

252367

78
zej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

"CARACTERIZACION DE LOS SUELOS DE
ALGUNAS ZONAS CAFETALERAS EN LOS
ESTADOS DE OAXACA Y GUERRERO"



BIBLIOTECA
INSTITUTO DE ECOLOGIA
UNAM

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

B I O L O G A

P R E S E N T A :

CAROLINA JASSO CASTAÑEDA



DIRECTORA DE TESIS: DRA. NORMA E. GARCIA CALDERON



FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION ESCOLAR

MEXICO, D. F.

1997

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

M. en C. Virginia Abrín Batule
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:

"CARACTERIZACION DE LOS SUELOS DE ALGUNAS ZONAS CAFETALERAS EN LOS ESTADOS DE OAXACA Y GUERRERO"

realizado por Carolina Jasso Castañeda

con número de cuenta 7853121-7 , pasante de la carrera de Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis
Propietario Dra. Norma E. García Calderón
Propietario Dr. Jorge E. Gama Castro
Propietario M. en C. Miguel Angel Valera Pérez
Suplente M. en C. Amada Laura Reyes Ortigoza
Suplente M. en C. Ma. del Socorro Galicia Palacios

Jorge E. Gama Castro
Jorge E. Gama Castro

Miguel Angel Valera Pérez
Miguel Angel Valera Pérez

Amada Laura Reyes Ortigoza
Amada Laura Reyes Ortigoza

FACULTAD DE CIENCIAS
U.N.A.M.

Consejo Departamental de Biología

Alejandro Martínez Mena
M. EN C. ALEJANDRO MARTINEZ MENA

DEPARTAMENTO
DE BIOLOGIA

ESTA TESIS NO DEBE
QUER DE LA BIBLIOTECA

A MIS PADRES :

Por creer en mí, por su apoyo y su amor.

A MIS HERMANAS :

Por su paciencia y apoyo

AGRADECIMIENTOS:

A la UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, y en particular a la Facultad de Ciencias, por permitirme alcanzar una meta en mi formación académica.

Al M. en C. Profesor Emérito Nicolás Aguilera † por haber motivado mi interés hacia la Edafología, por su acertada dirección y constante estímulo que permitió la realización de este trabajo. Además, por su inolvidable ejemplo de entrega incondicional a la Ciencia y a sus alumnos.

A la Dra. Norma García Calderón, por sus elocuentes sugerencias, por su continua comprensión y disposición durante la realización de esta tesis, así como también por la detallada revisión de la misma.

A los sinodales :

- Dra. Norma E. García Calderón
- Dr. Jorge E. Gama Castro
- M. en C. Miguel Angel Valera Pérez
- M. en C. Amada Laura Reyes Ortigoza
- M. en C. Ma. Del Socorro Galicia Palacios

por sus valiosas sugerencias en la revisión del manuscrito.

Al Ing. Rodrigo García Peralta que facilitó el encuentro con la comunidad de San Fco. Javier Chilchotla, Oaxaca, valioso apoyo que recibimos de sus integrantes.

Al Lic. Adán Quiñones Gamboa y padre, de la GROCAFE, S. de R.L. de Atoyac de Álvarez, Gro. que incondicionalmente proporcionó información en relación al manejo de la cafecultura en el Ejido El Paraíso, Guerrero.

Al Dr. José López García, por su orientación en la clasificación de estos suelos.

A la Bióloga Manuela I. Jiménez Rojas del Centro Regional de Estudios y Diagnósticos Fitosanitarios CREDIF (Xochimilco), que proporcionó información acerca de la broca *Hypothenemus hampei* Ferr.

A mis compañeros de laboratorio que transmitieron sus experiencias en la realización de las técnicas implicadas en el trabajo de esta tesis, especialmente a Luz María Gurrola Paz por su paciencia y apoyo

A mis amigos: Verónica A., Carlos E., Manuel Ma-Heng, Angélica, Manuel Mendoza, Antonio Navarrete Oscar Frausto y Mary Carmen, del Instituto de Geografía que contribuyeron en la captura de esta tesis.

Al Instituto de Geografía por haber facilitado el equipo de cómputo para la captura de la información de esta tesis.

INDICE

	pág
• PRÓLOGO	
• RESUMEN	1
• INTRODUCCION	2
• OBJETIVOS	4
• 2. MARCO TEÓRICO : LOS SUELOS	
2.1 Los suelos	5
2.2 Factores formadores del suelo	9
• 3. MARCO TEÓRICO : EL CAFÉ	
3.1 El café	12
3.1.1 Ecología del café	
3.1.2 Suelos cafetaleros	14
3.1.3. El café en México	15
3.1.4 El café en Oaxaca	17
3.2.4 El café en Guerrero	
3.2 La broca	18
• 4. DESCRIPCION GENERAL DE LA ZONA DE ESTUDIO	
A. Caracterización geográfica de la zona de Oaxaca	19
4.1 Ubicación del distrito de Teotitlán	
4.2 Geología	
4.3 Topografía	24
4.4 Hidrología	
4.5 Clima	26
4.6 Vegetación	27
4.7 Suelos	
B. Caracterización geográfica de la zona de Guerrero	28
4.1 Ubicación del municipio de Atoyac de Alvarez	
29	
4.2 Geología	31
4.3 Topografía	32
4.4 Hidrología	
4.5 Clima	
4.6 Vegetación	33
4.7 Suelos	35

• 5. METODOLOGIA

5.1 De campo	36
5.2 De laboratorio	
5.2.1 Análisis físicos	
5.2.2 Análisis químicos	
5.3 Determinación del régimen de humedad en el suelo	
5.4 Mineralogía	

• 6. RESULTADOS

6.1 PERFILES DEL ESTADO DE OAXACA	38
6.1.1.a. Descripción del perfil No. 3 Oax.	40
6.1.1.b. Análisis de laboratorio	43
6.1.1.c. Discusión	44
6.1.2.a. Descripción del perfil No. 5 Oax.	48
6.1.2.b. Análisis de laboratorio	49
6.1.2.c. Discusión	50
6.1.3.a. Descripción del perfil No. 6 Oax.	56
6.1.3.b. Análisis de laboratorio	57
6.1.3.c. Discusión	58
6.1.4.a. Descripción del perfil No. 7 Oax.	62
6.1.4.b. Análisis de laboratorio	63
6.1.4.c. Discusión	64
6.1.5 Hipótesis sobre la dinámica del área de Oaxaca	69
6.2. PERFILES DEL ESTADO DE GUERRERO	72
6.2.1.a. Descripción del perfil No. 1 Gro	74
6.2.1.b. Análisis de laboratorio	75
6.2.1.c. Discusión	76
6.2.2.a. Descripción del perfil No. 3 Gro	80

6.2.2.b. Análisis de laboratorio	81
6.2.2.c. Discusión	82
6.2.3.a. Descripción del perfil No. 6 Gro	87
6.2.3.b. Análisis de laboratorio	88
6.2.3.c. Discusión	89
6.2.4.a. Descripción del perfil No. 7 Gro	94
6.2.4.b. Análisis de laboratorio	95
6.2.4.c. Discusión	96
6.2.5. Hipótesis sobre la dinámica del área de Guerrero	101
6.2.6. Situación productiva de los suelos cafetaleros estudiados	104
• CONCLUSIONES GENERALES	108
• SUGERENCIAS	110
• BIBLIOGRAFIA	111

FIGURA

	pág.
1. Ubicación del Distrito de Teotitlán, Estado de Oaxaca	20
2. Topografía del Área de Oaxaca	21
3. Provincias Geológicas de México	22
4. Geología del Área de Oaxaca	23
5. Climas del Área de Oaxaca	24
6. Balances Hídricos de las Áreas de Estudio	25
7. Edafología del Área de Oaxaca	28
8. Ubicación del Municipio de Atoyac de Álvarez, Estado de Guerrero	29
9. Topografía del Área de Guerrero	30
10. Geología del Área de Guerrero	31
11. Climas del Área de Guerrero	33
12. Dinámica de dos sitios de muestreo	54

TABLA

	pág.
1. Resultados de Análisis Físicos y Químicos del Perfil No. 3 (Typic Hapludalfs), Ejido San Fco. Javier Chilchotla, Oax.	43
2. Resultados de Análisis Físicos y Químicos del Perfil No. 5 (Typic Eutropepts), Ejido San Fco. Javier Chilchotla, Oax.	51
3. Resultados de Análisis Físicos y Químicos del Perfil No. 6 (Typic Hapludalfs), Ejido San Fco. Javier Chilchotla, Oax.	59
4. Resultados de Análisis Físicos y Químicos del Perfil No. 7 (Typic Hapludalfs), Ejido El Plan, Oax.	65-66
5. Análisis de la Dinámica de los Suelos del Área de Oaxaca	71
6. Resultados de Análisis Físicos y Químicos del Perfil No. 1 (Typic Eutropepts), Ejido El Paraíso, Gro.	77
7. Resultados de Análisis Físicos y Químicos del Perfil No. 3 (Typic Hapludults), Ejido La Pintada, Gro.	83-84
8. Resultados de Análisis Físicos y Químicos del Perfil No. 6 (Typic Dystropepts), Ejido Nueva Delhi, Gro.	90-91
9. Resultados de Análisis Físicos y Químicos del Perfil No. 7 (Andic Tropepts), Ejido El Paraíso, Gro.	97-98
10. Análisis de la Dinámica de los Suelos del Área de Guerrero	103

PRÓLOGO

Esta tesis ha sido realizada con la finalidad de contribuir a la información y clasificación taxonómica de suelos que sustentan la producción cafetalera en áreas cálido-húmedas.

A nivel introductorio, se presenta un panorama general de la problemática de dos áreas cafetaleras ante la falta de ingresos con la producción de café.

Es necesario la presencia de dos marcos teóricos que delimiten el tema estudiado y apoyen a su tiempo, los resultados obtenidos. Así como también, la definición del medio físico de las áreas de estudio que fué de absoluta relevancia para la interpretación de los procesos necesario en la dirección de la formación de estos suelos.

Las actividades tanto a nivel de campo como de laboratorio son sólo mencionadas y se considera que las técnicas utilizadas no siempre fueron las idóneas a los propios suelos y condiciones ambientales como lo reportan los resultados de las determinaciones de D.A., Porosidad y Cationes. Así también, los resultados obtenidos no dieron posibilidad a un mayor alcance en la jerarquía Taxonómica por la obvia falta de algunos análisis selectivos. Sin embargo, la dinámica en la interpretación de los datos de campo y laboratorio se realizó en forma independiente por cada punto de muestreo, pretendiendo definir procesos endógenos y exógenos que contribuyeran a su formación sin aislarlo de su entorno.

La presentación de cada perfil es apoyada por fotografías, descripción de campo, tablas de datos de análisis de laboratorio ; particularmente, en la descripción de campo, al mencionar el color en húmedo se relaciona a un ped en campo con la humedad intrínseca y con respecto a la determinación en seco es el valor registrado en laboratorio una vez que el suelo ha sido ya tamizado.

Una vez presentada la información de cada suelo, se realiza la discusión, considerando su morfología, mineralogía del material de origen, se definen factores y procesos que contribuyeron en su génesis, y se clasifica con el apoyo de lineamientos del Sistema de Clasificación del Soil Taxonomy (1990) y su correspondiente con FAO (1994), sin embargo, al clasificar un suelo no significa que no tenga ese suelo la posibilidad de una intergradación en menor o mayor medida con diferentes unidades de suelo por lo cual, se hace un análisis de las interrelaciones con otras unidades de suelo al considerar su morfología, desarrollo, evolución y posición en el paisaje.

Posterior al análisis de cada suelo, se realiza una interrelación con los otros puntos de muestreo, que son suelos que en forma integral definen la dinámica del área en estudio. Y se sintetiza una hipótesis, sin olvidar considerar que una mayor intensidad de muestreo y la aplicación de técnicas selectivas y dirigidas, son necesarias para la validación de la presente, sin menoscabo de la misma, ya que se tuvo el apoyo de un marco teórico y también se contó con trabajo de campo como de laboratorio. Además, el trabajo realizado, fue suficiente para cumplir con los objetivos planteados en un

inicio y una mayor profundidad queda fuera de sus alcances, pero es posible darle seguimiento a través de investigaciones futuras.

Por otro lado, de acuerdo a las propiedades conocidas de estos suelos, se aprecia la situación potencial para la producción de café.

Finalmente, se concluye la realización de este trabajo en varios aspectos : a través de la participación de procesos exógenos en la formación de estos suelos ; la presencia notoria de la interrelación entre suelos, procesos que reflejan un grado de intemperismo en los suelos y consideraciones que ayudan en una mayor aproximación en la clasificación de suelos.

RESUMEN

En este trabajo se estudiaron ocho perfiles de suelos cultivados con café, cuatro en el Municipio de Atoyac de Alvarez, Guerrero y cuatro en el Ejido de San Francisco Javier Chilchotla, Oaxaca. Pero además, en el área de Oaxaca se tomaron muestras de otros siete perfiles que no forman parte de este estudio, sin embargo algunas de sus propiedades han ayudado a interpretar la dinámica de los suelos de esta zona.

A las muestras colectadas se les determinó en el laboratorio sus propiedades físicas y químicas, así como algunas mineralógicas: color en seco y húmedo, densidades real y aparente, porosidad, textura, pH, materia orgánica, bases intercambiables, capacidad de intercambio catiónico y alófono.

Dichas propiedades y la descripción de campo permitieron evaluar el nivel de alteración y desarrollo de cada suelo, su grado de lixiviación y en forma general su estado de fertilidad. Se encontraron suelos oscuros, pardos, amarillentos y rojizos, de textura arcillosa, ácidos, con contenidos variables de materia orgánica desde 2.0-12.2 % en la superficie, la capacidad de intercambio catiónico es baja en los suelos de Guerrero que varía de 8.5-14.8 cmol(+)/kg y en los suelos de Oaxaca el valor fluctúa de 15.4-27.4 cmol(+)/kg

Un mayor desarrollo presentan los suelos de Oaxaca, tanto en es más intenso que el de los suelos de Guerrero, tanto en profundidad como en intemperismo de minerales lo que se aprecia por la coloración rojiza y amarillenta. En relación a los suelos de Guerrero, estos se han visto influenciados por una dinámica estructural y por aportes continuos de cenizas volcánicas, lo cual ha interrumpido y modificado el desarrollo de los suelos.

De acuerdo a los análisis de laboratorio, descripción de campo y con base al Sistema de Clasificación del Soil Taxonomy (1990) se tiene los siguientes Subgrupos: Typic Hapludalfs, Typic Eutropepts, Typic Hapludults, Typic Distropepts y Andic Troporthents.

Se concluye que las características y desarrollo de los suelos analizados son indicativas de la influencia mayor de algunos de los factores formadores del suelo.

INTRODUCCION

El hombre depende del suelo y, en cierto modo, los suelos dependen del hombre y del uso que hace de ellos (Buckman, 1991). El suelo es un cuerpo natural constituido por horizontes de material mineral y orgánico, de espesor variable, que se diferencia del material parental por sus características físicas, químicas, mineralógicas, morfológicas y biológicas, desarrolladas a través de procesos pedogenéticos (Birkeland, 1984).

La clasificación de suelos tiene por objeto agruparlos con relación a las características biofísicoquímicas identificadas en el campo y en el laboratorio.

Es necesario la cartografía y la clasificación sistemática y continua de los suelos de México, para poder planear su mejor uso, definir los sistemas de productividad, jerarquizar los problemas de suelos, y de esta manera poder encauzar la investigación sistemática (Cuanalo y Aguilera, 1970).

El sistema de clasificación de Estados Unidos tiene establecida una nomenclatura a través de la cual se pueden hacer diversas afirmaciones sobre las propiedades de los suelos, simplemente mediante el análisis de su nombre.

El sistema contiene seis categorías. Desde el nivel jerárquico más alto al más bajo de generalización, son: Orden, Suborden, Gran Grupo, Subgrupo, Familia y Serie, que expresan con claridad el hecho de que los suelos son un continuo con cambios graduales en muchas propiedades (Buol, 1988).

Todos los procesos y cambios importantes que determinan las características esenciales de un suelo tienen lugar en la zona en que se desarrollan las raíces, la que constituye los horizontes A, B y C. Algunos suelos presentan mayor desarrollo con respecto a otros.

En ocasiones, el hombre ha trabajado el suelo con cultivos que contribuyen a evitar el deterioro ecológico, como lo es el café, el cual se considera además como un cultivo económicamente rentable.

La cafecultura mexicana se ha venido desarrollando a lo largo de casi dos siglos y se ha consolidado ya como un importante pilar en la economía nacional, no sólo por su alto valor como fuente de divisas, sino también por ser medio fundamental de sustento para miles de familias (Peña, 1978).

El cafetal es uno de los agroecosistemas más importantes que se encuentran en las zonas húmedas de temporal; la importancia de este cultivo está dada fundamentalmente por su localización en regiones montañosas muy húmedas en donde hasta la fecha otros cultivos han tenido dificultades para implantarse en una forma económicamente redituable.

En particular, en lo que se refiere a la situación económica de las áreas cafetaleras estudiadas, se han identificado dos diferentes dinámicas en el manejo del comercio de los cafetales.

Los habitantes del área de Oaxaca constituyen una sociedad comunal en donde conjuntamente participan en las labores de los diferentes predios, reúnen el café y posteriormente lo llevan a Córdoba, Ver. para su beneficio. Sus plantaciones presentan el ataque de la broca *Hypothenemus hampei* Ferr, lo cual ha contribuido con gran magnitud en afectar a la economía de la comunidad. Por tradición han estado cultivando café, pero en la actualidad contemplan una nueva opción que les pueda redituarse más y por el momento no están considerando el impacto que pueda tener el cambio del uso del suelo, sólo se busca una alternativa de ingreso para su difícil situación económica.

Estos suelos, por la intervención de los diferentes factores formadores, han alcanzado un cierto desarrollo en un tiempo prolongado y con estos cambios que se están presentando se puede tener como consecuencia que a corto y mediano plazo la situación sea mucho más desastrosa que la que actualmente viven.

En lo que se refiere al área de Guerrero, la dinámica se conduce de diferente manera, los propietarios independientemente trabajan sus predios y el café es llevado al beneficio de el Paraíso, Gro. Los ingresos por su venta, son bajos y de igual forma que los cafeticultores de Oaxaca, buscan nuevas opciones con otros cultivos.

OBJETIVOS

Con base en lo anterior, los objetivos de esta tesis son:

Generales:

- Contribuir al conocimiento básico y aplicado de los suelos cultivados con café en el Ejido San Francisco Javier Chilchotla, Oaxaca y en el Municipio de Atoyac de Álvarez, Guerrero.

Particulares:

- Determinar las características físicas y químicas de los suelos estudiados.
- Clasificar los suelos según el Sistema de Clasificación del Soil Taxonomy USDA, 1990, con su correspondiente en FAO, 1994.

2. MARCO TEORICO I

2.1 Los Suelos

Los suelos someros de poca evolución morfogénica son aquellos que tienen horizontes A delgados y le siguen los horizontes C en el perfil ó con horizontes A-C. Los suelos más evolucionados desarrollan horizontes de diagnóstico B incipientes ó que tienen un A(B)C incipiente con arcilla iluviada, o dan lugar a horizontes de iluviación muy evidentes, en ocasiones existen horizontes como el nátrico, espódico, argílico y óxico, donde los porcentajes de arcilla son altos (Aguilera, 1989).

En general, los suelos más desarrollados no son los más profundos, el tiempo es un requisito importante para que los procesos de formación propicien el desarrollo completo del suelo. Un suelo es un sistema muy dinámico y sus características cambian con el tiempo.

Además del tiempo, los otros factores involucrados en la determinación de las características del suelo son: clima, roca madre, topografía y organismos. Jenny (1968) $S=f(\text{Roca basal, clima, organismos, topografía, edad})$. Actualmente, se acepta al hombre, por él mismo, como un factor formador del suelo..

La interacción de estos cinco factores dan lugar a la formación de los suelos, localmente un factor puede ejercer una influencia mucho más fuerte (Hardy, 1970).

La descripción y análisis de las propiedades de un suelo se pueden realizar a través de un corte individual el cual se llama perfil del suelo que consiste de solo una sección bidimensional. Sin embargo, éste en realidad se extiende lateralmente en todas direcciones sobre la superficie de la tierra, formando un continuo tridimensional.

La secuencia de los horizontes de cualquier perfil no es la misma en todos los puntos de la extensión del suelo. En una distancia corta, la secuencia, por lo general, muestra cambios pequeños en el grado de desarrollo de los horizontes, pero en distancias grandes se encuentra un cambio completo de una secuencia de horizontes a otra.

En ocasiones los horizontes cambian gradualmente en dirección lateral a horizontes con propiedades muy distintas. A menudo esos cambios se manifiestan por variaciones en color acompañados por cambios en las propiedades físicas y químicas. Uno o varios de los horizontes de un suelo pueden cambiar por completo en una distancia dada, mientras que otros continúan sin alteración y tienen una distribución espacial más grande.

Los suelos no sólo cambian en diferentes partes de un área, sino que también varía la naturaleza del cambio. La naturaleza de esos cambios laterales en el suelo y las razones para ellos varían de sitio a sitio y están determinados por cambios en el carácter de los cinco factores de formación del suelo. Los diferentes suelos forman una diversidad de patrones y tienen entre sí relaciones.

