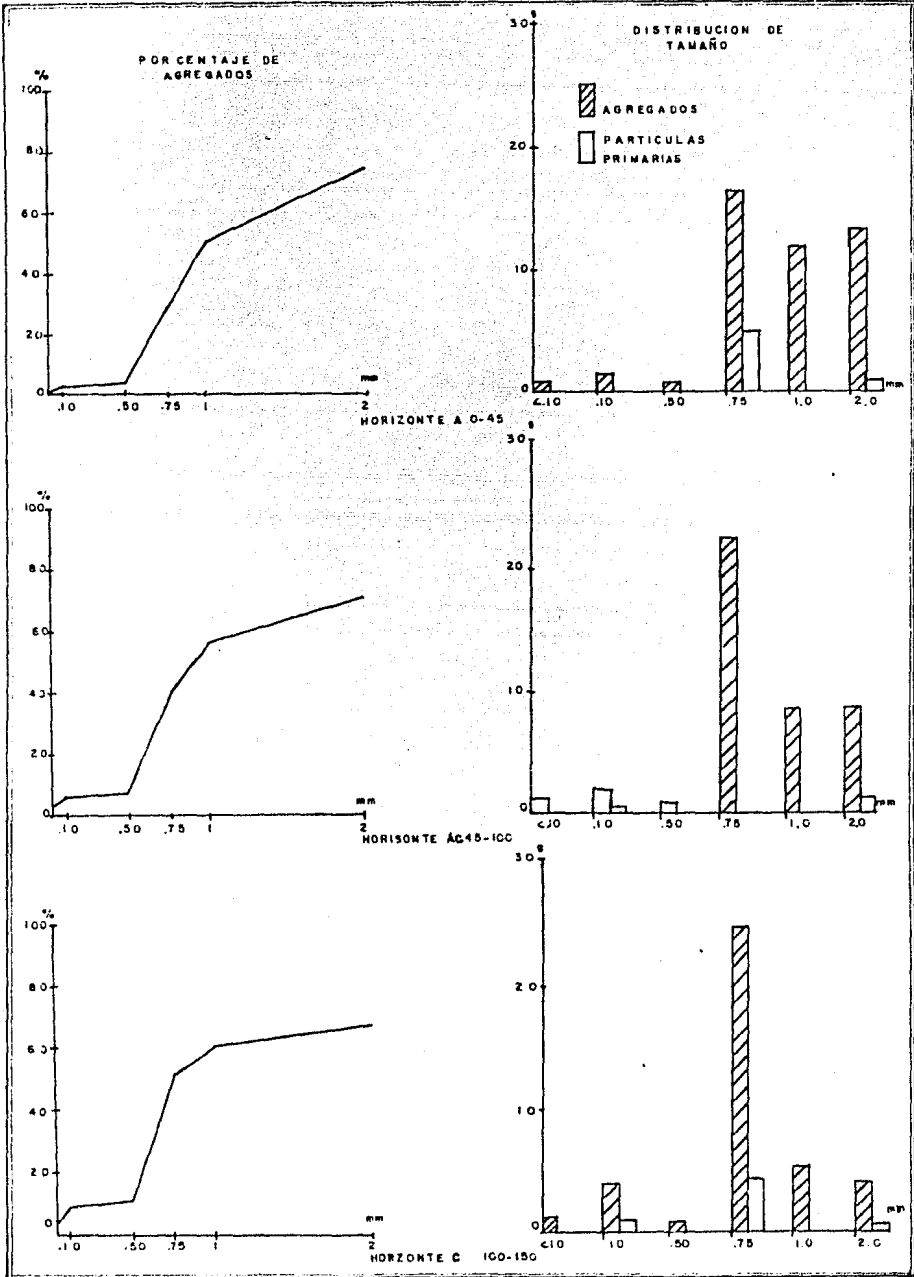


FIGURA 6.2

Perfil:	3
Clasificación de aptitud:	2 S ₂
Localización:	Carretera Toluca Naucalpan, en la desviación puerite de río Lerma, 2 Km
Uso del suelo:	Parcela sin cultivar
Precipitación anual:	800.2 mm
Tem. media anual:	13 ^o C
Clima:	C (Wa) (W) big
Altitud:	2 600 m
Pendiente:	2 %
Material parental	Aluvi6n

Descripci6n

Profun.

Estructura granular; friable; franca; macroporos; permeable 5.9 cm/h; pH 6.5; M.O. 5.09%; raices moderadas a escasas.

Estructura subangular poco desarrollada; friable; migaj6n limosa; macroporos; permeable 5.50 cm/h; pH 6.8; M.O. 3.88%; raices escasas.

Estructura angular, moderadamente desarrollada; friable; migaj6n limosa; macroporos; moteado color ocre; poco permeable 2.00 cm/h; pH 6.0; M.O. 2.80%; sin raices

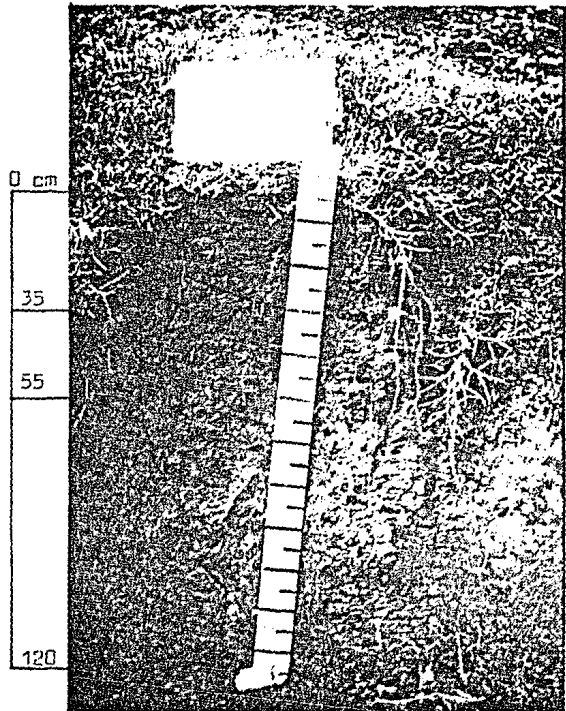


Tabla 3

Tabla de resultados de los análisis físicos, químicos y mineralógicos del perfil No. 3, localizado en la carretera Toluca-Naucaupan, en la desviación puente de Río Lerma a 2 Km.

HORIZONTE	A	AC	C
PROFUNDIDAD cm	0-35	35-55	55-120
TEXTURA %			
ARCILLA	11	16	13
LIMO	44	59	58
ARENA	45	25	29
CLASE TEXTURAL	franco	migajón limoso	migajón limoso
DENSIDAD APARENTE g/cm ³	0.89	0.90	0.91
POROSIDAD TOTAL	66.42	66.10	65.70
AGUA APROVECHABLE	34.94	29.16	33.84
TIRANTE cm	10.88	5.24	20.01
PERMEABILIDAD cm/h	5.90	5.50	2.00
TIPO	permeable	permeable	permeable
PORCENTAJE DE			
AGREGACION	68.96	76.42	93.34
pH	6.5	6.8	6.0
MATERIA ORGANICA %	5.09	3.88	2.80
N TOTAL %	0.23	0.17	0.07
P ASIMILABLE ppm	3.30	1.50	0.00

En las muestras de suelo correspondientes al horizonte A y AC se sometieron al análisis mineralógico para determinar el tipo de arcilla, encontrándose que la muestra corresponde al horizonte A, contiene (de mayor a menor cantidad) haloisita, nacrita y caolinita y en el horizonte AC haloisita, nacrita y trazas de cuarzo y feldespatos (figura 6.4)

PERFIL 3

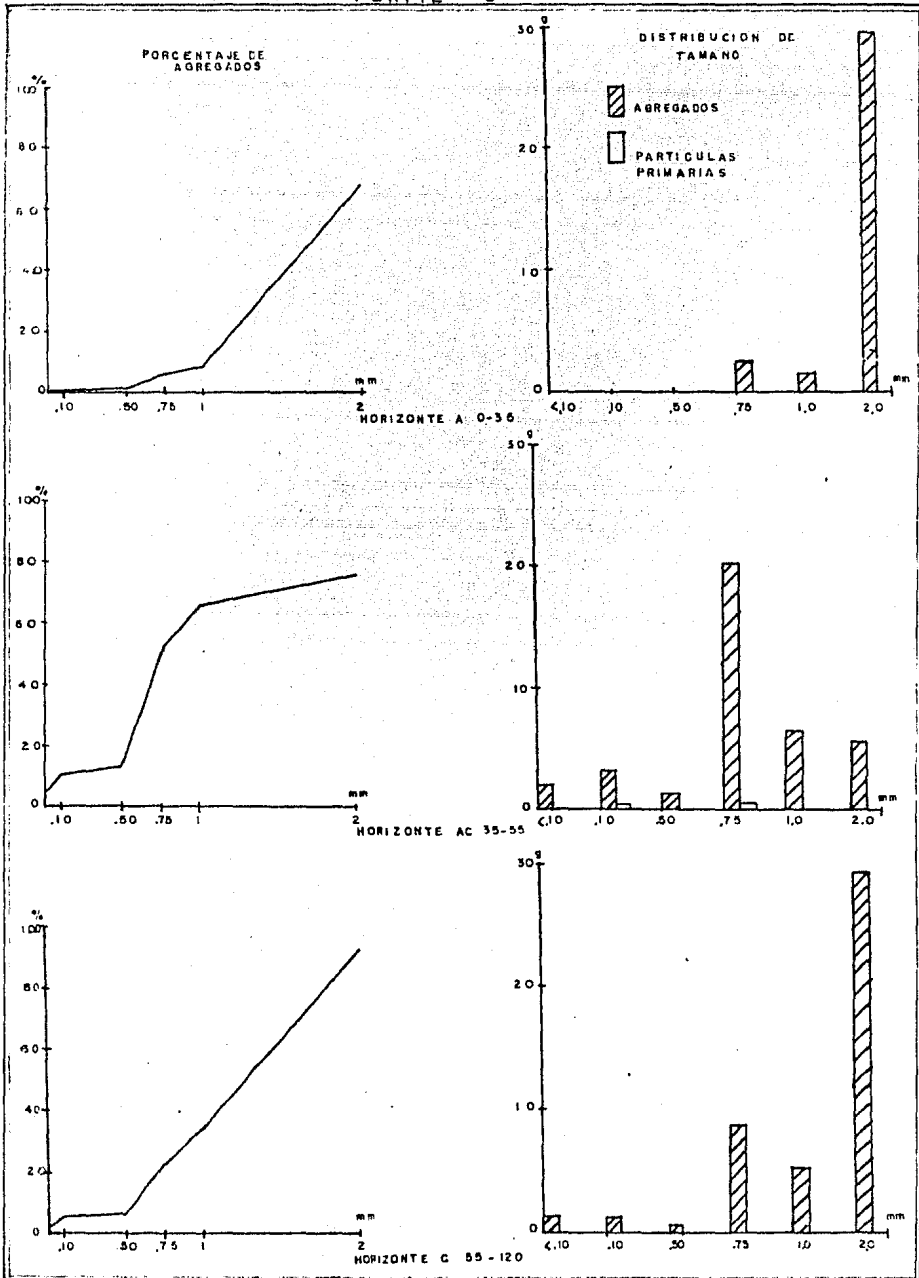


FIGURA 6.3

PERFIL 3

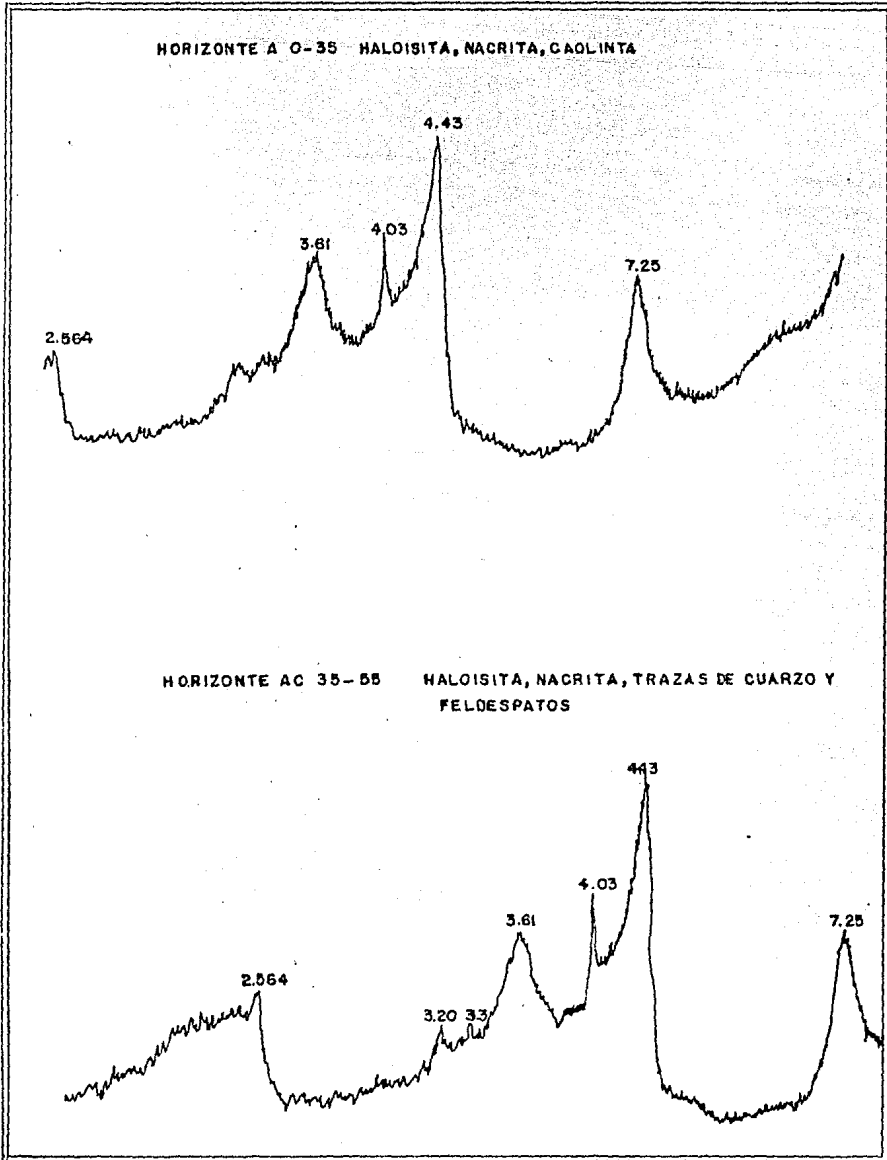


FIGURA 6.4

Perfil: 4
 Clasificación de aptitud: 3 D₁ S₁
 Localización: En el poblado de Xonacatlán, en la desviación a Amomolulco a 1.3 Km
 Uso del suelo: Cultivo de maíz
 Precipitación anual: 800.4 mm
 Tem. media anual: 15° C
 Clima: C (w₂) (w) 8 i'
 Altitud: 2 600 m
 Pendiente: + 2 %
 Material parental: Material cinerítico

Descripción

Profund

Estructuragranularfriable;migajón
 arenosa; muy poroso; permeable 5.47
 cm/h; pH 6.4; M.O. 2.50%; raíces
 escasas, sin estructura.

Textura arenosa; muy poroso; permea-
 ble 14.07 cm/h; pH 7.1; M.O. 0.50%;
 sin raíces, sin estructura.

Texturamigajón arenosa; muy poroso;
 permeable 16.17 cm/h; pH 6.4; M.O. 0.51%
 sin raíces, sin estructura.

Textura arenosa; muy poroso; muy
 permeable 40.90 cm/h; pH 7.5; M.O.
 0.53%, sin raíces, sin estructura.

