

71



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

TRANSECTO EDAFOLOGICO A TRAVES DE UN GRADIENTE ALTITUDINAL, EN EL MUNICIPIO DE OCUITUCO, ESTADO DE MORELOS.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

B I O L O G O

P R E S E N T A :

MARIO GARCIA MARTINEZ



DIRECTOR DE TESIS: DR. JOSE LOPEZ GARCIA

2001



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



LIBERTAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

MAT. MARGARITA ELVIRA CHÁVEZ CANO
Jefa de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:

TRANSECTO EDAFOLÓGICO A TRAVÉS DE UN GRADIENTE ALTITUDINAL, EN EL MUNICIPIO DE OCUITUCO, ESTADO DE MORELOS.

realizado por MARIO GARCIA MARTINEZ.

con número de cuenta 8760655-1, pasante de la carrera de BIOLOGIA.

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis

Propietario DR. JOSE LOPEZ GARCIA.

Propietario DR. DAVID FLORES ROMAN.

Propietario M. en C. JAIME JIMENEZ RAMIREZ.

Suplente M. en C. LILIA DE LOURDES MANZO DELGADO. *Lilia de Lourdes Manzo*

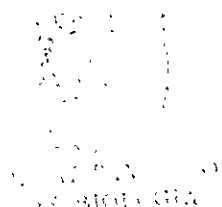
Suplente M. en C. JOSE FERNANDO ACEVES QUESADA. *Jose Fernando Aceves Quesada*

FACULTAD DE CIENCIAS

MEXICO

Consejo Departamental de BIOLOGIA.

Edna Maria Suarez Diaz
DRA. EDNA MARIA SUAREZ DIAZ.



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a mis padres que me hayan dado la libertad de hacerme responsable de mi vida desde la edad temprana

Hermelinda

Francisco

Brígida

A mis hermanos Andrés, Alejandro, Josefina, Juan, Marcelino, Olivia y Teresa, por su apoyo en algunos momentos difíciles de mi vida profesional.

A todos mis profesores desde la primaria hasta la licenciatura por sus conocimientos invaluable que me proporcionaron para entender un poco sobre la complejidad de la vida.

A mi director de tesis, Dr. José López García que me haya apoyado y orientado a lo largo de este trabajo.

A la M. en C. Estela Carmona que fue asesora del área técnica para el trabajo de laboratorio.

Al laboratorio de edafología del Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México.

A los asesores y los que aprobaron mi tesis: Dr. David Flores Román, a los M. en C. Jaime Jiménez Ramírez, José Fernando Aceves Quezada y principalmente a la maestra Lilia Manzo Delgado, por las correcciones que hizo en la redacción de mi trabajo. Y por último la Universidad Nacional Autónoma de México

RESUMEN

El municipio de Ocuituco es muy importante no solo por la actividad agrícola de consumo local sino también para el estado, así como sus recursos forestales, se hace indispensable tener un mayor conocimiento de los suelos de esta región; así como de sus características física y químicas, determinar con base en estas prácticas, un manejo sostenido del recurso. Para la realización del trabajo se utilizaron fotografías aéreas blanco y negro, escala 1:75,000. Y para que fuera representativo la zona de estudio se realizó un transecto desde la parte baja a la más alta del municipio, lo que permitió diferenciar cuatro unidades del paisaje y se efectuaron un total de 4 perfiles de suelos. Se describieron cada uno de los perfiles y se tomaron muestras para analizar sus parámetros física y químicas. Se determinó el régimen de precipitación y temperatura con base a la información climatológica de las estaciones ubicadas en Yecapixtla y Tetela del Volcán. A lo largo del transecto se determinaron diferentes tipos suelos, de los cuales fueron clasificados con base en la Taxonomía de suelos del Keys to Soil Taxonomy (1994). Se encontraron cuatro subgrupos; Typic Haplusterts, Andic Haplustolls, Typic Haplumbrets y Typic Haplustands.

TRANSECTO EDAFOLÓGICO A TRAVÉS DE UN GRADIENTE ALTITUDINAL, EN EL MUNICIPIO DE OCUITUCO, ESTADO DE MORELOS.

INTRODUCCIÓN

El suelo forma una interfase entre la atmósfera y la litosfera. Vivimos del suelo, porque mantiene a las plantas y a los animales que el hombre recolecta para su alimento y para vestir. Además de ser una fuente básica para la producción de alimento, el suelo recoge y purifica el agua, contribuye así, a la regeneración de los mantos freáticos y transforma los desechos; constituye el hábitat de una gran diversidad de microorganismos y contribuye a mantener el balance de los ciclos hidrológico y de nutrientes. Para el futuro, será necesario elaborar un nuevo concepto para su utilización (un concepto que considere el impacto de la utilización del suelo en todos los aspectos de la vida del hombre, incluyendo la calidad del medio ambiente). El hombre tiene que ser responsable para preservar la integridad, la estabilidad y la belleza de una comunidad y la comunidad incluye el suelo, el agua, la fauna y la flora, como también la gente (Millar, 1982).

Un transecto edafológico, es un método de muestreo de suelos que consiste en un rectángulo largo y estrecho, trazado a lo largo de un gradiente altitudinal. Se elige cuando se observa un fuerte gradiente en la acción de algún factor del medio, de modo que la dirección del transecto coincida con dicho gradiente; por ejemplo, perpendicularmente a las orillas de un lago o siguiendo la línea de máxima pendiente en una ladera. Este método es apropiado para obtener muestras representativas de suelos en una región que tenga dichas características (Margalef, 1974)

Los métodos para la determinación de áreas por transecto se basan en el principio de que "la longitud de un cuerpo dado a lo largo de un transecto en línea recta es directamente proporcional al área de aquel cuerpo dentro de los límites de la deliberación transectada" (Johnson, 1977).

Existen dos métodos por transecto, de acuerdo a la topografía de la zona e n estudio o según las diferencias de suelos, es elegido cualquiera de los dos. El primero: se denomina método de "intercepto por línea", es el más rápido cuando el observador puede reconocer a ojo cada clase (o la gradación en suelos), tan pronto como pasa su límite. El segundo; se identifica como método del "intercepto por punto" se utiliza si los límites del suelo no son observables fácilmente, cuando los suelos presentes aún no han sido reconocidos o catalogados y cuando la zona es semiplana o plana (Johnson, 1977).

El levantamiento por transectos, se usa para conocer la clase y extensión de los suelos de una región, como consecuencia de los cambios que se dan altitudinalmente; como el clima, el relieve, la litología, la edad, la evolución, los cambios en el uso del suelo, características y propiedades de los mismos.

El municipio de Ocuituco, aproximadamente la mitad de la tierra es agrícola, se reportan diferentes tipos de cultivos como: el café, capulín, chirimoya, durazno, higo, jitomate, limón, entre otros. Conocer los tipos de suelos es muy importante, no sólo para la agricultura; sino también para mejorar su manejo, evitar la erosión y encontrar otra alternativa de uso que considere todas las comunidades vegetales y animales (incluyendo el hombre)

En este trabajo se utiliza el método de intercepto por línea, por el gradiente altitudinal que presenta el Municipio, como consecuencia de dicho gradiente, tiene una variación climática y otros factores para la formación de suelos; además no se ha realizado un estudio semidetallado como éste. Por las características que presenta en todo el gradiente, se supone que existen diferentes tipos de suelos en un cierto rango de altitud.

Objetivos:

- a) Determinar las características y las propiedades de los suelos del municipio de Ocuituco, a través de un transecto.
- b) Caracterizar y clasificar los suelos, basado en el sistema americano (soil taxonomy, 1994) y su correlación con el sistema FAO-UNESCO, 1994.
- c) Comparar los resultados con la información elaborada por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).

ANTECEDENTES

Para lograr los objetivos se revisaron los trabajos que se han realizado en el estado de Morelos, particularmente de la zona de estudio.

En este trabajo se utilizaron principalmente mapas topográfico, geológico, edafológicos, uso del suelo y vegetación, a escala 1:50,000, editados por el INEGI; 1983. Así como también, se revisó la síntesis geográfica de estado de Morelos (INEGI).

En la carta edafológica de Cuautla, elaborada por el INEGI, reporta para la zona en estudio, dos perfiles de suelos con descripción y análisis detallado y seis puntos complementarios. El primer punto de muestreo con estudio detallado, se localiza en el km 1.7 antes de entrar la carretera que se divide

entre Jumiltepec y Ocuiluco. El segundo punto esta localizado aproximadamente a 1.0 km hacia el Oeste de Jumiltepec. Y los puntos complementarios se localizan principalmente hacia la zona norte de Ocuiluco.

Este trabajo se hizo en el Municipio de Ocuiluco, ya que forma parte del proyecto de investigación para estudiar los suelos de la cuenca del río Cuautla que se realiza en el Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

FACTORES DE FORMACIÓN DEL SUELO

Los factores de la formación del suelo son: material parental, clima, organismos, topografía y el tiempo. Para valorar el significado de estos factores a continuación se desarrolla cada uno de ellos.

Material Parental

Está formado de distintos materiales; desde rocas ígneas, sedimentarias, metamórficas y cenizas volcánicas; su mineralogía de éstos materiales así como de su intemperización depende la composición mineral del suelo. El material parental se define como el estado inicial del sistema de suelo. La precisión de esta definición es indudable, pero en la mayoría de los intentos para tratar de determinar los estados iniciales de los suelos se presentan innumerables dificultades, ya que en muchos casos el material parental ha sido cambiado en forma tan drástica por un largo periodo de pedogénesis que sólo resulta posible especular acerca de su composición completa en su estado original. A veces, en donde la formación de los suelos tiene una

duración corta, es posible determinar con cierta precisión la naturaleza del material original, pero aún en esos casos puede resultar necesario hacer algunas deducciones, en particular acerca de sustancias solubles que con facilidad se pierden o redistribuye en el sistema del suelo (FitzPatrick, 1985). Generalmente, el material relativamente inalterado subyacente es similar al material en que se han desarrollado los horizontes superiores, aunque no siempre es el caso, en especial en sedimentos estratificados y en rocas metamórficas plegadas, en donde un estrato puede tener una composición química y mineralógica y una estructura totalmente diferentes del material inferior, o donde se encuentran depósitos superficiales delgados adyacentes sobre la roca. A pesar de estas dificultades, para evaluar la contribución del material parental del suelo, resulta posible expresar la composición de los materiales parentales sin referirlos a ningún suelo específico o grupo de procesos pedogénicos.

Los materiales parentales están constituidos de material mineral o materia orgánica o bien una mezcla de ambos. Por lo general, la materia orgánica está compuesta en forma predominante por restos vegetales, no consolidados, muertos y en descomposición, mientras que la otra parte contiene un gran número de minerales formadores de rocas y pueden estar en estado consolidado o sin consolidar. El material consolidado incluye rocas como granito, basalto y conglomerado, mientras que el no consolidado comprende una amplia gama de depósitos superficiales, de los cuales los acarreos glaciales y los loess son dos representantes de importancia. Puede ser de interés saber si el material paterno es de roca ígnea o de acarreo

glacial, pero las composiciones químicas y mineralógicas son propiedades más importantes ya que ellas depende en gran parte el curso de la formación del suelo; la composición química y física resultantes del mismo, incluyendo los productos secundarios de intemperización (FitzPatrick, 1985).

CLIMA.

INTEMPERIZACIÓN

Como el clima es el principal factor que determina la tasa y tipo de formación de suelos, así como el principal agente que determina la distribución de la vegetación y tipo de procesos geomorfológicos, forma la base de muchas clasificaciones de fenómenos naturales, incluyendo los suelos. El factor clima es determinante en la intemperización, ya que depende de la precipitación y la temperatura para que ocurra dicho fenómeno (Mejía, 1980).

La intemperización se refiere a la descomposición y la desintegración química y física de las rocas y los minerales contenidos en ellas; considerando las condiciones de temperaturas, presiones, humedad y aireación que prevalecen en la superficie terrestre, son muy diferentes a las del medio en que las rocas se formaron. Las rocas ígneas y metamórficas; por ejemplo, se formaron originalmente a elevadas temperaturas y presiones y en ausencia del aire y de agua. Por lo tanto, su intemperización es el resultado de las bajas temperaturas y presiones, y de la presencia del agua y del aire en la superficie terrestre. Se distingue dos tipos de intemperización, 1) física y 2) química; la primera, producida sólo por

pulverización; en la segunda se producen cambios químicos con la formación de productos nuevos.

El tipo más universal de intemperización física es la producida por los cambios de temperatura. Cuando tales cambios son de magnitud suficiente y súbitos, la expansión y contracción de las capas superficiales de las rocas pueden producir tensiones que, por último, hacen que se rompan en pedazos. Este tipo de intemperización es la más común en climas secos, en los cuales la radiación directa produce grandes cambios de temperatura a la puesta y a la salida del sol. La meteorización de las rocas en los desiertos predomina este tipo de mecanismo (Mejía, 1980).

En climas fríos o templados con precipitación abundante, los cambios de helada y deshielo son de importancia fundamental en la pulverización física de las rocas. Esta acción depende de que existan ranuras e intersticio que, durante en invierno, se llenen de agua (Mejía, 1980).

El descargue: es un proceso originado por la expansión de las masas rocosas, como resultado de una reducción de las presiones internas en las rocas. Esta presión se origina por el levantamiento o por la erosión, y da origen al desarrollo de grietas.