El desgaste por erosión hídrica y eólica de las montañas para producir planicies es en realidad la formación, remoción y redistribución progresivas de la capa del suelo, de tal manera que la evolución de éste y del panorama se efectúa al mismo tiempo.

Además de la redistribución del material de la superficie, la parte interna del mismo está perdiendo iones por drenaje interno o ganándolos por acarreo lateral, de tal manera, que no son estáticos ni la superficie ni el interior del suelo.

El resultado de todos esos cambios continuos y progresivos es un sistema dinámico complejo que forma un continuo tangible en tres dimensiones y que cambia con el tiempo (FitzPatrick, 1985).

Estos cambios a lo largo del tiempo repercuten en las propiedades de los suelos: color, textura, consistencia, estructura, cutanes, nódulos o concreciones, porosidad, pH, características del límite, espesor, profundidad de cada horizonte bajo la superficie del suelo, saturación de bases e intercambio catiónico.

Dichas propiedades ayudan a describir a los horizontes del suelo y definen su evolución. Hay horizontes denominados orgánicos e inorgánicos. Los horizontes orgánicos o llamados horizontes O se forman del mantillo orgánico derivado de plantas y animales y depositado en la superficie mineral. (Buol, 1988)

En medios con una fuerte actividad biológica, la materia vegetal es dividida mecánicamente y es enterrada en los horizontes minerales por la fauna, siendo posteriormente atacado muy rápidamente por las bacterias y por los hongos del suelo.

Cuando los suelos tienen buena aireación y son poco ácidos, la descomposición de la hojarasca es rápida, produciéndose en un periodo de tiempo de uno a dos años como máximo, la formación del humus Mull; por el contrario es muy lenta en los medios poco activos y muy ácidos o cuando la materia prima vegetal es poco biodegradable, en cuyo caso se necesitan varios años, a veces de 10 a 20 años para la descomposición total de la hojarasca, se forma entonces, superpuesto al suelo mineral, un horizonte orgánico globalmente denominado A_0 , constituido en su mayor parte, por restos vegetales todavía estructurados y, por lo tanto, parcialmente descompuestos conocido como humus Mor (Duchaufour, 1984)

Algunos de los horizontes minerales, son los de diagnóstico subsuperficiales que normalmente se forman por debajo del espesor superficial del suelo, aunque en algunos sitios pueden formarse inmediatamente por debajo de una capa de hojarasca y en ocasiones pueden quedar expuestos en la superficie como resultado de una decapitación de las capas superficiales.

Algunos de estos horizontes de diagnóstico son el horizonte argílico, cámbico, y óxico entre otros.

En el horizonte argílico se produce una translocación de arcilla de un horizonte a otro. En primer lugar, el material parental que provee este material migrante, debe contener una apreciable proporción de arcilla fina, o un proceso de intemperización debe producirla.

Estas arcillas finas o muy finas poseen una carga negativa y tienden a dispersarse a menos que alguno de los componentes se encarguen de mantenerla floculada. Este papel de agentes floculantes lo desempeñan las sales, en especial los carbonatos y los óxidos libres, cuando están presentes en proporciones apreciables.

Por el contrario, otros agentes como los iones sodio cuando están presentes en determinadas concentraciones, tienden a dispersar a las arcillas. La materia orgánica parece jugar también un papel muy importante, aunque indirecto en evitar retardar el proceso de dispersión.

Por lo tanto, la lixiviación de los carbonatos de la zona de desarrollo del solum, y un proceso al menos parcial de pardificación, podrían considerarse como pre-requisitos para que se produzca la movilización de la arcilla. El primer proceso induciría la remoción de dos importantes floculantes como los carbonatos y bicarbonatos. El segundo proceso, contribuiría también a la remoción del hierro. Se cree además que los procesos repetidos de humedecimiento y secamiento pueden inducir una disrupción de la fábrica de los suelos y la consiguiente dispersión de la arcilla.

Al ser dispersada, la arcilla es movilizada por la solución del suelo que percola a través del perfil. Gran parte de esta iluviación es atajada en los espacios no capilares en virtud de un proceso de difusión capilar del agua hacia el interior de los peds, o hacia la fábrica del suelo.

Posiblemente como resultado de la remoción del agua, la arcilla se deposita sobre las paredes de los poros no capilares, hecho que aparentemente explica la presencia de argilanes asociados a las paredes de los podio y de los poros no capilares.

Existen varias razones que permiten suponer que este mecanismo de movilización y deposición de la arcilla es propiciado por un periodo estacional de sequía. En primer lugar, los ciclos de humedecimiento y secado favorecen la dispersión de la arcilla; en segundo, cuando el suelo se seca se originan grietas a través de las cuales puede percolar el agua retenida a bajas tensiones; y en tercer lugar, la detención del agua percolante por la remoción capilar del agua, es incrementada notablemente por la mayor tendencia de los suelos secos a absorber la humedad.

La detención del movimiento de la arcilla se ha relacionado con la presencia de un horizonte que posee gravillas calcáreas ocluidas en una matriz no calcárea.

Un horizonte cámbico por definición revela pérdidas de sesquióxidos, de bases, o de carbonatos como resultado de la lixiviación. Es un horizonte que aunque muestra evidencias de un desarrollo pedogenético apreciable, excluye la posibilidad de una acumulación de sustancias minerales o de una intemperización extrema.

Además de procesos como el de lixiviación y todo el conjunto de fenómenos de intemperización química y física generadores de las transformaciones que le imprimen el carácter cámbico, otros procesos específicos tales como el de desilificación, segregación de sesquióxidos, silificación, translocación de hierro, aluminio y humus, eluviación-iluviación de arcilla, gleyización, enriquecimiento, descarbonatación y salinización pueden participar en forma parcial en la génesis de este horizonte, siempre y cuando su acción no sea lo suficientemente enérgica como para definir un horizonte diagnóstico diferente del cámbico.

Un horizonte cámbico manifiesta baja intemperización de los minerales, caso contrario a lo que ocurre con un horizonte óxico, cuyo complejo coloidal inorgánico está constituido por arcillas de muy baja actividad, la que puede ser el resultado tanto de una intemperización "*in situ*", como también en materiales recién depositados que pudieron ser objeto de uno o varios ciclos de intemperización previa a su deposición.

La formación de horizonte óxico rara vez ocurre fuera del área intertropical, generalmente se presentan en áreas cuya altitud no supera los 2000 m, se desarrollan sobre relieve casi plano, con pendientes que por lo general no exceden del 10% y comúnmente se presentan en altiplanicies, terrazas altas o pedimentos antiguos. Aunque pueden presentarse en zonas ecológicas muy variables, su cubierta vegetal más común suele ser el bosque húmedo o muy húmedo tropical.

El material parental suele ser muy variable, aunque con mayor frecuencia los Oxisoles se forman a partir de sedimentos que han sido previamente intemperizados transportados, o de saprolitas que aunque pudieron ser originalmente ricas en minerales ferromagnesianos fácilmente intemperizables, fueron objeto de intensos procesos de intemperización durante largos períodos.

Procesos tales como la desilificación, la concentración de óxidos de hierro y de aluminio, la descomposición casi completa de los minerales intemperizables primarios (más del 90% de su contenido) y secundarios, la lixiviación de las bases y la acidificación extrema, son fenómenos comunes a todos los suelos de este orden. La desilificación es el resultado de la intensa y prolongada intemperización de los minerales de alumino-silicatos primarios y secundarios y de la continua pérdida de sílice del sistema, a medida que incrementa la acidez por el lavado de las bases.

La ferritización o acumulación progresiva de óxidos de hierro libre relativamente insolubles y poco móviles, es en parte responsable del intenso color rojo de algunos Oxisoles.

Existen evidencias que debido quizá a la alta precipitación bajo la cual se forman estos suelos, muchos Oxisoles son objeto de procesos de eluviación-iluviación con la consiguiente movilización de arcilla y de otros coloides hacia las capas más profundas. Por esta razón los horizontes más superficiales de los suelos más intensamente eluviados con frecuencia se caracterizan por texturas con bajos contenidos de arcilla y limo. En las capas del solum por el contrario suele acumularse una apreciable cantidad de arcilla iluvial, hallazgo que justifica la presencia de un horizonte argílico. Sin embargo existe controversia en este punto porque

hay una relativa inmovilidad que le confieren los óxidos de hierro a la arcilla de estos suelos, sumada a la baja proporción de arcilla dispersable en agua, a la escasa proporción de minerales intemperizables formadores de arcilla, y a la avanzada edad y grado de intemperización de los Oxisoles, éstos, han sido tradicionalmente aceptados como argumentos de peso para excluir la presencia de cantidades significativas de arcilla iluvial en los suelos de este orden. (USDA, 1988)

Como se puede observar, el desarrollo de los diferentes horizontes está en función de la combinación de los factores formadores del suelo.

En las áreas montañosas cálido-húmedas de México se presenta una dinámica particular de remoción y acumulación de material que determina la formación de suelos jóvenes con poco desarrollo y suelos muy antiguos con alta intemperización. Esta dinámica se ha venido alterando desde que el hombre ha estado cultivando los suelos, dejándolos expuestos a cambios climáticos y pérdida de material, lo que repercute en sus propiedades físicas y químicas.



BIBLIOTECA
INSTITUTO DE ECOLOGIA
UNAM

2.2 Factores formadores del suelo

• Roca Madre

El suelo está formado de constituyentes minerales y materia orgánica formada en forma predominante de restos de plantas muertas y en descomposición, mientras que el material mineral proviene de los constituyentes de las rocas (FitzPatrick, 1985). La formación del suelo comienza con la descomposición de la roca madre, acelerándose el proceso cuando se agregan materiales vegetales.

La velocidad con que se origina un nuevo suelo, sobre roca, incrementa por actividad vegetal, animal y microbiológica, dependiente además de la clase de roca, la temperatura, la cantidad de lluvia en relación a la evapotranspiración potencial y relieve del terreno (Hardy, 1970).

Un suelo joven tiene mayor influencia y relación con el material original (Buol, 1970). La textura y contenido de nutrientes de un suelo son propiedades heredadas del material parental (Ortíz, 1984).

• Relieve

La posición topográfica de un suelo, considerado como parte del paisaje, proporciona un índice de su estabilidad, probabilidad de supervivencia y desarrollo. Los suelos que se forman sobre laderas de pendientes mayores a 30° no se consideran estables, pues son erosionables. Por otra parte, suelos formados sobre laderas de poca inclinación, expuestos a arrastres lentos, pueden sobrevivir hasta llegar a la madurez (Hardy, 1970)

La orientación de las laderas afecta la dinámica y contenido de materia orgánica de los 10 cm superficiales del suelo, hacia el norte se dan temperaturas mayores que en el sur, provocando una mineralización más rápida y la intensidad de los rayos del sol sitúa a las plantas bajo una mayor carencia de humedad y reduce la producción de raíces.

Las propiedades de los suelos relacionadas con el relieve son: profundidad del suelo; espesor del horizonte A, contenido de materia orgánica; humedad relativa del perfil; color del perfil; grado de diferenciación de horizontes; reacción del suelo; contenido de sales solubles; tipo y grado de desarrollo de "panes"; temperatura y tipo de material inicial.

Aun cuando hay propiedades específicas de los suelos que llegan a reconocerse adecuadamente, atribuyéndose a factores del relieve en una zona dada, esas relaciones con frecuencia no son válidas en otras zonas de diferente clima, material inicial, ambiente biológico o edad. El papel desempeñado por el relieve sólo se puede evaluar en una zona regional o local (Buol, 1988)

• Organismos

Los organismos del suelo como factor formador incluyen: vegetación, fauna, microorganismos y hombre. La vegetación suministra continuamente residuos orgánicos como ramas, hojas, flores, frutas, que al descomponerse son incorporados al material mineral del suelo siendo importante señalar que la cantidad total de residuos vegetales que se depositan en el suelo, varía con la clase de formación vegetal.

La calidad de los residuos vegetales basada en el contenido de sustancias nutritivas inorgánicas y tipo de compuestos bioquímicos así como su descomposición determinan en gran parte las características del suelo. Una rápida degradación de la hojarasca se da cuando los animales y microorganismos del suelo están presentes en gran número, pues las condiciones ambientales son favorables para su actividad.

El hombre es importante durante la formación del suelo, pues el lo destruye mediante un manejo agrícola inadecuado y hace que en él se origine una continua erosión, así también interviene cuando utiliza técnicas modernas, abono, fertilizantes y enmiendas, o protege sus cultivos contra plagas y enfermedades (Hardy, 1970)

• Clima

El clima influye sobre la formación de suelos por el control de algunas de las reacciones químicas y físicas que tienen lugar en los suelos, y también porque afecta al factor orgánico, al relieve y el tiempo. Los climas cambian con el tiempo y aun cuando estas alteraciones tienen lugar en periodos prolongados, algunos se producen dentro de la edad de algunos suelos (Buol, 1988)

La temperatura como componente del clima tiene la principal función en la formación del suelo de seguir como catalizadora de las muchas reacciones químicas e interacciones comprendidas en la descomposición y transformación de la roca madre y de la vegetación muerta y de otros organismos cuyos productos de descomposición incluyen el humus. La descomposición es más rápida, cuanto mayor es la temperatura. La velocidad de una reacción química se duplica o triplica con cada aumento de 10°C en la temperatura. Las temperaturas son mayores en la superficie y disminuyen considerablemente con la profundidad del suelo (Hardy, 1970)

La temperatura ejerce una influencia marcada sobre el tipo y cantidad de vegetación y materia orgánica producida en una zona determinada.

Se ha demostrado que varias propiedades de los suelos son dependientes de la temperatura. Al elevarse ésta, los colores del suelo tienden a hacerse menos grises y más rojizos; las bases tienen una lixiviación más completa en las zonas cálidas; el contenido de nitrógeno y el de materia orgánica disminuye al aumentar la temperatura, y el contenido de arcilla aumenta.

La Lluvia. El agua es un agente necesario para la formación de suelos, ya que disuelve los materiales solubles y propicia el crecimiento de plantas y otros organismos que contribuyen con materia orgánica al suelo; transporta material de unas partes del suelo a otras, rompe físicamente los materiales al congelarse.

Las funciones del agua dentro del perfil de suelo, como por ejemplo la entrada o escurrimiento se ven regulados por el relieve, textura, porosidad y potencial de contracción y dilatación. Así también el desplazamiento de lluvias totales dentro del suelo produce pérdidas de agua principalmente por evaporación en la superficie por consumo vegetal (Buol, 1988). Cuando la precipitación excede a la evapotranspiración máxima el agua puede acumularse como exceso de lluvia pedológicamente efectiva (Hardy, 1970)

• Tiempo

La formación del suelo es un proceso muy lento que requiere miles y hasta millones de años. (FitzPatrick, 1985). En rocas resistentes, el tiempo necesario para producir una unidad de profundidad del suelo puede estimarse en siglos, pero en sedimentos no consolidados como por ejemplo, ceniza volcánica y loess, el tiempo es mucho más corto (Hardy, 1970)

Algunos horizontes se diferencian antes que otros, los horizontes húmíferos A se desarrollan rápidamente. El estado estático o de equilibrio en este horizonte se alcanza en un tiempo que va de 200 a 10,000 años dependiendo de las condiciones bioclimáticas locales (Birkeland, 1984). Otras investigaciones han mostrado que el equilibrio se alcanza en un período de 600 a 1,500 años, según la naturaleza de la vegetación y la composición química del material (Duchaufour, 1984)

Los horizontes intermedios se diferencian con mayor lentitud, en especial cuando se requiere para translocación o intemperización, necesiéndose para el desarrollo de algunos de 4000 a 5000 años (FitzPatrick, 1985)

En la formación de un horizonte argílico los procesos de acumulación, neoformación y translocación de arcilla son muy lentos. Sin embargo, se puede formar más rápido si el contenido inicial de arcilla es alto.

Se ha hecho evidente que en la mayoría de los lugares se ha registrado una sucesión de climas diferentes, que indujeron cambios en la vegetación y en la génesis de los suelos. El resultado de ello es que se considera que los suelos tienen secuencias de desarrollo que manifiestan no sólo los factores y procesos actuales de formación de suelos, sino también un número variable de fases precedentes (FitzPatrick, 1985)

3. MARCO TEORICO II : EL CAFE

3.1 El café

El café se considera nativo de Africa, donde crece en estado silvestre. Forma parte de la gran familia de las Rubiáceas, de la que constituye el género *Coffea*, establecido por De Jussieu (1735).

En la actualidad se explotan en todo el mundo fundamentalmente dos especies: *Coffea arabica* L. y *Coffea canephora* Pierre.

Dentro de las variedades del grupo arábico y que se cultivan en la zona de estudio, están: *Coffea arabica* L. var. *typica*, *Bourbon*, *Caturra*, *Mundo Novo*, las cuales varían unas de otras por el número de ramas, ángulo de las mismas en relación con el tallo, distancia de los entrenudos, número de flores, tamaño de las hojas y de las semillas y altura del arbusto. (Téllez, 1983).

3.1.1 Ecología del Café

Varios son los factores que influyen para que se produzca el desarrollo y crecimiento del café.

Estos factores son: condiciones climáticas, altura sobre el nivel del mar, características de suelo y vegetación natural. A continuación se diagnostican, brevemente, varios de estos factores :

- **Temperatura**

Después del primer año de vida el arbusto se desarrolla mejor con temperaturas de 23°C durante el día y 17°C durante la noche, las cuales al parecer, son las más favorables para el desarrollo de la planta adulta (Téllez, 1983)

Las altas temperaturas parecen favorecer el desarrollo de las yemas ortotrópicas ya que éstas crecen altas y delgadas, muy poco ramificadas. En las regiones elevadas, donde la temperatura es más suave, se produce una densa formación de ramas laterales, que dan a la planta un aspecto más corpulento.

Los botones brotan en mayor cantidad cuando la temperatura es elevada (23°C a 30°C). Por debajo de 17°C durante el día y de 12°C por la noche no nacen botones. Cuando los botones alcanzan 6 mm de largo, se paraliza su crecimiento y caen en un estado de inactividad, especialmente cuando se trata de temperaturas elevadas. (Téllez, op. cit)

Bajo esas condiciones, muy pocos botones llegan a abrirse, y aquellos que lo hacen dan flores anormales. Además, temperaturas superiores a las óptimas para el café árabe originan un rápido crecimiento, fructificación temprana, sobrecarga en las ramas jóvenes, agotamiento prematuro y marchitez. Cuando las temperaturas son muy frías, el café árabe se desarrolla lenta e incompletamente, llegando a ser antieconómico, en tanto que los vientos pueden ennegrecer, distorsionar o marchitar las puntas de los brotes. (Haarer, 1982)

• Precipitación

El cafeto se halla en condiciones favorables para su desarrollo, cuando la humedad del aire es relativamente alta, alrededor de 70 a 90% (Téllez, 1983). Largos períodos de humedad cercanos al estado de saturación, promueven un ambiente adverso, que origina enfermedades que afectan la calidad del fruto.

Por otro lado, el cafeto es sensible al aire muy seco, el cual marchita el follaje, aun cuando haya suficiente reserva de agua en el suelo.

El cafeto prospera en regiones con precipitaciones de 1500 a 2000 mm al año, con un régimen de algunos meses menos lluviosos, o de relativa sequía, correspondiente al período de reposo vegetativo que precede a la floración principal (Téllez, op.cit)

Por debajo de 800 a 1000 mm de precipitación al año, incluso bien repartidas, el cultivo del cafeto se vuelve aleatorio, y la producción, en estas condiciones, es muy fluctuante. (Téllez, 1983)

• Altura sobre el nivel de mar

México comercializa fundamentalmente los cafés prima lavado producido entre los 600 y 900 m y café de altura entre 900 a 1200 m. La altitud es la que determina las características de calidad del café: cuerpo, aroma y acidez. A menor altura, disminuyen o desaparecen estas cualidades a tal grado que el café puede ser astringente o áspero.

Los cafés finos, y sobre todo el café clasificado como estrictamente de altura producido entre 1200 a 1500 m tienen las mejores características físicas, como tamaño y color, siendo

óptimas sus cualidades organolépticas de cuerpo, aroma y acidez. Cuanta más acidez tiene un café, es más fino y de mejor calidad (INMECAFE, 1986)

- **Luminosidad y Fotoperiodicidad**

El cafeto se cultiva a penumbra parcial o a plena exposición solar, considerando que de una zona a otra, se presentan factores ecológicos opuestos.

El café necesita menos sombra cuando el suelo presenta adecuadas propiedades químicas y físicas y además cuando la humedad del aire es más alta. La poda de los árboles de sombra es necesaria, en aquellas regiones en donde las condiciones del tiempo cambian apreciablemente a través del año, regulando el sombreado durante los meses secos y húmedos. (Henaó, 1982)

La sombra proporciona protección contra la sequía, erosión, viento y aumento de fertilidad del suelo dado principalmente por medio de los procesos de fijación de nitrógeno llevados a cabo a través de los nódulos de las raíces de las leguminosas, que se utilizan como plantas de sombra para el café.