0 cm

19

40

65

110

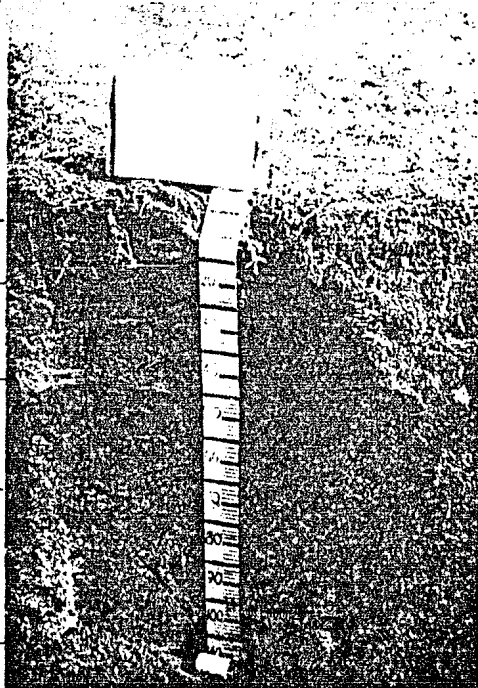


Tabla 4

Tabla de resultados de los análisis físicos y químicos del perfil 4, localizado en el poblado de Xonacatlan, en la desviación a Amomolulco a 1.3 Km

HORIZONTE	A _p	C ₁	C ₂	C ₃
PROFUNDIDAD cm	0-19	19-40	40-65	65-110
TEXTURA ARCILLA	11	3	7	2
LIMO	36	6	27	8
ARENA	53	51	66	90
CLASE TEXTURAL	migajón arenoso	arena	migajón arenoso	arena
DENSIDAD APARENTE g/cm ³	1.07	1.42	1.15	1.31
POROSIDAD TOTAL %	59.63	46.42	56.61	50.57
AGUA APROVECHABLE%	21.26	6.53	13.18	9.98
TIRANTE cm	4.32	1.94	3.78	5.88
PERMEABILIDAD cm/h	5.47	14.07	16.18	40.90
TIPO	permeable	permeable	permeable	muy permeable
PORCENTAJE DE AGREGACION	71.82	27.02	63.42	35.32
pH	6.4	7.1	6.4	7.5
MATERIA ORGANICA %	2.50	0.50	0.51	0.53
N TOTAL %	0.18	0.23	0.28	0.23
P ASIMILABLE ppm	0.85	3.25	7.80	2.60

PERFIL 4

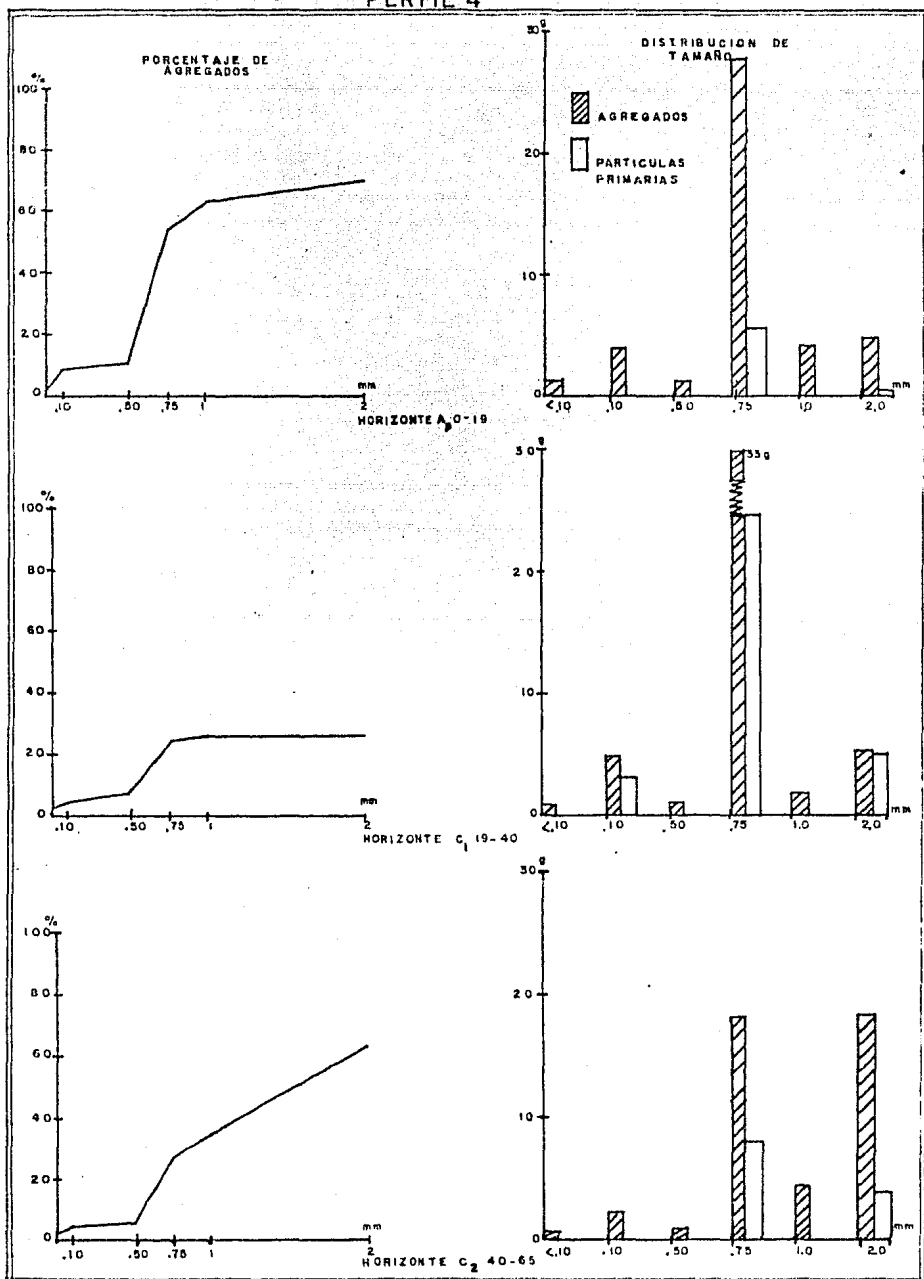


FIGURA 6.5

Ferfil: 5
 Clasificación de aptitud: 3 0, S₁
 Localización: En el poblado de Xonacatlán en la desviación a Santa María Tetitla a 5.5 Km
 Uso del suelo: Cultivo de maíz
 Precipitación anual: 800.4 mm
 Tem. media anual: 15° C
 Clima: C (w₂) (w) b i')
 Pendiente: + 5 %
 Material parental: Aluvión

Horizonte	Profundidad	Descripción
A _{p1}	0-35	Estructura subangular; migajón arcillosa; poco permeable 0.44 cm/h; pH 7.1; M.O. 1.07%; raíces moderadas a escasas.
A _{p2}	35-60	Estructura angular poco desarrollada; migajón arenosa; impermeable; pH 7.0; M.O. 1.07%; raíces escasas.
B ₂₁	60-90	Estructura angular bien desarrollada; migajón arcillosa; impermeable 0.50 cm/h; pH 7.3; M.O. 0.80%; sin raíces.
B ₂₂	90-120	Estructura angular bien desarrollada; arcillosa; poco permeable 0.97 cm/h; pH 7.3; M.O. 0.67 %

Tabla 5

Tabla de resultados de los análisis físicos y químicos del perfil 5, localizado en el poblado de Xonacatlan en la desviación a Santa María Tetitla a 5.5 Km

HORIZONTE	A _{p1}	A _{p2}	B ₂₁	B ₂₂
PROFUNDIDAD cm	0-35	35-60	60-90	90-120
TEXTURA % ARCILLA	30	15	35	42
LIMO	29	23	28	29
ARENA	39	62	37	29
CLASE TEXTURAL	migajón arcilloso	migajón arenoso	migajón arcilloso	arcilla
DENSIDAD APARENTE g/cm ³	1.15	1.24	1.17	1.07
POROSIDAD TOTAL %	56.61	53.21	55.85	59.63
AGUA APROVECHABLE %	23.37	21.64	31.57	40.29
TIRANTE cm	9.40	6.70	11.07	12.93
PERMEABILIDAD cm/h	0.44	0.00	0.50	0.97
TIPO	poco permeable	impermeable	poco permeable	poco permeable
PORCENTAJE DE AGREGACION	54.74	73.50	62.12	81.28
pH	7.1	7.0	7.3	7.3
MATERIA ORGANICA %	2.14	1.07	0.80	0.67
N TOTAL %	0.31	0.14	0.08	0.07
P ASIMILABLE ppm	1.90	1.20	0.00	0.00

PERFIL 5

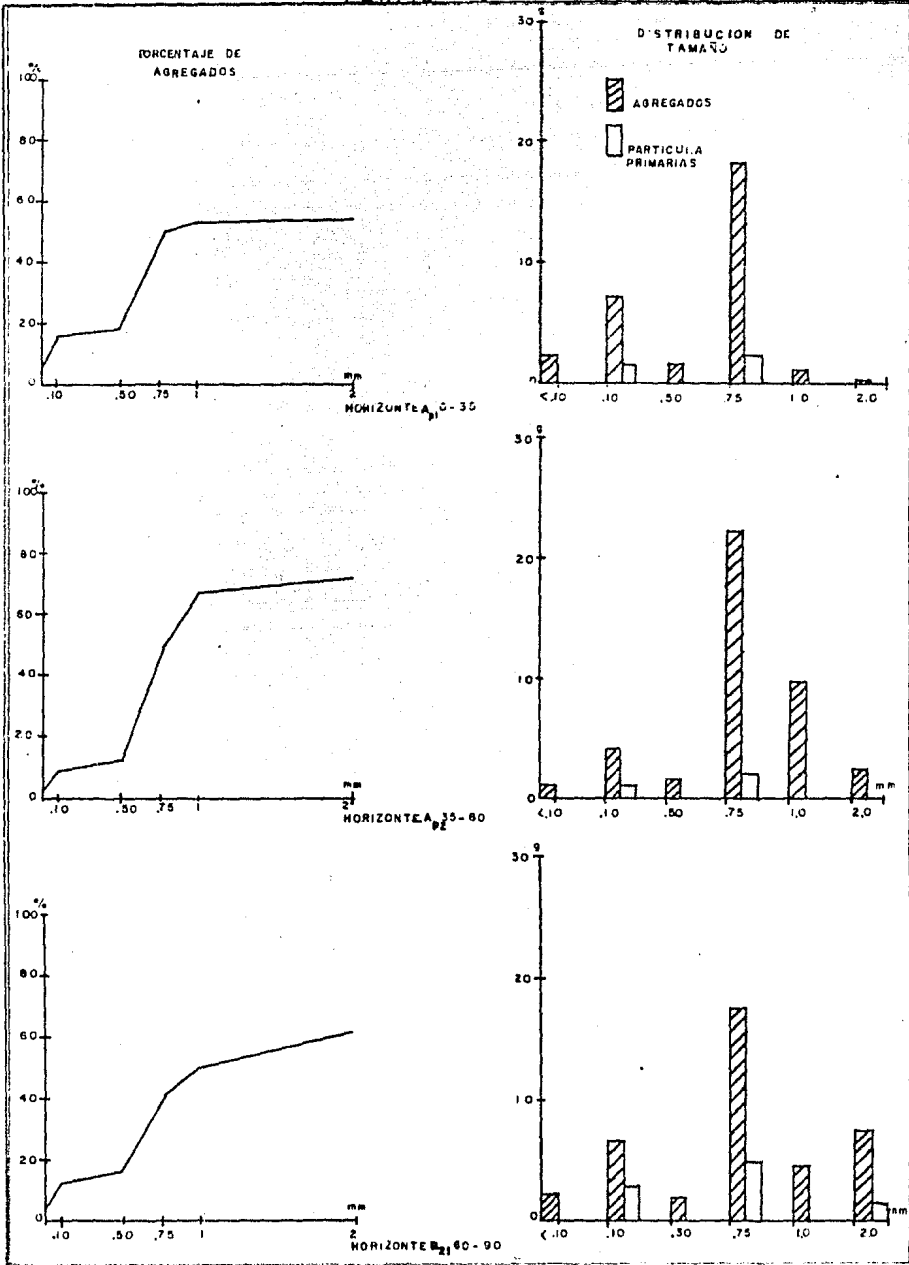


FIGURA 6.6

Perfil: 6
 Clasificación de aptitud: 5 T₂ E S₂
 Localización: Carretera Toluca-Naucaipan, en la desviación a Mimiapan a 200 m
 Uso del suelo: Forestal
 Precipitación anual: 981.4 mm
 Tem. media anual: 14° C
 Clima: C (w₂) (w) big
 Altitud: 2 650 m
 Pendiente: ± 20 %
 Material parental: Ignea extrusiva

Horizonte	Profundidad cm	Descripción
A ₁₁	0-20	Estructura granular; franca; con macroporos; permeable 5.14 cm/h; pH 6.8; M.O. 1.87 %; raíces moderadamente abundantes.
A ₁₂	20-30	Estructura subangular poco desarrollada; franca; con macroporos; moteado escaso de color ocre; permeable 3.41 cm/h; pH 6.6; M.O. 0.93%; raíces moderadamente abundantes
B ₁	30-50	Estructura en bloques; arcillosa; con macroporos; permeable 2.54 cm/h; pH 7.1; M.O. 0.80; sin raíces.
B _{21t}	50-95	Estructura subangular; arcillosa; con macroporos; poco permeable 1.21 cm/h; pH 6.9; M.O. 0.53%; sin raíces.
B _{22t}	95-125	Estructura subangular bien desarrollada; arcillosa; con macroporos; moteados abundantes de color ocre; poco permeable 1.08 cm/h; pH 6.6; M.O. 0.67; sin raíces.

Tabla 6

Tabla de resultados de los análisis físicos, químicos y mineralógicos del perfil 6, localizado en la carretera Toluca-Neuquálpan, en la desviación a Mimiapan a 200 m

HORIZONTE	A ₁₁	A ₁₂	B ₁	B _{21t}	B _{22t}
PROFUNDIDAD cm	0-20	20-30	30-50	50-95	95-125
TEXTURA ARCILLA	10	26	40	44	46
LIMO	38	32	40	37	31
ARENA	46	42	20	19	23
CLASE TEXTURAL	franco	franco	arcilla	arcilla	arcilla
DENSIDAD APARENTE g/cm ³	1.04	1.05	1.09	1.02	1.03
POROSIDAD TOTAL %	60.61	60.38	58.87	61.51	61.14
AGUA APROVECHABLE %	14.19	17.88	22.48	29.61	26.58
IRRIGANTE cm	2.95	1.87	4.90	13.59	8.11
PERMEABILIDAD cm/h	5.14	3.41	2.54	1.21	1.08
TIPO	permeable	permeable	permeable	poco permeable	poco permeable
PORCENTAJE DE AGREGACION	75.02	74.20	80.64	93.48	76.22
pH	6.8	6.6	7.1	6.9	6.6
MATERIA ORGANICA	1.87	0.93	0.80	0.53	0.67
N TOTAL %	0.28	0.22	0.19	0.25	0.06
P ASIMILABLE ppm	4.85	1.35	1.30	1.25	1.40

En las muestras de suelo correspondientes a los horizontes A₁₁, A₁₂, B₁ y B_{21t} (la muestra A₁₁ y A₁₂ se mezclaron para ser una sola) se sometieron al análisis mineralógico para determinar el tipo de arcilla, encontrándose que la muestra A₁₁ y A₁₂ contienen (de mayor a menor cantidad), halosita y nacrita. En el horizonte B₁ halosita y nacrita. Y en el horizonte B_{21t} halosita y nacrita. (figura 6.8)

PERFIL 6

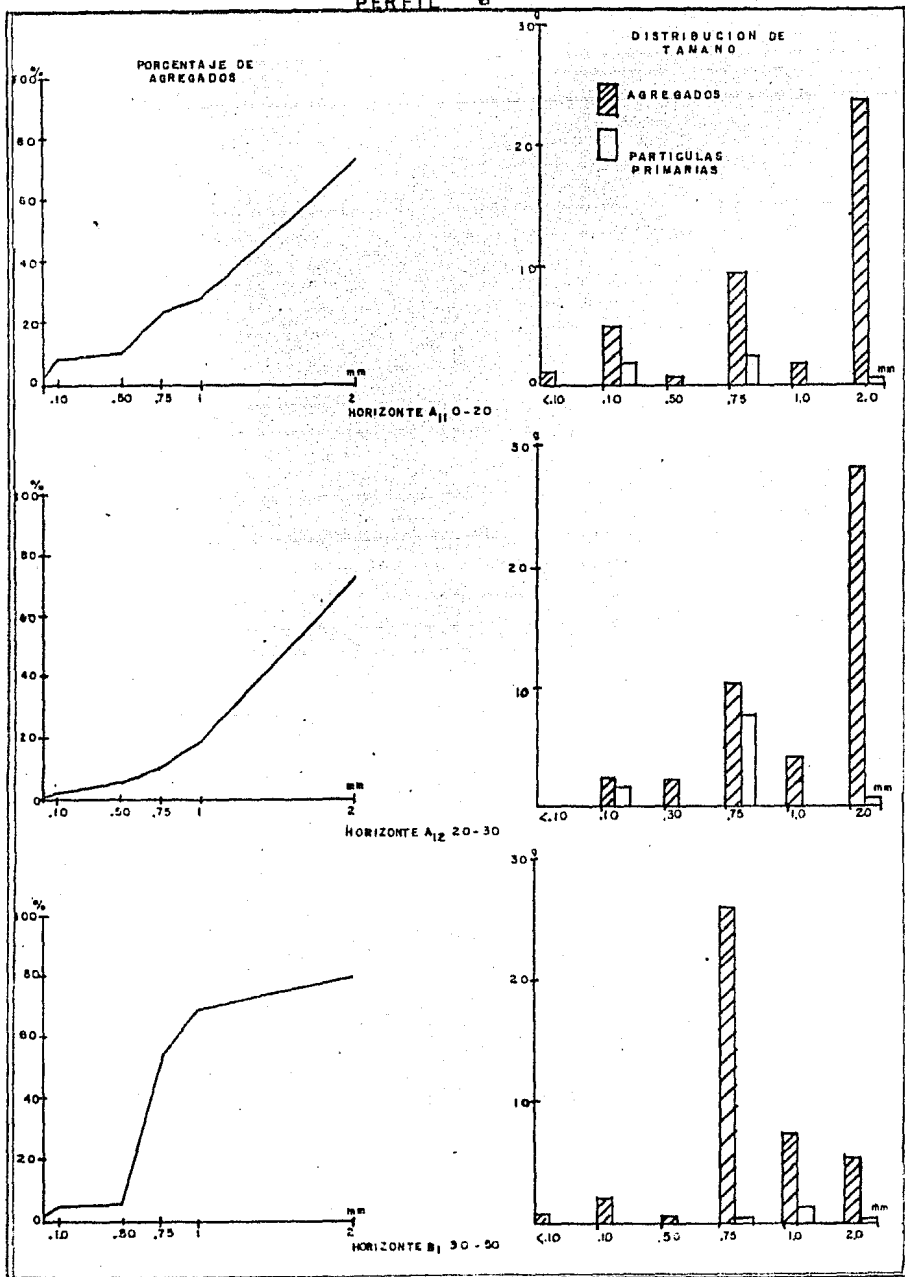
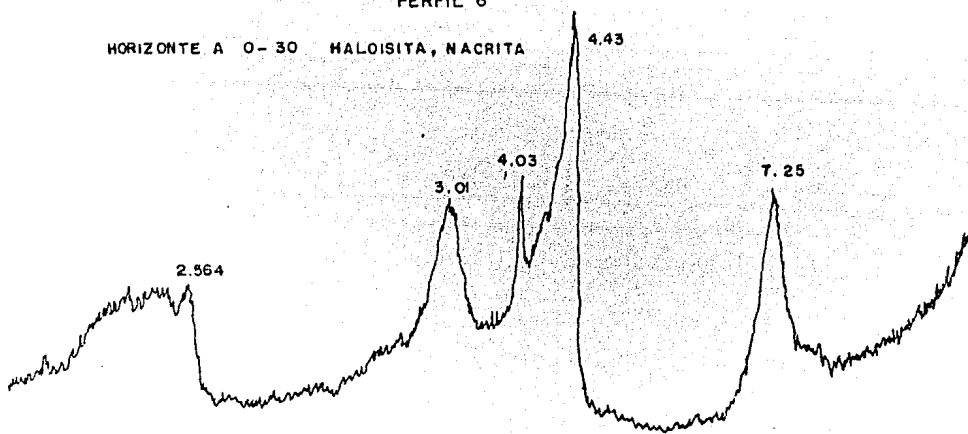