Intemperización química

Oxidación. La oxidación del hierro es un proceso donde se desintegran los minerales que contiene el ión ferroso como parte de su estructura. El cambio del tamaño y la carga de este elemento, al convertirse a la forma férrica (Fe^{++} Fe^{+++}), hacen que la estructura mineral se rompa (por ejemplos, mica de biotita y glauconita); este proceso ocurre en materiales aireados

con un amplio suministro de oxígeno. El hierro ferroso liberado al entrar en contacto con el oxígeno disuelto en el agua (iones OH) se oxida dando lugar a la formación de óxidos ó hidróxidos de Fe, tal como se indica en el siguiente ejemplo:



(fayalita)

(Hidrólisis)

Oxidación-reducción. Es muy común en el horizonte C y otros materiales iniciales del suelo la fluctuación de las condiciones de oxidación a las de reducción en forma cíclica, debido a las variaciones climáticas durante el año.

Hidratación. Se refiere a la asociación de moléculas de agua o grupos hidroxilo con minerales, por lo común sin descomposición ni modificación real del mineral. Se produce principalmente en la superficie y los bordes de los granos minerales; pero en los casos de sales simples pueden invadir toda la estructura. Como por ejemplo la anhidrita para formar yeso (FitzPatrick, 1985).

Disolución. Se refiere a las sales simples, tales como carbonatos y cloruros, que presentan los granos minerales y en algunos materiales iniciales de suelos. Por ejemplo la disolución de carbonato cálcico contenido en los depósitos de loes calcáreos glaciales (Ramos, 1979).

Organismos

La clase de vegetación que se desarrolla en un suelo afecta a la forma de distribución de la materia orgánica. El contenido en materia orgánica del suelo de un bosque es alto en la superficie inmediata y bajo en el subsuelo.

mientras que en un prado es también elevado en la superficie, pero decreciendo gradualmente con la profundidad. La composición química de los residuos orgánicos de las plantas ejerce una gran influencia en el suelo. Por ejemplo, los residuos de ciertas coníferas ocasionan una reacción ácida, mientras que los residuos de ciertas gramíneas y legumbres impiden que el suelo adquiera una reacción fuertemente ácida.

Otros organismos que intervienen en la formación de suelos son algunas algas, musgos, hongos y bacterias, especialmente involucradas en la meteorización de las rocas y en las transformaciones del nitrógeno. Los ácidos segregados por las bacterias y las raíces de los vegetales o provenientes de materias orgánicas en descomposición son los agentes de destrucción más efectivos. Por último se puede mencionar que las plantas al penetrar sus raíces entre las rocas las parten lentamente y así dejan expuestas a que intervengan otros factores para la formación de suelos (Ramos, 1979).

Topografía. Catena

La topografía es muy importante en regiones con relieve pronunciado y accidentado, ya que los suelos varían de un punto a otro. El movimiento lateral del agua producido a lo largo de una pendiente, orienta la edafogénesis de manera diferente en distintos niveles lo que da lugar a un escalonamiento de suelos ligados entre sí. De esta manera, las cimas de las pendientes tienden a empobrecerse en beneficio de las partes inferiores, que son enriquecidas de los elementos provenientes de las zonas más altas: esto se conoce como catena de suelos (Duchafour, 1984); aunque también

se les conocen como una secuencia de suelos de edad y material parental generalmente similares. Los suelos son desarrollados de material parental similar en condiciones climáticas semejantes, pero cuyas características difieren debido a variaciones en relieve, drenaje e historia de la superficie. Tales variaciones se manifiestan en un transporte diferencial de material erodado y en el lavado, translocación y redeposición de constituyentes químicos. Este concepto, también se le ha dado el nombre de toposecuencia ó topolitosecuencia.

Existen mucha variedad de cadenas de suelos, según los procesos desencadenados por la acción de la topografía, a su vez, son función de factores climáticos. Aunque el clima y las características de material parental son importantes, este conjunto de procesos se pueden clasificar de la siguiente manera: a) acción mecánica fuerte, que provoca el arrastre de partículas sólidas (erosión); b) acción mecánica moderada, que transporta selectivamente las partículas finas (lavado lateral u oblicuo de arcillas); c) transporte de elementos en disolución y d) modificación local del régimen hídrico y del potencial de óxido-reducción. Con esto se puede distinguir tres tipos de catena de suelos (Duchafuor, 1984).

Catenas en las que interviene la erosión: La erosión arrastra toda la tierra fina, dejando piedras y gravas, quedando descubierto el horizonte C, ocasiona un rejuvenecimiento general del perfil y si este fenómeno ya no sigue ocurriendo, los horizontes humíferos les da tiempo para formar un perfil AC. En algunos casos se queda descubierto un horizonte B mas duro y resistente, dejando un perfil truncado. Se favorece la erosión no sólo por la

pendiente sino por la naturaleza del material; así materiales no consolidados y finos (limos) son sensibles a este proceso. El clima también tiene su influencia, las precipitaciones bruscas y violentas de algunos climas aumentan la intensidad de la erosión (Duchaufour, 1984).

Transporte de materia en disolución o en suspensión.

El arrastre por drenaje afecta en primer lugar a las arcillas finas, sales y complejo que se desplazan a lo largo de la pendiente desde la cima hasta la base, en cambio las partículas más gruesas permanecen in situ. Toda la parte superior de la pendiente se empobrece y se acidifica en beneficio de la parte baja que se enriquece y aumenta su pH. Como consecuencia de un cambio general de vegetación, se produce una degradación; ésta comienza por la cima de la pendiente, ya que la parte inferior, menos ácida y más rica en arcilla; resiste mejor este proceso.

Por otra parte, los suelos que con más frecuencia se desarrollan sobre materiales volcánicos son los andosoles. La acción de la topografía combinada con el escalonamiento húmedo da lugar a andosoles con edafoclima húmedo y relativamente bien drenados. En planicies, sobre todo en un clima cálido, el aporte constante de sílice y de bases favorece el proceso de vertilización (Duchaufour, 1984).

Secuencias parecidas han sido descritas en zonas montañosas tropicales húmedas, escalonándose los suelos desde andosoles a suelos ferralíticos.

Por otro lado, se ha estudiado la evolución de suelos poco diferenciados sobre rocas volcánicas en climas húmedos sin periodo seco, donde

partiendo de un vertisol que ha sido alterado por una fuerte hidratación origina a un andosol háplico. Un material suelto básico da lugar a un andosol úmbrico, pero si se origina de una roca compacta, se deriva a un andosol con horizonte B. Las condiciones ecológicas pueden ser muy particulares por lo tanto pueden suceder eventos diferentes (Duchafour, 1977; Duchaufuor, 1984).

Tiempo o edad

La edad de un suelo es muy importante sobre todo en regiones tropicales calientes y húmedas, donde la velocidad de meteorización y de formación del suelo es rápida.

El ciclo del desarrollo del suelo incluye los estados de material parental, suelo inmaduro, suelo maduro y suelo viejo o senil. El material parental puede ser transformado a un suelo reciente inmaduro en un periodo de tiempo relativamente corto, si las condiciones son favorables.

Este periodo se caracteriza por la acumulación de materia orgánica en el suelo superficial y por la escasa intemperización, lavado y movimiento de coloides. Solamente los horizontes A y C están presentes y las propiedades del suelo en gran parte han sido heredadas del material original. El estado de madurez se alcanza con el desarrollo del horizonte B. Eventualmente, al transcurrir suficiente tiempo, el suelo maduro puede diferenciarse completamente en sus horizontes A y B. Este es el periodo de suelo viejo o senil. Muchos suelos con "clay-pans" son los característicos de la edad más avanzada, ya que en esta fase la fertilidad y la productividad es baja. La

mayor productividad natural se encuentra en suelos maduros e inmaduros (Hernández, 1979).

Desarrollo del Perfil

En los procesos de la evolución del perfil se desarrollan horizontes definidos. La sucesión completa de horizontes hasta el material original indiferenciado, e incluyendo la parte superior del mismo, constituye el perfil del suelo. Los horizontes de suelos se engloban en el término sólum. Idealmente, el sólum representa el material original modificado por los procesos de formación del suelo o edafogénicos.

Durante los procesos del desarrollo de los perfiles, los que no llegan a alcanzar su desarrollo completo se denominan inmaduros o no desarrollados. Un perfil puede ser inmaduro cuando no ha tenido suficiente tiempo para desarrollarse, como en el caso de suelos formados a partir de depósitos eólicos aluviales recientes. En otros casos, la eliminación del material superficial por erosión puede haberse producido a la misma velocidad que el desarrollo del perfil y mantener un estado de no madurez. Este caso es de las fuertes pendientes en climas de grandes aguaceros. Cuando, en colisión con la capa natural de vegetación, la erosión ha penetrado en un perfil maduro, puede originarse un perfil truncado, caracterizado así por la eliminación de ciertos horizontes (Wooding, 1967).

NOMENCLATURA Y CLASIFICACIÓN

La nomenclatura y clasificación de los suelos abarca dos partes. Una de ellas se refiere a la nomenclatura y clasificación de los horizontes y la otra a

la nomenclatura y clasificación del suelo en conjunto. En la actualidad, no existe un acuerdo internacional acerca de la nomenclatura y clasificación de los suelos. De hecho, se usan en diversas partes del mundo no menos de diez sistemas diferentes. Esta falta de acuerdo puede ser, por el desconocimiento de muchos de los suelos, a veces no están muy claros los objetivos de la clasificación o por la misma complejidad de ellos (FitzPatrick, 1985).

Generalmente, se acepta que el suelo puede clasificarse según el tipo y el número de horizontes presentes en la unidad pedológica. Por eso es muy importante identificarlos. Sin embargo, para ello se presentan innumerables dificultades y es justo mencionar que hasta ahora la identificación de los horizontes ha sido más un arte basado en la experiencia que una ciencia fundada en algún grupo de principios definidos.

Se ha trabajado mucho para intentar a definir los horizontes y ahora al parecer se requieren definiciones muy extensas a fin de alcanzar precisión, como ha sido mostrado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA 1975) y FitzPatrick (1971).

El Sistema Taxonómico Americano es uno de los más avanzados y, por varias razones discutibles, con altas posibilidades de adoptarse en México. Asimismo este sistema es uno de los más enseñados en las distintas instituciones de educación superior en el área agrícola, donde también se hace énfasis en las unidades de suelos de la Leyenda FAO/UNESCO por ser el más usado en el país.

Aunque para cada orden se toman en cuenta diferentes caracteres considerados de importancia, en lo que se refiere a la morfología ésta fue tomado esencialmente de Soil Taxonomy de 1975 y sólo hasta la categoría de Gran Grupo; igual sucede para la definición de los horizontes (Loza, 1983).

La clasificación de los suelos.

En Taxonomía Americana se toman en cuenta las características y propiedades de las capas minerales profundas del perfil, horizonte B y el concepto de epipedón, utilizando diferentes términos para describirlos, por ejemplo argílico (que tienen revestimientos de arcilla y óxido férrico), espódico (rico en alúmina, materia orgánica y estructura concrecionaria con frecuencia en forma de capa dura) y cámbico. Se reconocen 11 ordenes: Alfisoles, Andisoles, Aridisoles, Entisoles, Histosoles, Inceptisoles, Molisoles, Oxisoles, Spodosoles, Ultisoles y Vertisoles (Soil taxonomy 1994).

A continuación se describen algunos de los ordenes; característicos de la zona volcánica en México, basado en el sistema FAO-UNESCO: Andosoles, Cambisoles, Phaeozems y Vertisoles.

Andosoles (FAO), Andisols (USDA)

Son suelos que tienen un horizonte A mólico o úmbrico, posiblemente situado sobre un horizonte B cámbico o bien con un horizonte A ócrico y un B cámbico, no teniendo otros horizontes de diagnóstico (a menos que estén enterrados).

En este orden se agrupan suelos que presentan un horizonte A oscuro, friable, relativamente grueso; poseen un alto contenido de materia orgánica,

una densidad aparente baja, poca adhesividad, una porosidad alta, un alto contenido de aluminio intercambiable y coloides minerales en la fracción arcillosa, se dan bajo condiciones climáticas húmedas y subhúmedas.

Los andosoles son suelos que presentan en la superficie hojaresca suelta, su profundidad varía entre los 50 y 100 cm. Los perfiles pueden tener una secuencia de A-C, A(B)C y A-B-C. El horizonte A tiende a ser de color oscuro debido al elevado contenido de materia orgánica o por la presencia de cenizas volcánicas. Si el suelo es más intemperizado, el color es pardo y los horizontes inferiores de color rojizo claro o amarillento, esto es debido a la relativa rapidez de intemperización de las cenizas volcánicas.

Generalmente la textura es de migajones arenosos y limosos, migajones arcillosos o francos. El perfil del suelo puede alterarse por si haya depósitos volcánicos nuevos, formando perfiles estratificados.

Tienen color oscuro o pardo en climas tropicales, de húmedo a seco los colores tienden a aclararse, el color del subsuelo es marrón o castaño amarillento. Su densidad aparente es baja e inferior a 1.0 en los tipos modales; desciende de 0.5 en los suelos hidromórficos humíferos tropicales. Presentan una porosidad muy elevada (65-85%), y una alta retención de agua que sobrepasa el 100% y puede alcanzar el 200% en los andosoles tropicales hidromorfos. Estos son difíciles de humedecerse cuando están secos, debido a que las sustancias orgánicas adheridas a la superficie de la partícula, son generalmente hidrofóbicas (Birrel, 1964).

La textura es migajosa desde moderadamente gruesa como migajón arenoso, hasta moderadamente fina, como migajón arcilloso limoso. Las

cenizas riolíticas tienden a dar finas o arcillosas, la determinación de la textura es difícil debido a lo complicado en dispensar las arcillas, (García, 1979).

En este tipo de suelos el contenido de materia orgánica por lo general, es alto y comúnmente existen valores de más del 20% en el horizonte superior. Los compuestos húmicos son resistentes a la descomposición microbiana, acumulándose en mayor proporción en climas donde se favorece el crecimiento vegetal y existe una descomposición orgánica lenta (Olea, 1978).