Además, la sombra rompe la inestabilidad de la luz, reduciéndola a la cantidad requerida para producir cosechas constantes de importancia económica. El cultivo de café sin sombra, requiere fertilización mineral, uso de variedades capaces de utilizar la energía radiante, precipitación no inferior a 1000 mm anuales, ni mayor de 2000 mm, distribuidos en 9 meses, como mínimo temperatura que fluctúe entre 17 y 23°C, y prácticas como: supresión de malezas, prevención de enfermedades, poda en período de descanso, densidad de población de cafetos no inferior a 4.500 por hectárea, aplicación periódica de materia orgánica al suelo para mejorar su capacidad de retención de humedad. (Henaó, 1982)

El cafeto es una planta de fotoperíodo corto. La formación de los botones de los cafetos silvestres ocurre cuando los días tienen menos duración. (Téllez, 1983)

3.1.2 Suelos Cafetaleros

El cafeto no parece tener exigencias bien definidas en cuanto a la naturaleza de los suelos. Se le encuentra creciendo en suelos desarrollados a partir de diferentes formaciones litológicas. En la mayoría de las áreas cafetaleras los suelos son de origen volcánico, pueden estar desarrollándose sobre cenizas volcánicas, o pueden encontrarse intemperizados. De menor importancia son los suelos desarrollados sobre rocas sedimentarias silíceas o calcáreas (Licona, 1979)

Los suelos con propiedades físicas, químicas y biológicas adecuadas, son primordiales para el ciclo de vida del cafeto, pues es una planta que no tolera los suelos pesados y arcillosos muy plásticos, debido a que éstos son poco porosos y no permiten la circulación del aire, ello impide el suministro indispensable de oxígeno para que la planta respire a través de las raíces (Téllez, 1983)

Por todo el mundo, los suelos de los cafetales son generalmente de estructura granular, de consistencia friable, textura migajosa, buen drenaje y aireación, de origen laterítico o volcánico y de colores pardos y rojos (Téllez, 1983) y (Coste, 1984)

Los suelos deben ser bien drenados y tener un 3% de materia orgánica. El pH del suelo no debe ser mayor de 7, siendo el óptimo entre 4.5 y 6.5. No deben ser pedregosos ni rocosos. No deben tener carbonato de calcio libre. No deben ser salinos ni alcalinos (Téllez, 1983)

Dentro de los elementos que requiere el cafeto para una producción alta y de calidad, tenemos a los siguientes :

- **Nitrógeno.** Este es un elemento que el cafeto requiere en mayor proporción para lograr su desarrollo normal. Influye de forma especial, en el desarrollo vegetativo, que incluye la formación y el desarrollo de las hojas. Regula la absorción del fósforo y el fortalecimiento de las raíces.
- **Fósforo.** Se requiere en cantidades limitadas. Su principal efecto es en las raíces, también influye en la fructificación y calidad de los frutos (Henao, 1982)
- **Potasio.** Es un elemento que es absorbido por la planta durante todo el año en cantidades crecientes que alcanzarán su máximo en el período de la maduración. Una reserva suficiente de potasio en la planta disminuye la cantidad de frutos sin granos. Además, el potasio al igual que el fósforo contribuye a aumentar la resistencia de la planta contra las enfermedades .
- **Calcio.** La carencia de calcio se manifiesta por clorosis en los bordes de las hojas jóvenes y en casos muy graves, la muerte de los ápices vegetativos en desarrollo.
- **Magnesio.** Los síntomas de deficiencia también se manifiestan por signos de clorosis. (Téllez, 1983)

3.1.3 El café en México

En México, la cafeticultura destaca por su importancia económica y social. El cafeto se cultiva en los siguientes estados de la República Mexicana: Chiapas, Colima, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tabasco, Nayarit y Veracruz. Cubre una superficie de 400 mil hectáreas. Entre los productos de exportación, ocupa un lugar destacado en el comercio internacional: tan sólo lo supera en importancia el petróleo. Es también el cultivo perenne de zonas tropicales más relevantes del país. La cafeticultura provee de ocupación a 95 mil productores y alrededor de 300 mil empleados.

De la superficie total cultivada con café, un 84% corresponde a pequeños productores que cuentan con un promedio de 3 hectáreas por parcela y aportan un 29% de la producción. (Nolasco, 1985)

Desde el punto de vista ecológico, las zonas cafetaleras se encuentran ubicadas en regiones tropicales montañosas, con relieves abruptos y climas cálidos, semicálidos y templados, con abundancia de precipitación durante casi todo el año. La vegetación climax que generalmente se desarrolla bajo estas condiciones, es de selvas altas y medianas perennifolias y subcaducifolias, las que se caracterizan por tener ecosistemas sumamente complejos y sobre todo, muy susceptibles a un desequilibrio irreversible. Por motivos de relieve y clima, los suelos de estas zonas pueden fácilmente degradarse si no se ponen en práctica técnicas de conservación en las áreas abiertas al cultivo. (Nolasco, op. cit)

Las condiciones bajo las cuales el cafeto tiene buen desarrollo en nuestro país son: un clima tropical, temperaturas que van de 15°C a 23°C, precipitaciones medias anuales que oscilan entre los 1500 y los 3000 mm. La altitud a la cual se desarrolla el cafeto en México es de 400 a 1600 m (Ruesga, 1983)

En México se cultiva el café bajo sombra, los árboles que se utilizan con este propósito son los siguientes géneros:

Nombre científico	Nombre común
<i>Inga jinicuil</i> Schl.	Cuajinicuil
<i>Pithecellobium</i> sp.	Guamuchil
<i>Albizia</i> sp.	Guaje
<i>Alchornea latifolia</i> Sw.	Pozol agrio
<i>Luehea candida</i> (DC.) Mart.	Cuahualote blanco
<i>Platanus oaxacana</i> St.	Alamo

Los suelos de las zonas cafetaleras del país provienen de diferentes rocas y ceniza volcánicas. Las zonas de nuestro país donde se produce el café de mayor calidad son : Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Puebla, Hidalgo y Guerrero. Debido a que tienen las condiciones óptimas edáficas y medioambientales para producir un café rico en cuerpo, de buen sabor y excelente aroma (Ruesga, 1983)

El café de México es de calidad, pero en contraste con otros países, su producción se caracteriza por sus bajos rendimientos y por la carencia de tecnificación en su cultivo. Se considera que de 10 a 14 quintales por Ha. (un quintal es equivalente aproximadamente a un saco de 60 Kg.) es un rendimiento "regular"; la mayoría de los cafecultores mexicanos reporta cosechas de menos de 10 qq/Ha y existe una alta proporción con resultados de cinco o menos qq/Ha. (Nolasco, 1985)

3.1.4 El café en Oaxaca

Este producto tiene primordial importancia en la economía agrícola del Estado, ya que ocupa el primer lugar en el valor de la producción. A nivel nacional, Oaxaca ocupa el tercer lugar como productor de café, después de Chiapas y Veracruz (Banco de Comercio, 1975)

Existe un atraso en la cafecultura oaxaqueña en comparación con la chiapaneca debido a deficiencias en técnicas, no hay uso de fertilizantes y además, las plantaciones oaxaqueñas son muy viejas, (alrededor de 25 años). La principal zona cafetícola se localiza cerca de la Costa del Pacífico, en las áreas montañosas de Pluma Hidalgo, Juquila y el Bule (distrito de Pochutla). Esta zona aporta el 50% de la producción estatal de café. Aquí se han adoptado mejores técnicas y se utilizan fertilizantes (Banco de Comercio, 1975)

Otras zonas importantes en el cultivo de café son las de la Sierra de Juárez y la Sierra Mazateca. En esta zona lo accidentado del terreno, su difícil acceso y los métodos tradicionales de cultivo hacen que los rendimientos sean muy bajos. Otras ciudades de importancia comercial en el café son Juquila, Teotitlán del Camino e Ixtepec. En ellas se concentra el café pergamino para convertirlo en oro y ser ensacado (después de un proceso de limpia, clasificación y desmanchado). Existen 156 beneficios en la entidad que trabajan en húmedo y 46 y se concentran en las zonas cercanas a la ciudad de Oaxaca y a la zona de Pochutla.

En la comercialización del café, se presentan varios problemas dada la lejanía de las zonas productoras, aunado a las desigualdades económicas, culturales y aun étnicas lo que propicia la presencia de numerosos intermediarios que, mediante adelantos de dinero al productor, obtienen su cosecha a precios más bajos que los que se pagan en el mercado (Banco de Comercio, 1975)

3.1.5 El café en Guerrero

El cafeto es uno de los cultivos importantes en el Estado. A diferencia del maíz, el área de explotación del café está muy localizada. En el municipio de Atoyac de Alvarez se produce aproximadamente el 90% del café guerrerense; y en sus vecinos municipios de Tecpan y Petatlán, el resto.(Banco de Comercio, 1975)

Guerrero es el sexto productor de café en México, con un aporte de 258,924 Qq que significan el 6% de la producción nacional. El cultivo ocupa el cuarto lugar en relación a la producción agrícola estatal sembrado sobre una superficie de 44,892 hectáreas de producción distribuidas en 74 comunidades y/o ejidos de 13 municipios. En el municipio de Atoyac, el número de hectáreas en producción sembradas con café asciende a 20,313 Has. que representa el 67.5% del Estado.

El promedio de producción en el municipio es de 8 Qq/Ha, cifra que debe ser tomada con reservas, ya que no permite visualizar que la producción del mayor número de ejidatarios

El cafeto en este municipio, no es fertilizado, factor que repercute en la producción. Y la falta de caminos de acceso a los centros productores, los intermediarios son otros de los problemas de primer orden para los cafecultores. (Banco de Comercio, 1975)

3.2 Broca del café

Actualmente una de las principales plagas que enfrenta el cultivo del café es el de la broca *Hypothenemus hampei* Ferr, altas infestaciones provocan una reducción en la calidad y cantidad del producto final hasta en un 50% (Clemente et al, 1994)

Para entender la problemática de una plaga, es importante conocer su origen, biología y hábitos, así como la de su hospedero, además del ambiente donde se desarrollan. Tanto la planta de café como la broca del fruto del cafeto, son originarios de Etiopía, Africa, donde se encuentran en forma silvestre hasta una altura de más de 1500 m; una precipitación de 1500 a 2000 mm y temperatura de 17 a 20°C. La broca en México se detectó por primera vez en el estado de Chiapas en 1978 y en Oaxaca en 1989. (Córdova, 1994)

Se estima que 42,000 Has. de las 173,800 Has, cultivadas por café en el estado de Oaxaca, se encuentran infestadas por broca (Aragón, 1994). La broca es un insecto que pertenece al orden Coleoptera, fam. Scolytidae (Morón, 1988). Su reproducción es por vía sexual, pero también puede ser por partenogénesis. La hembra oviposita un mínimo de 31 huevos y un máximo de 119, con un promedio de 74 huevos puestos por una hembra durante toda su vida. La longevidad de las hembras es mucho mayor que la de los machos. Las hembras viven un promedio de 150 días y pueden alcanzar hasta un máximo de 250 días.

Los machos de la broca son muy diminutos, en comparación con las hembras; además los machos carecen de alas funcionales para el vuelo. Debido a ello es que la fecundación se realiza en el interior del fruto. En las poblaciones de broca existe una diferencia bien marcada entre el número de brocas hembras y machos, generalmente, son las hembras las más abundantes (Muñoz, 1989).

Se ha observado que los frutos "residuales" que quedan en las plantas después de la cosecha proporcionan refugio y alimento a las larvas y adultos de la broca, en donde permanecen mientras los frutos producidos por la floración "temprana" subsecuente adquieren la consistencia adecuada para ser colonizados y aprovechados por otra generación del escolítido, que a su vez tomará parte en la infestación de los frutos procedentes de la floración "normal" del cultivo, desde donde pasarán a los nuevos frutos "residuales" producto de la floración "tardía", reiniciando el ciclo anual. La actividad de las larvas y los adultos destruye o deforma las semillas del cafeto, disminuyendo notablemente la producción y la calidad del producto (Morón, 1988)

Desde 1988 el proyecto "Broca del Café" del CIES (Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste) ha venido desarrollando actividades sobre el control biológico de *H. hampei* por medio de parasitoides de origen africano. En 1990 inició otra línea de investigación, dentro del mismo control biológico, para investigar el potencial del hongo entomopatógeno

Beauveria bassiana, con el objetivo primordial de incorporarlos dentro de un programa de manejo integrado de la plaga (Reyes et al, 1994).

Beauveria bassiana a través del Centro Reprodutor de Entomófagos y Entomopatógenos del ITAO No. 23 , en el estado de Oaxaca, ha sido identificado, aislado, conservado y reproducido masivamente para la elaboración de un bioinsecticida que se destina a sanear la problemática de la cafecultura del estado de Oaxaca (y otros estados del país) ante la presencia de la broca del café (Sánchez et al, 1994).

4. DESCRIPCION GENERAL DE LA ZONA DE ESTUDIO

A. Caracterización Geográfica de la zona de Oaxaca

El Estado de Oaxaca se localiza en la porción sureste del territorio nacional entre los paralelos 15° 39' y 18° 42' de latitud norte, y los meridianos 93° 52' y 98° 32' de longitud oeste. Limita al norte con los Estados de Veracruz y Puebla, al este con Chiapas, al oeste con el Estado de Guerrero y al sur, con el Océano Pacífico, abarcando esta última una longitud de 509 Km de litoral con el Océano Pacífico.

Oaxaca es uno de los estados más extensos de la República Mexicana, con una superficie de 93 mil Km² que corresponden al 4.7% del país; ocupa el quinto lugar a nivel nacional por su extensión. Políticamente se divide en 570 municipios que agrupan un total de 3,767 localidades de las cuales el 57.6% corresponden a ranchos, rancherías y localidades menores, lo que da una idea de su gran dispersión poblacional. (De la Madrid, 1972)

Por razones administrativas se ha mantenido la denominación para 30 distritos.

4.1 Ubicación del Distrito de Teotitlán

El Distrito de Teotitlán se localiza al norte del Estado de Oaxaca, limita por el oeste con el Distrito de Coixtlahuaca, al norte con el Estado de Puebla; al este con Tuxtepec; al sur con Cuicatlán y al suroeste con Nochixtlán. (Figura 1)

La superficie del distrito es de 2,000.49 Km². Está compuesto por 25 municipios (Secretaría de Gobernación, 1988).

El área de estudio se encuentra en el municipio de Santa María Chilchotla (Figura 2).

4.2 Geología

La Sierra de Juárez de acuerdo a López (1983), se encuentra limitada al noroeste por el Eje Neovolcánico, al oeste por la provincia de Tlaxiaco, al sur por la Sierra Madre del Sur y el Altiplano Oaxaqueño, al oriente por las provincias de San Andrés Tuxtla y las subprovincias

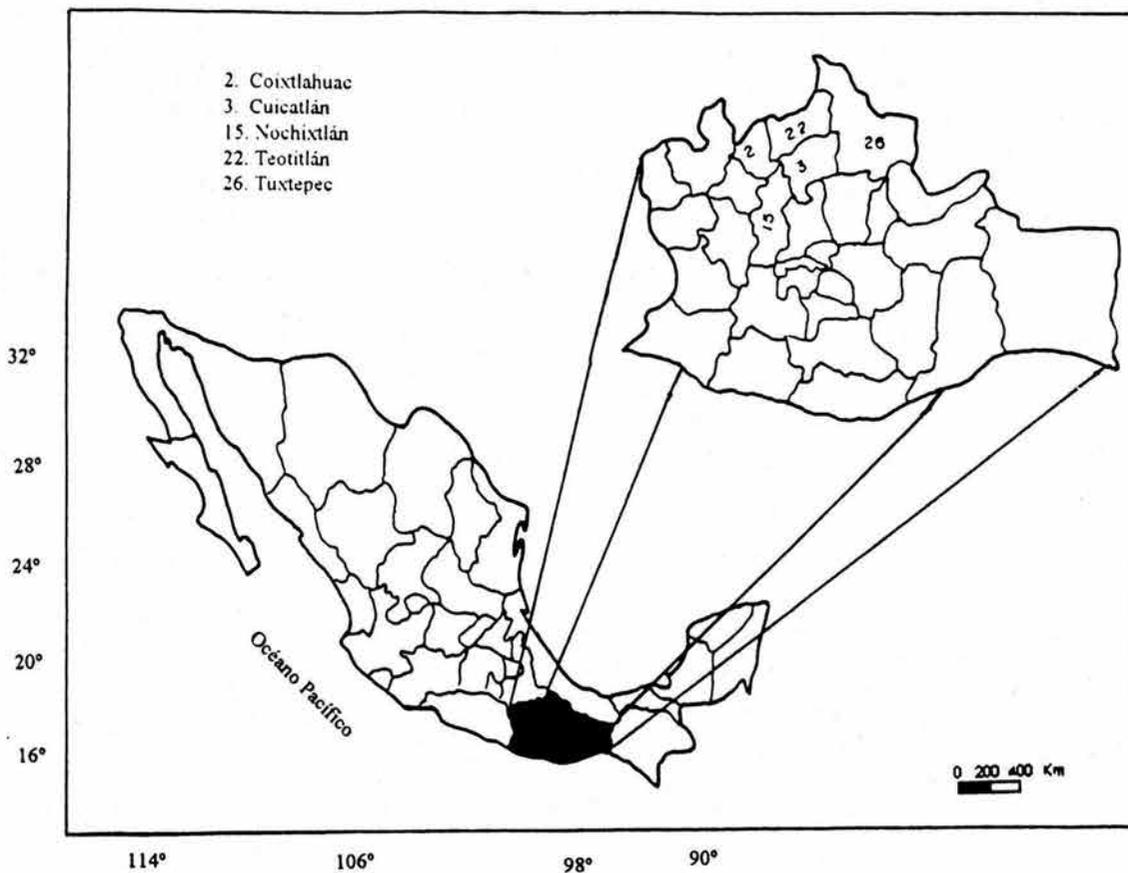


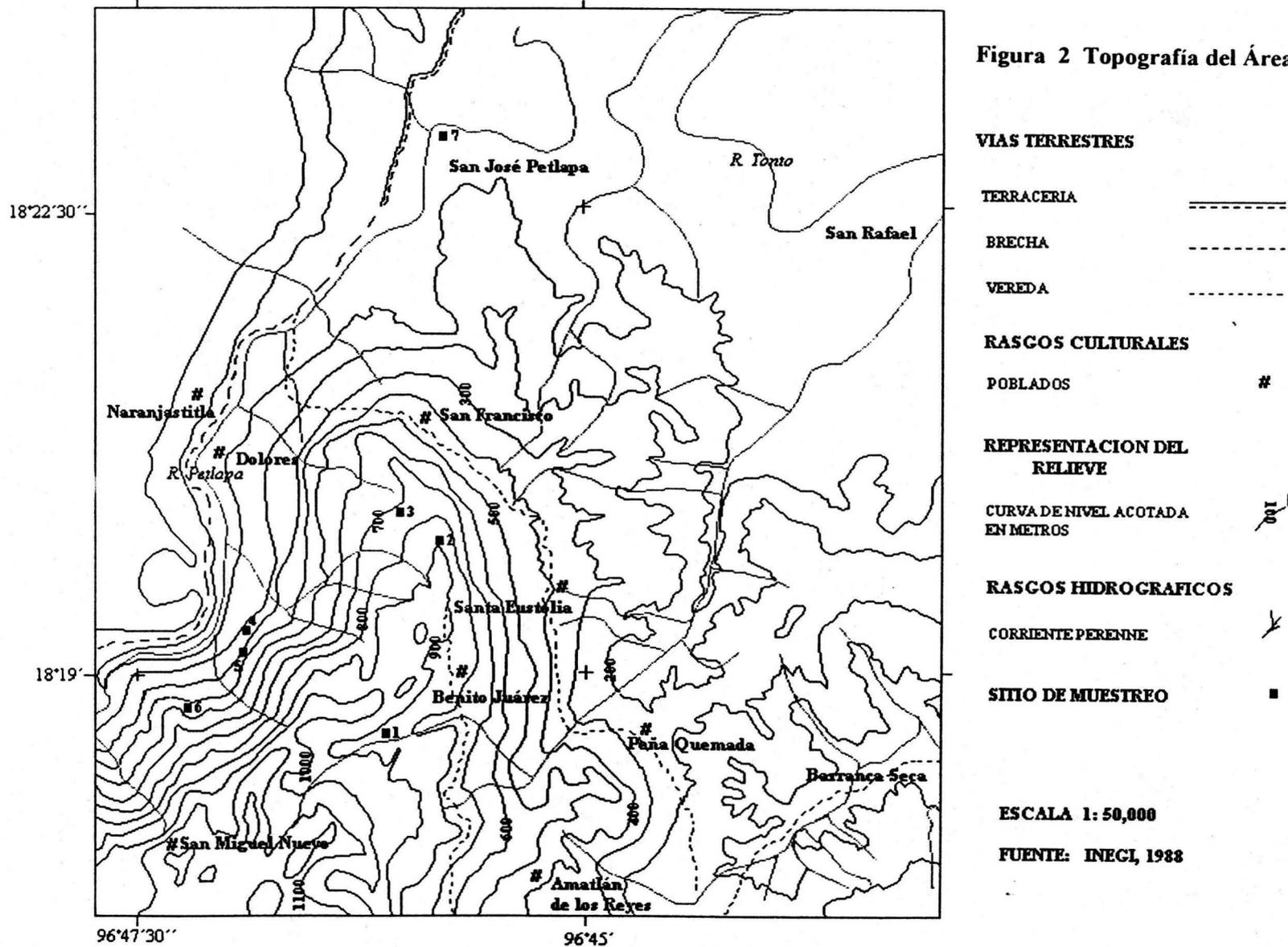
Figura 1 Ubicación del Distrito de Teotitlán, Estado de Oaxaca

de las cuencas terciarias del sureste y al noreste por la Cuenca de Veracruz. Considerando a Ortega (1992), está delimitada de la siguiente manera : (Figura 3)

El Paleozoico está representado por rocas metamórficas que descansan discordantemente sobre gneiss y granitos del basamento cristalino, las cuales forman gran parte de la masa de la sierra. La Sierra de Juárez yace en discordancia sobre las rocas metamórficas del Paleozoico Superior, una gruesa serie de rocas sedimentarias marinas depositadas en aguas poco profundas cercanas a la costa o bien de ambientes mixtos.