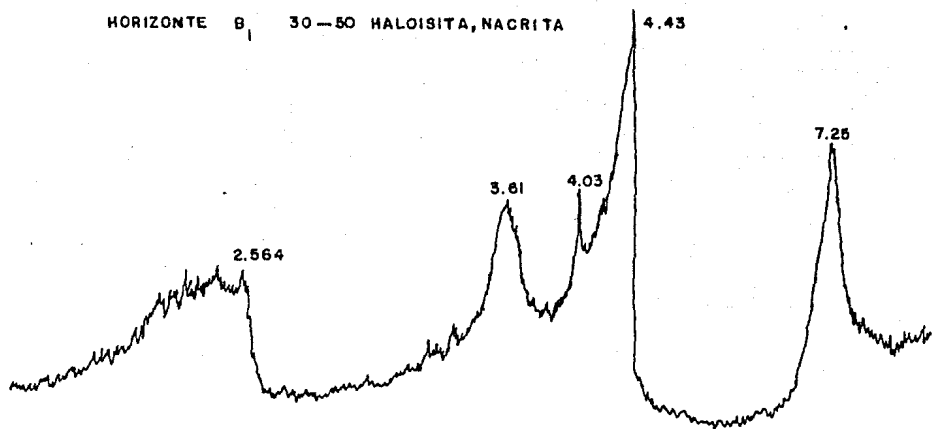
FIGURA 6.7

PERFIL 6

HORIZONTE A 0-30 HALOISITA, NACRITA



HORIZONTE B₁ 30-50 HALOISITA, NACRITA



HORIZONTE B_{21t} 50-95 HALOISITA, NACRITA

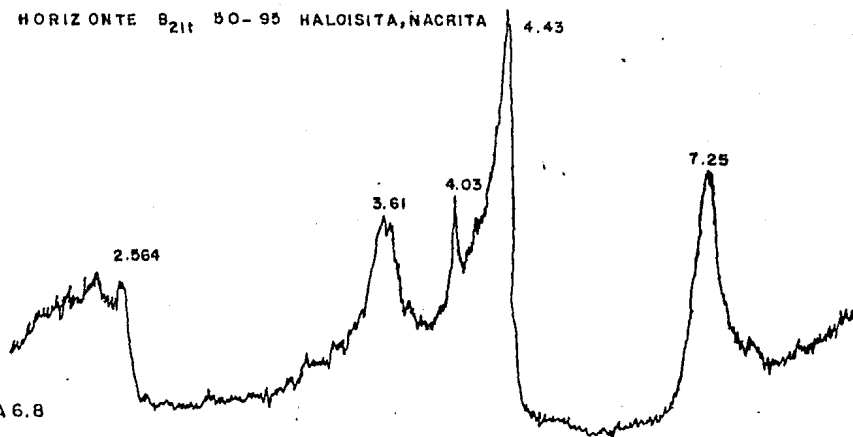


FIGURA 6.8

Perfil: 7
 Clasificación de aptitud: $5 T_2 E S_2$
 Localización: Carretera Toluca-Naucaipan Km 34
 Uso del suelo: Forestal
 Presipitación anual: 981.4 mm
 Tem. media anual: $14^{\circ} C$
 Clima: C (W_2) (W) b 1 g
 Altitud: 3 000 m
 Pendiente: $\pm 30 \%$
 Material parental: Andesita
 Vegetación: Asociación pino-encino

Horizonte	Profundidad cm	Descripción
A	4-45	Estructura granular; franca; impermeable 0.10 cm/h; pH 6.8; M.O. 6.88%; raíces moderadamente abundantes.
AC	45-95	Estructura migajosa; migajón arenosa; poco permeable 0.68 cm/h; pH 6.8; M.O. 3.35%; raíces moderadamente abundantes.
C	95-120	Textura migajón arenosa; permeable 4.47 cm/h; pH 6.5; M.O. 0.53%; sin raíces, sin estructura.

Tabla 7

Tabla de resultados de los análisis físicos, químicos y mineralógicos del perfil 7, localizado en la carretera Toluca-Naucaipan en el Km 34

HORIZONTE	A	AC	C
PROFUNDIDAD cm	0-45	45-95	95-120
TEXTURA % ARCILLA	7	4	10
LIMO	41	43	28
ARENA	52	53	62
CLASE TEXTURAL	franco	migajón arenoso	migajón arenoso
DENSIDAD APARENTE g/cm ³	0.75	0.95	1.14
POROSIDAD TOTAL %	71.70	64.16	56.99
AGUA APROVECHABLE %	49.20	34.42	25.12
TIRANTE cm	16.60	16.34	7.15
PERMEABILIDAD cm/h	0.10	0.68 poco	4.74
TIPO	impermeable	permeable	permeable
PORCENTAJE DE AGREGACION	44.06	30.80	29.28
pH	6.8	6.8	6.5
MATERIA ORGANICA %	7.88	5.35	0.53
N TOTAL %	0.29	0.27	0.15
P ASIMILABLE ppm	4.0	1.1	0.8

En las muestras de suelo correspondientes a los horizontes A y AC (todas las muestras se mezclaron) se sometieron al análisis mineralógico para determinar el tipo de arcilla, encontrándose que la muestra contiene (de mayor a menor cantidad) nacrita y haloisita. (figura 6.10)

PERFIL 7

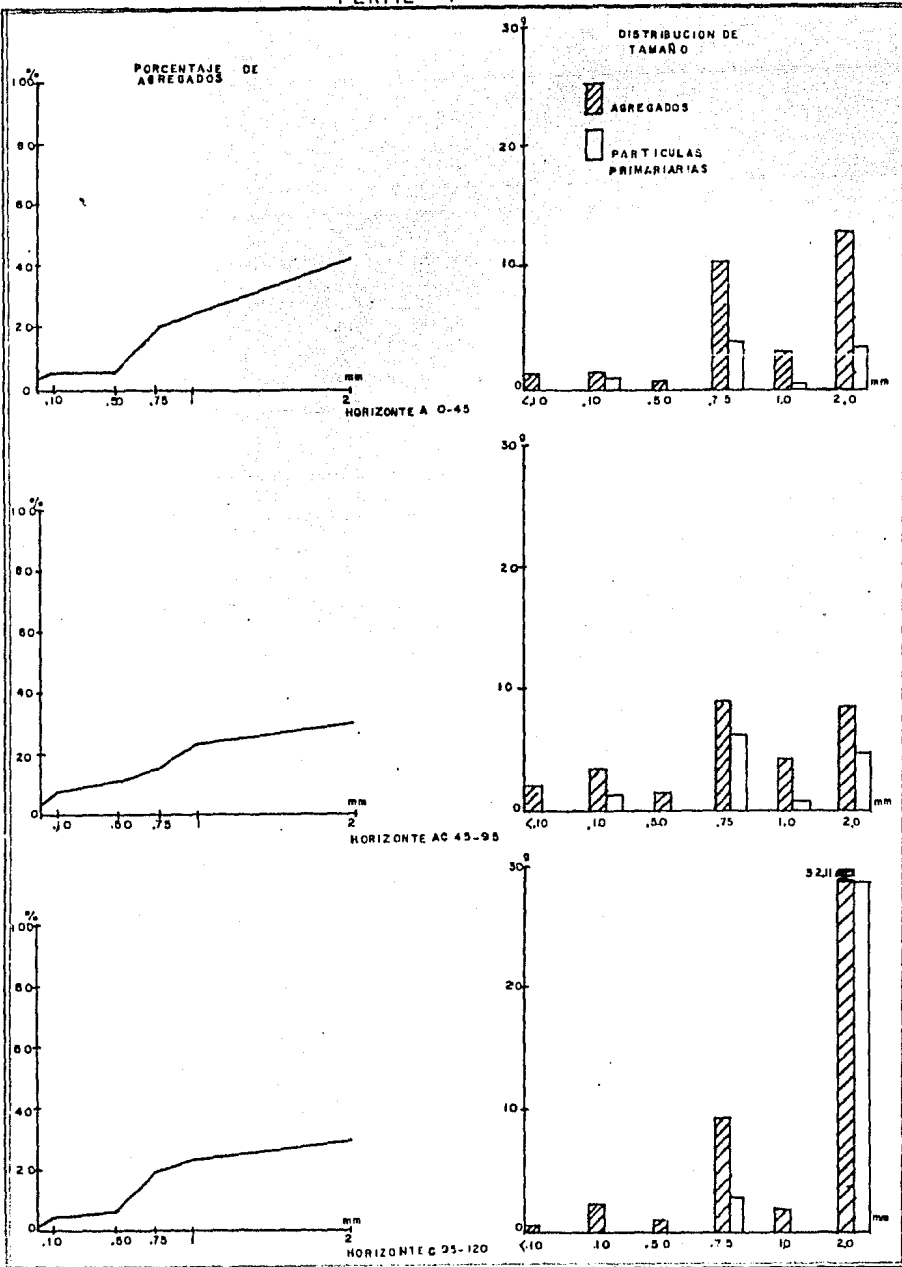


FIGURA 6.9

PERFIL 7

HORIZONTE A Y AC 0-95

NACRITA, HALOISITA

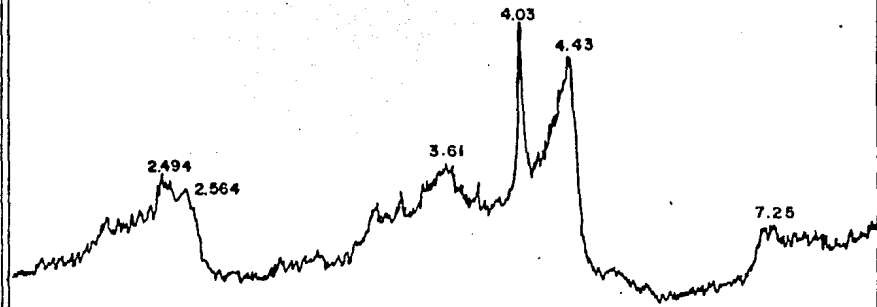


FIGURA 6.10

Perfil: 6
 Clasificación de aptitud: 5 T₂ E S₂
 Localización: Carretera Toluca-Naucaipan Km 23.7
 Uso del suelo: Forestal
 Precipitación anual: 981.4 mm
 Tem. media anual: 14° C
 Clima: C (w₂) (w) b i g
 Altitud: 3 000 m
 Pendiente: ± 30%
 Material parental: Ignea

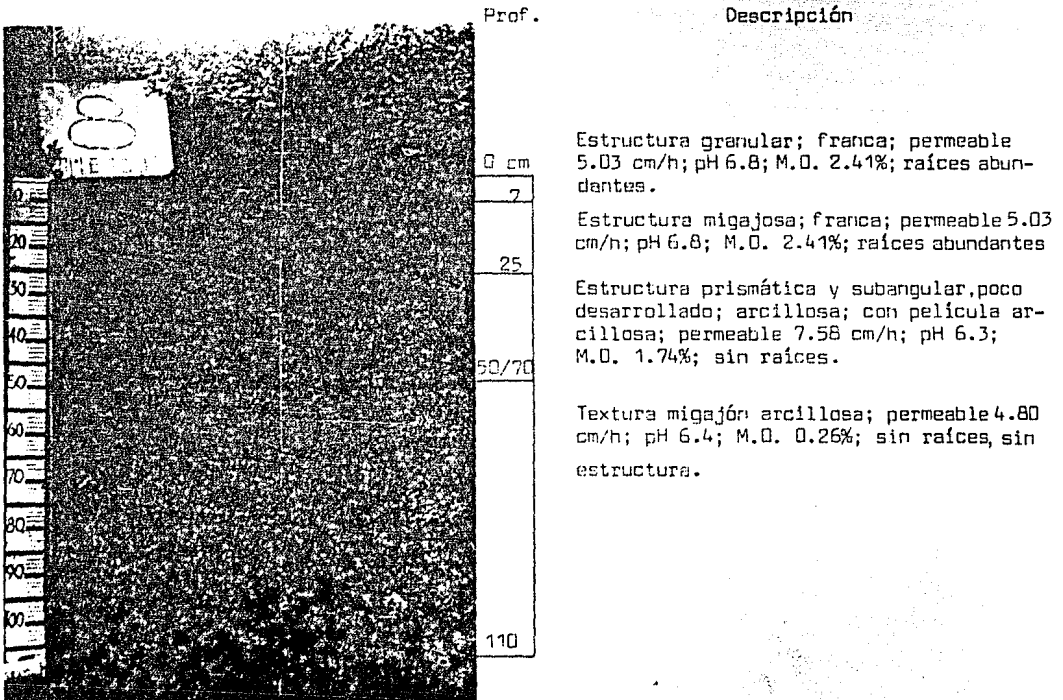


Tabla 8

Tabla de los resultados de los análisis físicos, químicos y mineralógicos del perfil 8, localizado en la carretera Toluca-Naucaupan en el Km 23.7.