Por su elevado contenido de materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico es alta en el horizonte superior y puede ser de más de 35meq/100g, en el horizonte medio, desciende bruscamente de 10 a 15meq/100g; sin embargo, los datos del intercambio tienen que interpretarse con cuidado debido a que el alófono no se comporta como otras arcillas minerales y los valores determinados pueden variar.

En el horizonte superior la saturación de bases es más baja, aumentando con la profundidad, pero debido al cultivo puede invertir el valor.

En algunos andosoles el dióxido de magnesio es un producto de la intemperización y puede estar presente en cantidades suficientes como para dar una reacción fuerte con el peróxido de hidrógeno (Fitzpatrick, 1984).

El pH varía de moderados a fuertemente ácidos con valores tan bajos como de 4.5 en la superficie, sin embargo hay un incremento constante con la profundidad hasta llegar a un pH de 6.0 o más en cenizas relativamente inalteradas (Fitzpatrick, 1984). El pH depende en forma importante de la

precipitación ya que contribuye a la alta acidez de estos suelos. El pH también es afectado por la mineralogía del suelo (Birrel, 1964), siendo de débil a fuertemente ácido cuando predomina el alofano y neutro cuando abunda la palagonita.

Estos suelos se desarrollan sobre todo en montañas y son característicos de climas húmedos y subhúmedos por lo que generalmente están cubiertos por bosques y praderas. Los Andosoles poco o medianamente saturados son muy favorables por su alta porosidad, aireación y por la facilidad que ofrecen a la penetración de las raíces; sin embargo, el punto de marchitamiento, muy elevado y la lentitud de rehumectación de los coloides minerales una vez que se desecaron, pueden conducir a graves dificultades en la nutrición hídrica de las plantas en periodos de sequía. Su principal efecto químico reside en que la alúmina provoca la precipitación poco reversible de los iones fosfatados, lo que origina con frecuencia una carencia de fósforo.

Uso y Manejo

Se caracterizan por ser muy infértiles bajo cultivo, pero responde bien al mejoramiento y pueden hacerse muy productivos. Por ejemplo en Nueva Zelandia, las mezclas de gramíneas-trébol proporcionan pastoreo adecuado para el ganado si se aplican cantidades suficientes de cal y fertilizantes. El fósforo es de especial importancia debido a que en esos suelos el alofano tiene una capacidad elevada para absorber y fijar dicho elemento. En climas cálidos, resulta ventajoso plantar ciertos cultivos como de camote (*Ipomaea batatas*) que muestran poca respuesta a la adición de fósforo. El arroz se da

bien debido a que los suelos tienen una elevada capacidad para la retención del agua.

Cambisoles (FAO), Inceptisols (USDA)

Los cambisoles presentan inmadurez pedológica que en muchos casos es muy evidente, como sucede en los suelos de cenizas volcánicas recientes, donde apenas se ha desarrollado un horizonte B incipiente y conservan características muy cercanas con el material parental.

Aunque pueden tener muchas clases de horizontes de diagnóstico a excepción de los horizontes nátrico, argílico, espódico entre otros; los cambisoles presentan más comúnmente a epípedones ócrico, úmbrico, horizonte cámbico, fragipan y duripan. Generalmente el horizonte cámbico está presente.

En general, son de textura media, con el contenido máximo de arcilla en el horizonte superior, que disminuye en cantidad con la profundidad o puede permanecer uniforme en la unidad pedológica. El valor de pH en el horizonte superior varía de 5 a 6.5 y aumenta con la profundidad hasta acercarse a la neutralidad en el material subyacente.

Cambisoles dístricos

En general los Cambisoles tienen unidades pedológicas muy uniformes, de color pardo, con un espesor total de 1.5 m. Presenta un horizonte A moderadamente humico granular que pasa en forma gradual a un horizonte B medio, de bloques cambico. Los cambisoles dístricos ocurren principalmente en condiciones templadas oceánicas y continentales, debajo de vegetación decidua y se desarrollan en una amplia gama de materiales

paternos, pero su mejor desarrollo lo alcanzan sobre acarreos básicos o intermedios. También se les encuentra en otras áreas húmedas en donde tienden a representar una etapa temprana de desarrollo del suelo.

En condiciones naturales, por lo general, se encuentra en la superficie una capa suelta de hojaresca que descansa sobre un horizonte Ah granular, humico, de color pardo grisáceo (epipedón úmbrico) cuyo espesor varía de 5 a 20 cm. En secciones delgadas los pedos granulares tienen una matriz isotrópica de arcilla-humus, con material fecal completo o fragmentario de lombrices y a veces contienen fragmento de materia vegetal parcialmente descompuesto. El horizonte superior pasa en forma gradual con la profundidad a un horizonte medio (horizonte cámbico) con estructura de bloques angulares o subangulares y que puede tener más de 30 cm de espesor.

Generalmente son de textura media, con alto contenido de arcilla en el horizonte superior, que disminuye con la profundidad o puede permanecer uniforme. El pH en el horizonte superior varía de 5.0 a 6.5 y aumenta con la profundidad hasta acercarse a la neutralidad en el material subyacente. El contenido de materia orgánica del horizonte superior varía de 3 al 15%, con una razón C/N de 8 a 12 y es indicativo de un alto grado de humificación. La capacidad de intercambio catiónico puede ser de 15 a 30%, disminuyendo con la profundidad conforme disminuye el contenido de arcilla y de materia orgánica. El calcio es, por lo general, el principal catión intercambiable, pero puede predominar el magnesio en donde hay un contenido elevado de ese elemento en los minerales. El porcentaje de saturación de bases es muy

variable, estando determinado por varios factores, especialmente el clima. Por lo común, aumenta en el extremo más seco de la gama de climas para esos suelos. Un contenido elevado de minerales ferromagnésicos también puede conducir a una saturación de bases elevada, la cual se considera alta cuando la saturación de bases del horizonte medio es >50%.

En la superficie la hojarasca es descompuesta con rapidez tanto por los microorganismos como por la mesofauna que también incorpora algo de materia orgánica al suelo y a la cual se debe en gran parte la formación de una estructura grumosa o granular, que es su materia fecal. En el horizonte medio la formación de una estructura de bloques subangulares al parecer se debe en gran parte al humedecimiento y secamiento normales.

La hidrólisis es bastante activa en todo el suelo y la mayor parte del hierro y el aluminio liberados son precipitados bastante cerca de punto de liberación y sólo una pequeña cantidad es removida en el drenaje o redistribuida por lixiviación. Ello explica la distribución bastante uniforme del óxido de hierro libre y las razones uniformes SiO_2 ; Fe^{2+} Al_2O_3 en toda la unidad pedológica.

La cantidad máxima de arcilla indica que esa es la posición de máxima hidrólisis, la cual es ayudada por los productos ácidos de la descomposición de la materia orgánica. La lixiviación de los cationes básicos es uno de los procesos principales. Mientras que la mayor parte de los iones de sodio, potasio y magnesio liberados por la intemperización son perdidos por completo del suelo en el agua de drenaje. En la parte seca del rango de

climas de esos suelos el calcio puede ser precipitado como carbonato de calcio.

Los Cambisoles se forman en condiciones aeróbicas en las cuales generalmente existe un movimiento rápido y libre de agua cuando menos en las partes superior y media del suelo. Aunque se desarrollan en donde la precipitación excede a la evapotranspiración, a veces muestran falta de agua durante el periodo seco del año.

Los materiales paternos usuales son depósitos no consolidados de textura limosa y migajonosa. Entre ellos se incluyen a los loesses, acarrees glaciales, aluviones y depósitos de soliflucción. En la mayoría de los casos la composición de los materiales es intermedia, pero a veces es básica, ultrabásica o calcárea. Es de interés el desarrollo de Cambisoles en materiales paternos ácidos, siempre que haya un contenido elevado de limo que aporta un área superficial grande de la cual se liberan los cationes. Es esencial que la liberación de cationes básicos se efectúe con la misma velocidad que su remoción, pues de otro modo, el suelo se vuelve progresivamente más ácido y se forman un Luvisol o un Podzol.

Estos suelos se desarrollan con más facilidad en clima marítimo de costa occidental o en clima continental húmedo. Las variaciones en el carácter de esos dos climas, en particular del primero, conducen a las variaciones de esos suelos, en especial respecto al grado de lixiviación que es mayor en un clima marítimo con precipitación alta. También ocurren en la mayoría de otros medios húmedos en donde parece que representan una etapa muy evolutiva de corta duración.

La vegetación más común en los Cambisoles es el bosque deciduo. Las especies precisas varían de un lugar a otro con comunidades dominadas por encinos (*Quercus* spp), haya (*Fagus sylvatica*), hickory (*Carya* spp) y avellano (*Corylus avellana*) las más comunes.

Se desarrollan en sitios de topografía plana a fuertemente inclinada, alcanzando su mejor desarrollo en sitios planos estables o de pendientes suave. En áreas con precipitación de moderada a elevada, por lo general, ocurren en las partes bajas de pendientes moderadas a pronunciadas, en donde su presencia es debida al movimiento lateral de humedad que lleva cationes disueltos, los cuales mantienen una concentración de bases muy elevada.

Por lo general, esos suelos ocurren dentro de zonas que fueron glaciadas o sometidas a condiciones periglaciales durante el Pleistoceno y, por tanto, iniciaron su desarrollo unos 10000 años antes del Pleistoceno.

Uso y Manejo

Debido a las grandes diferencias en ambiente de los cambisoles, la interpretación de su uso y manejo es necesariamente diversa; la temperatura y distribución de la precipitación no podrá ser discutidas con respecto a las labores agrícolas con referencia específica a este orden. Sólo, es posible hacer algunas observaciones generales para estos suelos con el objeto de ejemplificar los cultivos que pueden soportar son muy diversos, según el clima y las condiciones lo permitan, destacando entre éstos el algodón, soya, trigo, maíz, alfalfa, caña de azúcar, tabaco, café, arroz, hortalizas, oleaginosas, explotación forestal, pastoreo y frutales de

clima templado. Los rendimientos son muy variables y los problemas más fuertes son el drenaje, la erosión y la fertilización.

Phaeozems (FAO), Mollisols (USDA)

Este orden incluye algunos de los suelos agrícolas más importante del mundo. Casi todos ellos son muy oscuros, ricos en bases, fértiles y relativamente profundos que se han formado bajo vegetación de pastos, excepto los suelos de bosque bien drenados.

Se caracterizan por presentar un epípedon mólico, pero no todos los suelos que tienen epípedon mólico son phaeozems. Pueden o no tener un horizonte argílico, nátrico, álbico, cámbico o cálcico; pero nunca un horizonte óxico o spódico.

La cantidad máxima de arcilla ocurre en el horizonte medio en donde son comunes los valores del 30 al 40% y son de 10 a 20% más elevados que en el horizonte superior. En la superficie los valores del pH pueden ser >7 pero disminuyen a alrededor de 5 a 7 en el horizonte medio, coincidiendo con el máximo de arcilla. Luego sigue un incremento constante en la parte baja del horizonte medio y en el material relativamente inalterado.

La materia orgánica disminuye en forma constante de alrededor de un 5% en el horizonte superior entre 1 y 2% en la parte baja del horizonte medio, el cual puede contener 3% de materia orgánica en su parte superior, lo cual es elevado para un horizonte medio pero es una característica distintiva de muchos miembros de esta clase y es la que produce el color oscuro.

La vegetación es de pasto altos (pradera) y pastos cortos (estepa), sin embargo, algunos se han desarrollado bajo vegetación de bosque El

pastizal natural es, dependiendo de la estación, un paisaje pardo o verde continua con fajas de bosque a lo largo de valles y con árboles dispersados en hondonadas. Los roedores, lombrices de tierra, hormigas y pupas de insectos son muy activos en estos suelos, al construir túneles o canales que posteriormente se llenan de suelo y materiales orgánicos.

Los Phaeozems se desarrollan en condiciones aeróbicas en donde hay a través del suelo movimiento libre del agua. Dado que se desarrollan donde la evapotranspiración excede a la precipitación, muestran falta de la estación de crecimiento, situación que conducen al desarrollo de una comunidad natural de gramíneas.

La estructura granular del horizonte superior y de bloqueo subangulares del horizonte medio imparte a esos suelos una gran porosidad, permitiendo con ello la penetración de las raíces y la humedad, al mismo tiempo que los peds tienen una elevada capacidad para retener agua. En consecuencia, en esos suelos existen excelentes relaciones de humedad, permitiendo que la humedad excesiva se infiltre libremente al mismo tiempo que retienen gran cantidad de la misma en los peds porosos.

Los materiales paternos usuales son depósitos no consolidados, incluyendo acarreo glacial, loess y aluviones. La textura, por lo general, es de limo, migajón arcillo-limoso o migajón arcilloso, de minerales variables, con un rango normal de acidez de ácido a fuertemente calcáreo.

Uso y Manejo

Por ser suelos ligeramente lavados, su saturación de bases es alta. Cuando son desmontados para introducirlos al cultivo, la materia orgánica libera

suficiente nitrógeno y otros nutrientes dando excelente producción aún sin fertilizar. La falta de suficiente humedad es crítica en las regiones más secas donde ocurren estos suelos; y en tierras bajas, inundaciones periódicas pueden ser un peligro. Con fertilización pueden producir más que otros suelos de áreas más húmedas. Para aumentar aún más su producción, en la actualidad, se requiere aplicar cantidades moderadas de fertilizantes completos.

Se usan para ganadería extensiva en pastoreo, o intensiva con pastos cultivados con rendimientos de medios a altos. En agricultura, se tienen rendimientos generalmente altos con cultivos de granos, oleaginosas y hortalizas, sobre todo si están bajo riego.