Esta serie está constituida de lutitas calcáreas de color gris claro a pardo, amarillentas al intemperizar, que alternan con lechos de areniscas de grano fino a medio y caracterizadas por un color pardo amarillento que presentan un color rojo al intemperismo y ocasionalmente con capas delgadas de caliza de color gris claro a oscuro. Se coloca a la formación cerca del contacto Jurásico-Cretácico por los restos de cicadofitas correspondientes a estos periodos. Su espesor sobrepasa a los 600 m (López, 1981)

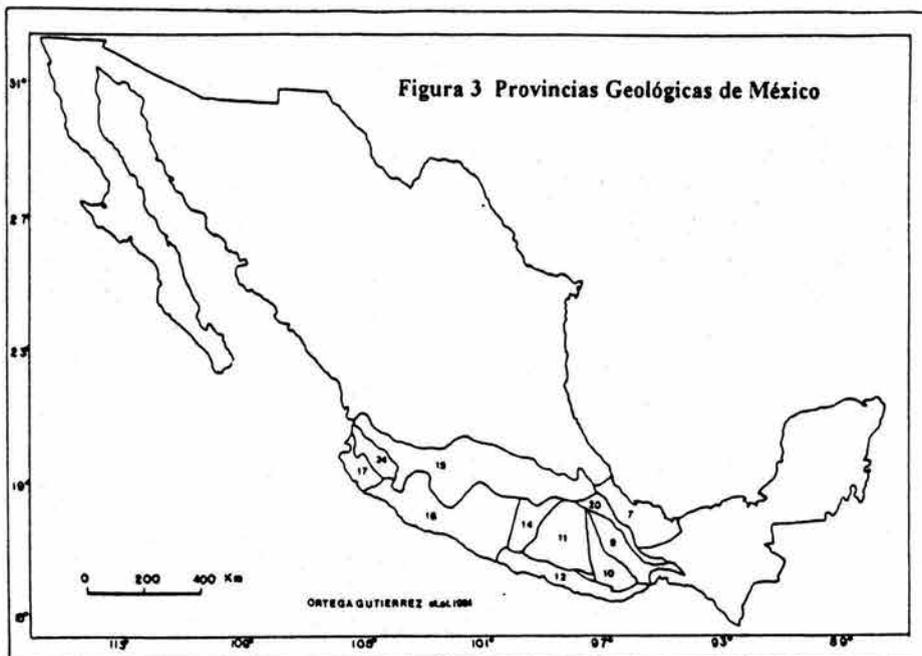
Durante los periodos Jurásico y Cretácico los mares cubrieron gran parte del territorio nacional y se desencadenaron importantes procesos de depositación sedimentaria marina. La



era Cenozoica se caracteriza por su actividad ígnea que ha sido recientemente relacionada con el choque y hundimiento de placas litosféricas, de las cuales dan testimonio los fondos oceánicos que existen debajo de la corteza continental de México.

En relación al Paleoceno en la porción noreste de la Sierra de Juárez, en los alrededores de la presa Miguel Alemán se encuentra sobreyaciendo a rocas del Cretácico Superior como afloramientos de sedimentos de la formación Chicontepec caracterizada por lutita y areniscas.

La Sierra de Juárez tiene representados tres períodos de actividad ígnea, uno de ellos el más antiguo, es del pre-Mesozoico y le corresponden los cuerpos intrusivos de granitos y de aplitas graníticas que forman parte del basamento cristalino.



Leyenda. (Entre paréntesis se indica su edad y origen): 7. Cuenca Deltaica de Veracruz (C, sc); 9. Cuicateca (M, vs); 10. Zapoteca (Pc, c); 11. Mixteca (P, c); 12. Chatina (M, p); 14. Plataforma de Morelos (M, sm); 15. Faja Volcánica Transmexicana (C, v); 16. Complejo Orogenico de Guerrero-Colima (M, vs); 17. Batolito de Jalisco (M, p); 20. Cinturon Mexicano de Pliegues y Fallas (M, sm); 24. Faja Igimbrítica Mexicana (C, v)

Edad. Pc - Precámbrico; P - Paleozoico; M - Mesozoico; C - Cenozoico

Origen: m - metamórfico; p - plutónico; v - volcánico; vs - volcanosedimentario; sm - sedimentario marino; sc - sedimentario continental; c - complejo.

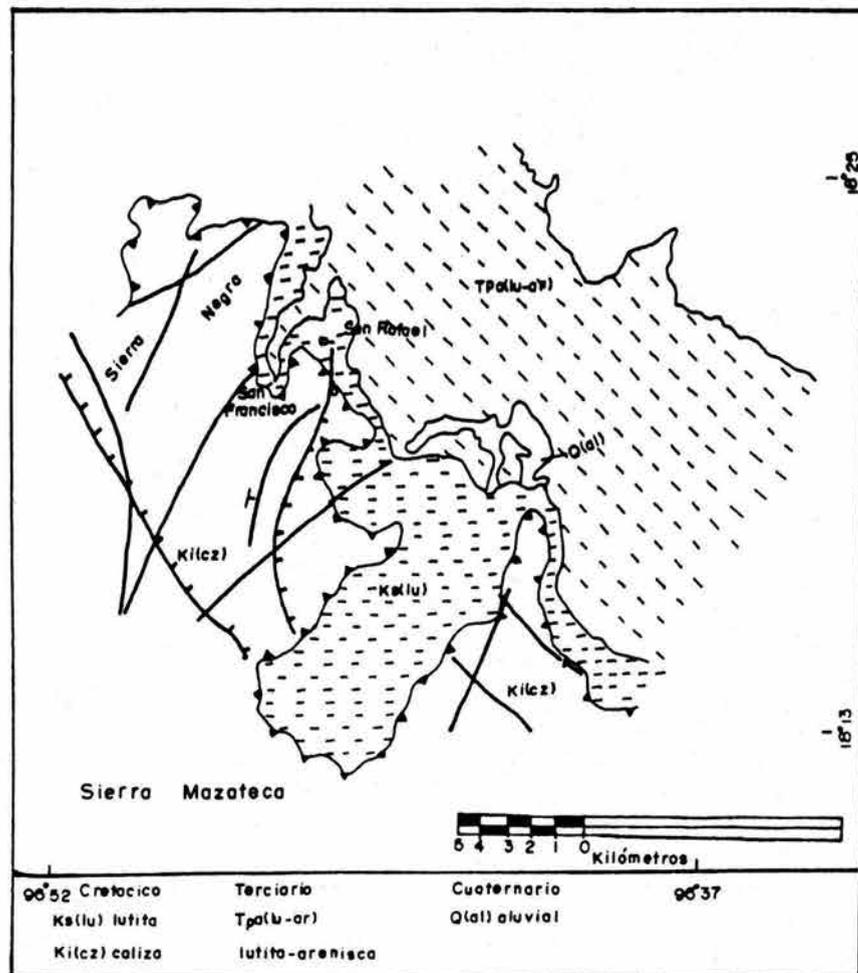
Durante el Cretácico tuvo lugar el segundo período de actividad magmática, representados por cuerpos intrusivos que alcanzaron dimensiones relativamente grandes de composición granodiorítica. El último período de actividad fue de tipo volcánico y se registró en el Terciario Superior; con derrames de lavas andesíticas y depósitos de grandes cantidades de sedimentos piroclásticos de la misma composición. (SPP, 1981)

Con base en lo señalado por la SPP (1981), las zonas bajas de la Sierra de Juárez se encuentran sobre elementos del Mesozoico (Cretácico Inferior) y las partes medias corresponden al Jurásico Inferior con elementos del Triásico; hacia las cumbres dominan elementos del Pérmico.

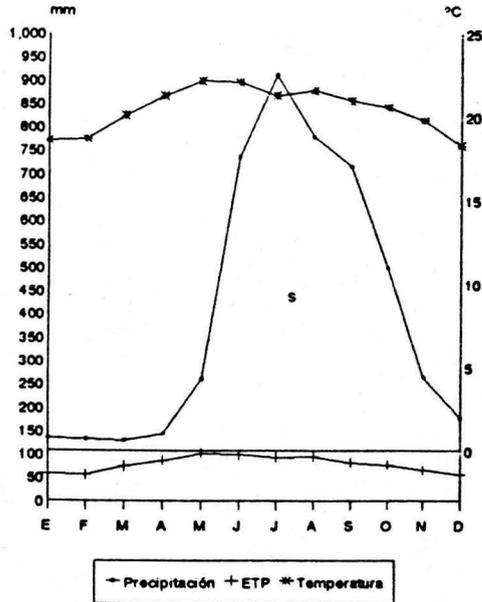
La zona de estudio se vió influenciada por movimientos tectónicos ocasionados a principios del Terciario que correspondieron con el plegamiento de la Sierra Madre Oriental. Dichos movimientos tuvieron como efecto fracturas, fallas ocasionando hundimiento y cabalgamiento de placas.

Como cabalgamiento se designa al conjunto de efectos de un proceso tectónico mediante el cual una masa o conjunto de rocas se llega a situar encima de otra sobre la que descansa a lo largo de una superficie de movimiento tectónico relativo de inclinación más bien tendida. (Metz, 1963) (Figura 4)

Figura 4 Geología del Área de Oaxaca



Estación Cataluña, Oaxaca



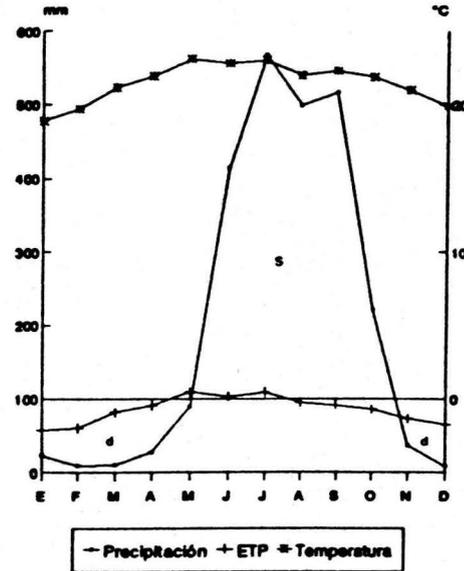
Fuente: C.N.A.

Régimen Perúdic

MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
T 29 Años	18.60	18.70	20.10	21.30	22.20	22.10	21.30	21.60	21.00	20.60	19.80	18.30
P 29 Años	134.80	132.00	129.70	144.50	261.30	736.70	912.40	779.40	716.50	498.10	263.9	177.40
i	7.31	7.37	8.22	8.97	9.55	9.49	8.97	9.17	8.78	8.53	8.03	7.13
E	61.37	62.11	72.91	82.92	90.90	89.99	82.92	85.54	80.35	76.99	70.51	59.20
18° (K)	0.96	0.90	1.03	1.05	1.12	1.10	1.13	1.10	1.02	1.00	0.94	0.95
ETP	58.92	55.90	75.10	87.07	101.81	98.98	93.69	94.09	81.96	76.99	66.28	56.24

Coordenadas
 Latitud 18° 17' N
 Longitud 96° 43' W de G
 Altitud 1000 m
 i 101.52
 a 2.22
 Temp. media anual 21.4° Isotérmico

Estación El Coatepín, Guerrero



Fuente: C.N.A.

Régimen Ústico-Údico

MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
T 13 Años	18.90	19.70	21.20	22.00	23.10	22.80	23.00	22.00	22.30	21.90	21.00	19.90
P 13 Años	23.30	9.40	10.50	27.40	89.60	414.20	567.10	498.70	516.90	221.30	36.60	8.40
i	7.49	7.97	8.91	9.42	10.15	9.95	10.08	9.42	9.62	9.36	8.78	8.10
E	59.95	66.25	79.06	86.45	97.24	94.22	96.22	86.45	89.32	85.50	77.28	67.88
17° (K)	0.96	0.91	1.03	1.05	1.12	1.09	1.13	1.09	1.02	1.00	0.94	0.96
ETP	57.55	60.28	81.43	90.77	108.91	102.69	108.73	94.23	91.11	85.50	72.64	65.16

Coordenadas
 Latitud 17° 25' N
 Longitud 99° 58' W de G
 Altitud 1800 m
 i 109.25
 a 2.41
 Temp media anual 22.5°C Isohipertérmico

La Sierra de Juárez se localiza dentro de la región dominada por los vientos alisios del Hemisferio Norte, que se presentan durante el verano, desde el nivel del mar hasta los 3000 m de altitud; estos vientos recogen humedad de las aguas cálidas del Golfo de México, que se precipita en la zona a causa de movimientos convectivos del aire y del enfriamiento adiabático que sufren al ascender por las laderas montañosas.

Considerando a la estación climatológica Cataluña (1000 m) que tiene su área de influencia en el área de estudio (establecida por medio de los Polígonos de Thiessen), se tiene un clima correspondiente a A (C) f (m) i g, semicálido húmedo con lluvia todo el año, mostrando una temperatura media anual de 20.4°C, y una precipitación total anual de 4886.7 mm (García, 1988) (Figuras 5, 6)

Simbología de la determinación de los regímenes de humedad

T	:	Temperatura media mensual
P	:	Precipitación mensual
i	:	Índice de calor mensual dado por la fórmula $i = (T/5)^{1.514}$
I	:	Índice de calor anual obtenido por la suma de los 12 valores mensuales de "i"
a	:	Exponente que se determina por la siguiente ecuación : $a = (0.00000675 \times I^3) - (0.0000771 \times I^2) + (0.01792 \times I) + 0.49239$
E	:	Evapotranspiración potencial mensual sin corregir dada por la expresión : $E = 16 (10/I)^a t^a$
K	:	Factor de corrección por latitud
ETP	:	$E \times K$
mm		
d	:	Deficiencia de humedad
s	:	Demasía de humedad

4.6 Vegetación

La zona de estudio se caracteriza por presentar como vegetación autóctona bosque tropical perennifolio el cual se desarrolla comúnmente en México en altitudes entre 0 y 1000 m. El bosque tropical perennifolio es una comunidad biológica compleja, en la cual predominan árboles siempre verdes de más de 25 m de alto. Dentro de las especies arbóreas encontradas están las siguientes:

Nombre científico	Nombre común
<i>Terminalia amazonia</i> (Gmel.) Exell.	Almendro
<i>Vochysia hondurensis</i> Srague.	Corpus
<i>Andira galeottiana</i>	Palo de seca
<i>Sweetia panamensis</i> Benth.	Guayacán

<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	Nazareno
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Copaiba
<i>Sickingia rhodoclada</i> (Stand.) Stand	Nazareno
<i>Vatairea lundelli</i> (Stand.) Killip.	Amargoso
<i>Sterculia mexicana</i> R.Br.	Bellata
<i>Sideroxylon tempisque</i> Pitt.	Cozahuico
<i>Malmea depressa</i> (Ball.) Fr.	Nazareno prieto
<i>Myroxylon balsamum</i> (Royle) Harms	Arbol del bálsamo
<i>Robinsonella mirandai</i> G. Pompa	Majahua blanca
<i>Lonchocarpus aff. Sericeus</i> (Poir.) H.B.K.	Juimay
<i>Manilkara zapota</i> (Jacq.) Gilly	Chicozapote

Fuente : (Rzedowski, 1978)

De la superficie apta para la agricultura, casi el 75% del Estado, está ocupado por los cultivos de maíz y café; el resto está cubierto por caña de azúcar y frijol principalmente. Los distritos que cultivan café son: Coixtlahuaca, Choapan, Ejutla, Huajuapán, Ixtlán de Juárez, Jamiltepec, Juchitán, Juquila, Juxtlahuaca, Miahuatlán, Pochutla, Putla, Sola de Vega, Tehuantepec, Teotitlán, Villa Alta y Zimatlán.

A la fruticultura se dedican únicamente 45 mil hectáreas destacando las siguientes especies:

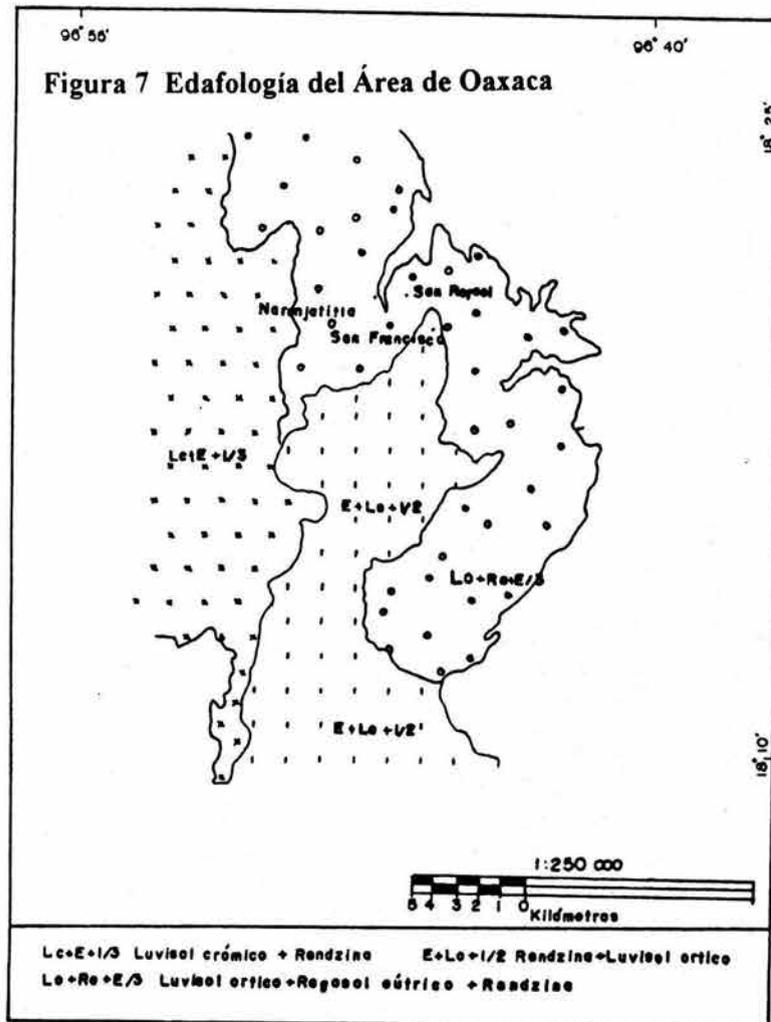
Nombre científico	Nombre común
<i>Ananas sativa</i> L.	Piña
<i>Citrullus vulgaris</i> Schrad.	Sandia
<i>Mangifera indica</i> L.	Mango
<i>Citrus aurantifolium</i> (Christm.) Swingle	Limón

(Secretaría de Gobernación, 1988)

4.7 Suelos

Dentro de los suelos que reporta INEGI (1984) para los alrededores de la zona de estudio se encuentran Rendzinas, Luvisol órtico, Luvisol crómico, Cambisol dístico y Regosol eútrico.

Aguilera (1989) menciona que los órdenes de suelos representados en el estado de Oaxaca de acuerdo al Soil Taxonomy, son: Entisoles, Vertisoles, Inceptisoles, Rendzinas y Alfisoles. (Figura 7)



B. Caracterización Geográfica de la zona de Guerrero

El Estado de Guerrero se localiza en la parte meridional de la República Mexicana, en la vertiente sur del Eje Neovolcánico, entre los paralelos 16° 15' y 18° 48' de latitud norte y los meridianos 98° 05' y 102° 10' de longitud oeste del meridiano de Greenwich.