HORIZONTE	A	B _{2t}	C
PROFUNDIDAD cm	0-25	25-50/70	50/70-100
TEXTURA % ARCILLA	23	43	30
LIMO	36	28	30
ARENA	41	29	40
CLASE TEXTURAL	Franco	arcilla	migajón arcilloso
DENSIDAD APARENTE g/cm ³	1.02	1.03	1.06
POROSIDAD TOTAL %	61.51	61.14	60.00
AGUA APROVECHABLE %	23.64	19.67	21.80
TIRANTE cm	6.02	7.09	11.55
PERMEABILIDAD cm/h	5.03	7.58	4.80
TIPO	permeable	permeable	permeable
PORCENTAJE DE AGREGACION	75.26	88.76	65.84
pH	6.8	6.3	6.4
MATERIA ORGANICA %	2.41	1.74	0.26
N TOTAL %	0.26	0.18	0.14
P ASIMILABLE ppm	1.70	3.50	2.10

En las muestras de suelo correspondientes a los horizontes A y B_{2t} (todas las muestras se mezclaron) se sometieron a el análisis mineralógico para determinar el tipo de arcilla, encontrándose que la muestra contiene (de mayor a menor cantidad) haloisita y nacrita. (figura 6.12)

PERFIL 8

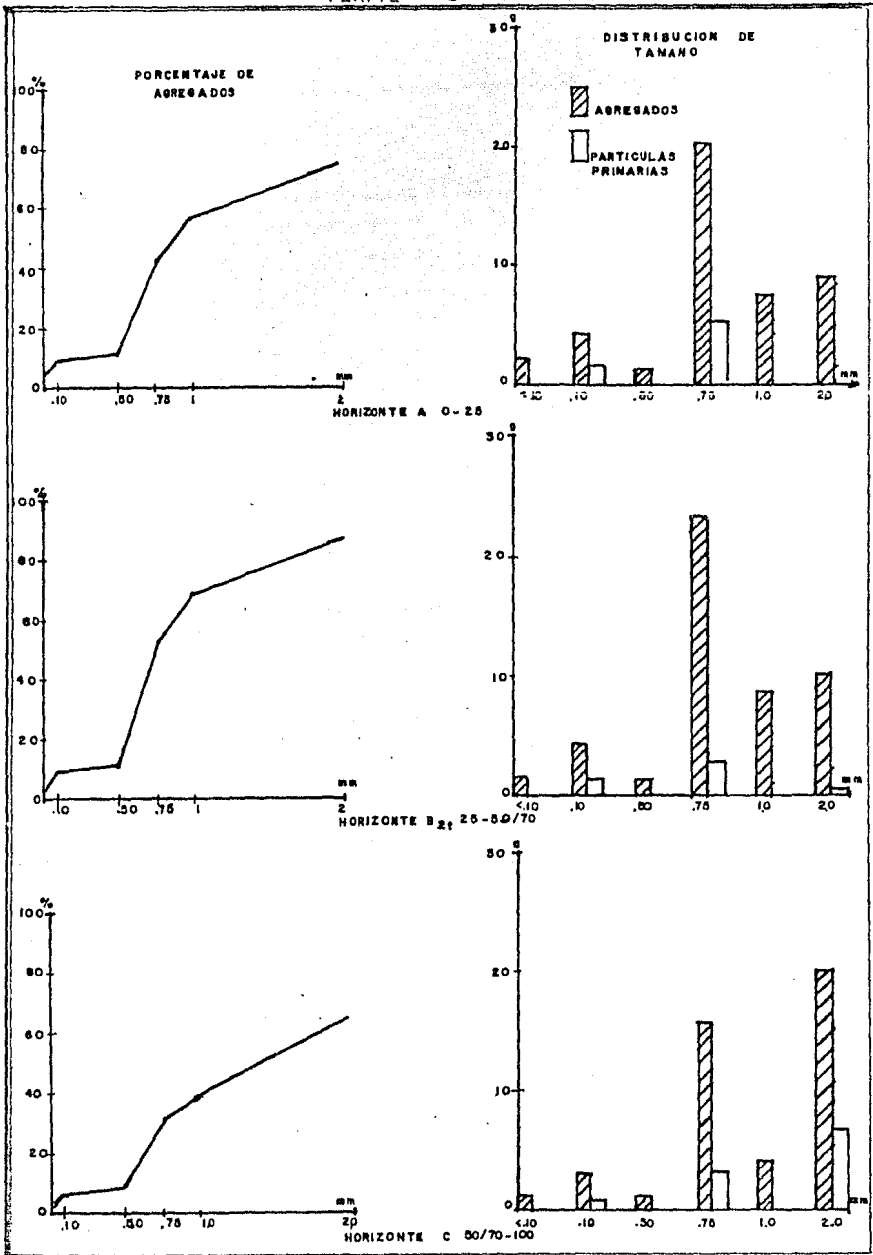


FIGURA 6.11

PERFIL 8

HORIZONTE A Y B_{2t} 0-50/70

HALOISITA, NACRITA

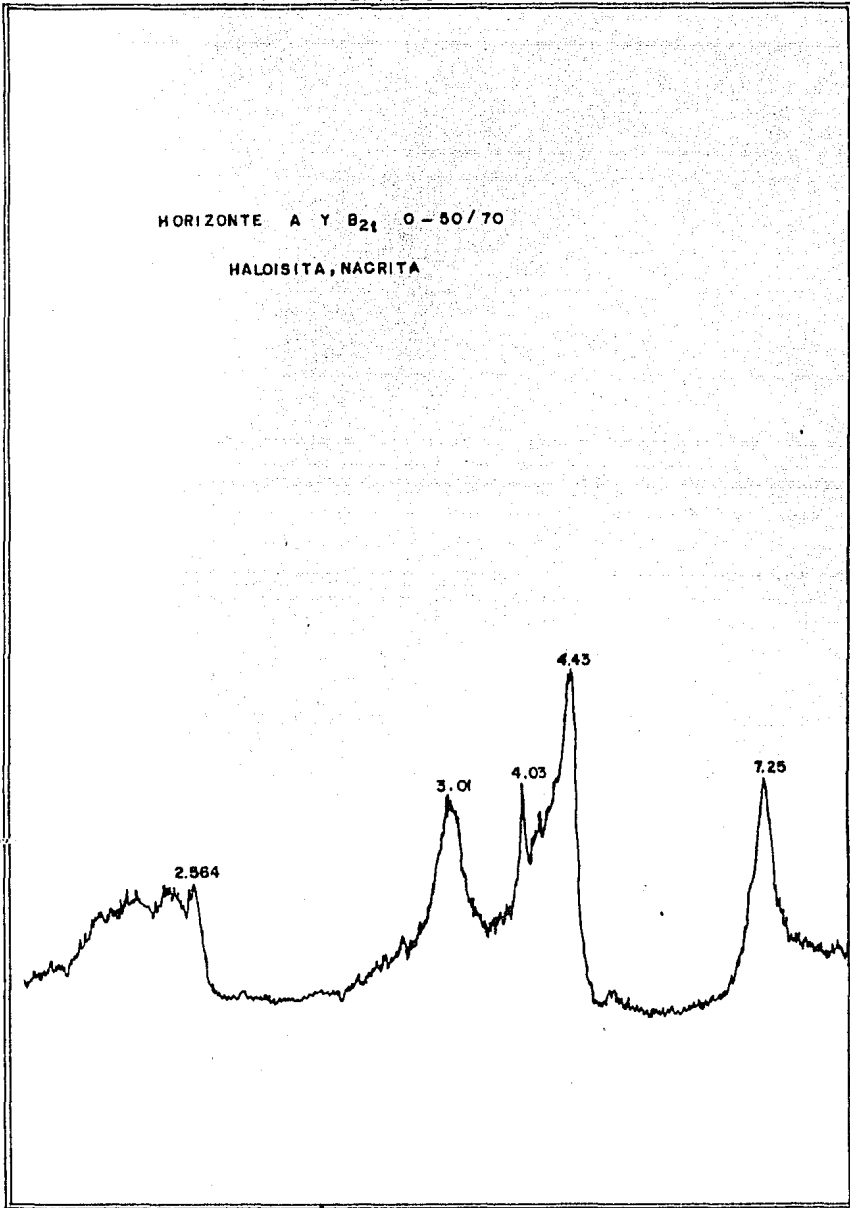


FIGURA 6.12

7. DISCUSION

7.1 Caracterización de los Suelos.

La ordenación de los datos está dirigida principalmente a dar un sentido más claro y ordenado a los resultados obtenidos, discutiéndose - cuatro características: drenaje, humedad, erodibilidad y fertilidad potencial.

A continuación se presenta la Figura 7.1 , que muestra los puntos básicos seleccionados para cada característica:

<u>Característica</u>	<u>Puntos de discusión y análisis</u>
Drenaje	Geoforma, textura, tipo de arcilla, estructura, porosidad, permeabilidad.
Humedad	Geoforma, horizontes, profundidad efectiva, textura, tipo de arcilla, estructura, agua aprovechable, permeabilidad.
Erodibilidad	Geoforma, textura, m.o., agregación estructura, permeabilidad.
Fertilidad potencial	Tipo de arcillas, agregados, agua aprovechable, m.o., N,P.p.H, profundidad efectiva.

Fig. 7.1

Los perfiles fueron agrupados de acuerdo a algunas características semejantes que presentaban, tomando en cuenta desde su localización geográfica, hasta sus características físicas y químicas. Dando como resultado 5 grupos, de los 8 perfiles realizados, que son :

Grupo	Perfil	Grupo	Perfil
1	1 y 3	4	6 y 8
2	2 y 5	5	7
3	4		

GRUPO 1 (FEOZEM HAPLICO *)

DRENAJE.

Geoforma: valle

Pendiente: $\pm 2\%$

Uso del suelo: agricultura

PERFIL	HORI ZONTE	PRFUN. cm.	T E X T U R A			TIPO DE ARCILLA	ESTRUCTURA	POROSIDAD %	PERMEABILIDAD cm/h
			Arc.	Lim.	Are.				
1	A ₁₁	0-30	12	29	59		granular	60.30	21.16 Muy per.
	A ₁₂	30-55	5	33	62		granular	56.90	7.58 Per.
	C	55-120	5	32	63		angular	54.30	2.15 Per.
3	A	0-35	11	44	45	Halosita, nacrita caolín	granular	66.42	5.90 Per.
	AC	35-55	16	59	25	Halosita, nacrita y trazas de cuarzo y feldespatos	subangular	66.10	5.50 Per.
	C	55-120	13	58	29		Angular	65.70	2.00 Poco per

Tabla 7.1

La geoforma influye en procesos y fenómenos relacionados con la formación de suelo y la lixiviación de materiales. Estos perfiles se encuentran en una geoforma de valle, con una pendiente más o menos de 2 %, donde el escurrimiento superficial es casi nulo de tal manera que el agua superficial drenará a través del perfil.

Generalmente los suelos ligeros son más factibles de drenar que los suelos finos (Gavande, 1976). Los porcentajes extremos de estos suelos son: 5 y 16 % de arcilla; 29 y 59% de limo; 25 y 63% de arena. Estas proporciones corresponden a la clase textural migajón arenosa (perfil 1) y franco (0-35 cm), migajón limoso (35-120), en el perfil 3. La textura que predomina en este grupo es la de migajón, que corresponde a suelos cuyas fracciones están mezcladas en tal proporción que permiten un buen drenaje. Como puede observarse, la cantidad de arcilla presente a lo largo de los 2 perfiles oscila entre 5 y 16%, porcentaje que no provoca problemas con respecto al drenaje;

* Según la carta edafológica de CETENAL (1979).

debido a que el espacio poroso también es adecuado para una buena filtración; la densidad aparente va de 0.89 a 1.21 g/cm³ reflejando un suelo -- que no está compactado (la porosidad va de 54.3 a 66.42 % en los dos perfiles). El tipo de arcilla en el perfil 3 (Tabla 7.1), es del grupo 1:1, -haloisita, nacrita, caolinita (de mayor a menor cantidad) y trazas de -- cuarzo y feldespatos; estas arcillas tienen la característica de que el agua no puede penetrar entre unidades sucesivas de láminas para causar la expansión y contracción durante el humedecimiento y secado, por lo que no se originan problemas de drenaje por el taponamiento de arcilla expandi--bles.

Otra de las características importantes en el análisis del drenaje de un suelo, es la estructura, al permitir el libre paso del agua y la entrada de aire conforme el agua sale. La estructura modifica la influen--cia de la textura respecto a las relaciones de humedad, aireación y dispo--nibilidad de nutrientes para la planta (Millar et al. 1975). El perfil-1, posee una estructura granular en los horizontes A₁₁ y A₁₂ y angular en el C, todos con una consistencia friable. El perfil 3, posee una estructura granular en el A, subangular y angular en el AC y C respectivamente, con una consistencia friable. La estructura está bien definida a lo largo de estos perfiles. El contenido de materia orgánica es de 2.01 a 0.26 % en el perfil 1, y de 5.09 a 2.80 % en el perfil 3; la textura en todo el perfil es media, todo esto se traduce en una buena agregación (un promedio - de 62.81 % de agregados estables al agua); también su densidad aparente - es de 0.90 a 1.21 g/cm³, no siendo un suelo compacto, característica de - suelos estructurados (Gavande, 1976; Baver et al., 1972).

Gavande (1976), menciona que el drenaje depende directamente de la permeabilidad del suelo, que a la vez depende de las características mencionadas anteriormente; así se tiene que en el perfil 1 la permeabilidad- es de 21.16, 7.58 y 21.5 cm/h, en los horizontes A₁₁, A₁₂ y C respectiva - mente. y en perfil 3 de 5.90 y 2.00 cm/h, en los horizontes A, AC y C, -- respectivamente. Los resultados indican que todos los horizontes son permeables, ya que la velocidad de infiltración es constante y relativamente alta; debido principalmente a su textura media y a su baja cantidad de ar

cilla que proporciona una porosidad alta, sin problemas de compactación contando además con una estructura definida.

En resumen son perfiles bien drenados.

HUMEDAD.

PERFIL	HORI ZONTE	PROFUN cm	T E X T U R A			TIPO DE ARCILLA	ESTRUCTURA	AGUA APRO. %	PERMEABILIDAD cm/h
			Arc.	Lim.	Are.				
1	A ₁₁	0-30	12	29	59		granular	15.25	21.16 Muy per
	A ₁₂	30-55	5	33	62		granular	15.47	7.58 Per
	C	55-120	5	32	63		angular	15.28	2.15 Per
3	A	0-35	11	44	45	Halosita, nacrita, caolín.	granular	34.94	5.90 Per
	AC	35-55	16	59	25	Halosita, nacrita y trazas de cuarzo y feldespatos	subangular	29.16	5.50 Per
	C	55-120	13	58	29		angular	33.84	2.00 Poco per

Tabla 7.2

Debido a la ubicación de los perfiles, en una geoforma plana, el área desarrolla una mayor profundidad (120 cm, sin llegar todavía a la roca madre); se detectaron tres horizontes, A₁₁ (0-30 cm); A₁₂ (30-55 cm); C (55-120 cm), desde el punto de vista de profundidad efectiva no existe problema alguno.

Como se vió en el punto anterior la textura de estos perfiles es media. Los suelos de textura fina tienen una máxima capacidad total de retención de agua (como en el perfil 6, horizonte B_{22t}, donde tenemos un suelo arcilloso, con una capacidad de campo de 44.80 %, y una agua aprovechable de 26.58%), pero la máxima agua aprovechable está retenida en suelos de textura media, como en este caso (por ejemplo en el perfil 3, horizonte AC, donde tenemos un suelo migajoso, con una capacidad de campo de 40.89% y una agua aprovechable de 29.16 %).

Como ya se vió, las arcillas de estos perfiles son del grupo 1:1, que se caracterizan por no permitir la penetración del agua entre unidades sucesivas de láminas, para causar la expansión y contracción durante el humedecimiento y el secado; debido a esta característica, no almacenan tanta agua como las arcillas del tipo de la montmorillonita (2:1), por lo que la adsorción y la liberación de agua para las plantas ocurre en su mayor parte con tensiones bajas de humedad del suelo (Gavande, 1976; Baver et al, 1972).

La estructura del suelo es otro factor importante en el contenido de humedad. La estructura de los perfiles 1 y 3 está bien definida; como ya se mencionó antes, la porosidad es adecuada (54.3 a 66.42 %) y como consecuencia las cantidades de microporos son favorables.

La combinación de los factores mencionados anteriormente dan como resultado una cantidad de agua aprovechable adecuada, como se puede observar en los datos: 15.25, 15.47, 15.28% en los horizontes A₁₁, A₁₂, C, respectivamente y en el perfil 3 de 34.94, 29.16, 33.84 %, en los horizontes A, AC, C, respectivamente.

ERODIBILIDAD.

HORIZONTE	PROFUN. cm.	TEXTURA			M.O. %	AGREGACION %	ESTRUCTURA	PERMEABILIDAD cm/h.
		ARC.	LIM.	ARL.				
A ₁₁	0-30	12	29	59	2.01	68.90	granular	21.16 Muy Per.
A ₁₂	30-55	5	33	62	1.60	63.62	granular	7.58 Per.
C	55-120	5	32	63	0.26	82.08	angular	2.15 Per.
A	0-35	11	44	45	5.09	68.96	granular	5.90 Per.
AC	35-55	16	59	25	3.88	76.42	subangular	5.50 Per.
C	55-120	13	58	29	2.80	93.34	angular	2.00 Poco per.

tabla 7.3

Los factores que afectan la erosión de acuerdo a Morgan (1979) son: energía, resistencia y protección. Sin embargo, para los fines del presente trabajo lo que más interesa es el grupo de resistencia o erodibilidad; ésta se define como la resistencia que presenta el suelo a la disgregación y el transporte de material que lo constituye. Uno de los factores más importantes que determinan la erodibilidad del suelo es la geoforma; como se ha visto en este caso, se trata de un valle, con una pendiente $\pm 2\%$. Según Evans in Morgan, (1979), considera a los suelos con menos de 2% de m.o. como más fácilmente erosionables. En el perfil 1 en el horizonte A_{11} hay un 68% de agregados resistentes al agua, en el A_{12} 63.2% y en el C. 82.08 % en el perfil 3 en el A existen 68.9% en el AC 76.42 % y en el C - - 93.34%. Como se puede observar existe cierta relación entre el contenido de materia orgánica de los horizontes A_{11} y A_{12} del perfil 1, y el contenido de agregados, así como de los horizontes A, AC, C, - del perfil 3, esta relación da como resultado que estos horizontes tengan una estructura estable. En los subsuelos donde el contenido de materia orgánica y el nivel de actividad microbiana es bajo, (como en el caso de los horizontes C), el óxido de fierro y aluminio, son comúnmente el coloide más efectivo que produce agregación (Gavande, 1976; Baver et al, 1972; Fassbender, 1975); es precisamente esta agregación la que determina la resistencia al suelo a la erosión. Por otro lado, la velocidad de infiltración es constante y alta en el primer horizonte y relativamente alta en los demás (en el perfil 1 horizontes A_{11} , A_{12} y C es de 21.16, 7.58 y 2.15 cm/h respectivamente y en el perfil 3 es de 5.90, 5.50 y 2.00 cm/h en los horizontes A, AC y C, respectivamente), todo esto es el reflejo de una buena textura, agregación y estructura del suelo, indicando además que es un suelo abierto con poco o ningún cambio en su estructura cuando se humedece de manera prolongada.