Vertisoles (FAO), Vertisols (USDA)

Los vertisoles son suelos de textura arcillosa, oscuros, con un contenido de materia orgánica que puede ser hasta de 35%, estructura granular fuerte en los primeros centímetros de profundidad, consistencia en húmedo muy plástica y un perfil AC con 50 cm. o más de profundidad; con frecuencia tienen un horizonte cálcico. El horizonte A, que es regularmente profundo, puede tener algunas características de epipedón mólico.

No presenta evidencias de eluviación, ni iluviación; dominan minerales arcillosos expandibles por lo que en la estación seca se observan grietas. En algunos de los otros ordenes se reconocen integrados hacia Vertisoles, que básicamente son de dos clases. Uno de suelos someros que tienen entre 25 y 50 cm de profundidad; se piensa que son suelos desarrollándose hacia Vertisoles, o bien, son Vertisoles truncados. El otro subgrupo vértico

consiste de suelos profundos pero con muy pocas evidencias de movimiento de suelo como para reunir la definición de Vertisoles.

El desarrollo del perfil es explicado por su estrecha relación con el alto contenido de arcillas y cambios en el contenido de humedad provocados por la alternancia de período lluviosos y secos. Bajo estas condiciones, el principal proceso en la formación de los Vertisoles es el Haploidización por argilo-pedoturbación. También participan activamente otros procesos pero con menor intensidad.

La haploidización es el proceso opuesto al de diferenciación de horizontes que sucede en la mayoría de los suelos pertenecientes a los otros ordenes del sistema Taxonómico. Una vez logrados los requisitos descritos se produce en el perfil la siguiente secuencia de sucesos: durante la estación seca el suelo se agrieta hasta la superficie debido a la contracción de las arcillas. Las grietas pueden ser de varios centímetros de ancho y hasta 1 m ó más de profundidad. Mientras permanecen abiertas las grietas, el suelo superficial cae dentro de ellas por acción de varios mecanismos tales como la actividad de animales y la acción del viento o del agua al inicio de las lluvias.

Después de una estación seca, al llover, el agua entra rápidamente hasta abajo de las grietas y el suelo se humedece de abajo hacia arriba. Las arcillas se hidratan y se expanden al recibir la humedad. Al expandirse las arcillas las grietas se cierran, pero debido al material extra que ha caído a la parte inferior del perfil se requiere de un mayor volumen, y el material expandido ejerce presión en todas direcciones causando el movimiento del

suelo hacia arriba y horizontalmente provocando, primero que parte del material del subsuelo sea empujado a la superficie para formar un microrelieve con elevaciones y depresiones alternadas, conocido como gilgai y, segundo, que obliga a los agregados a deslizarse unos contra otros para desarrollar un pulido y acanalamiento en la superficie de las caras de deslizamiento, facetas de presión o slickensides; esto ocurre principalmente a una profundidad de 50 a 80 cm. y presentan una inclinación de 20° a 60° del plano horizontal, o bien, están interceptados. Otro fenómeno relativo a este proceso es la presencia de agregados estructurales con forma de cuña o de paralelepípedo que también están inclinados. De esta manera, al tener lugar este proceso, está sucediendo la inversión o mezclado del suelo.

Uso y Manejo

Los vertisoles tienen amplio uso agrícola, dependiendo del clima, sobre todo para cultivos que requieren de altos contenidos de humedad en el suelo. Por lo común son suelos muy fértiles, con alto contenido de potasio intercambiable, pero responde a la aplicación de Nitrógeno y Fósforo; si tienen pH alcalino puede presentarse deficiencia de algunos elementos menores, esencialmente el Hierro.

Con suficiente disponibilidad de agua es posible la agricultura mecanizada. Los principales problemas de manejo son su baja permeabilidad que ocasiona con frecuencia que haya inundaciones y mal drenaje; la acumulación de sales puede ser evidente en los vertisoles menos húmedos. Su labranza se dificulta por ser pegajosos en húmedos y muy duros cuando secos. La adaptación para las labores agrícolas depende de las

características del suelo y el clima, así como la posibilidad de riego y drenaje. Son poco susceptibles a la erosión.

Se obtienen rendimientos buenos a altos en la producción de caña de azúcar, arroz, sorgo, trigo, soya, algodón, maíz, forrajes y otros granos; también en hortalizas de riego y temporal. Si existe limitación de agua pueden usarse para pastoreo. Muy raras vez puede haber explotación forestal (Loza, 1983; FitzPatrick, 1985).

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Localización

El estado de Morelos se localiza en la parte sur y central de la República Mexicana, entre los paralelos 18° 22' y 19° 07' de latitud norte y entre los meridianos 98° 37' y 99° 30' de longitud oeste.

El municipio de Ocuilco se ubica geográficamente entre los paralelos 18° 52' de latitud norte y los 98° 46' longitud oeste, con un rango de altitud de 1650 a 2550. Tiene una superficie de 80. 710 km², cifra que representa el 1.63 % del total del estado. Limita al norte con el estado de México; al sur y sureste con los municipios de Zacualpan; al este con Tetela del Volcán; y al oeste y sur con Yecapixtla. Políticamente está dividido en 15 localidades, siendo las más importantes ; la cabecera municipal (Ocuilco), Huepalpalco, Metepec, Jumiltepec y Ocoaxtepec (fig.3)

FISIOGRAFÍA

Los límites de estado de Morelos encierran áreas que corresponden dos provincias fisiográficas del país: la provincia del Eje Neovolcánico y la provincia de la Sierra Madre del Sur.

Provincia del Eje Neovolcánico se caracteriza por ser una gran masa de rocas volcánicas de varios tipos, depositados en diversos episodios volcánicos que se originaron a mediados del terciario. Esta integrada por grandes sierras volcánicas, conos dispersos y amplios estrato-volcanes y depósitos de arenas y cenizas distribuidos en extensas planicies.

El eje Neovolcánico tiene dos subprovincias: la de Lagos y Volcanes de Anáhuac y la del Sur de Puebla.

Subprovincia de los Lagos y Volcanes de Anáhuac

Abarca todo el norte y este del estado, y cubre los municipios de Huitzilac, Tlanepantla, Totolapan, Cuautla, Yecapixtla, Ocuituco, Tetela del Volcán , entre otros.

Esta subprovincia, la constituye propiamente la Gran Sierra Volcánica del Ajusco (Axochco), que va del límite sur de la sierra de las Cruces (Estado de México, D.F.) hasta aproximarse al Popocatepetl.

GEOLOGÍA

En el estado de Morelos existen solamente rocas ígneas recientes y sedimentarias del cretácico inferior, litológicamente clasificadas como calizas, areniscas, lutitas y conglomerados.

Las rocas volcánicas son las más jóvenes y las más abundantes en el estado. Las estructuras geológicas más notables son las constituidas por los aparatos volcánicos y derrames de lava.

En el municipio de Ocuituco, predominan rocas ígneas extrusivas como el basalto, brecha volcánica, que datan del periodo cuaternario.

En el área de estudio predominan depósitos de material piroclásticos, derrames de lavas basáltica y riódacítica derivado del volcán popocatepetl; así como lahares o derrames de lodo.

HIDROLOGÍA

El estado de Morelos queda entre la región hidrológica de Río Balsas, con una superficie de 4,958.22 km². Sus ríos más importantes son el río Grande de Amacuzac, Tetecala o Chalma, Tembembe, Tetlama, Xochitepec, Cuautla, Jantetelco y el Nexapa.

Las lagunas principales son: Tequesquitengo, Coatetelco y el Rodeo. El estado cuenta además con numerosos manantiales de aguas termales, como Agua Hedionda en Cuautla y la Fundación en Tehuixtla (S.P.P., 1981).

El municipio de Ocuituco presenta la vertiente meridional del Popocatepetl, los escurrimientos que provienen de éste van formando el río Amatzinac, que tiene un curso de 35 kilómetros aproximadamente, más al sur se llama Río Tenango. También cuenta con mantos acuíferos y manantiales no explotados, además de una serie de arroyos de caudal solamente en época de lluvias, localizados al sureste del municipio (Secretaría de Gobernación, 1988).

CLIMATOLOGÍA

La caracterización climática se realizó por medio del sistema de clasificación de Köppen, modificado por García (1988).

El clima dominante en el estado de Morelos es el cálido localizado sobre todo en las zonas bajas de los ríos Amacuzac y Nexapa.

Presenta clima semicálido en la zona de este a oeste que se localiza en la región norte, la zona de transición está entre la sierra y los valles.

El mesotérmico o templado se presenta en la zona norte, localizado en las partes altas de los valles de Cuernavaca y de Cuautla principalmente.

Los climas fríos se distribuyen a pequeñas áreas en el extremo norte, que se concentran las partes más altas de la sierra, como la Cordillera Neovolcánica y la Sierra Nevada o Transversal.

El municipio de Ocuituco presenta dos principales tipos de climas; en la zona alta es templado subhúmedo con temperatura media anual de 15 a 18 °C y precipitación total anual 1030 mm a 1150 mm. El otro tipo es semicálido subhúmedo con temperatura media anual de 18 a 21 °C y precipitación total anual de 950 a 1030 mm. Su período de lluvias es entre los meses de junio y octubre.

Los dos principales factores climáticos (temperatura y precipitación) media anual de la zona, calculado a partir de la fórmula de gradiente térmico a través del gradiente altitudinal que va de 15 a 18 °C a los 2,000 a 2,400 m y de 18 a 21 °C a los 1,650 a 2,000 m. La precipitación va de 1,030 a 1,150mm a los 2,100 a 2,000 m y 950 a 1,030 mm a los 1,600 a 2,100 m (tabla I).

Tabla I. Factores climatológicos del municipio de Ocuituco.

| Latitud | Altitud (msnm) | Temperatura (°C) | Precipitación total anual (mm) |
|-----------------|----------------|------------------|--------------------------------|
| 18° 54'-18° 56' | 2000-2400 | 15-18 | 1030-1150 |
| 18° 49'-18° 54' | 1650-2000 | 18-21 | 950-1030 |

No existe reporte de datos climáticos sobre el municipio estudiado, por lo se tomaron de los municipios más cercanos que son :Yecapixtla y Tetela del Volcán. En las tablas II y III se observan la variación promedio anual de la temperatura y precipitación reportados.

Tabla II. Datos climatológicos de la estación Yecapixtla.

| Temperatura (°C) Latitud 18° 53' Longitud 98° 51' Altitud 1700 m | | | | | | | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|----------------|
| E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Prom. anual |
| 17.7 | 18.5 | 20.8 | 22.6 | 22.8 | 21.6 | 20.1 | 19.9 | 19.7 | 19.9 | 19.1 | 18.0 | 20.0 |
| Precipitación (mm) | | | | | | | | | | | | |
| E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | |
| 12.8 | 2.5 | 7.4 | 18 | 86.5 | 222 | 190. | 224.8 | 199.3 | 75.8 | 15.8 | 5.9 | 1061.4 |
| | | | 1 | | 5 | 0 | | | | | | |

Fuente Garcia. 1988 Modificaciones de la clasificación climática de Köppen.

Tabla III. Datos climatológicos de la estación Tetela del Volcán.

| Temperatura (°C) Latitud 18° 54' Longitud 98° 45' Altitud 2200 m | | | | | | | | | | | | |
|--|------|------|------|------|-------|-------|------|-------|-------|------|------|---------------|
| E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Prom anual |
| 15.9 | 16.3 | 18.0 | 19.4 | 19.8 | 17.7 | 17.1 | 17.3 | 17.1 | 16. | 16.3 | 15.6 | 17.2 |
| 8 | | | | | | | | | | | | |
| Precipitación (mm) | | | | | | | | | | | | |
| E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | |
| 18.1 | 1.3 | 9.3 | 70.5 | 185. | 349.7 | 368.5 | 367 | 322.3 | 149.8 | 40.2 | 2.6 | 1885.2 |
| 3 | | | | | 6 | | | | | | | |

Fuente García, 1988. Modificaciones de la clasificación climática de Köppen

En las figuras 1 y 2, se observan el comportamiento de temperatura y precipitación promedio anual que se registraron durante 15 años. Donde se puede ver que durante los meses de junio y septiembre se registra mayor precipitación pluvial y que la temperatura no existe mucha variación durante todo el año.

Fig. 1. VARIACIÓN MENSUAL DE TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA DE YECAPIXTLA, MORELOS.

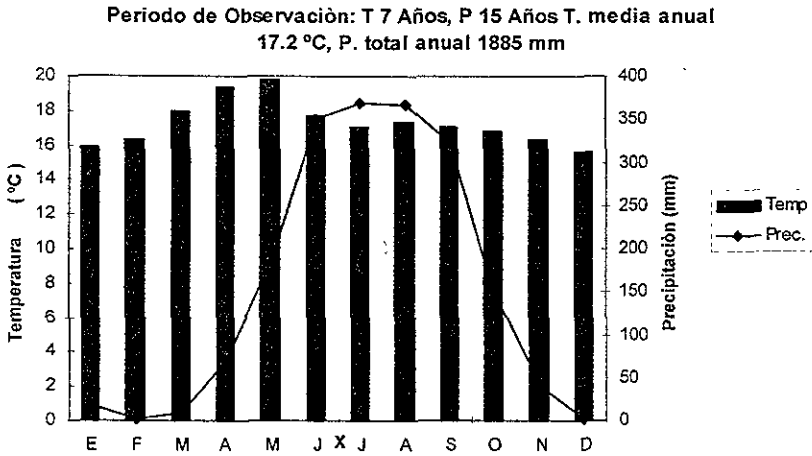
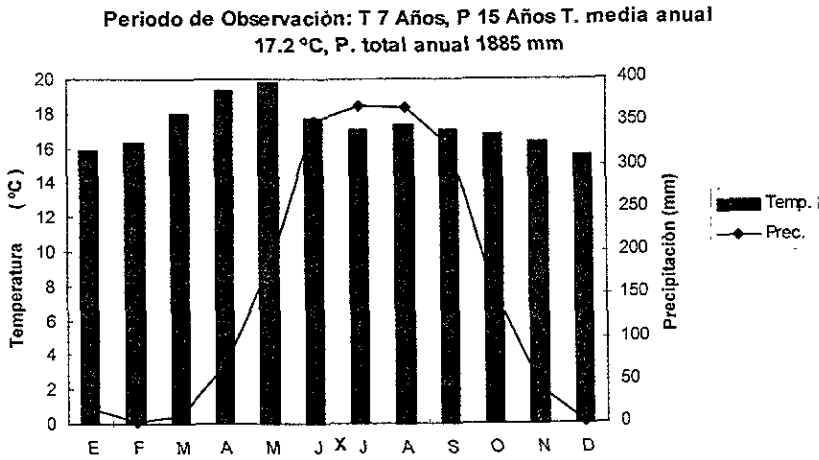


Fig. 2. VARIACIÓN MENSUAL DE TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA DE TETELA DEL VOLCÁN, MORELOS.