Limita al norte con el Estado de México; al noroeste con Morelos, cuyo límite es el río Amacuzac en una extensión de 40 Kms, y con Puebla; al este con Oaxaca, en 200 Km, por el

sur y sureste limita con el Océano Pacífico desde Punta Cayacal en la desembocadura del Balsas hasta Punta Maldonado, muy próximo el límite con Oaxaca, en una longitud de litoral de 505 Km; al noroeste con Michoacán, con los ríos Balsas y Cutzamala como límites naturales. El Estado tiene una superficie de 64,282 Km², que corresponden al 3.3% de la superficie total de la República. (De la Madrid, 1972). (Figura 8)

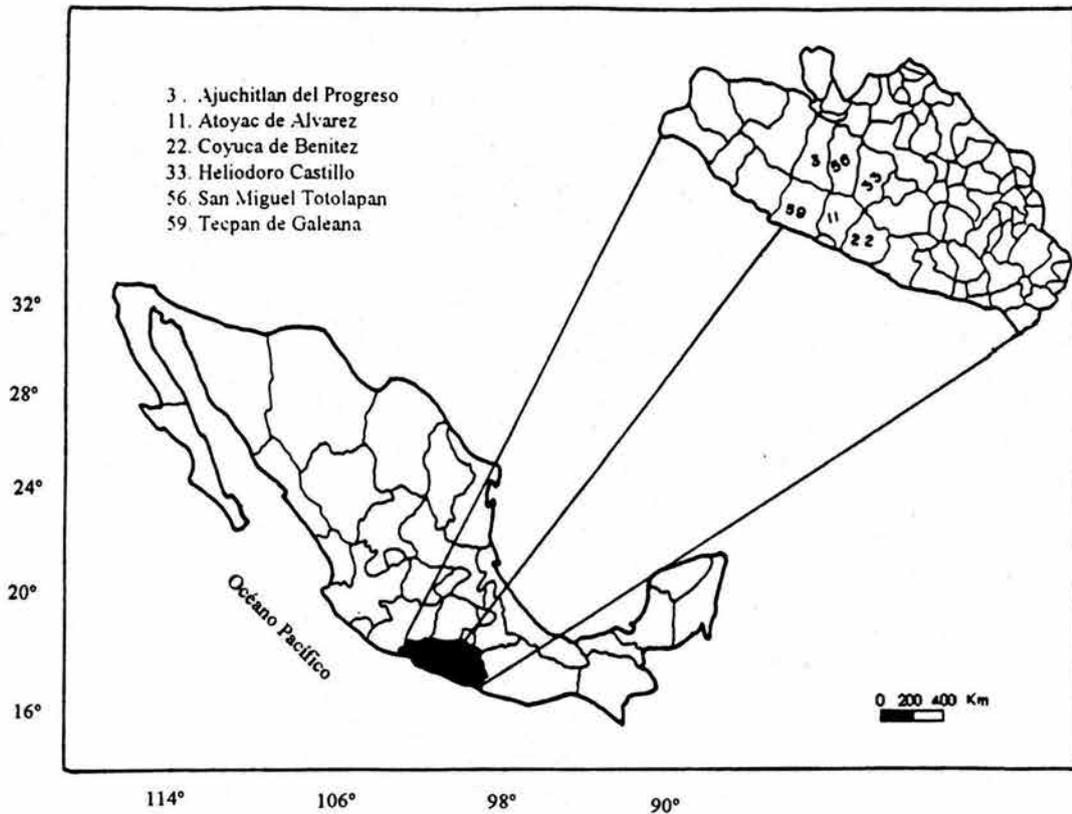


Figura 8 Ubicación del Municipio de Atoyac de Alvarez, Estado de Guerrero

4.1 Ubicación del Municipio de Atoyac de Alvarez

Este municipio se localiza al suroeste de la capital del estado, en la región Costa Grande, a 84 Km de distancia de Acapulco. Determinada su localización por los paralelos 17° 03' y 18° 32' de latitud norte y los 100° 05' y 100° 34' de longitud oeste, respecto al meridiano de Greenwich. Al norte colinda con los municipios de San Miguel Totolapan, Ajuchitlán del Progreso y Heliodoro Castillo; al sur con el municipio de San Jerónimo; al este con el de Coyuca de Benítez y Chilpancingo y al oeste con el de Tecpan de Galeana. Tiene una extensión territorial de 1,688.4 Km² que representan el 2.64% de la superficie estatal. El municipio está integrado por 83 localidades dentro de las cuales El Paraíso, Nueva Delhi y La Pintada fueron sitios en donde se realizó el muestreo. (Figura 9)

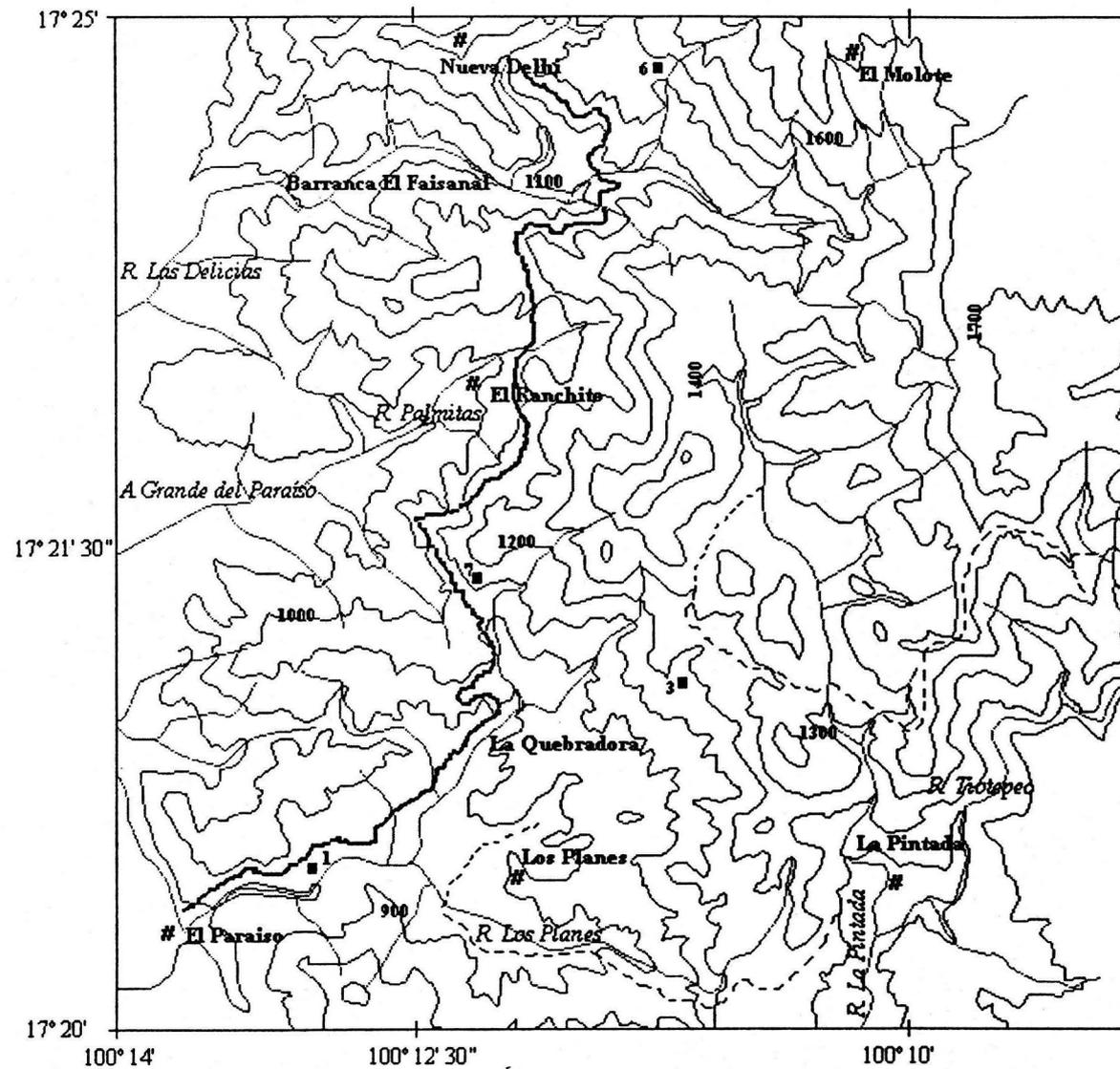


Figura 9 Topografía del Área de Guerrero

VIAS TERRESTRES

CARRETERA PAVIMENTADA 

BRECHA 

VEREDA 

RASCOS CULTURALES

POBLADOS #

REPRESENTACION DEL RELIEVE

CURVA DE NIVEL ACOTADA EN METROS 

RASCOS HIDROGRAFICOS

CORRIENTE PERENNE 

SITIO DE MUESTREO 

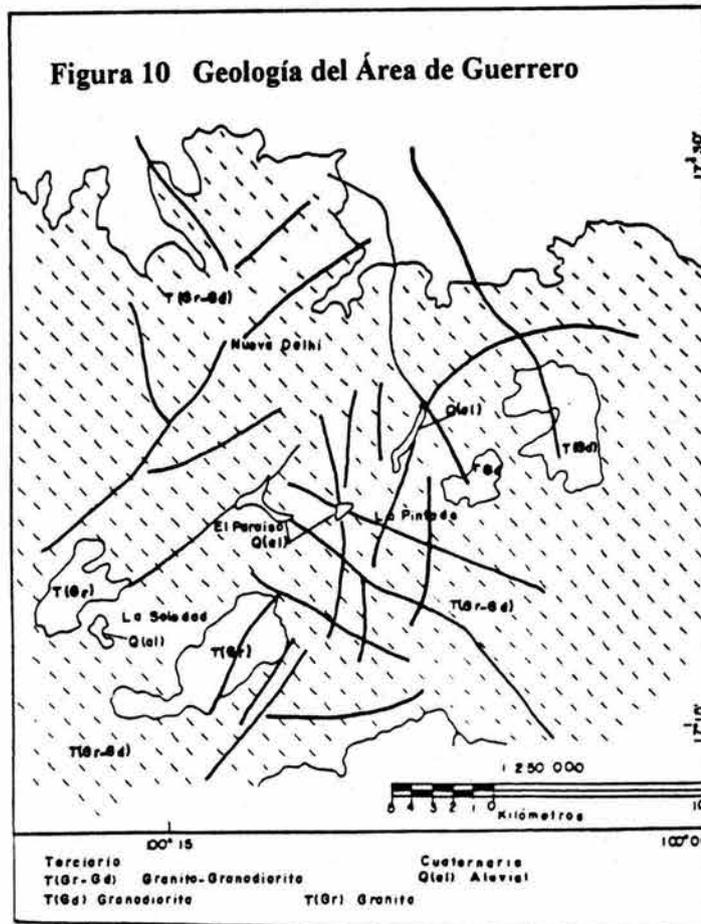
ESCALA 1: 50,000

FUENTE: INEGI, 1988

4.2 Geología

El área de estudio está, de acuerdo a López (1983), dentro de la Provincia Geológica XIII denominada Sierra Madre del Sur y Altiplano Oaxaqueño, ahora identificada por Ortega 1992, como provincias separadas, como lo son la Faja Ignimbrítica Mexicana (24); el Batolito de Jalisco (17); el Complejo Orogénico de Guerrero-Colima (16); la Plataforma de Morelos (14); la Mixteca (11); la Chatina (13); y la Zapoteca (10) (Figura 3)

La Sierra Madre del Sur tiene como basamento rocas cristalinas y metamórficas del Paleozoico pertenecientes al complejo Xolapa de un espesor aproximado de 1000 m, el que presenta batolitos graníticos intrusivos del Mesozoico superior y aún del Cenozoico. Estos troncos intrusivos ácidos aparecen en el norte de Atoyac de Alvarez, así como en una gran extensión de la Costa Grande, éstos son cubiertos a su vez por rocas ígneas del Terciario como dioritas, andesitas y riolitas. Sedimentos de la era Cuaternaria cubren en diversos lugares a las rocas mencionada (SPP, 1981) (Figura 10)



4.3 Topografía

La Sierra Madre del Sur tiene la característica de presentar su cresta a una altitud casi constante de poco más de 2000 m, sin embargo cuenta con algunas elevaciones que sobrepasan los 3000 m. La complejidad fisiográfica que presenta el estado es el resultado de la combinación de procesos endógenos y exógenos que afectan a la superficie terrestre. Más del 95% de su territorio queda comprendido dentro de la provincia Sierra Madre del Sur, en las subprovincias cordillera Costera del Sur, depresión del Río Balsas, Sierra y Valle Guerrerense y Costa del Sur. Una pequeña porción del norte, pertenece a la subprovincia sur de Puebla, de la Provincia Eje Neovolcánico. (INEGI, 1988)

El municipio es montañoso en toda la parte norte, sobre la Sierra Madre Occidental se hallan las elevaciones conocidas como: el Cerro de Teotepec, o Montaña de Dios, considerado el más alto del estado, que alcanza una altitud de 3,705 m; Cabeza de Venado a 2,160 m; Patacuas 1,800 m; el Plateado 1,650 m; Cerro Prieto 1,600 m; La Silleta 1,440 m; además le siguen los cerros de menor altura como: el Camarón, Cabeza de perro, La Florida, Cerro de la Cal, la Meca, el Interior, Ixtla y la Cuesta. Este aspecto del relieve abarca aproximadamente el 70% de la superficie municipal, mientras que las zonas semiplanas el 20% y las planas el 10%.

4.4 Hidrología

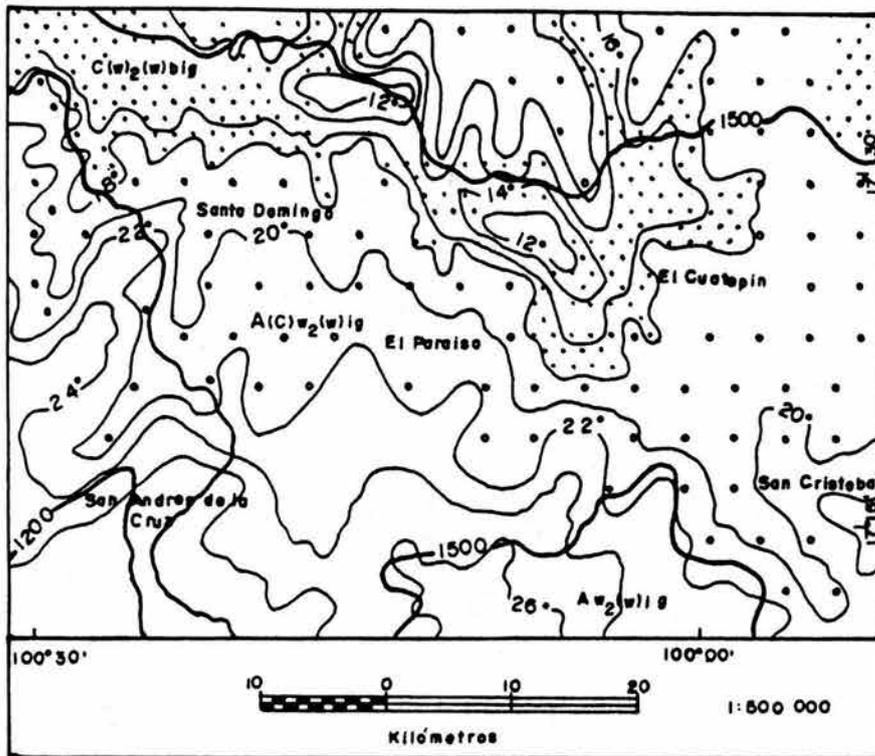
El terreno municipal se encuentra regado por los recursos hidrológicos siguientes: el río Atoyac principalmente, con un escurrimiento anual de 835.6 millones de m³ y una cuenca de captación de 914 Km², cuya desembocadura se encuentra en el Océano Pacífico. También están entre los recursos del municipio, los ríos El Chiquito y la Pintada; entre los arroyos están el Santiago, El Camarón, El Paraíso, Las Delicias y otros. (Secretaría de Gobernación, 1988)

4.5 Clima

En la Sierra Madre del Sur la precipitación media anual va de los 1000 a los 2000 mm, aproximadamente. El porcentaje de humedad es mayor en la porción orientada hacia el Pacífico que en la situada hacia el interior del continente.

Considerando a la estación climatológica El Coatepín que tiene su área de influencia en el área de estudio, se tiene un clima A(C)w2(w)ig, semicálido con régimen de lluvias de verano, subhúmedo con oscilación de la temperatura isothermal tipo ganges. Presentando una temperatura media anual de 21.5°C y una precipitación total anual de 2423.4 mm (García, 1988) (Figuras 11, 6)

Figura 11 Climas del Área de Guerrero



4.6 Vegetación

Dentro de la Sierra de Atoyac, en las partes bajas (300 a 1000 m) existe un bosque tropical subcaducifolio perturbado con cultivos de café. En este tipo de vegetación se agrupa una serie de comunidades vegetales con características intermedias en su fisonomía y en sus requerimientos climáticos entre el bosque tropical perennifolio y el bosque tropical caducifolio. Dentro de los componentes que se citan de esta comunidad, Sarukhán indica como lo cita Rzedowski (1978), que existen para la Sierra Madre del Sur en Guerrero y Oaxaca los siguientes:

Nombre científico

Brosimum alicastrum Sw.
Bumelia persimilis Hemsl.
Godmania aesculifolia (H.B.K.) Stand

Nombre común

Nazareno
 Tempiste
 Roble cuerno de borrego

<i>Manilkara zapota</i> (Jacq.) Gilly	Chicozapote
<i>Pterocarpus acapulcensis</i> Rose	Arago
<i>Calycophyllum candidissimum</i> (Vahl.) DC,	Palo calabaza

Fuente : (Rzedowski, 1978)

A una altitud de 1250 m, se advierte la zona de ecotono superior del bosque tropical subcaducifolio, caracterizado por la presencia de numerosos elementos del bosque mesófilo de montaña, principalmente en las cañadas y en la vegetación riparia, mezclados con elementos del bosque tropical subcaducifolio. De los 1250 a los 1600 m se observa el predominio de un bosque mesófilo en donde se encuentran especies como las siguientes de acuerdo a Vargas, 1991

Nombre científico	Nombre común
<i>Pinus strobus var chiapensis</i> Martínez	Pinabete
<i>Chaetoptelea mexicana</i> Liebm.	Olmo
<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Dec, et Planch.	Palo Blanco
<i>Quercus spp</i>	Encino
<i>Pithecellobium spp</i>	Guamuchil
<i>Protium copal</i> (Schl. et Cham.) Engl.	Copal
<i>Oreopanax xalapense</i> Dcne.	Mano de león
<i>Sebastiania laticuspis</i>	Tasamanitquiui
<i>Carpinus caroliniana</i> Weh.	Palo liso
<i>Saurauia spp</i>	Xochicuíniche

Dentro de los cultivos que se trabajan en el estado están los siguientes:

Nombre científico	Nombre común
<i>Oryza sativa</i> L.	Arroz
<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	Frijol
<i>Cocos nucifera</i>	Copra
<i>Sesamum orientale</i> L.	Ajonjolí
<i>Zea mays</i> L.	Maíz
<i>Saccharum officinarum</i> L.	Caña de Azúcar
<i>Coffea arabica</i> L.	Café
<i>Gossypium hirsutum</i> L.G.	Algodón

Los municipios que cultivan café son: Atoyac de Alvarez, Malinaltepec, Metlatonoc, San Luis Acatlán y Zapotitlán Tablas. (Secretaría de Gobernación, 1988)

Dentro de los frutales se encuentran los siguientes:

Nombre científico	Nombre común
<i>Mangifera indica</i> L.	Mango
<i>Carica papaya</i> L.	Papaya
<i>Musa paradisiaca</i> L.	Plátano
<i>Calocarpum sapota</i> (Jacq.) Merr	Mamey
<i>Citrus sinensis</i> Osbeck	Naranja
<i>Tamarindus indicus</i> L.	Tamarindo
<i>Calopogonium caeruleum</i> (Benth) Hemsl.	Jicama
<i>Cucumis melo</i> L.	Melón
<i>Citrullus vulgaris</i> Schrad.	Sandía
<i>Nectandra americana</i> Mill	Aguacate
<i>Psidium guayava</i> L.	Guayaba

(INEGI, 1988)

4.7 Suelos

La Sierra de Atoyac posee cinco unidades de suelo: de acuerdo con su extensión, de mayor a menor, éstos son Cambisol, Litosol, Feozem, Andosol y Acrisol. Los Cambisoles cubren gran parte de la Costa Grande y están cubiertos por encinares y bosques de pino-encino húmedos.

Los Andosoles se encuentran arriba de los 1800 m de altitud, predomina aquí el bosque mesófilo de montaña.

Los Acrisoles bordean el río Grande en cuyas riberas se encuentra Atoyac, extendiéndose en su mayor parte sobre rocas volcánicas. Se sitúan dentro del área entre los 600 y los 1400 m de altitud, sosteniendo una vegetación de selva mediana subcaducifolia (INEGI, 1984)



5. METODOLOGIA

5.1 De Campo

El estudio se realizó en dos estados de la República, un muestreo fué en el Ejido San Francisco Javier Chilchotla del distrito de Teotitlán de Flores Magón, Estado de Oaxaca, en donde se realizaron cuatro perfiles en suelos cultivados con café. En cada uno de ellos se tomó una muestra por cada horizonte y se hizo la descripción de campo, considerando: color, estructura, textura, límite entre horizontes, presencia de cutanes, concreciones, moteados, abundancia de raíces, poros y resistencia.

El otro sitio de muestreo fué en los poblados de el Paraíso, Nueva Delhi y la Pintada correspondientes al municipio Atoyac de Alvarez, Estado de Guerrero en donde se realizaron también cuatro perfiles en suelos cultivados con café.

En estos sitios, el muestreo fué por cada 10 cm y también se realizó la descripción de campo. La profundidad de muestreo fué la correspondiente a la roca basal.

Cada muestra con un peso aproximado de 2 Kg se colocó en bolsas de plástico previamente etiquetadas.

5.2 Laboratorio

En el laboratorio, los suelos colectados se secaron a temperatura ambiente, se tamizaron y se procedió a efectuar los análisis físicos y químicos respectivos.

5.2.1 Análisis Físicos

- Color en seco y en húmedo. Por comparación con las cartas de Color Munsell (1954).
- Densidad Aparente. Se determinó por el método de la probeta (Baver, 1956)
- Densidad Real. Se obtuvo por el método del picnómetro (Baver, 1956)
- Espacio Poroso. Se calculó con base a las densidades anteriores.
- Textura. Se obtuvo por el método del hidrómetro de Bouyoucos (1955)

5.2.2 Análisis Químicos

- pH. Se determinó en un potenciómetro Corning modelo 7. Usando una relación suelo-agua destilada hervida 1:2.5. La misma relación se hizo con solución salina de KCl 1N pH 7.