En resumen, como puede observarse, y no obstante que el contenido de arcilla y materia orgánica es bajo, (por lo cual se esperaría una proporción baja de agregados) no presenta grandes problemas con respecto a la erodibilidad, debido a su geoforma en donde se encuentra ubicado el perfil.

FERTILIDAD POTENCIAL.

PERFIL	HORIZONTE	PROFUN. cm.	TIPO DE ARCILLA	M.O. %	N. %	P. ppm	AGUA APRO. %	pH	P. EFECT.
1	A ₁₁	0-30		2.01	0.20	2.40	15.25	7.4	0-55
	A ₁₂	30-55		1.60	0.06	1.20	15.47	7.8	
	C	55-120		0.26	0.025		15.28	7.9	
3	A	0-35	haloisita, nacrita, cao- linita	5.09	0.23	3.30	34.94	6.5	0-55
	AC	35-55	haloisita, nacrita, y- trazas de cuarzo y fel- despastos	3.88	0.17	1.50	29.16	6.8	
	C	55-120		2.80	0.07		33.84	6.0	

Tabla 7.4

Uno de los aspectos importantes para la fertilidad del suelo es el tipo de arcilla presente en el perfil. Como se ha visto, la arcilla que presenta los perfiles es del grupo de la caolinita (1:1), principalmente - haloisita, nacrita y en menor cantidad, caolinita. Este tipo de arcilla tiene la característica de tener baja capacidad de retención de - - agua, baja capacidad de intercambio de cationes (caolinita 3 - 10 meq/100g, haloisita 20 meq/100g), baja capacidad para fijar K^+ y NH_4^+ y alta capacidad de fijar fósforo; alta disponibilidad de Ca^{++} y Mg^{++} disponibilidad de fósforo y baja capacidad de combinación con el humus. (Fassbender, 1975; Ortega, 1978).

Otro de los aspectos importantes en la fertilidad de los suelos - es la materia orgánica: para el perfil 1 de 2.01, 1.60 y 0.26% en los horizontes A₁₁, A₁₂ y C respectivamente, en el perfil 3 fue de 5.09, - - 3.88% en los horizontes A, AC y C, respectivamente. De acuerdo a estos resultados y según Moreno (1978), la materia orgánica en el perfil 1 es de media en el horizonte A₁₁ y medianamente pobre y extremadamente pobre en los horizontes A₁₂ y C. Para el perfil 3, del horizontes A al C, - -

es de extremadamente rico a medianamente rico. La materia orgánica del suelo, es una fuente de elementos nutritivos para las plantas, contra-- rresta los efectos nocivos del sodio intercambiable, aumenta la capaci-- dad de intercambio catiónico y determina los mecanismos de agregación. Fossbender (1975), Ortega (1978), Aunque la materia orgánica de los -- horizontes A_{12} y C del perfil 1 es baja y muy baja respectivamente, la-- máxima absorción de nutrimentos es por lo general en los primeros 30cm, que corresponden al horizonte A_1 de este perfil, donde la materia orgá-- nica se considera media.

Los resultados del nitrógeno total fueron de 0.20, 0.06, y 0.025 %-- para los horizontes A_{11} , A_{12} , C_1 respectivamente, del perfil 1 y para el-- perfil 3, fueron de 0.23, 0.17 y 0.07 % para los horizontes A, AC, y C-- respectivamente. Según Moreno (1978) se clasifican como rico el A_1 , -- pobre el A_{12} y muy rico el C, esto en el perfil 1. En el perfil 3 es de muy rico en el A, rico en el AC, y medianamente pobre en el C. El ni-- trógeno está estrechamente relacionado con la materia orgánica, ya que-- todo en el suelo está en forma orgánica. Como se observa, el horizonte C del perfil 1, tiene un gran contenido de nitrógeno. esto debido a -- que es uno de los nutrimentos más fácilmente lixivitados por el agua y -- puede ser llevado a capas inferiores; esto también se aplica al horizon-- te C del perfil 3.

El fósforo asimilable, se le encontró sólo en los horizontes A_1 y -- A_{12} del perfil 1, siendo éste de 2.4 y 1.2 ppm, respectivamente, en el -- perfil 3 sólo en el A y AC, y fué de 3.30 y 1.50 ppm respectivamente. Según Moreno (1978) son perfiles pobres en fósforo. Este elemento se-- le encuentra en forma aprovechable en los suelos cercanos a la neutrali-- dad, ya que en suelos ácidos la mayor parte del fósforo está en forma -- no asimilable, pues reacciona con las superficies minerales de fierro, -- aluminio y alofano.

El agua aprovechable fue del orden de 15.25, 15.47 y 15.28%, en -- los horizontes A_{11} , A_{12} y C del perfil 1, respectivamente. Para el per-- fil 3 fue de 34.94, 29.16 y 33.84% en los horizontes A, AC, C, respecti-- vamente. Este ligero aumento en la cantidad de agua en el perfil 3, es-- tá asociada a un aumento en el porcentaje de la fracción arcillosa y a-- un mayor contenido de materia orgánica que retiene mayor cantidad de --

agua. Esta cantidad de agua se puede considerar media y es característica de suelos de textura media, como lo presentan estos perfiles.

Los valores de pH variaron de 7.4 a 7.09 con un valor medio de 7.6 en el perfil 1; en el perfil 3 varió de 6.0 a 6.8 con un valor medio de 6.4, por lo que según la clasificación de Moreno (1978) son ligeramente alcalinos los valores en el perfil 1 y ligeramente ácido en el perfil 3. Desde el punto de vista agrícola, la cantidad de iones hidrógeno del suelo es de gran importancia para la nutrición vegetal, (Fassbender, 1975; Ortega, 1975). Esta propiedad afecta la solubilidad de muchos nutrimentos esenciales para la planta, estos valores de pH en el grupo se encuentran en el rango óptimo.

En resumen, estos suelos tienen una fertilidad potencial media.

GRUPO 2 (VERTISOLES *)

DRENAJE.

Geoforma: valle

Pendiente: \pm 4%

Uso del suelo: agricultura

PERFIL	HORI ZONTE	PROFUN. cm	T E X T U R A Arc. Lim. Are.			ESTRUCTURA	POROSIDAD %	PERMEABILIDAD. cm/h
2	A	0-45	19	23	58	sin estructura	59.25	4.47 Per.
	AC	45-100	31	30	39	"	60.76	5.88 Per.
	C	100-150	25	27	48	"	62.65	5.34 Per.
5	A _{p1}	0-35	30	29	39	subangular	56.61	0.44 Poco per.
	A _{p2}	35-60	15	23	62	angular poco desa- rrollado.	53.21	0.00 Impermeable
	B ₂₁	60-90	35	28	37	angular bien desa- rrollado.	55.85	0.50 Poco per.
	B ₂₂	90-120	42	29	29	angular bien desa- rrollado.	59.63	0.97 Poco per.

Tabla 7.5

Debido a que estos perfiles se encuentran en una geoforma de valle con una pendiente \pm 4%, el escurrimiento superficial es casi nulo, - de tal manera que el agua de la superficie drenará a través del perfil.

Como se mencionó anteriormente, la distribución de las partículas en el perfil influye en el drenaje. Esta distribución es de 19 a 31% de arcilla; 23 a 30% de limo; 39 a 58% de arena, en el perfil 2. Para el perfil 5 son de 15 a 42% de arcilla; 23 a 29% de limo; 29 a 62% de arena. - Estas proporciones corresponden a la clase migajón (alternaciones de migajón arcilloso y migajón arenoso), para los dos perfiles, y el horizonte B₂₂ del perfil 5 es arcilloso. A excepción de este último horizonte, los perfiles son considerados de textura media, lo que permite una buena aireación y un buen drenaje. Como se puede observar, la cantidad de arcilla en el perfil 2 oscila entre 19 y 31%, porcentaje que es ligeramente alto, pero no provoca grandes problemas con respecto al drenaje; además, el espacio poro-

* Según la carta edafológica de CETENAL (1979).

so también es adecuado; la densidad aparente va de 0.99 a 1.08 g/cm³, reflejando un suelo que no está compactado (la porosidad va de 59.25- a 62.65%). Con respecto al perfil 5, se encontró una proporción de arcilla alta, que va de 15 a 42%, porcentaje que puede provocar problemas con respecto al drenaje; su espacio poroso es medio, pero éste tiene una proporción grande de poros pequeños (debido a la alta cantidad de arcilla). El resultado es un suelo donde el aire y el agua se mueven con dificultad, ya que hay pocos poros grandes (Miller et al., 1975).

La estructura es otra característica importante para el drenaje. El perfil 2 no presenta una estructura visible en el campo. El perfil 5 cuenta con una estructura subangular en el horizonte A_{p1} angular poco desarrollada en el A_{p2} y angular bien desarrollada en el B₂₁ y B₂₂. El perfil 2 aunque no presenta estructura, su alto contenido de arena (50% en promedio en todo el perfil) le confiere la característica de un suelo abierto, sin grandes problemas de drenaje. El perfil 5 presenta una estructura definida a lo largo del perfil, debido principalmente a su alto contenido de arcilla; el porcentaje de espacios porosos tiene como promedio de 56.32%, menor que el perfil 2 - siendo estos poros de menor tamaño; poseen una densidad aparente de 1.07 a 1.24 g/cm³, reflejando un suelo más o menos compacto que desde el punto de vista de la estructura puede provocar problemas de drenaje.

Como se ha visto el drenaje depende directamente de la permeabilidad del suelo que a la vez depende de las características mencionadas anteriormente. Así se tiene que, en el perfil 2 la permeabilidad es de 4.47, 5.58, 5.34 cm/h, en los horizontes A₁, A₂₁, A₂₂, respectivamente. En el perfil 5 es de 0.44, 0.00, 0.50, 0.97 cm/h en los horizontes A₁₁, A₁₂, A₂₁, A₂₂, respectivamente. Los resultados indican que todos los horizontes del perfil 2 son permeables, ya que la velocidad de infiltración es constante, aunque no alta, debido principalmente a su textura media y a su contenido medio de arcilla que proporciona una porosidad también media. En el perfil 5 los resultados indican que los horizontes son poco permeables siendo el A₁₂ impermeable. Estos resultados están relacionados con el tamaño de los poros, que además, aunque el perfil posee una estructura definida,

ésta no posee una estabilidad en sus unidades estructurales, cambiando cuando se moja de manera prolongada y reduciendo la velocidad de infiltración hasta un valor de cero en el A₁₂. (Baver et al, 1972); Duchafour, 1978; Gavande, 1976).

Hay que hacer notar, que este perfil en el campo fue reportado como de una permeabilidad lenta y que al ser trabajada la muestra para su uso en el laboratorio fue destruida su estructura que es la responsable en este caso de que el perfil tenga una permeabilidad aceptable.

En resumen el perfil 2 tiene un drenaje bueno, y el perfil 5 tiene problemas severos de drenaje.

HÚMEDAD.

PERFIL	HORIZONTE	PROFUN. cm	TEXTURA			ESTRUCTURA	AGUA APRO. %	PERMEABILIDAD. cm/h
			Arc.	Lim.	Are.			
2	A	0-45	19	23	58		14.06	4.47 Permeable
	AC	45-100	31	30	39		26.59	5.88 Permeable
	C	2100-150	25	27	48		25.06	5.33 Permeable
5	A _{p1}	0-35	30	29	39	Subangular	23.37	0.44 Poco per.
	A _{p2}	35-60	15	23	62	Angular poco desarrollo	21.64	0.00 Impermeable
	B ₂₁	60-90	35	28	37	Angular bien desarrollo	31.57	0.50 Poco per.
	B ₂₂	90-120	42	29	29	Angular bien desarrollo	40.29	0.97 Poco per.

Tabla 7.6

Por su geoforma plana (valle), el área desarrolla una mayor profundidad (120 cm, sin haber encontrado la roca madre). En el perfil 2 se detectaron los horizontes A AC y C, en el perfil 5 el A_{p1} (0-35); A_{p2} (35-60); B₂₁ (60-90); B₂₂ (90-120). Desde el punto de vista de profundidad efectiva no existe problema alguno.

La textura es media; a medida que se hace más fina, aumenta la capacidad total de retención de agua (como en el perfil 6, horizonte B_{22t} donde tiene una capacidad de campo de 44.80% y una agua aprovechable de 26.58%), pero la máxima agua aprovechable está retenida en suelos de textura media, como en este caso; además, la fracción arcillosa de estos perfiles es alta lo que contribuye a una retención mayor de agua (como se puede observar en la tabla 7.6).

El perfil 2 no presenta una estructura visible en el campo y el perfil 5 presenta una estructura bien definida, lo que le confiere -- una porosidad de 53.21 a 59.63%, conteniendo una cantidad de microporos favorables para retener una mayor cantidad de agua que el perfil- 2 (de 21.64 a 40.29% de agua aprovechable en el perfil 5 y el de -- 14.06 a 26.59%).

La combinación de los factores mencionados anteriormente da como resultado una cantidad de agua aprovechable adecuada como se puede observar en los datos: 14.06, 26.59, 25.06% en los horizontes A , AC C respectivamente, y en el perfil 5 de 23.37, 21.64, 31.57 y 40.29% en los horizontes A_{p1}, A_{p2}, B₂₁ y B₂₂, respectivamente.

Como se discutió en el punto anterior, el suelo no es totalmente impermeable aunque los valores de la permeabilidad en el laboratorio fueron muy bajos, es por esto que desde el punto de vista de humedad en los perfiles no existe problema.

ERODIBILIDAD.

PERFIL	HORI ZONTE	PROFUN. cm	T E X T U R A			M. O. %	AGREGACION %	ESTRUCTURA	PERMEABILIDAD
			Arc.	Lim.	Are.				
2	A	0-45	19	23	58	0.26	76.60	Sin estructura	4.47 Per.
	AC	45-100	31	30	39	0.26	68.10	"	5.88 Per.
	C	100-150	25	27	48	0.26	71.80	"	5.33 Per.
5	A _{p1}	0-35	30	29	39	2.14	54.74	subangular	0.44 Poco per.
	A _{p2}	35-60	15	23	62	1.07	73.50	angular poco desarrollado	0.00 Imper.
	B ₂₁	60-90	35	28	37	0.80	62.12	angular bien desarrollado	0.50 Poco per.
	B ₂₂	90-120	42	29	29	0.67	81.28	angular bien desarrollado	0.97 Poco per.

Tabla 7.7

Uno de los factores más importantes que determinan la erodibilidad del suelo es la geoforma, que en este caso se trata de una valle, con una pendiente $\pm 4\%$.

La fracción arcillosa generalmente esta asociada con la materia orgánica formando agregados. En el perfil 2 hay un contenido de materia orgánica de 0.26% en todo el perfil, en el perfil 5 es de 2.14, 1.07, 0.80, 0.67% en los horizontes A_{p1}, A_{p2}, B₂₁ y B₂₂, respectivamente. Según Evans in Morgan, 1979, considera a los suelos con menos del 2% de materia orgánica más fácilmente erosionables. El perfil 2 contiene 76.66, 68.10, 71.80% de agregados estables al agua, en las capas A, AC, C, respectivamente. El perfil 5 contiene 54.74, 73.50, 62.12, 81.28% en los horizontes A_{p1}, A_{p2}, B₂₂, respectivamente. Como se puede observar, existe una relación entre el contenido de materia orgánica de los horizontes A_{p1} y A_{p2} del perfil 5 y el porcentaje de agregados. En los suelos donde el contenido de materia orgánica es bajo y, por consiguiente la actividad microbiana es también baja (como en el caso del perfil 2 y los horizontes B₂₁ y B₂₂ del perfil 5), el óxido de hierro y aluminio son comúnmente los coloides más efectivos que producen agregación.

(Millar *et al*, 1975; Duchafour, 1978; Gavande, 1976). Esta agregación es la que determina la resistencia al suelo a la erosión.

La velocidad de infiltración es constante en el perfil 2, que se -- clasifica como permeable en todo el perfil, (de 4.47 a 5.58 cm/h). En el perfil 5 esta velocidad es muy baja y llega a valores de cero en el horizonte A_{p2} (en los demás horizontes es de 0.44 a 0.97 cmr/h, que es poco-permeable). Entre mayor sea la velocidad de infiltración, menos posibilidades hay de que el agua escurra en la superficie del suelo, arrastrando las partículas de éste y provocando su erosión.

En resumen, el perfil 2 presenta pocos problemas con respecto a la-erodibilidad; el perfil 5 presenta mayores problemas, debidos principalmente a su inestabilidad estructural, pero debido a la geofoma donde se encuentra, los problemas no son tan severos.

FERTILIDAD POTENCIAL.

PERFIL	HORI ZONTE	PROFUN. CM	M.O. %	N. %	P. ppm	AGUA APRO. %	p.H.
2	A	0-45	0.26	0.07	1.06	14.06	7.0
	AC	45-100	0.26	0.07	0.60	26.59	6.9
	C	100-150	0.26	0.05		25.06	6.8
5	A_{p1}	0-35	2.14	0.31	1.90	23.37	7.1
	A_{p2}	35-60	1.07	0.14	1.20	21.64	7.0
	B_{21}	60-90	0.80	0.08		31.57	7.3
	B_{22}	90-120	0.67	0.07		40.29	7.3

Tabla 7.8

Uno de los aspectos importantes en la fertilidad de los suelos es la materia orgánica; para el perfil 2 de 0.26% en todos los horizontes en el perfil 5 es de 2.14, 1.07, 0.80 y 0.67% para los horizontes A_{p1} , B_{21} , B_{22} , respectivamente; de acuerdo a estos resultados y según Moreno (1978) la materia orgánica en el perfil 2 es extremadamente pobre, y para el perfil 5 es mediana en el A_{p1} y pobre en los demás horizontes.