EDAFOLOGÍA

En el estado de Morelos existen una gran variedad de suelos, siendo los más abundantes los Phaeozem, Regosoles, Luvisoles, Andosoles, Rendzina y Vertisoles (S.P.P, 1981).

Los suelos que existen en el municipio de Ocuituco se ubican dentro de los climas templado subhúmedo y semicálido subhúmedo, presentan un origen predominantemente residual y volcánico. En la zona de estudio están reportados cinco unidades de suelos como el Andosol, Cambisol, Litosol, Regosol y Vertisol. Los Andosol y Vertisol son los que predominan (S.S P, 1983).

Andosoles: mólico, húmico, ócrico y vítrico, suelos encontrados en zona de actividad volcánica reciente, tienen características de presentar una capa superficial de color negro o muy oscuro (aunque a veces es clara) y esponjosos o sueltos; cada subunidad tiene características específicas: el mólico es rico en nutrientes y materia orgánica, el húmico es también rico en materia orgánica pero es muy ácido y pobre en nutrientes, el ócrico tiene en la superficie una capa de color claro y pobre en materia orgánica; el vítrico presenta textura arenosa y alto contenido de vidrio volcánico del tipo obsidiana.

Entre los regosoles, el eútrico es en general un suelo claro que no presenta capas distintas, generalmente es somero y pedregoso; el dítrico es infértil y ácido; el calcárico es el más fértil y rico en cal.

VEGETACIÓN

La vegetación no es muy diversa ya que la mayor parte del área está ocupada en la actualidad por agricultura. Entre la vegetación que predomina, está el bosque de encino que se encuentra a 2,387 msnm. de altitud promedio. Presenta una fase de crecimiento fustal, con diámetro menor de 35 cm, y tiene como elementos dominantes, en el estrato arbóreo: encino (*Quercus sp*), y madroño (*Arbutus xalapensis*); y en el estrato arbustivo ocotillo o jara (*Dodonaea viscosa*). Los bosques de pino, encino-pino y pino-encino, también existen aunque con menos abundancia que el anterior.

El pastizal inducido también es abundante en la zona, tiene una altitud promedio de 1,750 m., su explotación es extensiva, y sirve de alimento al

ganado vacuno. Las especies dominantes son: *Muhlenbergia*, *Aristida* y *Seteria* (S.P.P, 1981).

AGRICULTURA

Dentro de la subprovincia Lagos y Volcanes, ocupa un lugar importante dentro del estado de Morelos, ya que, del total de su superficie (2204.132km²), 493.782 km², están ocupados por agricultura de riego, y 905.725 km² por agricultura de temporal, equivalente al 63.40% de superficie total de la subprovincia.

La agricultura de riego se localiza en los sistemas de lomeríos suaves, pequeño y grande llanos aislados. El agua para riego es suministrada por pozos y arroyos, el riego es principalmente por gravedad y en pequeñas zonas por aspersión, la labranza es por lo general mecanizada y los fertilizantes y pesticidas son pocos usados. Los principales cultivos son: caña de azúcar, maíz, frijol, tomate, lechuga y arroz. La agricultura de temporal, localizada en todos los sistemas de la subprovincia excepto en el lomerío de caliza y en la sierra volcánica compleja, bajo clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano, da en la mayoría de los años buenos rendimientos en las cosechas. La fertilidad y profundidad de los suelos varían, en algunas zonas se reportan más bajos rendimientos que en otras. La labranza en general es por tracción animal y en algunas zonas mecanizadas. La labranza manual es casi exclusivamente auxiliar. Los fertilizantes son poco usados y los pesticidas no se emplean.

Los cultivos son anuales, semiperennes y perennes que consiste principalmente de: avena (4000-5000 kg/ha), maíz (1000-2000 kg/ha),

además de maguey, haba, chícharo, papa, frijol, pera, manzana y ciruelo. La producción se destina al comercio nacional, regional y al autoconsumo.

En el municipio de Ocuituco está reportado diferentes tipos de vegetación como son: bosque de encino que se distribuye de manera homogénea en la zona alta; bosque de encino-pino mezclado con matorral inerme, se encuentra tanto la parte baja como la parte alta; selva baja caducifolia mezclado con matorral espinoso, pastizal inducido mezclado con matorral inerme y agricultura temporal, que prácticamente se encuentran dispersos en todo el municipio (S.S.P, 1981).

Según los datos oficiales de la Secretaría de Agricultura reportados sobre la producción agrícola en los años 1994, 1995 y 1996 (Tablas IV, V y VI).

| Cultivos | Superficie (ha) | | | Prod (Ton) | Rend. (Ton/ha) | P.M.R. (\$/Ton) | Val. Prod (\$) |
|-------------|-----------------|-----------|-------------|------------|----------------|-----------------|----------------|
| | Sembrada | Cosechada | siniestrada | | | | |
| Maiz | 2610 | 2490 | 120 | 2241 | 0.9 | 650.0 | 1456650 |
| Frijol | 499 | 494 | 5 | 296 | 0.6 | 4000.0 | 1184000 |
| Jitomate | 80 | 80 | 0 | 688 | 8.6 | 6000.0 | 4128000 |
| Tomate | 44 | 44 | 0 | 119 | 2.7 | 3000.0 | 357000 |
| Aguacate | 1180 | 1180 | 0 | 9440 | 8.0 | 1158.3 | 10934000 |
| Durazno | 274 | 274 | 0 | 1507 | 5.5 | 2900.0 | 4370300 |
| Higo | 389 | 389 | 0 | 1751 | 4.5 | 5500.0 | 9627750 |
| Sorgo grano | 236 | 106 | 30 | 106 | 1.0 | 430.0 | 45580 |
| Total | 5312 | 5057 | 155 | 16148 | 31.88 | 23,638.3 | 32,103,280 |

Tabla IV. Cultivos y uso de suelo agrícola en el municipio de Ocuituco para 1994.

| Cultivos | Superficie (ha) | | | Prod (Ton) | Rend. (Ton/ha) | P.M.R. (\$/Ton) | Val Prod (\$) |
|-------------|-----------------|-----------|------------|------------|----------------|-----------------|---------------|
| | Sembrada | Cosechada | sinistrada | | | | |
| Maiz | 2815 | 2815 | 0 | 4785 | 1.7 | 920 1 | 4402660 |
| Frijol | 415 | 415 | 0 | 255 | 0 6 | 4046 | 1031737 |
| Chilacayote | 15 | 15 | 0 | 180 | 12 | 800 | 144000 |
| Jitomate | 70 | 70 | 0 | 532 | 7.6 | 2000 | 1064000 |
| Tomate | 40 | 40 | 0 | 225 | 15 | 1400 | 315000 |
| Aguacate | 1180 | 1180 | 0 | 9876 | 8.2 | 2000 | 19352000 |
| Higo | 389 | 389 | 0 | 1362 | 3.5 | 5700 | 7763400 |
| Durazno | 274 | 274 | 0 | 1370 | 5 | 3000 | 4110000 |
| Pera | 19 | 19 | 0 | 76 | 4 | 2650 | 201400 |
| Sorgo grano | 60 | 60 | 0 | 240 | 4 | 900 | 216000 |
| Total | 5277 | 5277 | 0 | 18701 | 61.6 | 23416.1 | 38,600,197 |

Tabla V. Superficie agrícola, rendimiento y valor de la producción para 1995.

| Cultivos | Superficie (ha) | | | Prod. (Ton) | Rend. Ton/ha | P.M R (\$/Ton) | Val. Prod (\$) |
|----------------|-----------------|-----------|-------------|-------------|--------------|----------------|----------------|
| | Sembrada | Cosechada | Siniestrada | | | | |
| Maíz | 3,606 | 3,606 | 0 | 7,573 | 2.1 | 1,699 9 | 12,873,420 |
| Frijol | 361 | 361 | 0 | 253 | 0 7 | 8,989.3 | 2,274,300 |
| Chilacayote | 20 | 20 | 0 | 160 | 8.0 | 350.0 | 56,000 |
| Jitomate | 137 | 137 | 0 | 2,192 | 16.0 | 1,600.0 | 3,507,200 |
| Tomate cascada | 55 | 55 | 0 | 550 | 10 0 | 1,400.0 | 770,000 |
| Aguacate | 1,180 | 1,180 | 0 | 9,440 | 8.0 | 2,700.0 | 25,488,000 |
| Higo | 389 | 389 | 0 | 1,478 | 3.8 | 6,500 9 | 9,608,300 |
| Durazno | 274 | 274 | 0 | 1,781 | 6 5 | 3,200 0 | 5,521,100 |
| Pera | 19 | 19 | 0 | 133 | 7 0 | 2,700.0 | 359,100 |
| Sorgo grano | 133 | 133 | 0 | 665 | 5 0 | 950.0 | 631,750 |
| Total | 6,174 | 6,174 | 0 | 24,225 | 67.1 | 30,090 | 61,089,170 |

Tabla VI. Superficie sembrada, rendimiento y valor de la productividad en 1996.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo del estudio, se elaboró un mapa base a partir del plano topográfico de la Secretaría de Programación y Presupuesto a escala 1:50,000 de 1987 y apoyado con la carta de Ordenamiento territorial del Municipio de Ocuituco, Morelos. Después se determinó teóricamente las fotografías aéreas que cubrieran todo el municipio, que en total fueron seis fotografías. Además se determinó las condiciones climatológicas altitudinal de la zona basado en la fórmula de gradiente térmico. Y por otro lado, se reunió material cartográfico de apoyo como la carta geológica, edafológica, agrícola y forestal.

Las fotografías aéreas verticales blanco y negro a escala 1: 75,000 del INEGI (1985); se analizaron y se interpretaron con la ayuda de un estereoscopio para determinar los tipos de drenaje, la geomorfología, la vegetación y la actividad agrícola. Basado con las condiciones climáticas, análisis de las fotografías aéreas y apoyado con el material cartográfico se trazó un transecto dentro del municipio, entre las coordenadas de 18° 51' y 18° 56' de latitud suroeste- norte y entre los meridianos de 98° 48' y 98° 46' de longitud, con un rango altitudinal de 1740 a 2300 m. sobre el mapa base, posteriormente se ubicaron los puntos más representativos para la toma de muestras (fig.3).

En el campo fueron efectuados recorridos para reconocer la zona de trabajo y se ubicaron los sitios de muestreos que fue apoyado con el estereoscopio de bolsillo. Se hicieron los perfiles con la ayuda de un pico y una pala recta; se determinaron la distinción y número de horizontes por la coloración y por

la resistencia en la penetración de un cuchillo. A continuación se describieron los horizontes, se midieron el grosor con una cinta métrica, se hicieron algunas pruebas física y químicas; y por último, se colectaron las muestras en una bolsa de plástico de aproximadamente de 20 en 20 cm. para su análisis en el laboratorio, que en total fueron 19 muestras en cuatro perfiles.

Perfil 1. Se localiza a 1.5 km al suroeste de Ocuituco, a la 18° 51' latitud suroeste y 98° 52' de longitud sur. Tiene una altitud de 1,740 msnm., con un relieve ligeramente inclinado.

Perfil 2. Es localizado a 2.0 km al oeste de la cabecera municipal, a los 18° 52' de latitud oeste y 98° 52' de longitud sur. Posee una altitud de 1,820 msnm. y tiene una pendiente de 12.8 %.

Perfil 3. Se localiza a 1.5 km al sur del poblado de Jumiltepec, a la 18° 53' latitud suroeste y 98° 54' de longitud sur. Presenta una altitud de 1,920 msnm. con una ladera montañosa inclinada.

Perfil 4. Es localizado a 1.0 km al noreste de Jumiltepec, a los 18° 56' de longitud noreste y 98° 54' de longitud sureste. Tiene una altitud de 2300 m y con un relieve muy inclinado.

Posteriormente las muestras de suelo se trasladaron en el laboratorio, se secaron al aire libre, tomando las debidas precauciones para evitar la contaminación de las mismas, una vez seca se tamizaron para lo cual se empleó el tamiz de 2 mm. de malla, para evitar el paso de objetos de mayor diámetro Después se guardaron las muestras en bolsas de polietileno, para

después determinar sus propiedades física y químicas, mediante el uso de diversos métodos o técnicas cualitativas y cuantitativas.

ANÁLISIS FÍSICOS

1.- Color: en seco y húmedo, por comparación usando las tablas Munsell (1954).

2.- Densidad aparente: es determinado mediante peso seco de 100 ml de muestra.

3.- Densidad real: por método del picnómetro.

4.- Textura: por el método de Bouyoucos (1962). La muestra es pretratada con peróxido de hidrógeno para eliminar la materia orgánica.