- Se determinó también el pH a través de una solución 1 :50 de NaF 1N utilizando un potenciómetro (Fieldes y Perrott, 1966)
- Materia Orgánica. Se empleó el método de Walkley y Black modificado por Walkley (1947) por vía húmeda con dicromato de potasio.
- Capacidad de intercambio catiónico total. Por centrifugación, saturando la muestra con CaCl_2 1N pH 7, lavando enseguida con alcohol etílico y saturando de nuevo con NaCl 1N pH 7. Se titula con versenato (EDTA) 0.02N (Jackson, 1982)
- Calcio y Magnesio Intercambiables. Se obtuvieron por centrifugación, extrayendo con acetato de amonio 1N pH 7. El calcio y el magnesio desplazados se titulan por el método del versenato, usando como indicadores murexida y negro de eriocromo T (Jackson, 1982)
- Sodio y Potasio Intercambiables. Por flamometría, usando acetato de amonio 1N pH 7 para la extracción por agitación. Para su determinación se empleó un flamómetro Corning 400.
- Alófono. Se obtuvo por el método semi-cuantitativo de Fieldes y Perrot, utilizando NaF 1N y fenoltaleína como indicador (Fieldes y Perrot, 1966)

5.3 Determinación del Régimen de Humedad en el suelo

Para poder clasificar un suelo, es necesario determinar el régimen de humedad, éste se estableció a través del balance de agua con base en Thornthwaite (1948) que consiste en tomar los valores promedios mensuales de temperatura y precipitación por medio de los cuales se calculan valores de evapotranspiración, deficiencia y demasía de humedad en el suelo.

Para la determinación anterior, se tuvo que seleccionar la estación climatológica que presenta mayor influencia en la zona y se utilizó el método de los Polígonos de Thiessen, que consiste en :

- Unir, mediante líneas rectas dibujadas en un plano de la cuenca, las estaciones más próximas entre sí, con ello se forman triángulos en cuyos vértices están las estaciones pluviométricas.
- En los lados de los triángulos se trazan líneas rectas que bisectan, las líneas correspondientes a cada triángulo convergerán en un solo punto.

- El área encerrada por los polígonos de Thiessen y el parteaguas será el área de influencia de la estación correspondiente (Aparicio, 1994)

5.4 Mineralogía

Observaciones de las fracciones arena fina, muy fina y limo al microscopio estereoscópico.

6. RESULTADOS

6.1 PERFILES DE SUELOS LOCALIZADOS EN EL ESTADO DE OAXACA

El Ejido San Francisco Javier Chilchotla cuenta con una superficie de 843 Ha., existe una zona de bosque y una parte dedicada al cultivo de café y otra es para cultivos como los siguientes:

Nombre científico	Nombre común
<i>Chrysobalanus icaco</i> L.	Ciruella
<i>Calocarpum sapota</i> (Jacq.) Merr	Mamey
<i>Citrus sinensis</i> Osbeck	Naranja
<i>Citrus aurantifolium</i> (Christm.) Swingle	Limón
<i>Persea americana</i> Mill.	Aguacate
<i>Ananas sativa</i> L.	Piña
<i>Achras zapota</i> L.	Zapote
<i>Musa paradisiaca</i> L.	Plátano
<i>Mangifera indica</i> L.	Mango
<i>Zea mays</i> L.	Maíz

Las variedades de café que cultivan son: *typica*, *bourbon*, *caturrea*, *garnica*, *ibérica* y *libérica*. *Bourbon* y *caturrea*. Se cosecha en el período de agosto-diciembre las variedades *typica*, *libérica*, *bourbon* y *caturrea* y en el período enero-marzo, la variedad *ibérica*. Los árboles de sombra para la zona son: *Mangifera indica* L. (Mango) y *Musa paradisiaca* L. (Plátano)

La edad aproximada de las plantaciones de café van de 15-20 ó de 10 y 5 años. No se tiene asesoría técnica ni financiera, no se aplican fertilizantes, el manejo de las plantaciones sólo consiste en limpiezas que normalmente se hacen dos veces al año.

En la actualidad por el problema de la broca y considerando la fluctuación en el precio en el mercado, se han ido abandonando las plantaciones por ser poco redituables, además de que la producción ha bajado de 1 Ton/Ha a 400-600 Kg/Ha. Se pretende hacer cambio de cultivo, en algunas zonas ya han quitado el café para cultivar maíz. Tienen problemas de

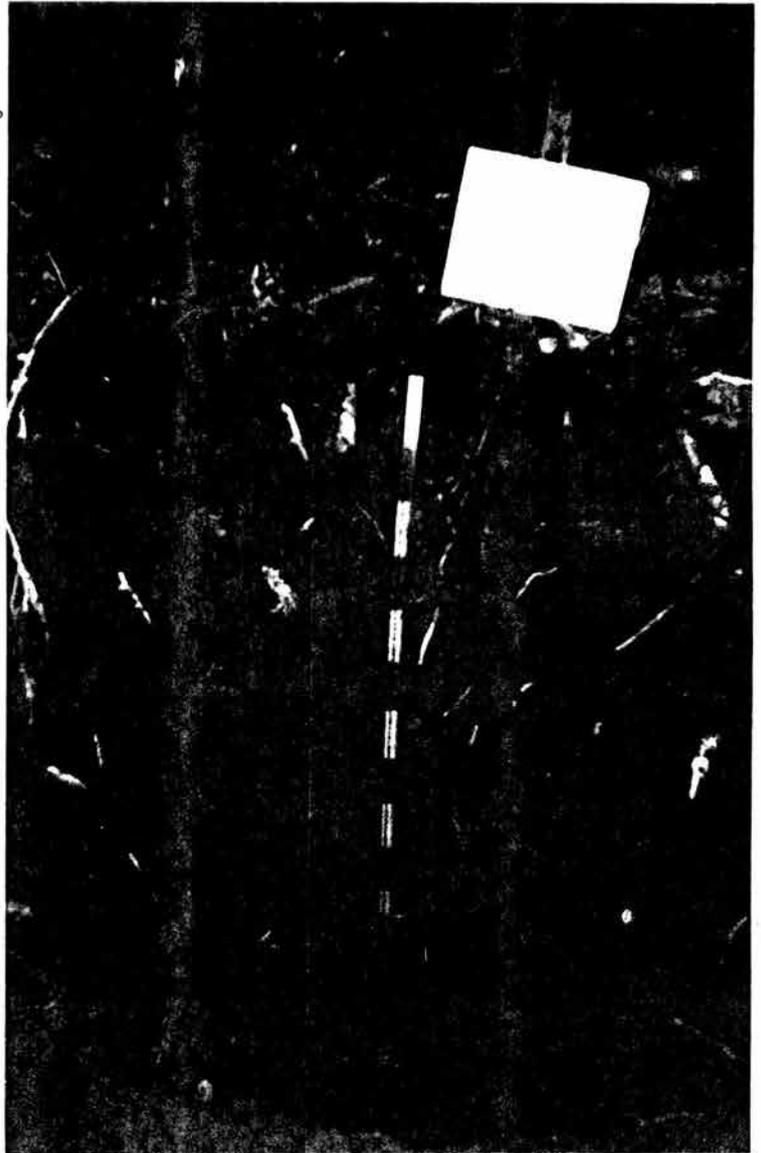
plagas, la roya y la broca han mermado la producción. La roya ataca principalmente a la var. *bourbon* y la broca se encuentra mejor desarrollada en la var. *liberica*.

El aspecto general de las plantaciones es aceptable, pues presentan un follaje abundante y frondoso, su problema principal es la falta de fertilizante y la broca.

Los perfiles de suelos ubicados en Oaxaca se encuentran localizados todos en el mismo Ejido denominado San Francisco Javier Chilchotla. Sólo varían uno de otro con respecto a su altitud, el clima es semicálido húmedo, con una precipitación de 4886.7 mm y una temperatura media anual de 20.4°C, todos los perfiles reportan contaminación por cenizas volcánicas dada la proximidad de algunos centros volcánicos como el complejo de los Tuxtles y la Sierra Negra (incluido el Pico de Orizaba) (Hooskuldsson, 1993). Estos centros han emitido durante el cuaternario importantes cantidades de material piroclástico, que incluye cenizas, flujos, avalanchas y lahares. Estos también presentan evidencias de transporte posterior a su depósito aluvión volcanogénico por lo que no es posible determinar a detalle el origen del material, ya que conllevaría a un análisis geológico-volcanológico el cual se sale de los objetivos planteados en este estudio. (Aceves, Q.)

A continuación se presentan los perfiles típicos de la zona de estudio.

Perfil No. 3 : San Fco. Javier Chilchotla, Oax.
 Localización Ejido San Fco. Javier Chilchotla
 Mpio. Santa María Chilchotla
 Altitud: 745 m
 Relieve: Plano a ligeramente ondulado con pendiente de 5°
 Edad de la roca : Cretácico
 Material de Origen: Lutita
 Precipitación Media Anual: 4886.7 mm
 Temperatura Media Anual: 20.4°C
 Clima: Semicálido húmedo
 Régimen de Humedad: Perúdicico
 (Estación Cataluña)
 Régimen de Temperatura: Isotérmico
 Vegetación: Selva Alta Perennifolia
 actualmente se cultiva café.
 Clasificación: Orden Alfisol, Suborden Udalfs
 Gran Grupo Hapludalfs, Subgrupo Typic Hapludalfs
 Clasificó : Carolina Jasso Castañeda
 Colectó : Carolina Jasso Castañeda



6.1.1.a. DESCRIPCION DEL PERFIL No. 3 - OAXACA

**Hori-
zonte**

Características

- A** 0-10 cm. Suelo de color pardo oscuro 7.5YR 4/4 en seco y en húmedo pardo rojizo oscuro 5YR 3/3, textura arcillosa, plástico y moderadamente adhesivo, resistencia 1.4 Kg/cm², estructura en bloques subangulares, medianos, bien desarrollados, macro y microporos abundantes, raíces abundantes, transición gradual entre horizontes.

- EB** 10-23 cm. Suelo color pardo fuerte 7.5YR 5/6 en seco y en húmedo pardo rojizo oscuro 5YR 3/3 con policromía escasa y concreciones negras de manganeso detectadas con H₂O₂, textura arcillosa, plástico, adhesivo, resistencia 2 Kg/cm², estructura en bloques subangulares, medianos muy desarrollados, macro y microporos abundantes, raíces frecuentes, transición clara entre horizontes.
- B_{1d}** 23-46 cm. Suelo pardo oscuro 7.5YR 4/4 en seco y en húmedo pardo rojizo oscuro 5YR 2.5/2, textura migajón arcillosa, plástico, adhesivo, argilanes sobre los podio en distribución horizontal y vertical de espesor moderado, resistencia 2.2 Kg/cm² (densipan), estructura en bloques desarrollados, macro y microporos frecuentes, raíces frecuentes, transición entre horizontes clara ondulada.
- B_{22t}** 46-70 cm. Suelo color pardo fuerte 7.5YR 4/6 en seco y en húmedo pardo rojizo 5YR 4/4 con concreciones oscuras de manganeso detectadas con H₂O₂, textura arcillosa, adhesivo, plástico, argilanes sobre los podio en distribución horizontal y vertical de espesor moderado, resistencia 1.9 Kg/cm², estructura en bloques subangulares grandes y medianos bien desarrollados, macro y microporos abundantes, raíces frecuentes, cutanes, transición entre horizontes clara
- B_{23t}** 70-100 cm. Suelo color rojo amarillento 5YR 5/8 en seco y en húmedo rojo fuerte 2.5YR 3/6 con concreciones oscuras de manganeso, detectadas con H₂O₂, textura arcillosa, adhesivo, plástico, argilanes sobre los podio en distribución horizontal y vertical de espesor moderado, resistencia 1.8 Kg/cm², estructura en bloques angulares medianos y grandes bien desarrollados, macro y microporos abundantes, raíces frecuentes, transición entre horizontes difusa.
- B_{24t}** 100-130 cm. Suelo color rojo amarillento 5YR 5/8 en seco y húmedo rojo fuerte 2.5YR 3/6 con concreciones de manganeso detectadas con H₂O₂, textura arcillosa, adhesivo, plástico, argilanes sobre los podio en distribución horizontal y vertical de espesor moderado, resistencia 1.8 Kg/cm², estructura en bloques angulares medianos y grandes, macro y microporos frecuentes, raíces frecuentes.

6.1.1.b. ANALISIS DE LABORATORIO

Es un suelo profundo con buen drenaje interno, los colores en seco que se observaron conforme a las tablas de colores de Munsell son: pardo oscuro 7.5YR 4/4 a la profundidad de 0-10 cm; pardo fuerte 7.5YR 5/6 de 10 a 23 cm; pardo oscuro 7.5YR 4/4 de 23 a 46 cm; pardo fuerte 7.5YR 4/6 de 46 a 70 cm; rojo amarillento 5YR 5/8 de 70 a 130 cm. En húmedo, pardo oscuro rojizo 5YR 3/4 de 0 a 10 cm; pardo rojizo 5YR 4/4 de 10 a 23 cm; pardo oscuro rojizo 5YR 3/4 de 23 a 46 cm; pardo rojizo 5YR 4/4 de 46 a 70 cm y rojo amarillento 5YR 4/6 de 70 a 130 cm.

La densidad aparente presenta valores cercanos a la unidad en todo el perfil. Sin embargo, existe la posibilidad de que este valor esté subestimado como lo indican los resultados tan altos de porosidad, los porcentajes de arcilla y los valores de resistencia.

La densidad real va aumentando con la profundidad presentándose de 2.09 g/cc en la superficie a 2.44 g/cc en la mayor profundidad, lo cual es normal, e indica pocos minerales opacos presentes.

La porosidad de este suelo es alta con valores de 52 a 59%.

La textura es arcillosa, el contenido de arcilla es muy elevado, de 54 a 87.6%.

El pH en la suspensión del suelo con agua destilada es moderadamente ácido, de 5.7 a 5.9; en la solución salina de KCl es muy ácido con valores de 4.4 a 5.0 y en la solución de NaF presenta un rango entre 9.3 a 10.0

El contenido de materia orgánica tiene un rango de 8.8% en la superficie decreciendo conforme aumenta la profundidad hasta un valor de 1.20%

La CICT es baja a lo largo de todo el perfil, el dato más alto se da en los primeros 10 cm con un valor de 26 cmol(+)/kg. y el más bajo de 14 cmol(+)/kg. a los 130 cm.

Con respecto a las bases intercambiables, se observa que el calcio es más alto que el magnesio y que los contenidos se dan más altos en la superficie y van disminuyendo conforme la profundidad aumenta, el magnesio presenta valores irregulares.

Los valores de potasio son muy bajos y disminuyen aún más con la profundidad con valores de 0.73 a 0.11 cmol(+)/kg. Asimismo, los valores de sodio son también bajos, sólo que éstos presentan irregularidad.

Los contenidos de alófono son bajos en la superficie, altos de 10 a 100 cm y muy altos de 100 a 130 cm (Tabla 1)

6.1.1.c. DISCUSION

Morfología

Es un suelo rojizo con cambios graduales en color, profundo, muy desarrollado, con subhorizontes bien definidos, su contenido en arcilla es excesivamente elevado a lo largo de todo el perfil, tiene como material parental a la lutita. Tiene un epipedón ócrico por espesor, un subhorizonte eluvial, un densipán y un horizonte argílico.

Mineralogía

La lutita es una roca sedimentaria detrítica de grano fino formada por partículas del tamaño de arcilla o de limo, de cuarzo, feldspatos, calcita y dolomita. (Leet y Judson, 1977).

TABLA 1

RESULTADOS DE ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS DEL PERFIL NO. 3 (Typic Hapludalfs), EJIDO SAN FCO.JAVIER CHILCHOTLA, OAX.

Horizonte	Profundidad cm	Co lor		D.A.	D.R.	Porosidad	Textura		
		Seco	Húmedo	g/cc	g/cc	%	Arena%	Limo%	Arcilla%
A	0-10	7.5YR 4/4 pardo oscuro	5YR 3/4 pardo rojizo oscuro	1,00	2,09	52,16	23,9	21,9 Arcilla	54,2
EA	10-23	7.5YR 5/6 pardo fuerte	5YR 4/4 pardo rojizo	1,11	2,31	51,95	8,5	20,9 Arcilla	70,6
B _d	23-46	7.5YR 4/4 pardo oscuro	5YR 3/4 pardo rojizo oscuro	1,16	2,40	51,67	13,6	31,6 Arcilla	54,8
B _{22t}	46-70	7.5YR 4/6 pardo fuerte	5YR 4/4 pardo rojizo	1,06	2,33	50,22	1,9	17,9 Arcilla	80,2
B _{23t}	70-100	5YR 5/8 rojo amari- lento	5YR 4/6 rojo amari- lento	1,01	2,35	54,9	1,2	11,7 Arcilla	87,1
B _{24t}	100-140	5YR 5/8 rojo amari- lento	5YR 4/6 rojo amari- lento	1,00	2,44	59,02	1,7	10,7 Arcilla	87,6

Hor.	p H				Alof.	M.O. %	C %	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺ cmol(+) / kg	K ⁺	ClCT	V %
	H ₂ O 1:2.5	KCl 1:2.5	Delta	NaF 1:50									
A	5,7	4,9	-0,8	9,3	T	8,83	5,12	18,08	3,09	1,26	0,73	25,97	89,17
EA	5,8	4,5	-1,3	9,6	xxx	3,79	2,19	11,17	1,03	0,95	0,28	18,35	73,18
B _d	5,8	4,4	-1,4	9,5	xx	3,03	1,75	9,30	2,31	0,65	0,32	15,95	78,87
B _{22t}	5,8	4,7	-1,1	9,6	xxx	2,20	1,28	7,65	2,29	0,34	0,19	15,62	67,02
B _{23t}	5,9	4,8	-1,1	9,7	xxx	1,53	0,89	7,40	3,37	0,80	0,11	15,53	75,20
B _{24t}	5,8	5,0	-0,8	10,0	xxxx	1,20	0,70	7,40	2,24	0,67	0,11	14,57	71,51

La coloración roja de este suelo está en relación con la presencia de óxidos como la hematita Fe_2O_3 (rojo), oxihidróxidos como la lepidocrocita $\text{FeO} \cdot \text{OH}$ (pardo anaranjado) y óxidos férricos amorfos Fe_2O_3 (rojo).

La hematita solo se forma bajo condiciones fuertemente oxidantes, cuando el suelo se seca y también cuando es alta la tasa de liberación de fierro por la intemperización de rocas ricas en fierro; los suelos sobre rocas básicas son muy rojos lo cual es controlado por la relación entre la abundancia de compuestos orgánicos y la tasa de fierro liberado por la intemperización, siendo que una tasa baja conduce a la formación de hematita.

El color rojo puede ser causado por cantidades muy pequeñas de óxidos de fierro amorfos, los cuales cubren a otros minerales, incluyendo a la goethita $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (amarillo ó pardo amarillento) proceso de rubificación.

La hematita y la goethita pueden ser transformadas una en la otra lentamente por hidratación y deshidratación con un cambio correspondiente en el color del suelo (Young, 1980).

Además, en los suelos tropicales se presenta la combinación de hematita y goethita en donde varios factores están determinando esta relación entre las dos especies. La influencia de la temperatura y humedad ha sido usada para explicar el incremento en la tasa de hematita : goethita con decremento en altitud y con incremento en drenaje (Urrich, 1991)

La presencia de concreciones de manganeso en este suelo infiere condiciones reductoras por lo que la lepidocrocita que existe bajo estas condiciones, también puede estar influyendo en la coloración de este suelo. La lepidocrocita es a menudo encontrado en asociación con otras formas tales como la goethita y/o ferrihidrita (Young, 1980). La formación de la ferrihidrita ocurre ya sea por oxidación rápida del agua que contiene $\text{Fe}(\text{II})$ o por la hidrólisis de soluciones férricas. Persiste en los suelos en presencia de otras especies orgánicas o inorgánicas que impiden sus cristalización bajo condiciones pedogenéticas (Urrich, 1991)

Como óxidos hidratados que también pueden coexistir bajo un ambiente aireado y húmedo, se encuentran además de la goethita, la limonita $\text{FeO} \cdot \text{OH} \cdot x\text{H}_2\text{O}$ (amarillo o pardo amarillento) y óxidos amorfos hidratados $\text{Fe}(\text{OH})_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (amarillento) (Young, 1980)

El elevado contenido en arcilla es heredado de la lutita, la cual está formada por sedimentos de grano fino, contienen cantidades importantes de minerales de arcilla. Los granos componentes de estos tipos de roca fueron producidos por intemperización, luego reunidos en estratos y luego cementados parcialmente. El resultado de ello son rocas relativamente porosas; esta porosidad es muy importante porque influye en algunas de sus propiedades físicas como la permeabilidad (Villota, 1991)

Las lutitas a menudo dan subsuelos con consistencia muy firme que restringe la penetración de las raíces pero tienen una alta capacidad disponible de agua y niveles altos de nutrientes (Young, 1980) Esta roca además, tiene un alto contenido de fierro. El proceso por el cual se

intemperizó, es por la disolución de los cementantes, y la oxidación del hierro en las rocas bien aireadas es un proceso de intemperización desintegrante en los minerales que contienen el ion ferroso como parte de su estructura. El cambio del tamaño y la carga de este elemento, al convertirse a la forma férrica, hacen que la estructura mineral se rompa. El hierro liberado por esta desintegración de minerales primarios se une con hidroxilo u oxígeno para formar minerales de hierro (Buol, 1988)

Génesis

Es un suelo desarrollado, fuertemente intemperizado en el cual ha habido translocación de arcilla desde las capas superficiales y su consiguiente acumulación en el horizonte de diagnóstico Bt. Para que se movilizaran las arcillas tuvieron que estar individualizadas como consecuencia de una previa descarbonatación y rompimiento del complejo que se forma entre los óxidos de fierro y la materia orgánica.