Los resultados del nitrógeno total fueron de 0.07, 0.07, y 0.05%, en los horizontes A, AC, y C respectivamente, para el perfil 2, y para el 5 fueron de 0.31, 0.14, 0.08 y 0.07%, para los horizontes A_{p1} , A_{p2} , B_{21} y B_{22} , respectivamente. Según Moreno (1978) se clasifican como medianamente pobre los horizontes A y AC, y pobre en la C del perfil 2, y extremadamente rico el A_{p1} , medianamente rico el A_{p2} , y medianamente pobre los horizontes B_{21} y B_{22} .

El fósforo asimilable, se le encontró sólo en las capas 1 y 2 del perfil 2, siendo éste de 1.0 y 0.60 ppm respectivamente. En el perfil 5 sólo se le encontró en el A_{p1} y A_{p2} , y fue de 1.90 y 1.20 ppm, respectivamente. Según Moreno (1978) son perfiles pobres en fósforo.

El agua aprovechable fue del orden de 14.06, 26.59 y 25.06% en los horizontes A, AC, y C, respectivamente. Para el perfil 5 fue de 23.37, 21.64, 31.57 y 40.29%, en los horizontes A_{p1} , A_{p2} , B_{21} y B_{22} respectivamente. Este aumento en la cantidad de agua aprovechable en el perfil 5 está asociado, a un aumento en el porcentaje de la fracción arcillosa y aun mayor contenido de materia orgánica. Esta cantidad de agua puede considerarse media.

Los valores de pH variaron de 6.8 - 7.0 en el perfil 2 y en el 5 de 7.0 - 7.3, por lo que según la clasificación de Moreno (1978) el perfil 2 es neutro y el 5 es ligeramente alcalino.

En resumen estos perfiles tienen una fertilidad potencial baja.

GRUPO 3 (FLUVISOLES *)

DRENAJE.

Geoforma : valle

Pendiente: \pm 2 %

Uso del suelo : agricultura

PERFIL	HORIZONTE	PROFUN. cm	T E X T U R A			TIPO DE ARCILLA	ESTRUCTURA	POROSIDAD %	PERMEABILIDAD CM/h
			Arc.	Lim.	Arc.				
4	A _p	0-19	11	36	53		granular	59.63	5.47 Per.
	C ₁	19-40	3	6	91		Sin estructura	46.42	14.07 Per.
	C ₂	40-65	7	27	66		"	56.61	16.18 Per.
	C ₃	65-110	2	8	90		"	50.57	40.90 Muy per.

Tabla 7.9

Este perfil también se encuentra en una geoforma de valle, con una pendiente \pm 2 %, donde el escurrimiento superficial es casi nulo, de -- tal manera que el agua superficial drenará a través del perfil.

La distribución de las partículas en el perfil es de 2 a 11 % de arcilla; 6 a 36% de limo; 53 a 91% de arena. Estas proporciones corresponden a las clases texturales migajón arenoso y arena (alternaciones de migajón arenoso y arena); correspondiendo a suelos que se consideran livianos, sueltos, friables, de buena aireación y drenaje, de fácil laboreo. La cantidad de arcilla es tan baja que no provoca ningún problema para el drenaje. El espacio poroso total, es adecuado, va de 46.42 a 59.63%, esta cantidad puede parecer baja, pero una gran porción son poros grandes, provocando un drenaje rápido. Esto es evidente también si se observan sus densidades aparentes que son un poco altas (de 1.07- a 1.42 g/cm³), típicas de suelos arenosos. (Millar et al. 1975).

* Según la carta edafológica de CETENAL (1979).

La estructura es otra de las características importantes para el drenaje. En este perfil sólo se observó una estructura granular en el horizonte A_p y en los demás horizontes no se detectó un tipo de estructura definida; ésta es consecuencia de la arcilla (es el horizonte que tiene más arcilla con 7%) y de su contenido de materia orgánica que es el más alto en el perfil (2.5%), traduciéndose esto en una buena agregación (71.82% de agregados estables al agua). Muestran un suelo no compactado y no muy suelto y por consiguiente tienen un drenaje bueno. Con respecto al resto del perfil, su alto contenido de arena (de 61 a 90%) le confiere la característica de un suelo abierto con un drenaje que puede llegar a ser excesivo.

Como se ha mencionado anteriormente el drenaje depende directamente de la permeabilidad del suelo, que a la vez depende de las características mencionadas anteriormente. Así se tiene que en el perfil la permeabilidad es de 5.47, 14.07, 16.18 y 40.90 cm/h. en los horizontes A_p , C_1 , C_2 , y C_3 respectivamente. Los resultados indican que del horizonte A_p al C_2 son permeables y el C_3 es muy permeable. La velocidad de infiltración es constante y relativamente alta en el A_p (como es de esperarse en los suelos con una estructura definida), y muy alta en los demás horizontes, debido principalmente a su textura predominantemente arenosa, proporcionando grandes cantidades de espacios porosos.

En resumen el perfil tiene un buen drenaje de 0 a 19 cm y un - - excesivo drenaje en las capas inferiores (19 a 110 cm).

HUMEDAD

RFIL	HORI ZONTE	PROFUN. cm	T E X T U R A			TIPO DE ARCILLA	ESTRUCTURA	AGUA APRO. %	PERMEABILIDAD cm/h
			Arc.	Lim.	Are.				
4	A_p	0-19	11	36	53		granular	21.26	5.47 Per.
	C_1	19-40	3	6	91		sin estructura	6.53	14.07 Per.
	C_2	40-65	7	27	66		"	13.18	16.18 Per.
	C_3	65-110	2	8	90		"	9.98	40.90 Muy per.

Tabla 7.10

Por su geoforma plana (valle), el área desarrolla una mayor profundidad efectiva mayor (110 cm sin haber encontrado la roca madre). Se detectaron los horizontes A_p (0-19 cm); C_1 (19-40 cm); C_2 (40-65 cm) y C_3 (65-110 cm).

La textura es gruesa. Como se ha visto los suelos de texturas medias y finas son los que retienen mayor cantidad de agua. En este caso por ser suelos con altos contenidos de arena tendrán menos agua aprovechable, debido a que tienen una área superficial relativamente baja por unidad de masa de suelo, además de una gran cantidad de espacios porosos grandes, que no son capaces de retener el agua en contra de la gravedad por lo tanto reflejan una mayor capacidad de almacenamiento de agua en el suelo (Gavande, 1976).

Este perfil sólo presenta una estructura visible en el campo en el horizonte A_p , lo que le confiere condiciones favorables como el espacio poroso que es de 59.63%, que incluye cantidades (favorables de microporos, para retener una mayor cantidad de agua que el resto del perfil. -- (21.26% de agua aprovechable en el A_p y 9.83% de agua aprovechable en promedio en el resto del perfil).

La combinación de los factores mencionados anteriormente, dan como resultado una cantidad de agua aprovechable deficiente, como se puede observar en los datos: 21.26, 6.53, 13.18, y 9.98% en los horizontes A_p , C_1 , C_2 , y C_3 respectivamente.

Desde el punto de vista de la retención de humedad el perfil es deficiente.

ERODIBILIDAD.

PERFIL	HORIZONTE	PROFUND. cm	TEXTURA			M. O. %	AGREGACION %	ESTRUCTURA	PERMEABILIDAD cm/h
			Arc.	Lim.	Are.				
4	A _p	0-19	11	36	53	2.50	71.82	granular	5.47
	C ₁	19-40	3	6	91	0.50	27.02		14.07
	C ₂	40-65	7	27	66	0.51	63.42		16.18
	C ₃	65-10	2	8	90	0.53	35.32		40.90

Tabla 7.11

De los factores más importantes que determinan la erodibilidad del suelo está la geoforma, que en este caso se trata de un valle, con una pendiente $\pm 2\%$.

Como se ha mencionado la fracción arcillosa está generalmente asociada con la materia orgánica formando agregados. En el perfil 4, la materia orgánica es de 2.50, 0.50, 0.51 y 0.53%, en los horizontes A_p, C₁, C₂ y C₃, respectivamente.

En el horizonte A_p, existe un 71.82% de agregados resistentes al agua, en el C₁, 27.02%, en el C₂ 63.42% y en el C₃ 35.32%. Como se puede observar existe una relación entre el contenido de arcilla-materia orgánica y el porcentaje de agregados del horizonte A_p. Esta relación le confiere una estructura estable. En los subsuelos donde el contenido de materia orgánica es bajo y por consiguiente la actividad microbiana también es baja (como es el caso de los horizontes C₁, C₂ y C₃), el óxido de hierro y aluminio, son comúnmente los coloides más efectivos que produce agregación. (Millar *et al*, 1975; Duchafour, 1978, Gayande, 1976). Hay que hacer notar que en los horizontes C₁ y C₃ el contenido de agregados es muy bajo por tener una cantidad mínima de arcilla.

La velocidad de infiltración es constante y alta en todo el perfil acentuándose más en los horizontes C₂ y C₃ (16.18, 40.90 cm/h respectivamente), clasificados como permeable (A_p, C₁ y C₂) y muy permeable el

C. Esto es el reflejo de una textura predominantemente arenosa. Entre mayor es la velocidad de infiltración, así como constante, menos posibilidad hay de que el agua se escurra en la superficie del suelo, arrastrando las partículas de éste.

En resumen, como puede observarse y no obstante que el contenido de arcillas y materia orgánica es muy bajo, por lo que hay una proporción baja de agregados, no presenta mayores problemas con respecto a la erodibilidad, debido principalmente a su geofoma donde se ubica este perfil.

FERTILIDAD POTENCIAL.

PERFIL	HORI ZONTE.	PROFUN. cm	TIPO DE ARCILIA	M.O. %	N. %	P. ppm	AGUA APRO. %	pH
4	A _p	0-19		2.50	0.18	0.85	21.26	6.4
	C ₁	19-40		0.50	0.23	3.25	6.53	7.1
	C ₂	40-65		0.51	0.28	7.80	13.18	6.4
	C ₃	65-100		0.53	0.23	2.60	9.98	7.5

Tabla 7.12

Uno de los aspectos importantes para la fertilidad de este perfil es la textura; presenta un porcentaje muy alto de arena, dando como resultado una lixiviación fuerte de los nutrimentos.

De acuerdo a los resultados y según Moreno (1978) la materia orgánica en este perfil es medianamente rica en el A_p y extremadamente pobre del horizonte C₁ al C₃.

Los resultados del nitrógeno total fueron de 0.18, 0.23, 0.28 y -- 0.23% para los horizontes A_p, C₁, C₂ y C₃ respectivamente. Según Moreno (1978) se clasifica como rico el A_p y extremadamente rico del C al C₃. Como se puede observar el nitrógeno se encuentra en grandes cantidades en los horizontes profundos principalmente debido a que es uno de los nutrimentos más fácilmente lixiviados por el agua y puede ser -- llevado a capas inferiores.

El fósforo asimilable se encuentra en todo el perfil y éste fue de : 0.85, 3.25, 7.80 y 2.60 ppm, para los horizontes A_p, C₁, C₂, y C₃, respectivamente. Según Moreno (1978), son valores pobres para los horizontes y C mediano el C y pobre el C .

El agua aprovechable fue del orden de 21.26, 6.53, 13.18, y --- 9.98%, en los horizontes A_p, C₁, C₂ y C₃, respectivamente. Esta cantidad de agua se considera baja y es típica de suelos de textura ligera como lo es este perfil.

Los valores de pH variaron de 6.4 a 7.5 con una media de 6.9.- Según Moreno (1978), son valores que van de ligeramente ácido a ligeramente básico donde la mayoría de los elementos se encuentra en forma disponible para las plantas.

En resumen este perfil tiene una fertilidad potencial baja. debido principalmente a sus propiedades físicas (textura y agua aprovechable).

GRUPO 4 (LUVISDLES)

DRENAJE.

Geoforma: cerro

Pendiente : ± 25%

Uso del suelo: forestal

PERFIL	HORI ZONTE	PROFUN. cm	T E X T U R A			TIPO DE ARCILLA	ESTRUCTURA	POROSIDAD %	PERMEABILIDAD cm/h
			Arg.	Lim.	Are.				
6	A ₁₁	0-20	10	38	46	habisita,nacrita	granular	60.61	5.14 Per.
	A ₁₂	20-30	26	32	42	haloisita,nacrita	subangular poco desarrollada.	60.38	3.41 Per.
	B ₁	30-50	40	40	20	haloisita,nacrita	en bloques	58.87	2.54 Per.
	B _{21t}	50-95	44	37	19	haloisita,nacrita	subangular	61.51	1.21 Poco per.
	B _{22t}	95-125	46	31	26		subangular bien desarrollada	61.14	1.08 Poco per.
6	A	0-25	23	36	41	haloisita,nacrita	granular	61.51	5.03 Per.
	B _{2t}	25-50/70	43	28	29	haloisita,nacrita	prismático y subangular poco desarrollada.	61.14	7.58 Per.
	C	50/40-100	30	30	40			60.00	4.80 Per.

Tabla 7.13 * Según la carta edafológica de CETENAL (1979)

Estos perfiles se encuentran en una geoforma de cerro con una pendiente $\pm 25\%$, donde el escurrimiento superficial es el más importante debido a su pendiente, de tal manera que el agua que drene a través del perfil será menor.

La distribución de las partículas en los perfiles es de 10 a 46% de arcilla; 31 a 40% de limo; 19 a 46% de arenas, en el perfil 6. Para el perfil 8 son de 23 a 43% de arcilla; 28 a 36% de limo; 29 a 41% de arena. Estas proporciones corresponden a las clases texturales francas (0-30 cm), arcilla (30-125 cm) en el perfil 6 y franca (0-25 cm), arcilla (25-50/70 cm), migajón arcillosa (50/7-100 cm) correspondiendo a suelos que se consideran de textura media en los primeros 30 cm, en el perfil 8; son sueltos, friables y de buena aireación y drenaje; de los 30 cm en adelante se consideran suelos pesados, con posibles problemas de aireación y drenaje. Como se puede observar la cantidad de arcilla en los perfiles es alta después de los 30 cm, va de 40 a 46%, porcentaje que puede provocar problemas con respecto al drenaje; su espacio poroso es medio (de 58.87 a 6151%), pero éste tiene una proporción grande de poros pequeños (debido a la cantidad de arcilla); su densidad aparente va de 1.02 a 1.09 gr/cm³, reflejando un suelo no muy compacto pese a su porcentaje elevado de arcilla. El resultado es un suelo donde el aire y el agua se mueven con dificultad, ya que hay pocos poros grandes (Millar et al., 1975). El tipo de arcilla en estos perfiles tabla 7.13, es del grupo 1:1, haloisita y nacrita (de mayor a menor cantidad), estas arcillas tienen la característica de que el agua no puede penetrar entre unidades sucesivas de láminas para causar la expansión y contracción durante el humedecimiento y secado, por lo que no se originan problemas de drenaje por el taponamiento de arcillas expandibles.

Otras de las características importantes para el análisis del drenaje del suelo es la estructura, esta es para el perfil 6 de migajosa en el A subangular poco desarrollada en el A₁₂, en bloques en el B₁, subangular en el B_{21t}, subangular bien desarrollada en el

B_{22t}. Para el perfil 8 es de granular en el A prismática en el B_{2t} La estructura esta bien definida a lo largo de estos perfiles; es consecuencia principalmente de la gran cantidad de arcilla, que favorece a la formación de agregados (un promedio de 88.83% de agregados estables al agua); como se vió sus densidades aparentes son medias, así como su espacio poroso. De esta manera la estructura le confiere a este perfil la característica de no ser un suelo muy compacto pese a su gran contenido de arcilla.

Como se ha mencionado anteriormente el drenaje depende directamente de la permeabilidad del suelo, que a la vez depende de las características mencionadas anteriormente. Así se tiene que en el perfil 6 la permeabilidad es de 5.14, 2.54, 1.21, 1.08 cm/h, en los horizontes A₁₁, A₁₂, B₁, B_{21t}, B_{22t}, respectivamente y en el perfil 8 de 5.03, 7.58, 4.80 cm/h, en los horizontes A, B y C respectivamente. Los resultados indican que los horizontes A₁₁, A₁₂ y B₁ del perfil 6 son permeables, así como todos los horizontes del perfil 8, ya que la velocidad de infiltración es constante aunque no muy alta, debido principalmente a su contenido de arcilla que es alto y a su mayor contenido de microporos. En los horizontes B_{21t} y B_{22t} los resultados indican que son poco permeables. Estos resultados están relacionados con el tamaño de los poros y al aumento en el porcentaje de arcilla, además aunque el perfil posee una estructura definida, ésta no posee una estabilidad en sus unidades estructurales, cambiando cuando se moja de manera prolongada y reduciendo la velocidad de infiltración. (Saver et al, 1972; Duchafour, 1978; Gavande, -- 1976).