ANÁLISIS QUÍMICOS

1.- pH: es determinado en un potenciómetro Beckman Zero matic en la suspensión de una mezcla suelo: solución agua destilada suelo 1:5 y solución suelo cloruro de calcio 1M 1:5.

2.- Materia orgánica: el procedimiento utilizado es el de Walkey-Black. Se basa en una combustión húmeda de la materia orgánica con una mezcla de dicromato de potasio/ácido sulfúrico y una titulación del dicromato de potasio con sulfato ferroso

3.- Calcio y Magnesio: extracción con solución de Trietanolamina y cloruro de bario (solución extractora) a una concentración de 0.01 M; la muestra es

agitada y sometida a una centrifuga, para obtener extracto de calcio y magnesio, después se mide la concentración de los cationes en el aparato de absorción atómica.

4.-Sodio y Potasio: extracción con solución extractora, al final se mide la concentración de los cationes con el flamómetro.

5.-Cationes Intercambiables; después de obtener extracto de Na, Mg, K y Ca; la muestra es lavada con agua destilada para eliminar la solución extractora, ya que finalmente se aplica cloruro de magnesio y se centrifuga para obtener cationes intercambiables. Los extractos obtenidos en este procedimiento son titulados con EDTA a 0.01M.

6.-Capacidad de intercambio total: es determinado mediante la suma de los cationes intercambiables.

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN

En las tablas VII - XIV; se observan los resultados obtenidos durante el análisis físico y químico de las muestras.

Tabla VII. Principales propiedades físicas del perfil 1.

| Horizonte | Prof. cm. | Color | | D.A g/cc | D.R g/cc | Porosidad % | Textura | | |
|-----------|-----------|-----------------------------|--------------------------|----------|----------|-------------|---------|--------|-----------|
| | | Seco | Húmedo | | | | Arena % | Limo % | Arcilla % |
| A11 | 0-31 | 10YR 4/1 Gris oscuro | 10YR 2/1 Negro | 1.22 | 2.45 | 50.20 | 45.2 | 20.0 | 34.8 |
| A12 | 31-53 | 10YR 3/1 Gris muy oscuro | 7.5YR 2/0 Negro | 1.21 | 2.40 | 49.58 | 31.2 | 16.0 | 52.8 |
| A13 | 53-78 | 10YR 4/1 Gris oscuro | 10YR 3/1 Gris muy oscuro | 1.20 | 2.45 | 51.02 | 32.8 | 14.0 | 53.2 |
| C11 | 78-96 | 10YR 4/2 Pardo griseoso osc | 10YR 3/2 Pardo griseoso | 1.12 | 2.37 | 52.74 | 46.55 | 14.55 | 38.90 |
| C12 | 96-120 | 10YR 5/3 Pardo | 10YR 4/3 Pardo oscuro | 1.09 | 2.49 | 56.22 | 53.82 | 14.55 | 31.63 |

Tabla VIII. Principales propiedades químicas del perfil 1.

| pH | | | | | | | | | |
|------------------|-------------------|------|------|------|------|----------|------|---------|---------|
| H ₂ O | CaCl ₂ | M.O. | C. | Na | K | Ca | Mg | C.I.C.T | Satu. |
| 1:5 | 1:5 | % | % | | | Meq/100g | | | Bases % |
| 6.99 | 5.76 | 1.84 | 1.06 | 0.86 | 0.20 | 0.37 | 1.72 | 6.25 | 50.4 |
| 7.57 | 6.59 | 1.25 | 0.72 | 2.93 | 0.26 | 1.10 | 0.44 | 6.70 | 70.6 |
| 8.04 | 6.79 | 0.88 | 0.51 | 3.24 | 0.18 | 1.0 | 0.37 | 10.39 | 46.1 |
| 8.45 | 6.62 | 0.50 | 0.29 | 3.25 | 0.22 | 0.90 | 55 | 13.07 | 37.64 |
| 8.45 | 6.93 | 0.20 | 0.11 | 3.70 | 0.16 | 0.59 | 1.35 | 10.64 | 54.51 |

Tabla IX. Principales propiedades físicas del perfil 2.

| Horizonte | Prof. cm. | Color | | | | Textura | | | |
|-----------|-----------|----------------------------------|------------------------------------|-----------|-----------|-------------|---------|--------|-----------|
| | | Seco | Húmedo | D.A. g/cc | D.R. g/cc | Porosidad % | Arena % | Limo % | Arcilla % |
| A | 0-30/33 | 10YR 4/4 amarillento osc | Pardo 10YR 2/2 Pardo muy osc | 1.03 | 2.85 | 63.85 | 52.4 | 22.4 | 25.2 |
| B | 30/33-64 | 10YR 6/4 amarillento claro | Pardo 10YR 3/3 Pardo oscuro | 1.0 | 2.62 | 61.83 | 31.2 | 22.0 | 46.8 |
| BC | 64-93 | 10YR 6/6 Amarillo pardusco | 10YR 3/3 Pardo oscuro | 0.96 | 2.84 | 66.19 | 39.2 | 26.0 | 34.8 |
| C | 93-120 | 10YR 6/6 Amarillo | 10YR 4/3 Pardo | 0.99 | 2.62 | 62.21 | 43.2 | 22.0 | 34.8 |

Tabla X.. Principales propiedades químicas del perfil 2.

| pH | | | | | | | | | | |
|------------------|-------------------|------|------|------|------|----------|------|---------|------|---------|
| H ₂ O | CaCl ₂ | M.O. | C. | Na | K | Ca | Mg | C.I.C.T | Satu | |
| 1:5 | 1:5 | % | % | | | Meq/100g | | | | Bases % |
| 6.40 | 5.26 | 2.62 | 1.52 | 0.20 | 0.35 | 1.42 | 0.28 | 7.23 | | 31.12 |
| 6.79 | 5.91 | 1.05 | 0.61 | 0.69 | 0.70 | 0.37 | 0.67 | 10.65 | | 22.81 |
| 6.93 | 6.04 | 0.43 | 0.25 | 1.07 | 0.98 | 1.73 | 1.64 | 7.20 | | 75.28 |
| 6.93 | 5.90 | 0.27 | 0.15 | 1.21 | 1.19 | 0.48 | 0.90 | 4.91 | | 97.35 |

Tabla XI. Principales propiedades físicas del perfil 3.

| Horizonte | Prof. cm. | Color | | | | Textura | | | |
|-----------|-----------|-------------------------------|--|-----------|-----------|-------------|---------|--------|-----------|
| | | Seco | Húmedo | D.A. g/cc | D.R. g/cc | Porosidad % | Arena % | Limo % | Arcilla % |
| A | 0-13 | 10YR 4/3 Pardo | 10YR 2/1 Negro | 0.98 | 2.72 | 63.97 | 53.2 | 24 | 22.8 |
| BW | 13-33 | 10YR 5/4 Pardo amarillento | 10YR 3/4 Pardo amarillento osc. | 0.94 | 2.44 | 61.47 | 47.2 | 26 | 26.8 |
| BC | 33-62 | 10YR 5/6 Pardo amarillento | 10YR 3/3 Pardo oscuro | 1.02 | 2.71 | 62.36 | 57.2 | 24 | 18.8 |
| C1 | 62-82 | 10YR 6/6 Amarillo oscuro | 10YR 3/6 Pardo amarillento osc. | 0.91 | 2.45 | 62.85 | 39.2 | 38 | 22.8 |
| C2 | 82-125 | 10YR Amarillo pardusco | 6/6 10YR 3/6 Pardo amarillento osc. | 0.95 | 2.25 | 57.77 | 47.2 | 30 | 22.8 |

Tabla XII. Principales propiedades químicas del perfil 3.

| PH | | | | | | | | | |
|------------------|-------------------|------|------|------|------|----------|------|---------|---------|
| H ₂ O | CaCl ₂ | M.O | C | Na | K | Ca | Mg | C.I.C.T | Satu. |
| 1:5 | 1:5 | % | % | | | Meq/100g | | | Bases % |
| 6.68 | 5.75 | 4.26 | 2.47 | 0.22 | 1.42 | 0.59 | 0.18 | 8.09 | 29.79 |
| 6.84 | 6.16 | 1.26 | 0.72 | 0.27 | 2.98 | 1.32 | 0.54 | 9.66 | 52.9 |
| 6.85 | 5.69 | 0.92 | 0.53 | 0.44 | 2.0 | 0.59 | 0.29 | 6.63 | 50.07 |
| 6.81 | 5.98 | 0.37 | 0.21 | 0.32 | 0.60 | 0.06 | 0.23 | 5.93 | 20.4 |
| 6.68 | 5.87 | 0.30 | 0.17 | 0.45 | 0.45 | 0.48 | 0.33 | 7.08 | 24.15 |

Tabla XIII. Principales propiedades físicas del perfil 4.

| Horizonte | Prof. cm. | Color | | D.A. g/cc | D.R. g/cc | Porosidad % | Textura | | |
|-----------|-----------|----------------------------------|-------------------------------|-----------|-----------|-------------|---------|--------|-----------|
| | | Seco | Húmedo | | | | Arena % | Limo % | Arcilla % |
| A11 | 0-26 | 2.5YR Amarillo pálido | 7/4 7 5YR 4/2 Pardo oscuro | 1.05 | 2.49 | 57.83 | 65.2 | 18 | 16.8 |
| A12 | 26-49 | 7.5YR 5/4 Pardo | 7.5YR 3/2 Pardo oscuro | 1.15 | 2.42 | 52.47 | 61.2 | 24 | 14.8 |
| A13 | 49-77 | 10YR 6/6 Amarillo pardusco | 10YR Pardo muy oscuro | 2/2 | 1.12 | 2.66 | 59.2 | 22 | 18.8 |
| AC | 77-102 | 10YR 7/6 Amarillo | 10YR 4/3 Pardo oscuro | 0.93 | 2.37 | 60.75 | 53.2 | 24 | 22.8 |
| C | 102-120 | 10YR 7/3 Pardo | 10YR 3/3 Pardo | 1.02 | 2.59 | 60.61 | 57.2 | 26 | 16.8 |

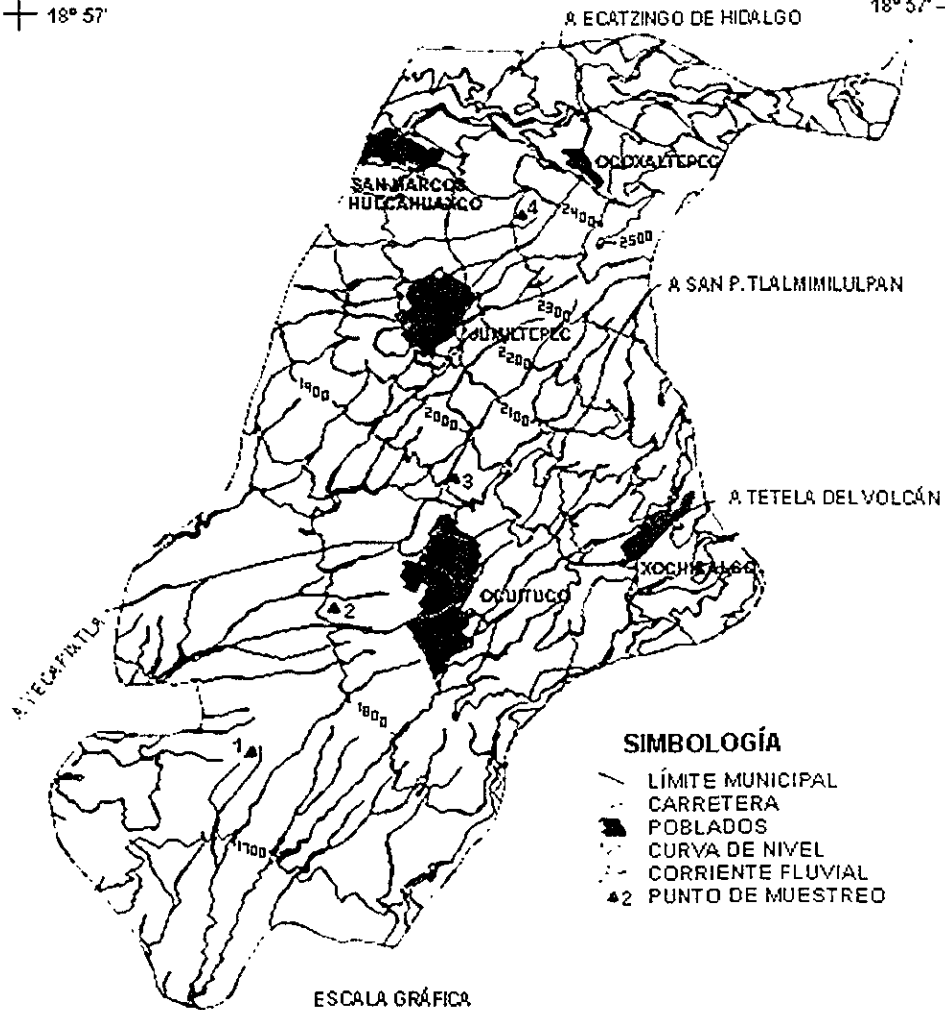
Tabla XIV. Principales propiedades químicas del perfil 4.

| pH | | | | | | | | | |
|------------------|-------------------|------|------|------|------|----------|------|----------|------------|
| H ₂ O | CaCl ₂ | M.O | C. | Na | K | Ca | Mg | C.I.C.T. | Saturación |
| 1.5 | 1.5 | % | % | | | Meq/100g | | | Bases % |
| 5.47 | 5.0 | 2.55 | 1.48 | 0.07 | 0.33 | 0.27 | 0.20 | 5.10 | 17.06 |
| 5.95 | 5.0 | 1.60 | 0.92 | 0.48 | 0.20 | 0.42 | 0.13 | 7.55 | 16.3 |
| 6.26 | 5.35 | 1.05 | 0.61 | 0.10 | 0.21 | 0.57 | 0.04 | 4.34 | 21.2 |
| 6.32 | 5.41 | 0.57 | 0.33 | 0.53 | 0.16 | 0.48 | 0.26 | 7.97 | 17.94 |
| 6.65 | 5.58 | 0.34 | 0.19 | 0.55 | 0.04 | 0.36 | 0.37 | 3.70 | 35.67 |

MUNICIPIO DE OCUITUCO, ESTADO DE MORELOS

98° 50'
+ 18° 57'

98° 42'
18° 57' +



SIMBOLOGÍA

- LÍMITE MUNICIPAL
- CARRETERA
- POBLADOS
- CURVA DE NIVEL
- CORRIENTE FLUVIAL
- ▲2 PUNTO DE MUESTREO

ESCALA GRÁFICA

0 1 2 3 Km.