La zona de estudio está entre el límite de los estados de Veracruz, Puebla y Oaxaca, en un sitio elevado producto de hundimiento y cabalgamiento de placas, quedando influenciada por adiciones consecutivas de bases de fuentes externas como lo son el aporte de cenizas volcánicas y el drenaje lateral, las cuales han participado en el enriquecimiento de los suelos. Estas adiciones permanentes permiten que el suelo presente porcentajes de saturación elevados, mayores del 50% en todos los horizontes.

También este suelo cuenta con un subhorizonte eluvial y la presencia de un densipán. Ambos pueden ser consecuencia de la ruptura del equilibrio hídrico provocado por la deforestación.

Posteriormente a la formación de este suelo que se inició a partir de la lutita, se formó por debajo del horizonte eluvial una capa con características de densipán la cual es por definición material o sedimentos no consolidados con una D.A. ligeramente mayor, comparada con la de las capas subyacentes, constituyéndose en una zona mecánicamente compactada, generada por actividad del hombre en la labranza que provoca a su vez restricción a la penetración de las raíces (USDA, 1990). La D.R. es mayor que en los otros horizontes y la porosidad disminuye.

La alteración de la vegetación, el consecuente desequilibrio hídrico en el suelo, así como el régimen elevado de precipitación, pueden ocasionar severos efectos de degradación, entre ellos la erosión, posteriores a la compactación de este suelo. Este es un suelo degradado, en su estructura.

Al considerar la actividad química del suelo, la acidez intercambiable incrementa con el aumento de lixiviación e intemperización en los ambientes de más humedad y en un suelo mineral con pH de 4.5 a 5.8 hay suficiente Al^{3+} intercambiable para afectar en forma significativa el crecimiento de las plantas y el porcentaje de saturación es bajo. (Buol, 1988)

En las zonas de bosque tropical, la saturación de bases es a menudo menor al 15%, algunas veces tan bajo como un 5%. Un rango de pH de 5.0-6.0 corresponde aproximadamente a un rango de saturación de 25-75%.

Los valores de saturación son principalmente dependientes de la intensidad de lavado, drenaje y permeabilidad del sitio; también hay un efecto menor del material parental sobre la saturación y ésta es mayor en suelos derivados de rocas básicas y aquellos con una reserva de minerales intemperizables dentro de la zona de las raíces (Young, 1980).

Por otro lado, la vegetación, indirectamente, a través de sus raíces extrae elementos nutritivos y los transporta a la superficie por medio de la hojarasca. Así, se reincorporan poco a poco al suelo, por la acción de la mineralización primaria y humificación posterior. Cuando se trata de iones alcalinotérricos (Ca^{2+} y Mg^{2+}), este proceso puede dar lugar a una resaturación progresiva del complejo absorbente de los horizontes de superficie. (Duchaufour, 1984).

La materia orgánica en los trópicos se constituye como un factor mucho más relevante en la fertilidad y protección del suelo que en las áreas templadas. Actúa como una reserva de nutrientes lentamente convertidos a formas disponibles para las plantas.

En los trópicos húmedos la intensa intemperización y lixiviación conducen a la ausencia o escasez de minerales intemperizables y a la dominancia en la fracción arcilla de minerales con baja CIC, por lo tanto el contenido de nutrientes y la CIC en la mayoría de los suelos tropicales está más concentrada en el complejo orgánico, sobretodo en los 20 cm superficiales del suelo mineral. La CIC del humus es en promedio 350 $\text{cmol}(+)/\text{kg}$, en algunas ocasiones 30 veces la de la caolinita (Young, 1980)

En los trópicos, la tasa de producción primaria y descomposición es varias veces más rápida que en las regiones templadas. Esto no significa que los contenidos de materia orgánica de los suelos tropicales sea mayor o menor que en los suelos de las regiones templadas o que la química sea diferente; esto significa que el reciclaje de la materia orgánica es más rápido teniendo una enorme implicación para el desarrollo del suelo y en los ciclos biogeoquímicos.

La tasa de descomposición para el litter en bosques tropicales es generalmente mayor que uno, correspondiendo a un tiempo de reciclaje de menos de un año. En contraste con los tiempos en bosques templados que es comúnmente entre 1 y 2 años. Para cualquier sitio dado, la tasa de descomposición puede estar relacionada con la abundancia, actividad y composición de los organismos del suelo. En algunos sitios, las termitas pueden jugar un papel crítico en llevar minerales intemperizables a la superficie desde horizontes más profundos. Bajo un clima cálido y húmedo habrá mayor abastecimiento de carbono, lo cual se relaciona con una degradación más completa de la materia orgánica lábil; la mineralización del nitrógeno y la subsecuente nitrificación son mayores que en bosques templados y la relación C/N es menor (Coleman, 1989)

Clasificación

Este suelo presenta un epipedón ócrico, un horizonte argílico, la saturación de bases es alta, tiene un régimen de temperatura isotérmico, la pérdida de bases puede ocurrir casi todo el año o puede ser ocasional, tiene un régimen de humedad perúdicico, que por definición excede la precipitación a la evapotranspiración en todos los meses, hay períodos ocasionales breves en los cuales se usa algo de la humedad almacenada, pero la tensión de humedad rara vez llega a valores de 100 kPa en la sección de control de humedad. (Figura 6). En alguna parte del Bt tiene un matiz 5YR, o un valor en húmedo de 4 o más , o un valor en seco que es una unidad más alto que el valor en húmedo y su saturación de bases es mayor a 35%.

Además, es un suelo rojizo, más o menos libremente drenado, se encuentra sobre superficies estables con pendientes suaves, tiene un densipán y un horizonte eluvial delgado.

Por las características físicas, químicas y de campo la clasificación según el Sistema del Soil Taxonomy (1990) y su correspondiente con FAO (1994) es de la siguiente manera:

	Orden	Suborden	Gran Grupo	Subgrupo
USDA :	Alfisol	Udalfs	Hapludalfs	Typic Hapludals
	Grupo de suelo	Unidad de Suelo		
FAO :	Luvisol	Luvisol Crómico		

Observaciones :

Suelo rojizo de clima cálido que de acuerdo con FAO (1994) pudiera tener alguna relación con los Sesquisoles por su color, pero este grupo tiene una capa endurecida por fierro (petroplintita) y el densipán del suelo en estudio tan sólo es consecuencia de un fenómeno de compactación.

En relación a los Planosoles que se encuentran sobre pendientes moderadas, estos también requieren de un horizonte eluvial pero implican un cambio abrupto textural muy marcado requiriendo el doble en contenido de arcilla, además la capacidad de intercambio catiónico de la fracción arcilla en las capas superficiales y el horizonte eluvial es significativamente menor que en los horizontes subyacentes, y por otro lado, estos suelos están sujetos a una reducción periódica por agua superficial estancada.

El suelo en estudio presenta un horizonte eluvial, su cambio textural es gradual, la capacidad de intercambio catiónico es mayor en la superficie y está bien drenado, presenta concreciones de manganeso como efecto de la compactación, los podos mantienen atrapado aire como resultado de la actividad biológica y contribuye a oxidar al manganeso (FAO, 1994).

Perfil No. 5: San Fco. Javier Chilchotla, Oaxaca

Localización: Ejido San Fco. Javier Chilchotla,

Mpio Santa María Chilchotla, Oax.

Altitud: 355m

Relieve: Accidentado con pendiente de 14°

Edad de la roca : Cretácico

Material de Origen: Lutita

Precipitación Media Anual: 4886.7 mm

Temperatura Media Anual: 20.4°C

Clima: Semicálido Húmedo

Régimen de Humedad: Perúdic

(Estación Cataluña)

Régimen de Temperatura: Isotérmico

Vegetación: Selva Alta Perennifolia

Clasificación: Orden Inceptisol

Suborden Tropepts, Gran Grupo Eutropepts

Subgrupo Typic Eutropepts

Clasificó : Carolina Jasso Castañeda

Colectó : Carolina Jasso Castañeda



6.1.2.a. DESCRIPCION DEL PERFIL No. 5 OAXACA

**Hori-
zontes**

Características

- A** 0-18 cm. Suelo color pardo muy pálido 10YR 7/3 en seco y en húmedo pardo 10YR 5/3, textura arcillosa con gravillas, residuos de carbón, adhesivo, plástico, resistencia 3.7 Kg/cm², estructura en bloques subangulares, pequeños y medianos muy desarrollados, macroporos y raíces abundantes, límite entre horizontes difuso.
- Bw** 18-29 cm. Suelo color pardo muy pálido 10YR 8/4 y en húmedo pardo amarillento, textura arcillosa con escasas gravillas, adhesivo, plástico, resistencia 4.5 Kg/cm², estructura en bloques subangulares medianos desarrollados, macroporos abundantes, raíces raras, límite entre horizontes difuso.

- Bw₂** 29-53 cm. Suelo color amarillo 10YR 8/6 en seco y en húmedo amarillo pardusco 10YR 6/6 con policromía de pardo fuerte 7.5YR 5/8, textura arcillosa, con gravillas, muy adhesivo, plástico, resistencia 4.5 Kg/cm², estructura en bloques subangulares medianos desarrollados, macroporos abundantes, raíces nulas, límite entre horizontes difuso.
- BC** 53-101 cm. Suelo color amarillo 7.5YR 7/6 y amarillo 10YR 8/6 en seco y en húmedo amarillo pardusco 10YR 6/6 con policromía amarillo rojizo 7.5YR 6/8 y amarillo 10YR 7/6, textura arcillosa, con gravillas, concreciones de manganeso detectadas con H₂O₂, poco plástico y adhesivo, resistencia 4.5 Kg/cm², estructura en bloques medianos y grandes desarrollados, macroporos abundantes, no hay raíces, límite entre horizontes difuso.
- C** 101-140 cm. Suelo color amarillo 10YR 8/6 en seco y en húmedo amarillo pardusco 10YR 6/6 con policromía escasa amarillo rojizo 5YR 6/8, roca muy intemperizada, deleznable, presencia de manganeso, arcilla adherida a la roca, resistencia 4.5 Kg/cm², estructura en bloques subangulares medianos y gruesos.

6.1.2.b. ANALISIS DE LABORATORIO

Es un suelo profundo, sin embargo a los 50 cm de profundidad ya encontramos a la saprolita en un estado muy avanzado de intemperización. El color del suelo es claro a lo largo de todo el perfil, es pardo muy pálido 10YR 7/3 de 0 a 18 cm; pardo muy pálido 10YR 8/4 de 18 a 29 cm; amarillo rojizo 7.5YR 7/6 de 53 a 69 cm y amarillo 10YR 8/6 de 69 a 120 cm.

En húmedo se tienen los colores pardo oscuro 10YR 4/3 de 0 a 18 cm; pardo amarillento 10YR 5/4 de 18 a 29 cm; pardo amarillento 10YR 6/6 de 29 a 53 cm y pardo amarillento 10YR 5/8 de la profundidad 53 a 120 cm.

La densidad aparente es de uno en todo el perfil, como ya ha sido mencionado, existe la posibilidad de que este valor esté subestimado, como lo indican los resultados tan altos de porosidad, los porcentajes de arcilla y los valores de resistencia.

El valor de la densidad real tiene el rango de 2.47 a 2.63 g/cc, lo cual es normal e indica pocos minerales opacos presentes.

Los valores de porosidad son muy altos, de 39 a 61%, pero están fuera de la realidad por no tomarse en cuenta el elevado porcentaje de pedregosidad que se encuentra en un intervalo de 8-79%.

La textura es principalmente arcillosa, sólo en la capa de 101 a 120 cm se observa una textura franca.

El pH en la suspensión del suelo con agua destilada es moderadamente ácido, con valores de 5.25 en superficie; 5.6 de 18 a 53 cm y 5.4 de 53 a 120 cm.

En la solución salina de KCl se presenta fuertemente ácido, en la capa de 0 a 18 cm con un valor de 4 y de 18 a 120 cm es excesivamente ácido con un pH de 3.5 y en solución de NaF presenta valores entre 8.9 y 9.2

El contenido de materia orgánica tiene sólo un valor alto de 5% en la superficie y decrece con la profundidad hasta alcanzar un valor de 0.14%

La CICT es baja en todo el perfil, el valor más alto es de 22.88 cmol(+)/kg. en la superficie y el valor más bajo es de 11.33 cmol(+)/kg (saprolita)

En general, los contenidos de calcio se aprecian ligeramente mayores que los de magnesio. Los valores de calcio oscilan de 13.3 cmol(+)/kg. en la superficie a 5.8 cmol(+)/kg. en la capa 69-101 cm para nuevamente aumentar en la profundidad en la profundidad 101-120 a un valor de 6.9 cmol(+)/kg.

El magnesio tiene un rango de 4.12-1.03 cmol(+)/kg. de la superficie hasta la capa de 59-63 cm y de 63-120 cm con un valor de 2.06 cmol(+)/kg.

El contenido de sodio es bajo, en la capa de 0 a 18 cm tiene un valor de 0.74 y aumenta a 0.82 cmol(+)/kg. con la profundidad.

El contenido de potasio es bajo, alcanzando el valor más alto de 0.69 cmol(+)/kg. en la superficie.

Los contenidos de alófono son bajos en todo el perfil. (Tabla 2)

6.1.2.c. DISCUSION

Morfología

Es un suelo poco evolucionado con desarrollo "in situ", que en su posición perpendicular a la ladera, comprende un moderado espesor del solum, estando la saprolita fuertemente intemperizada lo cual es congruente con las condiciones climáticas agresivas, intensas, del área. Presenta una elevada oxidación e hidratación del hierro que se manifiesta en un color amarillento a lo largo de todo el perfil ; tiene un epipedón ócrico, un horizonte cámbico y el contenido de limo es alto en toda la profundidad.

TABLA 2

RESULTADOS DE ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS DEL PERFIL NO. 5 (Typic Eutropepts), EJIDO SAN FCO. JAVIER CHILCHOTLA, OAX

Horizonte	Profundidad cm	Co lor		D.A. g/cc	D.R. g/cc	Porosidad %	Textura		
		Seco	Húmedo				Arena%	Limo%	Arcilla%
A	0-18	10YR 7/3 pardo muy pálido	10YR 4/3 pardo oscuro	0,98	2,47	39,67	9,6	41,8 Arcillo limoso	48,6
Bw	18-29	10YR 8/4 pardo muy pálido	10YR 5/4 pardo amari- lento	1,08	2,58	58,14	7,6	39,6 Arcilloso	52,8
Bw ₂	29-53	10YR 8/6 amarillo	10YR 6/6 amarillo pardo	1,12	2,61	57,09	9,6	35,6 Arcilloso	54,8
BC	53-69	7.5YR 7/6 amarillo rojizo	10YR 5/8 pardo amari- lento	1,08	2,62	58,78	21,6	35,6 Arcilloso	42,8
C	69-101	10YR 8/6 amarillo	10YR 5/8 pardo amari- lento	1,07	2,61	59,01	21,4	35,8 Arcilloso	42,8
	101-120	10YR 8/6 amarillo	10YR 5/8 pardo amari- lento	1,01	2,63	61,60	32,6	40,6 Franco	26,8

Hor.	p H				Alcf.	M.O. %	C %	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	ClCT	V %
	H ₂ O 1:2.5	KCl 1:2.5	Delta	NaF 1:50									
A	5,2	4,1	-1,1	8,9	T	5,06	2,93	13,3	4,12	0,74	0,69	22,88	82,38
Bw	5,6	3,7	-1,9	9,0	x	1,65	0,95	7,9	1,54	0,65	0,41	12,06	87,06
Bw ₂	5,6	3,5	-2,1	9,0	x	0,92	0,53	6,4	1,03	0,65	0,35	11,33	80,97
BC	5,4	3,5	-1,9	9,1	x	0,41	0,23	5,8	2,06	0,65	0,43	13,40	66,71
C	5,4	3,5	-1,9	9,1	x	0,34	0,19	5,8	2,06	0,80	0,44	13,19	68,99
	5,4	3,4	-2,0	9,2	x	0,14	0,08	6,9	2,06	0,82	0,56	14,43	71,65

Este suelo se desarrolla sobre una lutita del Terciario que por su naturaleza, presenta elevados contenidos de limo y arcilla.

En forma general, como Pettijohn (1957), lo menciona, la sílice y el aluminio por formar parte del complejo mineral de las arcillas se encuentran como un constituyente dominante de las lutitas y de acuerdo al color del suelo está presente el hierro fuertemente hidratado. El tamaño del cristal y por lo tanto el color de la goethita presente en el suelo, es variable y está tentativamente asociada con varios pedoambientes. El tamaño del cristal refleja las condiciones de cristalización y, en particular, la tasa de crecimiento del cristal y su inhibición por componentes tales como sustancias orgánicas, fosfatos, silicatos y Al^{3+} . En general, temperaturas bajas y altas concentraciones de componentes interfieren en suelos de zonas templadas formando cristales más pequeños de goethita comparados con los que se presentan en las saprolitas y ferricretas de las áreas tropicales. Sin embargo, también esta variación puede manifestarse a lo largo de una toposecuencia bajo un mismo clima. (Bigham, 1993). Pettinjohn ha señalado que si la fracción textural fina es la predominante, su naturaleza mineral es por consiguiente rica en Al, Fe, K y H_2O .

Génesis

Es un suelo que ha alcanzado un desarrollo moderado, favorecido en primera instancia por el clima, porque éste ha dirigido el intenso intemperismo como se aprecia principalmente en el color y pH de este suelo. Ambas propiedades indican la presencia de óxidos de Al y Fe producto de la hidrólisis de los materiales más intemperizables y oxidación de los resistentes que sólo pueden manifestarse con esta intensidad siempre y cuando haya una fuerte lixiviación de sílice, y en este caso la abundancia de precipitación (4886.7 mm) lo ha facilitado.

A su vez, esta trayectoria de desarrollo se ha visto influenciada por el drenaje que es propio de la roca alterada. Este suelo se ha desarrollado en relación a los elementos de pendiente según (Fanning, 1989) en una posición sujeta a la erosión, presenta un ángulo de pendiente de 14° que no ha favorecido la formación de un horizonte de diagnóstico argílico.

Considerando que el suelo se ha desarrollado sobre un macizo montañoso en una superficie erosiva, se asume que están actuando procesos de intemperización en la roca, la cual se transforma a saprolita, ésta puede apreciarse en la ladera con un gran espesor y con diferentes grados de intemperismo y que a través del tiempo llegará a ser parte del suelo ; y por otro lado, se presentan procesos de erosión que disminuyen el espesor de los horizontes por efecto de lavado (Young, 1980)

Estos procesos erosivos son los que han limitado el desarrollo hacia un intergrado con los Alfisoles, permitiendo solo la presencia de un horizonte de diagnóstico cámbico. La pendiente limita la estabilidad del suelo pero aún así, se tiene diferenciación de horizontes con un espesor de 18 cm en A, 35 cm en Bw, 48 cm en BC y 39 cm en C pero cuando observamos un ligero aumento en la pendiente como lo tenemos en el P-4 con 16° se aprecia que el mismo suelo tiene horizontes con un espesor menor que oscila en los

siguientes valores : 7cm en A, 12 cm Bw, 12 cm en BC y 18 cm en C. Este adelgazamiento es efecto de la pérdida de material en función del tipo de relieve. (Figura 12). El desarrollo de este suelo no se ha visto afectado por algún depósito coluvial.

Como procesos pedogenéticos podemos apreciar que la mineralización de la materia orgánica es intensa, observándose una disminución notoria de ésta con la profundidad. Es un suelo ácido que a través del lavado está perdiendo bases. Se han presentado procesos de solución, oxidación, hidratación e hidrólisis de los minerales que contienen hierro y se han formado óxidos e hidróxidos de hierro hidratados como la limonita ($FeO \cdot OH \cdot H_2O$)

Clasificación

Este suelo tiene un horizonte Bw, un epipedón ócrico, un régimen de temperatura isotérmico, no tiene una cantidad significativa de arcillas amorfas activas o material piroclástico, eso se puede observar en la baja reacción al NaF. La saprolita es gruesa en el suelo, se encuentra sobre pendiente moderada a escarpada, el régimen de humedad es perúdic, que por definición excede la precipitación a la evapotranspiración en todos los meses en la mayoría de los años, hay períodos ocasionales breves en los cuales se usa algo de la humedad almacenada, pero la tensión de humedad rara vez llega a valores de 100 kPa en la sección de control de humedad (figura 6), tiene 50% de saturación de bases o más a través de todos los subhorizontes entre profundidades de 25 cm y 1 m.