En resumen estos perfiles tienen un drenaje excesivo en la parte superficial del terreno debido a su pendiente; el drenaje a través de el perfil es lento, pero sin llegar a tener problemas severos. Este drenaje se verá favorecido con una cubierta vegetal que evite el impacto de la lluvia, y de esta manera habrá más tiempo para la infiltración del agua en el suelo.

HUMEDAD.

IL. HORIZONTE	PROFUND. cm	T E X T U R A Arc. Lim. Are.			TIPO DE ARCILLA	ESTRUCTURA	AGUA APRO.	PERMEAB.
A ₁₁	0-20	10	38	46	Haloisita, nacrita	granular	14.19	5.14 Per.
A ₁₂	20-30	26	32	42	Haloisita, nacrita	subangular poco desarrollada	17.88	3.41 Per.
B ₁	30-50	40	40	20	Haloisita, nacrita	en bloques	22.48	2.54 Per.
B _{2t}	50-95	44	37	19	Haloisita, nacrita	subangular	29.61	1.21 Poco p.
B _{22t}	95-125	46	31	23		subangular bien desarrollada	26.58	1.08 Poco p.
A	0-25	23	36	41	Haloisita, nacrita	granular	23.64	5.03 Per.
B _{2t}	25-50/70	43	28	29	Haloisita, nacrita	prismática y subangular poco desarrollada.	19.67	7.58 Per.
C	50/70-100	30	30	40			21.80	4.80 Per.

Tabla 7.14

Pese a su geoforma monticular, el área desarrolla una profundidad efectiva grande alternada, 110 a 125, en donde se encontró la roca madre. Se detectaron los horizontes A₁₁ (0-20 cm); A₁₂ (20-30 cm); B₁ (30-50 cm) B_{22t} (95-125 cm), en el perfil 6, y en el perfil 8 A (0-25 cm); - E₂ (25-50/70 cm); C (50/70-100 cm).

La textura es media en los primeros 30 cm y fina en el resto del perfil. Como se ha visto los suelos de textura fina tienen una máxima capacidad de retención de agua, pero la máxima agua aprovechable está retenida en suelos de textura media. Por tener una cantidad mayor de arena los primeros 30 cm. (suelos de textura media). poseen una mayor cantidad de espacios porosos grandes reflejando una menor capacidad de almacenamiento de agua. Después de los 30 cm, donde los suelos son de textura fina, los espacios porosos aumentan pero estos son de menor tamaño; además, el área superficial por unidad de masa de suelo es grande, por consecuencia una mayor cantidad

de agua está retenida con mayor firmeza, siendo el motivo por el cual tienen menor cantidad de agua aprovechable que los suelos de textura-media. (en el perfil 6, horizonte B₁ tiene una capacidad de campo de 35.93%, y una agua aprovechable de 22.48%).

Como se vió, las arcillas de estos perfiles son del grupo 1:1, - que se caracterizan por no permitir la penetración del agua entre unidades sucesivas de láminas; debido a esta característica, no almacenan tanta agua como las arcillas del tipo de montmorillonita, por lo que la absorción y liberación del agua para las plantas ocurre en su mayor parte con tensiones bajas de humedad del suelo (Gavande, 1976; - Baver et al., 1972).

La estructura está bien definida en los dos perfiles; como ya se mencionó antes, la porosidad es adecuada (58.87 a 61.51%), y como consecuencia la cantidad de microporos son favorables, contribuyendo a - una mayor retención de agua.

La combinación de los factores mencionados anteriormente dan como resultado una cantidad de agua aprovechable adecuada, como puede - observarse en los datos: 4.19, 17.88, 22.48, 29.61, 26.58%, en los -- horizontes A₁₁ A₁₂, B₁, B_{21t}, B₃, respectivamente, del perfil 6 y del perfil 8 es de 23.64, 19.67, 21.80% en los horizontes A . B_{2t} y C res--pectivamente.

Desde el punto de vista de retención de humedad, los perfiles no presentan problemas.

ERODIBILIDAD

FIL HORI ZONTE	PROFUN. cm	T E X T U R A			M. O. %	AGREGACION %	ESTRUCTURA	PERMEABILIDAD
		Arc.	Lim.	Are.				
A ₁₁	0-20	10	38	46	1.87	75.02	granular	5.14 Per.
A ₁₂	20-30	26	32	42	0.93	74.20	subangular po- co desarrolla- do	3.41 Per.
B ₁	30-50	40	40	20	0.80	80.64	en bloques	2.54 Per.
B _{21t}	50-95	44	37	19	0.53	93.48	subangular	1.21 Poco per.
B _{22t}	95-125	46	31	23	0.67	76.22	subangular bien desarrollado	1.08 Poco per.
E B _{2t}	25-50/70	43	28	29	1.74	88.76	prismática y - subangular po- co desarrolla- do.	7.58 Per.
C	50/70-110	30	30	40	0.26	65.84		4.80 Per.

Tabla 7.15

De los factores más importantes que determinan la erodibilidad del suelo está la geofoma, que en este caso es monticular, con una pendiente \pm 25%, favoreciendo los procesos erosivos y el lavado de los materiales.

Como se ha mencionado la fracción arcillosa está generalmente asociada con la materia orgánica formando agregados. En el perfil 6 la materia orgánica es de 1.87, 0.93, 0.80, 0.53, 0.67% en los horizontes A₁₁, A₁₂, B₁, B_{21t} respectivamente y en el horizonte 8 es de 2.41, 1.74, 0.26% en los horizontes A, B_{2t}, C respectivamente. En el horizonte A existe una 75.02% de agregados resistentes al agua, en el A₁₂ 74.02%, en el B₁ 80.64%, en el B_{21t} 93.48 y en el B_{22t} 76.22%. Como se puede observar existe una relación entre el contenido de arcilla-materia orgánica y el porcentaje de agregados de los horizontes A₁₁ y A₁₂ del perfil 6, y A y B del perfil 8. Esta relación le confiere una estructura esta--

ble. En el subsuelo donde el contenido de materia orgánica es bajo, y aumenta el porcentaje de arcilla, el óxido de hierro y aluminio son -- comúnmente los coloides más efectivos que producen agregación. (Millar et al., 1975); Duchafour 1978; Gavande, 1976). Hay que hacer notar que en los horizontes B₁, B_{21t} y B_{22t} donde el contenido de agregados es - alto, es debido a el aumento considerable de la arcilla, principal for mador de agregados; es precisamente esta agregación la que determina - la resistencia al suelo a la erosión.

La velocidad de infiltración es constante aunque no muy alta en todo el perfil. disminuyendo esta en los horizontes B_{21t} y B_{22t} que son - poco permeables. Estos resultados son consecuencia de una textura pre dominante arcillosa. Entre mayor es la velocidad de infiltración así - como constante, menos posibilidad hay de que el agua se escurra en la - superficie del terreno.

En resumen, como puede observarse. estos perfiles se encuentran en - una geoforma que favorece los procesos erosivos, pero este suelo va a - presentar una buena resistencia a la disgregación y el transporte de - materiales, debido principalmente a su buena agregación y estabilidad. Se considera una zona de alto riesgo de erosión y esta va a depender - de la densidad de la cobertura vegetal.

FERTILIDAD POTENCIAL

PERFIL HORIZONTE	PROFUN. cm	TIPO DE ARCILLA	M.O. %	N %	P. ppm	AGUA APROX. %	pH.	
6	A ₁₁	0-30	haloisita,nacrita	1.87	0.28	4.85	14.19	6.8
	A ₁₂	20-30	haloisita,nacrita	0.93	0.22	1.35	17.88	6.6
	B ₁	30-50	haloisita,nacrita	0.80	0.19	1.30	22.48	7.1
	B _{21t}	50-95	haloisita,nacrita	0.53	0.25	1.25	29.61	6.9
	B _{22t}	95-125		0.67	0.06	1.40	26.58	6.6
8	A	0-25	haloisita,nacrita	2.41	0.26	1.70	23.64	6.8
	B _{2t}	25-50/70	haloisita,nacrita	1.74	0.18	3.50	19.67	6.3
	C	50/70-100		0.26	0.14	2.10	21.80	6.4

Tabla 7.16

El tipo de arcilla presente en el perfil es uno de los aspectos importantes para la fertilidad del suelo. Como se ha visto, la arcilla que presenta los perfiles es del grupo de la caolinita (1:1), principalmente haloisita y nacrita; tienen la característica de tener baja capacidad de retención de agua, baja capacidad de intercambio de cationes - (haloisita 20 meq/100 g), baja capacidad para fijar K^+ y NH_4^+ y alta -- capacidad para fijar fósforo; alta disponibilidad de Ca^{++} y Mg^{++} baja disponibilidad de fósforo y baja capacidad de combinación con humus (Fassbender, 1975, Ortega, 1978).

De acuerdo a los resultados y según Moreno (1978), la materia orgánica en el perfil 6 es mediana en el A y pobre en el resto del perfil. Para el perfil 8 es medianamente rica en el A, medianamente pobre en el B_{2t} y extremadamente pobre en el C.

Los resultados del nitrógeno total fueron de 0.28, 0.22, 0.19, -- 0.25 y 0.06%, para los horizontes A_{11} A_{12} , B_1 , B_{21t} , B_{22t} respectivamente, (perfil 6), para el perfil 8 es de 0.26, 0.18 y 0.14 en los horizontes A, B y C, respectivamente. Estos valores se consideran como extremadamente ricos el A_{11} A_{12} , B_{22t} , rico el B_1 y pobre el B_{22t} . En el perfil 8 es extremadamente rico el A, rico el B_{2t} y medianamente rico el C. Como en los demás grupos, encontramos al nitrógeno en grandes cantidades en los horizontes profundos, debido principalmente a que es uno de los nutrimentos más fácilmente lixiviados por el agua.

El fósforo asimilable se encuentra en todo el perfil 6 y este fue de 4.85, 1.35, 1.30, 1.25 y 1.40 ppm, en los horizontes A_{11} A_{12} , B_1 , -- B_{21t} y en perfil 8 es de 1.70, 3.50 y 2.10 ppm en los horizontes A, B_{2t} y C respectivamente. Estos valores se clasifican como mediano el A_{11} del perfil 6, en el resto del perfil, así como en el perfil 8 es pobre.

El agua aprovechable fue del orden de 14.19, 17.88, 22.48, 29.61, -- 26.58 para los horizontes A_{11} A_{12} , B_1 , B_{21t} y B_{22t} del perfil 6 y para el 8 es de 23.64, 19.67 y 21.80 en los horizontes A, B y C, respectivamente. Esta agua se puede considerar media y es de suelos con un -- contenido alto de arcilla.

Los valores pH variaron de ligeramente ácido (6.3) a neutro (7.1), donde la mayoría de los elementos se encuentran en forma disponible para las plantas.

En resumen este perfil tiene una fertilidad potencial media.

DRENAJE

Geoforma : monticular

Pendiente: \pm 30%

Uso del suelo: forestal

PERFIL	HORIZONTE	PROFUN. cm	T E X T U R A			TIPO DE ARCILLA	ESTRUCTURA	POROSIDAD %	PERM. cm/h
			Arc.	Lim.	Are.				
7	A	0-45	7	41	52	Nacrita Haloisita	granular	71.7	0.10
	AC	45-90	4	43	53	Nacrita Haloisita	granular	64.16	0.68
	C	95-120	10	28	62			56.99	4.74

Tabla 7.17

Este perfil se encuentra en una geoforma monticular, con una pendiente \pm 30%, donde el escurrimiento superficial es el más importante agente erosivo debido a su pendiente, de tal manera, que el agua que drene a través del perfil será menor.

La distribución de las partículas en el perfil es de 4 a 10% de arcilla; de 28 a 43% de limo; 52 a 62% de arena. Estas proporciones corresponden a las clases texturales, franca en el A y migajón arenoso en los demás; son suelos de textura media, correspondiendo a suelos con buena aireación y drenaje.

El tipo de arcilla en el perfil es del grupo 1:1, nacrita y haloisita (de mayor a menor cantidad). Estas arcillas tienen la característica de que el agua no puede penetrar entre unidades sucesivas de partículas para causar la expansión y contracción durante el humedecimiento y secado, por lo que no se originan problemas de drenaje por el taponamiento de arcillas expandibles.

La estructura es otra de las características importantes para el drenaje. En el perfil se observa una estructura granular en los horizontes A y AC. Esta estructura es consecuencia de la arcilla y la materia orgánica, que favorecen la formación de agregados; estos van de 29.28 a 44.06%, considerada como muy baja, dando como consecuencia una pobre es

* Según la carta edafológica de CETENAL (1979)

estructura. Aunque se tiene cantidades grandes de materia orgánica en los dos primeros horizontes, la cantidad de arcilla es muy baja para una abundante formación de agregados.

Como se ha mencionado anteriormente el drenaje depende directamente de la permeabilidad del suelo, que a la vez depende de las características mencionadas anteriormente. Así se tiene que en el perfil la permeabilidad es de 0.10, 0.68 y 4.47 cm/h en los horizontes A, AC y C respectivamente. Los resultados indican que el horizonte A es impermeable, el AC es poco permeable y el C es permeable. La velocidad es nula y casi nula en los primeros 95 cm, y puede pensarse que estos resultados son contradictorios, ya que los horizontes presentan un porcentaje medio de arenas. Estas permeabilidades se explican por la poca estructuración del suelo, además de su inestabilidad de esta al paso del agua; el punto más importante, es la gran cantidad de materia orgánica (7.88% en el A y 5.35% en el AC) y por consiguiente un gran contenido de coloides orgánicos, que taponean los espacios porosos provocando que la velocidad de infiltración se reduzca a valores cercanos a cero, como en este caso. Esto se comprobó experimentalmente, eliminando la materia orgánica de las muestras de los horizontes A y AC, obteniéndose valores de permeabilidad de 16.58 y 9.57 cm/h en los horizontes A y AC respectivamente.

En resumen estos perfiles tienen un drenaje excesivo en la parte superficial del terreno debido a su pendiente; y el drenaje a través de el perfil es nulo o casi nulo por lo tanto, tienen problemas severos de drenaje.

HUMEDAD.

PROFIL	HORIZONTE	PROFUN. cm	TEXTURA			TIPO DE ARCILLA	ESTRUCTURA	AGUA APR. %	PERMEABILIDAD cm/h
			Arc.	Lim.	Are.				
	A	0-45	7	41	52	nacrita,haloisita	granular	49.20	0.10 Imper.
	AC	45-95	4	43	53	nacrita,haloisita	granular	34.42	0.68 Poco per.
	C	95-120	10	28	62			25.12	4.74 Per.

Tabla 7.18

Se detectaron los horizontes A (0-45 cm); A₀ (45-95 cm); C(95-120cm)

La textura es media en todo el perfil. Como se ha visto los suelos de textura finas tienen una máxima capacidad de retención de agua, pero la máxima agua aprovechable está retenida en suelos de textura media, como en este caso (el horizonte A tiene una capacidad de campo de 59.04%, y una agua aprovechable de 49.20%). Además otro de los factores que en este caso, determinan la gran cantidad de agua aprovechable en los primeros dos horizontes, es la materia orgánica; esto se puede observar en el horizonte C, donde presenta también una textura media, con un mayor contenido de arcilla, pero un porcentaje de materia orgánica menor (0.53%) dando como resultado una capacidad de campo de 31.19% y una agua aprovechable de 25.12%, que es menor que los resultados del resto del perfil.

Las arcillas de este perfil son del grupo 1:1, que se caracterizan -- por no almacenar tanta agua como las arcillas del tipo de la montmorillonita, por lo que la adsorción y liberación de agua para las plantas ocurre en su mayor parte con tensiones bajas de humedad del suelo (Gavande, 1976; Baver et al., 1972).

La estructura esta definida en los dos primeros horizontes; esto le confiere al perfil condiciones favorables, como el espacio poroso - - - (de 71.7 a 64.16%), que incluyen cantidades favorables de microporos, para contribuir a una mayor retención de agua.

El agua aprovechable es de 49.20, 34.42, 25.12% en los horizontes -- A , A₀ y C respectivamente, que es una cantidad de agua aprovechable -- muy adecuada.

Como se ha visto en los primeros 45 cm el suelo es impermeable y de los 5 a los 9 cm es muy poco permeable. Esta característica del perfil va a impedir que el agua drene a través de éste, de esta manera no es retenida en los horizontes.

En resumen, el perfil tiene las características necesarias para una buena retención de humedad, pero debido al drenaje deficiente que presenta el perfil, el agua no puede ser retenida, por consecuencia, hay - problemas con respecto a la humedad.

ERODIBILIDAD

PERFIL	HORIZONTE	PROFUNDIDAD cm	TEXTURA			M. O. %	AGREGACION %	ESTRUCTURA	PERMEABILIDAD cm/h
			Arc.	Lim.	Are.				
7	A	0-45	7	41	52	7.88	44.06	granular	0.10 Imper.
	AC	45-90	4	43	53	5.35	30.80	granular	0.68 Poco per.
	C	90-120	10	28	62	0.53	29.28		4.74 Per.

Tabla 7.19

De los factores más importantes que determinan la erodibilidad del suelo es la geoforma, que en este caso es monticular, con una pendiente \pm 30%, lo que favorece los procesos erosivos y el lavado de los materiales.