+ 18° 49'
98° 50'

18° 49' +
98° 42'

FUENTE: Secretaría de Programación y Presupuesto, escala 1: 50,000. Límites municipales: Carta de Ordenamiento Territorial del Municipio de Ocuituco.

| | |
|----------------------------|--|
| U N A M | FACULTAD DE CIENCIAS |
| | DEPTO. DE BIOLÓGIA |
| | Dibujó: Mario García Martínez |
| | Revisó: José López García México D.F., 2001 |

Figura 3. Ubicación de los puntos de muestreo.

DESCRIPCIONES DE LOS PERFILES

Perfil 1. Localizado a 1.5 km al suroeste de Ocuituco con una altitud de 1,740 m. Con clima semicálido subhúmedo, suelo desarrollado en la parte más baja de lomeríos con origen de material volcánico clástico, régimen de humedad ústico, presencia de deslizamiento de 2 cm., grieta de 1 cm., relieve ligeramente inclinado, consistencia adhesiva y cultivo de maíz.

| Horizonte | Prof. (cm) | Características Morfológicas |
|-----------|------------|---|
| A11 | 0-31 | Color en seco 10YR 4/1 gris oscuro, en húmedo 10YR 2/1 negro; drenaje interno drenado; textura migajón arcilloso arenoso. Separación clara, línea de demarcación plana. |
| A12 | 31-53 | Color en seco 10YR 3/1 gris muy oscuro, en húmedo 7.5 YR 2/0 negro; textura arcilloso. Separación clara y plana. |
| A13 | 53-78 | Color en seco 10YR 4/1 gris oscuro, en húmedo 10YR 3/1 gris muy oscuro; textura arcilloso. Separación clara y ondulada. |
| C11 | 78-96 | Color en seco 10YR 4/2 pardo grisáceo oscuro, en húmedo 10YR 3/2 pardo grisáceo; textura arcilloso arenoso. Separación clara y ondulada. |
| C12 | 96-120 | Color en seco 10YR 5/3 pardo, en húmedo 10YR 4/3 pardo oscuro; textura migajón arcilloso arenoso. Separación plana, ondulada. |

Perfil 2. Es localizado a 2.0 km al oeste de la cabecera municipal con una altitud de 1,820 m. Con un clima semicálido subhúmedo; suelo de origen por derrames de lava basáltica, régimen de humedad ústico, estructura poliedrica subangular, relieve con pendiente de 12 %; terreno en descanso.

| Horizonte | Prof. (cm) | Características Morfológicas |
|-----------|---------------|---|
| A | 0-30/33 | Color en seco 10YR 4/4 pardo amarillento oscuro, en húmedo 10YR 2/2 pardo muy oscuro; textura migajón arcilloso arenoso; drenaje interno. Separación clara, plana; compactada con piedras pequeñas. |
| B | 30/33-64 | Color en seco 10YR 6/4 pardo amarillento claro, en húmedo 10YR 3/3 pardo oscuro; textura arcilloso. Separación clara, plana; presencia de crotobina, poros moderados y finos. |
| BC | 64-93 | Color en seco 10YR 6/6 amarillo pardusco, en húmedo 10YR 3/3 pardo oscuro; textura migajón arcilloso. Separación clara y plana. |
| C | 93-120 | Color en seco 10YR 6/6 amarillo oscuro, en húmedo 10YR 4/3 pardo oscuro; textura migajón arcilloso. Separación clara, plana; compactado. |

Perfil 3. Localizado a 1.5 km al sur de Jumiltepec, con una altitud de 1,920 m. Con un clima semicálido subhúmedo; pastoreo; limpiando para cultivo de higo, con relieve inclinado; suelo originado por el derrame de lava basáltica, régimen de humedad ústico.

| Horizonte | Prof. (cm) | Características Morfológicas |
|-----------|------------|--|
| A | 0-13 | Color en seco 10YR 4/3 pardo, en húmedo 10YR 2/1 negro; textura migajón arcilloso arenoso. Separación gradual y ondulada. |
| BW | 13-33 | Color en seco 10YR 5/4 pardo amarillento, en húmedo 10YR 3/4 pardo oscuro; textura migajón arcilloso arenoso. Separación difusa y ondulada. |
| BC | 33-62 | Color en seco 10YR 5/6 pardo amarillento, en húmedo 10YR 3/3 pardo oscuro; textura migajón limoso. Separación difusa y ondulada. |
| C1 | 62-82 | Color en seco 10YR 6/6 amarillo oscuro, en húmedo 10YR 3/6 pardo amarillento oscuro; textura migajón. Separación difusa y ondulada. |
| C2 | 82-125 | Color en seco 10YR 6/6 amarillo pardusco, en húmedo 10YR 3/6 pardo amarillento oscuro; textura migajón. Separación difusa y ondulada. |

Perfil 4. Localizado a 1.0 km al noreste de Jumiltepec con una altitud de 2320 m. Templado subhúmedo, relieve inclinado, cultivo de aguacate y maíz, estructura débil, consistencia suelta; suelo originado por los derrames de lavas basáltica y riódacítica; régimen de humedad ústico.

| Horizonte | Prof. (cm) | Características Morfológicas |
|-----------|------------|---|
| A11 | 0-26 | Color en seco 2.5YR 7/4 amarillo pálido, en húmedo 7.5YR 4/2 pardo oscuro; textura migajón arenoso Separación clara y plana. |
| A12 | 26-49 | Color en seco 7.5YR 5/4 pardo, en húmedo 7.5YR 3/2 pardo oscuro; textura migajón arenoso. Separación clara y plana. |
| A13 | 49-77 | Color en seco 10YR 6/6 amarillo pardusco, en húmedo 10YR 2/2 pardo muy oscuro; textura migajón arenoso. Separación clara y plana. |
| AC | 77-102 | Color en seco 10YR 7/6 amarillo en húmedo 10YR 4/3 pardo oscuro; textura migajón arcilloso arenoso. Separación clara y plana. |
| C | 102-120 | Color en seco 10YR 7/3 pardo muy pálido, en húmedo 10YR 3/3 pardo oscuro; textura migajón arenoso. Separación difusa y plana. |

Análisis Morfogenético

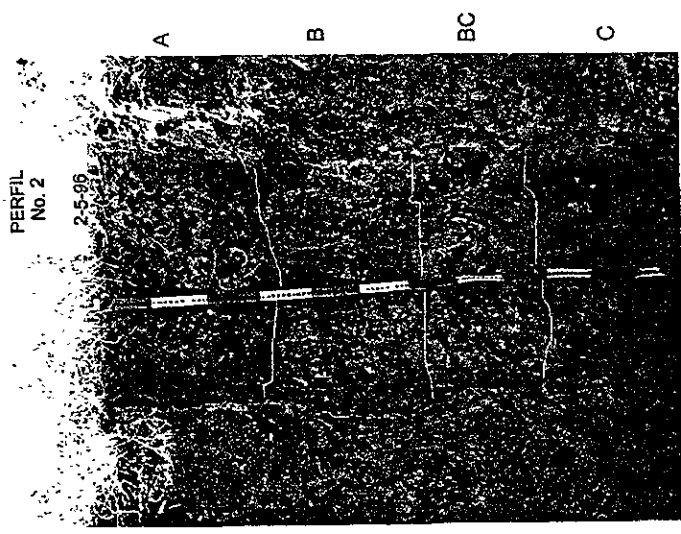
El perfil 1 (foto 1), presenta en los tres horizontes intermedios (A12, A13 y C11) mayor acumulación de arcilla. El porcentaje de arcilla en dichos horizontes son de 52.8, 53.2, 38.9; mientras que el horizonte de iluviación

sólo se registró 34.8 porciento. Y existe mayor cantidad de sodio que los otros perfiles.

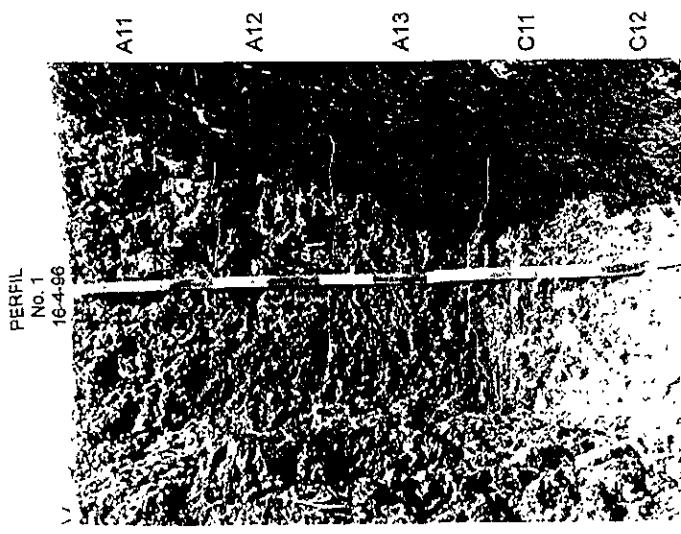
Perfil 2 (foto 2), tiene un horizonte de transición BC; en los horizontes profundos poseen mayor porcentaje de arcilla, que en promedio es de 38.8 y el horizonte superior contiene sólo 25.2 porciento.

El perfil 3 (foto 3), como se observa en la figura, manifiesta un alto grado de perturbación humana, a tal grado que el horizonte A ha quedado reducido a sólo 13 cm de espesor, a diferencia de 30/33 del horizonte A del perfil 2. Es indudable que aquí se presentan consecuencias de una erosión provocado por el hombre. En este sitio donde se estudió el perfil, era recién desmontado y estaban cultivando higo. Único perfil con mayor porcentaje de materia orgánica y potasio que los demás, muestra homogeneidad en la textura, con porcentaje de 22.8 % de arcilla; además presenta un horizonte de transición BC.

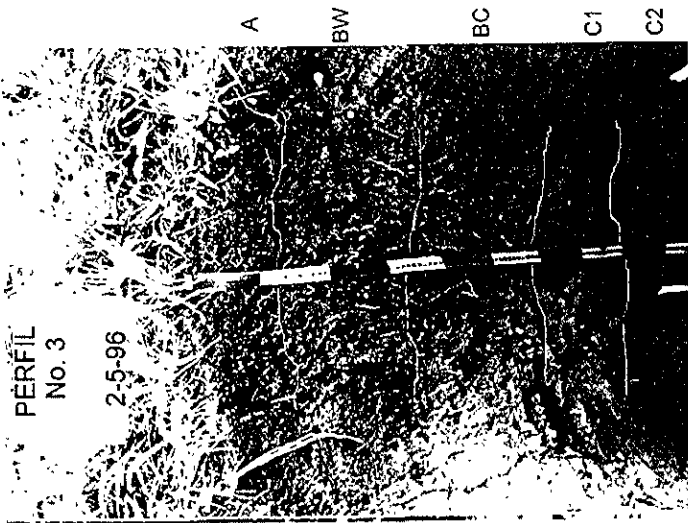
Perfil 4 (foto 4), tiene un horizonte de transición AC, éste presenta además una acumulación de arcilla de 22.8, mientras que los horizontes superficiales contienen sólo 15.8 porciento en promedio. La textura dominante es migajón arenoso.



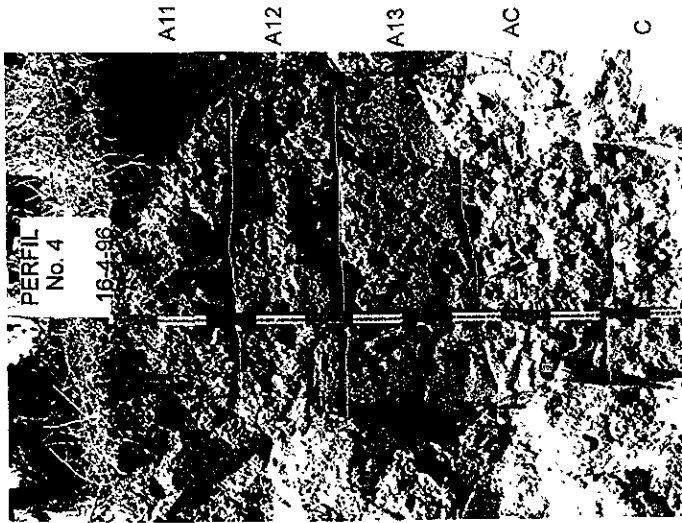
Fotografia 2. Andic Haplustolls, 1820 msnm.



Fotografia 1. Typic Haplusterts, 1740 msnm



Fotografía 3. Typic Haplumbrepts, 1920 msnm.



Fotografía 4. Typic Haplustands, 2320 msnm.

En las tablas se presentan las propiedades físicas determinadas en los perfiles estudiados.

El color en seco es muy heterogéneo, por que no existe ninguna dominancia de color. El color en húmedo el dominante fue el pardo oscuro.