Como se ha mencionado la fracción arcillosa está generalmente asociada con la materia orgánica formando agregados. La materia orgánica es de 7.88, 5.35 y 0.53% en los horizontes A, AC y C respectivamente. En el horizonte A existe un 44.06% de agregados estables al agua, en el AC 30.80% y en el C 29.28%. Existe una relación entre el contenido de arcilla-materia orgánica y el porcentaje de agregación, siendo éste bajo, debido principalmente a la poca cantidad de arcilla presente en el perfil. Esta relación le confiere una pobre estructuración. Es esta agregación la que determina la resistencia al suelo a la erosión.

La velocidad de infiltración del agua es muy baja (de 0.10 a 0.68-cm/h) en los primeros 95 cm. Entre mayor sea la velocidad de infiltración, menos posibilidad hay de que el agua escurra en la superficie, arrastrando las partículas de este y provocando su erosión.

En resumen el perfil presenta un alto riesgo de erosión, debido a su geoforma la que favorece los procesos erosivos. Su baja agregación su inestabilidad estructurales, facilitan la pérdida de suelo. Este alto riesgo de erosión va a depender de la cobertura vegetal que esté presente.

Fertilidad Potencial

Perfil	Horizonte	Profun. cm	Tipo de Arcilla	M. O. %	N %	P. ppm	Agua Apro. %	pH
7	A	0-45	Nacrita,haloisita	7.88	0.29	4.0	49.20	6.8
	AC	45-95	Nacrita,haloisita	5.35	0.27	1.1	34.42	6.8
	C	95-120		0.53	0.15	0.8	25.12	6.5

Tabla 7.20

Como se ha visto la arcilla presente en el perfil del tipo 1:1, principalmente nacrita y haloisita; tienen la característica de tener baja capacidad de retención de agua, baja capacidad de cationes (haloisita 20 meq/100g), baja capacidad para fijar K^+ y NH_4^+ y alta capacidad para fijar fósforo; alta disponibilidad de Ca y Mg; baja disponibilidad de fósforo y baja capacidad de combinación con humus (Fassbender, 1975; Ortega, 1978).

La materia orgánica es extremadamente rica en el A y AC, y extremadamente pobre en el C (7.88, 5.35 y 0.53% respectivamente).

El nitrógeno total es de 0.29, 0.27 y 0.15% en los horizontes A, AC y C respectivamente, siendo los horizontes A y AC extremadamente ricos y medianamente el C.

El fósforo asimilable se encuentra en todo el perfil, este fue de: 4.0, 1.1 y 0.8 ppm, en los horizontes A, AC y C respectivamente; estos valores se clasifican como pobre para todo el perfil.

El agua aprovechable fue del orden de 49.20, 34.42 y 25.12 para los horizontes A, AC y C respectivamente. Este contenido de agua se considera muy alto y es debido principalmente a el gran contenido de materia orgánica.

Los valores de pH van de 6.5 a 6.8 que se considera de ligeramente ácido a neutro, donde la mayoría de los elementos nutritivos se encuentran en forma disponible para las plantas.

En resumen este perfil tiene una fertilidad potencial media.

8. CONCLUSIONES.

Se realizó un estudio sobre la aptitud de las tierras a nivel de clases y subclases en una región del valle de Toluca, Edo. de México. En base a los resultados obtenidos, se llegó a las siguientes conclusiones:

- Las características físicas y químicas del suelo, las observaciones de campo, así como la interpretación de las fotografías aéreas, sirvieron de base para delimitar áreas afines, obteniendo con ello un conocimiento más claro de sus cualidades y/o limitantes.

Se aprovechó la ordenación en grupos para hacer una discusión más clara, dirigida hacia los objetivos del trabajo; todo esto nos llevo a :

- Los perfiles se agruparen en cinco unidades como consecuencia de la conjunción de características generales de las tierras.

- Se discutieron cada una de las características físicas y químicas del suelo no por separado, como generalmente se hace en este tipo de trabajos, sino que se analizaron aquéllas que se consideraron como básicas (drenaje, humedad, erodibilidad y fertilidad potencial), en función a un estudio de clasificación de aptitud para una región específica y que a la vez están conformadas por otra serie de atributos de las tierras consideradas como de segundo orden. Las conclusiones de cada grupo fueron:

Grupo 1

Drenaje: bien drenado
 Humedad: buena
 Erodibilidad: insignificante
 Fertilidad potencial: media

Grupo 2

Drenaje: bueno a muy lento
 Humedad: buena
 Erodibilidad: insignificante
 Fertilidad potencial: baja

Grupo 3

Drenaje: excesivo
 Humedad: deficiente
 Erodibilidad: insignificante
 Fertilidad potencial: baja

Grupo 4

Drenaje: excesivo en la superficie,
 lento a través del perfil
 Humedad: buena
 Erodibilidad: alto riesgo de erosión
 Fertilidad potencial: media

Grupo 5

Drenaje: excesivo en la superficie, nulo
 o casi nulo a través del perfil
 Humedad: deficiente
 Erodibilidad: alto riesgo de erosión
 Fertilidad potencial: media

- Con base en estas características y de acuerdo al objetivo planteado inicialmente sobre una mejor utilización de los recursos para usos agrícolas, se identificaron un cierto número de características para cada clase de tierras, que de alguna manera afectan la aptitud, dando origen a una especificidad de ordenes, clases y subclases diseñadas concretamente para el área de estudio, lo que nos permite un mejor planteamiento para la aptitud de las tierras. (ver mapa 1)

CARACTERISTICAS DE LAS SUBCLASES

SIMBOLO	CARACTERISTICA O LIMITANTE
T ₁	Pendiente
T ₂	Relieve
S ₁	Textura
S ₂	Profundidad
D ₁	Drenaje del perfil
D ₂	Presencia del manto freático
P ₁	Pedregosidad
I	Inundación
E	Erosión

ESTRUCTURA DE LA CLASIFICACION DE LA APTITUD DE LAS TIERRAS

ORDEN	CLASE	DESCRIPCION
A Apta	1	Suelos exelentes
	2	Suelos agrícolas con diferentes pero recuperables.
	3	Suelos con serias limitantes, solo para cultivos específicos.
	4	Suelos con muy severos limitantes solo con gran inversión son recuperables
N No apta	5	Areas <u>no</u> útiles agrícolamente

- Esta clasificación arrojó diferentes áreas de clases y subclases que son :

CLASE	SUBCLASE	Has.	%
1 (no hay)			
2	S ₂	256.58	3.24
Total clase 2		256.58	3.24
3	D ₁ D ₂	9.67	0.12
	D ₁ S ₁	4334.49	54.87
	D ₁ D ₂ I	474.86	6.01
	S ₂ T ₁ E	219.86	2.7836
	T ₁ E	113.40	1.4358
Total clase 3		5152.28	65.21

CLASE	SUBCLASE	Has.	%
4	S ₂ T ₁ E	14.58	0.18
	T ₁ S ₂ E	42.21	0.53
	D ₁ D ₂ I	219.66	2.78
Total clase 4		276.45	3.49
5	D ₁ D ₂ I	63.36	0.80
	T ₁	29.09	0.36
	T ₂ E S ₂	1790.88	22.67
	T ₂ S ₂ E	230.80	2.92
Total clase 5		2114.13	26.75
Total		7898.43	99.99

- Las cuatro clases muestran grados crecientes de severidad en las deficiencias de la tierra, pudiendo ser superadas a un costo razonable mediante la aplicación de técnicas de cultivo adecuadas para estas tierras o por obras de ingeniería civil adecuadas, como surcados en contorno, drenes etc.

- Las tierras catalogadas como 5 (no apta), no pueden ser dedicadas actualmente a la producción de manera económica, debido a la carencia de una tecnología adecuada; también se incluyen tierras que sufren deficiencias tan severas que básicamente no pueden ser corregidas.

- La clase 5 (no apta) involucra lo que el método USDASARH equivale a las clases de la 5 a la 8. Desde un punto de vista práctico no tiene ningún sentido subdividir en gradientes lo que se considera no apto.

- Esta clasificación dividida en 5 clases, evita que se pierda el punto central de ésta, ya que sólo se concreta al objetivo específico que se persigue.

9. BIBLIOGRAFIA

- Aparicio, G.H. (1967), Aprovechamiento de las aguas del sub-suelo del alto río Lerma en el Edo. de México. Tesis profesional Facultad de Ingeniería, UNAM, México 83 p.p.
- Bayer, L.D. et al., (1972), Soil physics. John Wiley and sons.
- Beek, K.J. and Benema, J. (1972) Land evaluation for agricultural land use planning and ecological methodology. Dept. Soil.Sci. - University Wageningen. 70 p.p.
- Bray, R.H. and Kurts, L.t. (1945), Determination of total organic, and available forms of phosphu ros in soils. Soil Sci. Rev.
- Bremer, J.M. (1960), Determination of nitrogen in soils by the Kjeldahl method. J. Agr. Sci.
- Brown, G. (1974), The agricultural significance of clays, in Mackney D. editor. Soil Type and land capability. Soil survey of England and Wales. Harpenden, Herts.
- CETENAL (1970), Carta de climas, escala 1:500 000. Secretaría de la Presidencia. México, D.F.
- CETENAL (1979), Carta edafológica, escala 1:50 000. Secretaría de Programación y Presupuesto. México, D.F.
- CETENAL (1978), Carta topográfica, escala 1:50 000. Secretaría de la Presidencia, México, D.F.
- Comisión de publicaciones de la S.M.G.E. (1981), VII Congreso Nacional de Geografía. Toluca Edo. de México. Memoria, 353 - 362 p.

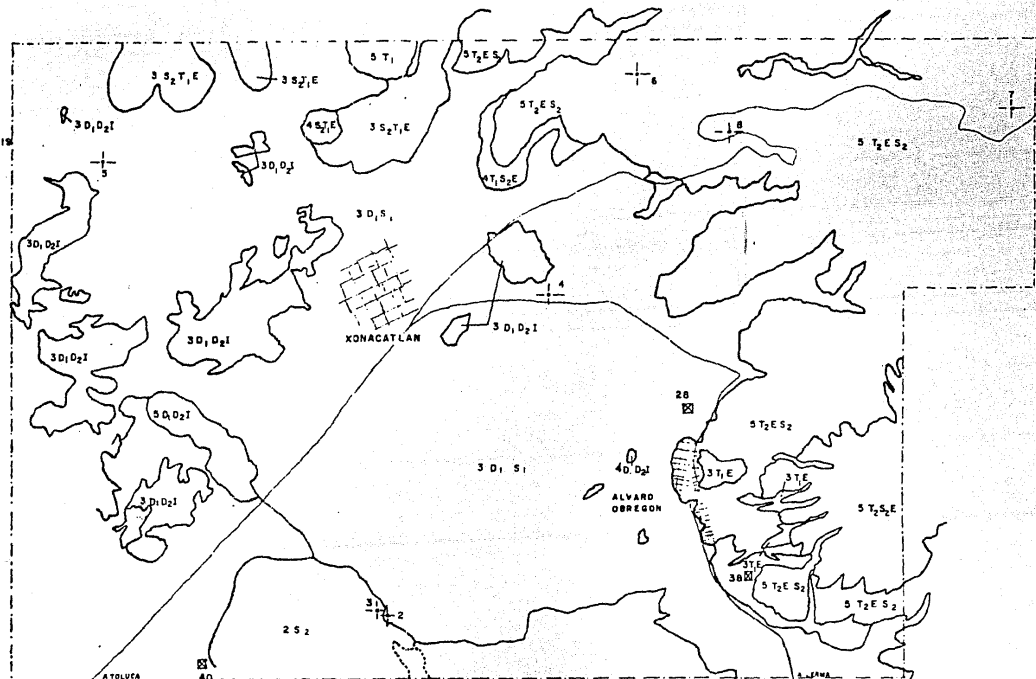
- CETENAL (1981), Síntesis geográfica del Estado de México. Secretaría de Programación y Presupuesto. México, D.F.
- Duchaufor, p. (1977), Manual de Edafología. Ed. Toray-Masson, S.A. Barcelona España.
- Eugene, A.T. (1968), Interpretation of aerial photographs. Borgess publishing company. Minneapolis, Minn. USA, 324 pp.
- Evans, R. and Morgan, R.P. (1979), Water erosion of arable land area 6.
- F.A.O. (1976) Esquema para la evaluación de las tierras. Boletín No. 32 de suelos de la F.A.O. Roma.
- Fassbender, H.W. (1975), Química de Suelos. Ed. I.C.A. Costa Rica.
- García., E. (1978), Apuntes de climatología. UNAM, Inst. de Geografía, México, D.F.
- García, E. et al (1974), Climas, Estado de México, Instituto de Geografía, UNAM-CETENAL México, D.F.
- García, L.B. (1977), Fotointerpretación. Instituto Panamericano de Geografía e Historia.
- Gavande, S.A. (1973), Física de suelos principios y aplicaciones. Editorial Limusa-Wiley, S.A. México
- Hernández, S.G. (1983), Método paramétrico para evaluar la aptitud de las tierras; un caso: la caña de azúcar. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias UNAM. México. 180 pp.

- Kemper, W.D.; Chepil, W.S. (1965), Size distribution of aggregates, in Black, C.A. editor. Methods of soil analysis. Madison Wisc., American society of agronomy.
- Lamine, D. (1978), Evaluación del área de influencia del Plan Chiautla, Edo. de Puebla. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados Chapingo México, 243 pp.
- López, G.J. (1980), Uso del suelo en una zona cafetalera del municipio de Coatepec, Edo. de Veracruz. Tesis profesional, Facultad de ciencias, UNAM, México.
- López, R. (1971), Carta geológica del Edo. de México y Distrito Federal. Instituto de Geología. México, D.F.
- Miller, G.E. et al., (1971), Fundamentos de la ciencia del suelo. Ed. Continental. México, D.F.
- Moreno D.R. (1970), Rangos de concentración normal para los elementos comunmente encontrados en suelos y plantas. Inst. Nal. de Investigaciones Agrícolas; México, D.F.
- Ortega, T.E. (1969), Química de Suelos. Ed. C.P., E.N.A. chapingo. México.
- Ortiz, S.A., Cuanelo de la C., H.E. (1981) Introducción a los levantamientos de suelos, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México, 81 pp.
- Ortiz, S.A., Cuanelo de la C., H.E. (1977) Levantamiento fisiografico del área de influencia de Chapingo (para la cartografía de tierras erosionadas). Colegio de Postgraduados, Chapingo, México, 83 pp.

- Ortiz, S.A., Cuamalo de la C., H.E. (1978), Metodología del levantamiento fisiográfico, un sistema de clasificación de la tierra. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Peech, M. (1965) Hydrogen-ion activity, in Methods of soil analysis. Part 2. American Society of Agronomy. Madison, Wisc.
- Richards, L.A. (1956), Sample retainers for measuring retention by soil. Soil Sci. Soc. Am. Proc.
- Reeve R.C. (1965), Air-To Water permeability ratio. In Black, C.A. Methods of soil analysis, Madison Wisc., American society of agronomy.
- Rzedowski, J. (1978), Vegetación de México. Edit. Limusa, México.
- USDA, (1961) Land capability classification. Hand book 210. Soil conservation service. Washington, D.C.
- USDA, (1973), Manual de conservación de suelos. Edit. Limusa-Wiley, S.A. México, D.F.
- U.S. Department of Agriculture, (1962). Field manual research in agricultural hydrology. Agriculture handbook 224.
- Villegas M.; Aguilera, N. y Flores D.L. (1978), Método simplificado de análisis para la clasificación granulométrica de los minerales del suelo. Univ. Nat. Autón. México, Inst. Geología, Revista, Vol. 1, Núm. 2.
- Walkley, Black (1966), Materia oxidable mediante el ácido crómico con ácido sulfúrico y calor de dilución, citado por Jackson, M.L. Química de suelos Ed. Omega. Barcelona, España.

- Whitting, L.D. (1965), X ray diffraction techniques for mineral identification and mineralogical composition, in Black, C.A. editor Methods of soil analysis. Modison Wisc., American society of agronomy.
- Yoder, R.E. (1936), A direct method of agregate analysis of soils Journal Amer. Soc. Agrn 28 : 337

MAPA DE APTITUD DE LA TIERRA



ORDEN	DESCRIPCION	CLASE	LIMITANTE
	SUELOS ARELENTOS	1	T, PENDIENTE
	SUELOS AGRICOLAS CON DIFERENTES LIMITANTES PERO RECUPERABLES	2	TZ RELIEVE R1 TEXTURA R2 PROFUNDIDAD
APTA	SUELOS CON SERIAS LIMITANTES, SOLO PARA CULTIVOS ESPECIFICOS	3	D, PRESENCIA BARRIO PRACTICO
	SUELOS CON MUY SERIAS LIMITANTES, SOLO CON GRAN INVERSION SON RECUPERABLES	4	P, PRODUCTIVIDAD
NO APTA	AREAS NO UTILES AGRICOLAMENTE	5	I, INUNDACION E, ERUCCION

- ⊕ PUNTO DE MUESTREO
- ⊠ PUNTO DE MUESTREO CENITAL
- - - LIMITE DE LA ZONA DE ESTUDIO
- CONTACTO PROVISIONAL

SERGEY N. SANCHEZ PEREZ

0 200 400 600 MTS