La densidad aparente fluctuó de 0.91 a 1.22 g/cc y los de la densidad real tiene una variación de 2.25 a 2.85 g/cc. También en suelos de origen volcánico, Aguilera (1964, 1989) reportó valores de densidad aparente de 0.86 y de 0.74 a 1.73 g/cm³. La densidad real tuvo una variación de 2.25 a 2.85, dominando el 2.45.

Los valores de la porosidad no tiene ninguna secuencia, es decir el porcentaje debe de ser más alto en los horizontes superficiales y más bajos en los profundos. La textura dominante es el migajón arcilloso arenoso.

Propiedades Químicas

Conforme aumenta la altitud el PH se hace más ácido. Por lo general, los cultivos se desarrollan en suelos con PH de 5 a 8.5, aunque para la mayor parte de ellos, un pH óptimo va de 6.5 a 7.5 (León, 1991).

Los niveles de materia orgánica fueron de pobres a medianamente pobres en los horizontes superficiales a extremadamente pobres en los profundos

En general se detectaron deficiencias de cationes; Na, K, Mg, Ca. Solamente en el perfil 1 se encontró una mayor cantidad de Na, mientras que el perfil 3 se determinó mayor proporción de K en sus horizontes superficiales. Las deficiencias de cationes intercambiables se deben fundamentalmente por la insuficiente cantidad de arcilla y escasez de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico total, C.I.C.T; es de media a alta, debido a que los porcentajes de arcilla son de medios a bajos.

Los porcentajes de carbono orgánico son muy bajos . El porcentaje de saturación de bases mayor de 50 es considerado de medio a alto. En aquellos casos en donde es menor de 50 se acusa una pérdida notoria de bases (Marañón, 1994).

Tabla XV. Conforme aumenta la altitud varía el porcentaje promedio de la arena y la arcilla; aunque la porosidad se comporta un poco distinto. Esto indica que existe una diferencia muy notable en cada rango altitudinal, como se puede observar a continuación.

| Altitud (m) | Porosidad (%) | Arena (%) | Arcilla (%) |
|-------------|---------------|-----------|-------------|
| 1740 | 51.95 | 41.91 | 42.26 |
| 1820 | 63.52 | 41.5 | 35.4 |
| 1920 | 61.68 | 48.8 | 22.8 |
| 2320 | 57.91 | 59.2 | 18.0 |

Clasificación de los suelos

Basado en Keys to Soil Taxonomy (1994) y de acuerdo a FAO-UNESCO

(1989), a continuación se puede observar los tipos de suelos determinados en cada uno de los perfiles.

| Perfil | FAO | Soil Taxonomy | Características principales |
|--------|----------------------|-----------------------|---|
| 1 | Vertisol pélico | Typic Haplusterts | Presencia de textura arcillosa, en húmedo es de consistencia plástica, en la temporada seca del año se observan grietas; forma microrelieve llamado gilgai. |
| 2 | Pheozem háptico | Andic Haplustolls | Suelos minerales que poseen un epipedón mólico, o una capa superficial que llena los requerimientos de un mólico, excepto el espesor sobre un argílico o un nátrico, con >50 % saturación de bases hasta 1.25 m; régimen de humedad ústico. Son desarrollados en condiciones aeróbicas, donde hay a través del suelo movimiento libre del agua, presencia de crotobina y alta concentración de arcilla en el horizonte medio. |
| 3 | Cambisol dístrico | Typic Haplumbrepts | Generalmente poseen un horizonte cambico, bajo un epipedón ócrico o úmbrico. Alto contenido de arcilla en el horizonte superior, que disminuye con la profundidad ó puede permanecer uniforme. La capacidad de intercambio catiónico puede de ser de 15 a 30%, disminuyendo con la profundidad conforme disminuye la arcilla y materia orgánica. |
| 4 | Andosol ócrico | Typic Haplustands | Presencia de horizonte A oscuro, friable, relativamente grueso, alto contenido de m o , densidad aparente baja, porosidad alta Los perfiles |

pueden presentar la secuencia de sus horizontes A-C, A-(B)-C y A-B-C. Su textura generalmente es de migajón arenoso y limoso. Suelos que se desarrollan en zonas montañosas, son característicos de climas húmedos y subhúmedos.

De las cinco unidades de suelos (Andosol, Cambisol, Litosol, Regosol y Vertisol) reportado por el INEGI (S.P.P), únicamente se encontraron tres en este estudio, que son Andosol, Cambisol y Vertisol. El Phaeozem determinado en este trabajo no estaba reportado.

El Vertisol fue determinado en el perfil 1; Andosol en el perfil 4; son los únicos resultados que coinciden con el estudio realizado por el INEGI. Mientras que el perfil 2 se encontró un Phaeozem y el INEGI determinó como Regosol; el perfil 3 se clasificó dentro de la unidad Cambisol y el INEGI lo ubica dentro de la unidad Andosol. El regosol es un suelo que se caracteriza por ser la etapa inicial para la formación de un gran número de suelos, principalmente Podzols, Luvisols, Cambisols, Chernozems, Castanozems, Xerosols y Yermosols (FitzPatrick, 1985). Por lo que se puede considerar el Regosol como antecesor del Phaeozem.

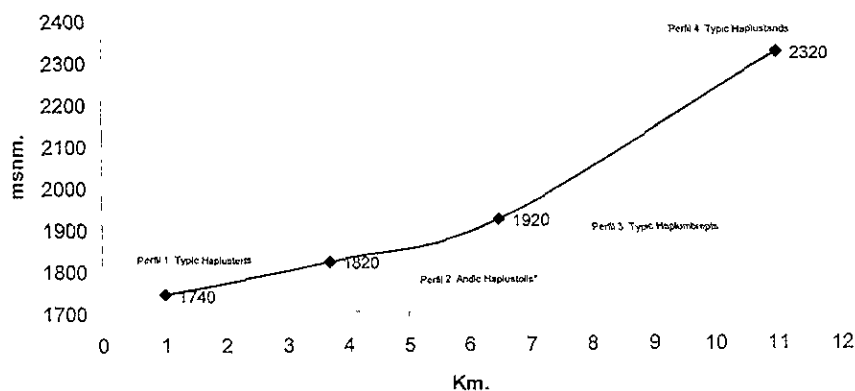
En la figura 4, se puede observar la catena de suelos, esto es, la secuencia de suelos a lo largo del gradiente altitudinal. Cabe señalar que estos suelos se desarrollaron bajo condiciones climáticas semejantes pero con diferentes características debido a la variación en el relieve, drenaje e historia de la superficie. En la parte más alta, se encontró Typic Haplustands (perfil 4), estos suelos se desarrollan en las zonas montañosas, son característicos de

climas húmedos y subhúmedos; en el horizonte superior la saturación de bases es más bajas, aumentando con la profundidad. El pH varía de moderados a fuertemente ácidos con valores tan bajos como 4.5 en la superficie, sin embargo hay un incremento constante con la profundidad hasta llegar a un pH de 6.0 o más. Una saturación de humedad parcial durante el año, es decir tienen un régimen de humedad ústico, la textura dominante es migajón arenoso. A los 1920 metros de altitud existen suelos Typic Haplumbrepts (perfil 3), que se caracterizan por presentar en el horizonte superior alto contenido de arcilla, que disminuye con la profundidad o puede permanecer uniforme; el pH del horizonte superior varía de 5.0 a 6.5 y aumenta con la profundidad hasta acercarse a la neutralidad. El contenido de materia orgánica del horizonte superior varía de 3 al 15%. La capacidad de intercambio catiónico puede ser de 15 a 30%, disminuyendo con la profundidad conforme disminuye el contenido de arcilla y de materia orgánica. La lixiviación de los cationes básicos es uno de los procesos principales. Mientras que la mayor parte de los iones de Na, K, Mg liberados por la intemperización son perdido por completo del suelo en el agua del drenaje. Presenta un epipedón úmbrico ó antrópico. A los 1820 metros se encontró Andic Haplustolls (perfil 2), la cantidad máxima de arcilla ocurre en el horizonte medio en donde son comunes los valores del 30 al 40% y son de 10 a 20% más elevadas que en el horizonte superior; su saturación de bases es alta y por lo tanto es un Bt. Se desarrollan en condiciones aeróbicas en donde hay a través del suelo movimiento libre del agua. Suelos que presentan a través de uno o más de sus horizontes un

espesor total de 18 cm o más dentro de los 75 cm de la superficie del suelo mineral, una fracción de tierra fina con una densidad aparente de 1g/ cm³ o menos. En zona baja se encontró Typic Haplusterts (perfil 1), de textura arcillosa, en húmedo su consistencia es muy plástica; en la estación seca del año se observan grietas; forma microrelieve llamado gilgai. Únicos que presentan mayor acumulación de arcilla y con relieve plano, por lo que es el que presenta mejores condiciones para la agricultura.

Fig. 4. Catena de suelos a través del gradiente altitudinal.

Fig. 2. Catena de suelos a través del gradiente altitudinal



* No se sabe con precisión si realmente pertenece este subgrupo, ya que no se determinaron la retención de humedad y el porcentaje de aluminio; pero en base a las propiedades observadas en el campo se puede decir que pertenece dicho subgrupo

DISCUSIONES Y CONCLUSIONES

La selección del gradiente para identificar las características y propiedades de los suelos, fue aceptable dado que en él están representados los suelos más comunes, presentes en el municipio. El paisaje separado en la zona alta se caracteriza por ser montañosa con bosque de encino, moderadamente inclinado, cultivo de árboles frutales aislados, drenaje moderado. La zona media presenta lomerios, con poca vegetación de pino-encino, cultivos de aguacate, higo, maíz; muy inclinado, drenaje fuerte. En la zona baja presenta mesetas, cultivo de maíz, frijol, flores ornamentales; ligeramente inclinado y drenaje incipiente. Los suelos determinados son: zona alta, andosol; zona media, cambisol, phaeozem y la baja, vertisol (FAO).

Con base en el análisis de fotografías aéreas permitió separar diferentes paisajes en función de los factores de formación de suelos, lo que fue comprobado y constatado para la realización del transecto edafológico; que incluye la mayoría de las unidades cartografiadas; por tanto los perfiles obtenidos reflejan fielmente a un nivel semidetallado, los suelos presentes en el área. A diferencia de la carta edafológica del INEGI, que en su estudio lo hizo a una escala más pequeña; además de que únicamente hicieron dos perfiles. Sin embargo no hay ningún factor que indicara con precisión cual sea el causante de que no coinciden en su totalidad entre los dos estudios; lo que podemos decir es que este trabajo fue más detallado, se hicieron cuatro perfiles a escala más grande que la del INEGI, por esta razón se puede decir que los suelos clasificados reflejan las características y propiedades de las taxas establecidas

BIBLIOGRAFÍA

Aguilera H. N. (1964). Geographic distribution and characteristics of volcanic ash soils in Mexico. Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. Centro de Enseñanza e Investigación. Inst. Interamericano de Ciencias y Agricultura de la O.E.A. Turrialba, Costa Rica. p. 12.

Aguilera H. N. (1989). Tratado de Edafología de México. Tomo I. Fac. de Ciencias de la Univ. Nat. Aut. de México. México, p. 222.

Buol S.W. , Hole D.F., McCracken (1981). Génesis y Clasificación de Suelos. Trillas, México.

Carl Fries Jr. (1960). Geología del Estado de Morelos y de partes adyacentes de México y Guerrero, Región central meridional de México. Boletín del Instituto de Geología No. 60.

Duchaufour P. (1977). Atlas Ecológico de los suelos del Mundo. Toray-Masson, Barcelona.

Duchaufour P. (1984). Edafología. Edafogénesis y clasificación. Masson; Barcelona. FitzPatrick E. A.. (1985). Suelos. Su formación, clasificación y Distribución. Continental. México

Johnson M. W. (1977). Centro Interamericano de Fotointerpretación, Unidad de Suelos. Bogotá, Colombia.

Houb G. J. V. (1988). Soil and plant analysis, part 5. Agricultural University de Dreyen 3 Wagenngen tha Netherlands.

León A R. (1991). Nueva Edafología. Fontamaria; México.

Loza Ochoa J F (1983) Notas Sobre el Sistema Americano de Clasificación de Suelos Univ Aut de Sinaloa. Sinaloa; México

- Los Municipios de Morelos (1988). Enciclopedia de los Municipios de México. Vol. 17, Secretaría de Gobernación.
- Margalef R. (1974). Ecología. Omega; Barcelona.
- Marañón G. G. (1994). Caracterización de suelos con tepetates y su relación con la vegetación, en el municipio de Tetela del Volcán; Estado de Morelos. Tesis prof. de Lic., Fac. de Filosofía y Letras. UNAM.
- Mejía C. L. (1980). Conceptos Básicos Comunes a la Pedología. CIAF, Bogotá; Colombia.
- Millar E. C., Turk M. L., Foth D. H. (1982). Fundamentos de la Ciencia del Suelo. C.E.C.S.A., México.
- Munsell, Soil Color Chart (1975). Edition Munsell color Company, Inc. Maryland, U.S.A.
- Ortíz H. (1993). Análisis de suelos, parte II. Univ. Aut. Edo. Morelos.
- Ramos Hernández S. G. (1979). Estudios Edafológicos de una zona cafetalera del Soconusco, Estado de Chiapas. Tesis Prof. de Lic. Fac. Ciencias, UNAM.
- Secretaría de Programación y Presupuesto (1981). Síntesis Geográfica del Estado de Morelos. Inst. Nac. de Geog. e Inform.; México, D. F
- Secretaría de Gobernación y Gobierno de Morelos (1988). Los municipios de Morelos. Colección Enciclopédica de los municipios de México.
- Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, Publicación Especial No. 3 (1994). Claves para la Taxonomía de Suelos (Soil Taxonomy).
- Wooding R. G. (1967). Los Suelos. Omega; Barcelona.