Por las características físicas, químicas y de campo la clasificación según el Sistema del Soil Taxonomy (1990) y su correspondiente con FAO (1994) es de la siguiente manera:

	Orden	Suborden	Gran Grupo	Subgrupo
USDA :	Inceptisol	Tropepts	Eutropepts	Typic Eutropepts
	Grupo de Suelo	Unidad de Suelo		
FAO :	Cambisol	Cambisol Eutricto		

Observaciones :

Este suelo pudo haber sido un Alfisol ya que los Inceptisoles son suelos con un moderado desarrollo pero caracterizados por una intemperización de ligera a moderada del material parental. Ellos no tienen cantidades apreciables de componentes de aluminio y de hierro, y son generalmente de color oscuro (tabla 2). Además, un horizonte cámbico puede ser bastante estable siempre y cuando el ambiente contrarreste un cambio pedogenético. Por ejemplo en la zona de estudio la temperatura es elevada (20.4°C) y la precipitación es abundante (4886.7 mm), hay un drenaje adecuado, el material parental, es relativamente fácil de intemperizar, sólo se cumple como condición limitante de desarrollo, una lenta pero continua tasa de erosión que está en equilibrio con los procesos de intemperismo (FAO,1994) . En este caso la pendiente de 14° permite un lavado lateral que arrastra

partículas de suelo y bases y en contraste se aprecia un gran espesor de la saprolita que compensa la pérdida de material.

Como consecuencia este suelo no tiene un horizonte Bt pero tiene una alta intemperización que podría ser demostrada a través de determinaciones que evalúen la cantidad de minerales intemperizables y además denoten otros signos de pedogénesis avanzada como lo son : la predominancia de minerales de arcilla caoliníticos y óxidos de Fe libre, la relación SiO_2 /sesquióxidos de la fracción de arcilla, la relación $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, láminas delgadas en el horizonte B fundamentalmente con el objeto de encontrar películas de arcilla iluviada y presencia de amorfos (Young, 1980)

Si se considera la baja CICT que tiene este suelo, es posible, también relacionarlo con los Lixisoles que espacialmente pueden ser encontrados en pendientes y en superficies sujetas a la erosión y que se caracterizan por la acumulación subsuperficial de arcillas de baja actividad con una CICT de menos de 24 $\text{cmol}(+)/\text{kg}$ y una saturación de bases de moderada a alta. Además, no se tendría que esperar encontrar claros rasgos de iluviación porque pueden carecer de ellos (FAO, 1994)

Existe otra posibilidad, ya que puede tratarse de un intergrado entre los Cambisoles y Lixisoles (dentro de FAO). Este intergrado se da en forma lateral, pero en forma vertical, en este intergrado hay pérdida de material que se acentúa por la influencia de la pendiente como puede apreciarse en el análisis comparativo de los diferentes horizontes en los perfiles 4 y 5. (Figura 12).

Figura 12 Dinámica de dos sitios de muestreo



Horizonte	Prof. cm	Color seco	Textura			M.O. %
			arena %	limo %	arcilla %	
A	0-18	10YR 7/3 pardo muy pálido	9,6	41,8 Arcillo-limoso	48,6	5,06
Bw	18-29	10YR 8/4 pardo muy pálido	7,6	39,6 Arcilla	52,8	1,65
Bw ₂	29-53	10YR 8/6 amarillo	9,6	35,6 Arcilla	54,8	0,92
BC	53-69	7.5YR 7/6 amarillo rojizo	21,6	35,6 Arcilla	42,8	0,41
	69-101	10YR 8/6 amarillo	21,4	35,8 Arcilla	42,8	0,34
C	101-140	10YR 8/6 amarillo	32,6	40,6 Arcilla	26,8	0,14

Horizonte	Prof. cm	Color en seco	Textura			M.O. %
			arena %	limo %	arcilla %	
A	0-7	10YR 7/3 pardo muy pálido	19,8	27,6 Arcilla	52,6	2,87
Bw	7-19	10YR 8/6 amarillo	9,8	31,6 Arcilla	58,6	0,82
BC	19-31	10YR 8/6 amarillo	23,8	33,6 Arcilla	42,6	0,41
C	31-49	10YR 8/6 amarillo	25,8	43,6 Migajón-arcilloso	30,6	0,15

OBSERVACIONES:

En un suelo residual ubicado sobre una ladera litológicamente constituida de lutita, el deslizamiento de material se ha visto favorecido por el relieve, porcentaje de arcilla y abundancia de precipitación (4886.7 mm), lo cual ha influido en la presencia y espesor de los horizontes, así como también en el desarrollo del suelo.

Perfil No. 6 San Fco. Javier Chilchotla, Oaxaca

Localización: Ejido San Fco. Javier Chilchotla

Mpio Sta. María Chilchotla, Oax.

Altitud: 365 m

Relieve: Plano a ligeramente ondulado con pendiente de 3°

Edad de la roca : Cretácico

Material de Origen: Coluvión de caliza

Precipitación Media Anual: 4886.7 mm

Temperatura Media Anual: 20.4°C

Clima: Semicálido Húmedo

Régimen de Humedad: Perúdicó (Estación Cataluña)

Régimen de Temperatura : Isotérmico

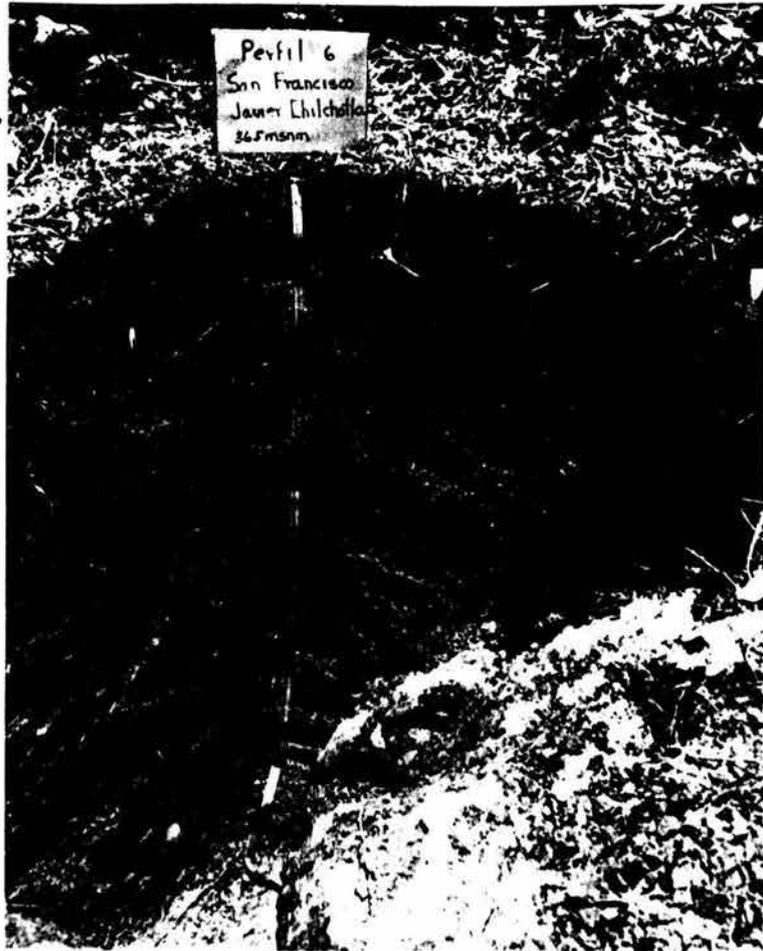
Vegetación: Selva Alta Perennifolia,
actualmente se cultiva café

Clasificación: Orden Alfisol, Suborden Udalfs,

Gran Grupo Hapludalfs, Subgrupo Typic Hapludalfs

Clasificó : Carolina Jasso Castañeda

Colectó : Carolina Jasso Castañeda



6.1.3.a. DESCRIPCION DEL PERFIL No. 6. OAXACA

**Hori-
zontes**

Características

Ap 0-15 cm. Suelo color pardo 10YR 5/3 en seco y en húmedo pardo oscuro 10YR 3/3, textura migajón arcillosa, resistencia 1.9 Kg/cm², estructura granular y subangular, macro y microporos abundantes, raíces abundantes, límite entre horizontes difuso.

Ap 15-29 cm. Suelo pardo pálido 10YR 6/3 en seco y en húmedo pardo oscuro 10YR 3/3, textura migajón arcilloso, resistencia 2.1 Kg/cm², estructura angular, macro y microporos frecuentes, raíces frecuentes, límite entre horizontes difuso.

- B_{1t}** 29-50 cm. Suelo pardo muy pálido 10YR 7/3 en seco y en húmedo pardo oscuro 10YR 3/3, con policromía; pardo oscuro 7.5YR 4/4, rojo 2.5YR, textura arcillosa, resistencia 2.3 Kg/cm², argilanes sobre los pedio en distribución horizontal y vertical de espesor moderado, estructura angular, macro y microporos presentes, raíces presentes, límite entre horizontes difuso.
- B_{2t}** 50-75 cm. Suelo pardo muy pálido 10YR 7/4 en seco y en húmedo pardo oscuro 10YR 3/3, con policromía: rojo 2.5YR 4/6, textura arcillosa, resistencia 3.2 Kg/cm², argilanes sobre los pedio en distribución horizontal y vertical de espesor moderado, estructura angular, raíces en cantidad escasa, límite entre horizontes difuso.
- BC** 75-94 cm. Suelo pardo amarillento claro 10YR 6/4 en seco y en húmedo pardo oscuro 10YR 4/3, con policromía: amarillo 10YR 8/8, textura arcillosa, resistencia 3.4 Kg/cm², argilanes sobre los pedio en distribución horizontal y vertical de espesor moderado, concreciones de fierro y manganeso estructura angular, macro y microporos, raíces en cantidad escasa, , límite entre horizontes difuso.
- C** 94-118 cm. Suelo pardo amarillento claro 10YR 6/4 en seco y en húmedo pardo oscuro 10YR 4/3 con policromía: rojo 2.5YR 4/6 y amarillo rojizo 7.5YR 7/8, textura arcillosa, resistencia 2.4 Kg/cm², estructura angular, bloques grandes bien desarrollados, abundancia de gravas, microporos escasos, macroporos presentes, raíces nulas, límite entre horizontes difuso.
- 118-140 cm. Suelo pardo amarillento claro 10YR 6/4 en seco y en húmedo pardo oscuro 10YR 4/3, con policromía: pardo claro rojizo 2.5 YR 6/4, textura arcillosa, resistencia 2.5 Kg/cm², estructura angular, bloques bien desarrollados, abundancia de gravas, micro y macroporos presentes, raíces en cantidad escasa.

6.1.3.b. ANALISIS DE LABORATORIO

Es un suelo cultivado con café var. *Bourbon*, *typica* y *caturra*, alcanza una profundidad de 140 cm. bien drenado, la pedregosidad está representada por monolitos de caliza y cubre el 30% del volumen del suelo desde la capa de 50-75 cm hasta la base del perfil.

El color del suelo en seco es pardo a lo largo de todo el perfil: pardo 10YR 5/3 de 0-15 cm pardo pálido 10YR 6/3 de 15 a 29 cm; pardo muy pálido 10YR 7/3 de 29 a 50 cm, pardo muy pálido 10YR 7/4 de 50 a 75 cm; y pardo amarillento claro 10YR 6/4 de 75 a 140 cm.

En húmedo se tienen los colores: pardo oscuro 10YR 3/3 de 0-15 cm; pardo amarillento oscuro 10YR 4/4 de 15 a 29 cm; pardo oscuro 10YR 4/3 de 29 a 50 cm; pardo amarillento 10YR 5/4 de 50 a 75 cm y pardo amarillento oscuro 10YR 4/4 de 75 a 140 cm.

La densidad aparente es de uno en todo el perfil. Sin embargo, como anteriormente se ha mencionado, existe la posibilidad de que este valor esté subestimado, como lo indican los resultados tan altos de porosidad, los porcentajes de arcilla, y los valores de resistencia.

El valor de la densidad real tiene el rango de 2.47 a 2.61 g/cc, lo cual es normal e indica pocos minerales opacos presentes.

La porosidad es elevada, alrededor de 58% en todo el perfil.

La textura es arcillosa con un rango de 43 a 53% de arcilla.

El pH en la suspensión del suelo con agua destilada es moderadamente ácido con valores de 5.6 a 6 hasta los 94 cm. A partir de esta profundidad empieza a ser neutro con valores de 6.7 a 7.1.

En la solución salina de KCl el pH es fuertemente ácido en todo el perfil y en la profundidad de 118 a 140 cm se tiene un pH moderadamente ácido con valor de 5.2. Con respecto a la solución NaF se tienen valores de 8.8 en la superficie a 9.2 en la mayor profundidad.

El contenido de materia orgánica en la superficie es alto, de 6% y decrece con la profundidad hasta alcanzar un valor de 1.39%

La CICT es alta en todo el perfil, el valor más alto es de 27.36 cmol(+)/kg en la superficie y el valor más bajo es de 21.59 cmol(+)/kg

El contenido de calcio es extremadamente superior al de magnesio. Los valores de calcio oscilan de 20.65 a 16.30 cmol(+)/kg desde la superficie hasta la profundidad de 50 cm; para volver a ascender desde los 75 a 140 cm para alcanzar 20 cmol(+)/kg.

El contenido de sodio y potasio es muy bajo a lo largo de todo el perfil.

El contenido de alófono es bajo en todo el perfil (Tabla 3)

6.1.3.c.DISCUSION

Morfología

Es un suelo de color pardo, profundo, el porcentaje de arcilla es alto y su distribución es homogénea a lo largo de todo el perfil.

Mineralogía

El perfil estudiado se ha originado por la alteración de un material coluvio-aluvial calcáreo.

TABLA 3

RESULTADOS DE ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS DEL PERFIL NO. 6 (Typic Hapludalfs),
EJIDO SAN FCO. JAVIER CHILCHOTLA, OAX.

Horizonte	Profundidad cm	Co lor		D.A g/cc	D.R. g/cc	Porosidad %	Textura		
		Seco	Húmedo				Arena%	Limo%	Arcilla%
Ap	0-15	10YR 5/3 pardo	10YR 3/3 pardo oscuro	1,02	2,47	58,71	16,8	39,6 Arcilla	43,6
	15-29	10YR 6/3 pardo pálido	10YR 4/4 pardo amari- lento oscuro	1,07	2,53	57,71	18,8	33,6 Arcilla	47,6
B ₁₁	29-50	10YR 7/3 pardo muy pálido	10YR 4/3 pardo oscuro	1,08	2,54	57,49	16,6	29,8 Arcilla	53,6
B ₂₁	50-75	10YR 7/4 pardo muy pálido	10YR 5/4 pardo amari- lento	1,16	2,58	55,04	17,2	28,2 Arcilla	54,6
BC	75-94	10YR 6/4 pardo amari- lento claro	10YR 4/4 pardo amari- lento oscuro	1,16	2,59	55,22	18,8	26,2 Arcilla	55,0
C ₁	94-118	10YR 6/4 pardo amari- lento claro	10YR 4/4 pardo amari- lento oscuro	1,17	2,6	55,00	23,6	25,9 Arcilla	50,5
	118-140	10YR 6/4 pardo amari- lento claro	10YR 4/4 pardo amari- lento oscuro	1,15	2,61	55,94	21,8	25,1 Arcilla	53,1

Hor.	p H				Alóf.	M.O. %	C %	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺ cmol(+)/kg	K ⁺	ClCT	V %
	H ₂ O 1:2.5	KCl 1:2.5	Delta	NaF 1:50									
Ap	5,6	4,3	-1,3	8,8	T	5,87	3,41	20,65	2,17	1,13	0,43	27,36	89,10
	6,1	4,4	-1,7	9,3	x	3,24	1,88	17,93	2,71	1,04	0,28	23,36	94,00
B ₁₁	6,0	4,2	-1,8	9,0	x	2,86	1,66	16,85	2,71	1,39	0,28	21,89	96,98
B ₂₁	5,9	4,3	-1,7	8,9	x	1,80	1,04	16,30	1,08	0,74	0,23	20,47	89,64
BC	6,1	4,4	-1,7	8,9	x	1,70	0,99	17,39	2,17	0,74	0,28	21,59	95,32
C ₁	6,7	4,9	-1,8	9,2	x	1,36	0,79	18,47	2,71	0,74	0,28	23,09	96,14
	7,1	5,2	-1,9	9,2	x	1,39	0,81	19,56	1,06	0,78	0,33	22,37	97,13

Cuando el coluvión calcáreo es rico en arcilla, el resultado son los suelos arcillosos, e impermeables. Debido al índice de lixiviación bajo esos suelos son densos, frecuentemente tanto su pH como su saturación de bases es alto. (Buol, 1988)

Génesis

Este suelo presenta pedregosidad en forma de monolitos grandes, los cuales pueden ser provenientes de las partes altas que junto con una gran cantidad de material fragmentado fué transportado por actividad coluvial y fluvial (dada la cercanía del río Petlalpa a la zona) y que posteriormente fué depositado en esa área. El monolito de la foto presenta ángulos redondeados que indican la vía de transporte, su permanencia en un suelo profundo se explica por una posible cristalización de los carbonatos al haber una sobresaturación influenciada por aportes continuos, o bien, por una obturación de los poros de la roca por arcilla, frenando su intemperización.

Se trata de un suelo de origen coluvio-aluvial, sin embargo, la estratificación morfológica y química característica de estos suelos no la presenta. Es decir, no muestra estructura laminar ni irregularidades del contenido de carbono orgánico en las capas, lo cual puede ser explicado a través de procesos pedogenéticos (como el intemperismo de los minerales, homogenización causada por madrigueras de animales del suelo, enraizamiento de plantas y lavado) que destruyen las capas de sedimentación original y el material del suelo gradualmente adquiere las propiedades requeridas para un horizonte cámbico (colores con cromas más fuertes que el material subyacente, mayor estructura de suelo que la estratificación original, descalcificación, etc).

Estos procesos normalmente empiezan en la parte superior del perfil y gradualmente proceden hacia abajo, a un grado en que el carácter estratificado del suelo desaparece completamente.

Un horizonte cámbico debe localizarse por lo menos 25 cm por abajo de la superficie del suelo. Consecuentemente suelos que muestran evidencias de alteración por abajo de esta profundidad, pueden ya no ser considerados como Fluvisoles (FAO, 1994)

Este suelo es de color pardo y como ya se había mencionado anteriormente, el hierro activo liberado en la alteración y ligado a las arcillas finas, es el que conduce al empardecimiento.

Los materiales calizos sólo dan lugar a suelos empardecidos si sufrieron una descarbonatación previa.

En un medio aireado, el hierro férrico permanece unido a las arcillas y es arrastrado al mismo tiempo que ellas, dando un empardecimiento en el perfil completo.

Cuando en el material parental ya existe una fuerte proporción de arcillas, la alteración se produce más moderadamente y no puede compensar el lavado, que llega a ser muy aparente, sobre todo si las condiciones ecológicas son favorables (Douchaufour, 1994)

Clasificación

Este suelo tiene un epipedón antrópico, un horizonte argílico, un porcentaje de saturación de bases mayor a 35%, régimen de temperatura isotérmico, régimen de humedad perúdic, que por definición excede la precipitación a la evapotranspiración en todos los meses en la mayoría de los años, hay períodos ocasionales breves en los cuales se usa algo de la humedad almacenada, pero la tensión de humedad rara vez lleva a valores de 100 kPa en la sección de control de humedad (figura 6) ; la base del Bt está a menos de un metro de la superficie, el horizonte eluvial gradua a un Bt generalmente a una profundidad de 30-45 cm. (USDA, 1981)

Por las características físicas, químicas y de campo la clasificación según el Sistema del Soil Taxonomy (1990) y su correspondiente con FAO (1994) es de la siguiente manera:

	Orden	Suborden	Gran Grupo	Subgrupo
USDA :	Alfisol	Udalfs	Hapludalfs	Typic Hapludalfs
	Grupo de Suelo	Unidad de Suelo		
FAO :	Luvisol	Luvisol Háplico		
		Nitisol Eútrico		

Observaciones :

De no encontrarse en una zona relativamente plana, en donde el agua es infiltrada principalmente, los carbonatos no serían fácilmente eliminados y estaríamos hablando de un suelo relacionado espacial y temporalmente con Inceptisoles.

Por otro lado, este suelo está relacionado con los Nitisoles de acuerdo a FAO por encontrarse en superficies estables, además, se ajusta a los requerimientos de esta unidad de suelo en lo referente a que se trata de un suelo del trópico, bien drenado, pardo oscuro, estructura blocosa, fuertemente desarrollada, alta estabilidad de agregados, porosidad alta, reacción neutra, arcilloso, transición entre horizontes difusa, CICT mayor a 24 cmol(+)/kg de arcilla, consistencia firme cuando es húmedo, derivado de roca básica (FAO, 1994)

Perfil No. 7 : El Plan, Oaxaca

Localización: Ejido El Plan (A orillas del Río Petlalpa) Mpio. de Sta María Chilchotla, Oax.

Altitud: 110 m

Relieve: Planicie

Edad de la roca: Cretácico

Material de Origen: Conglomerado y obsidiana

Precipitación Media Anual: 4886.7mm

Temperatura Media Anual: 20.4°C

Clima: Semicálido Húmedo

Régimen de Humedad: Perúdic (Estación Cataluña)

Régimen de Temperatura: Isotérmico

Vegetación: Selva Alta Perennifolia actualmente se cultiva café

Clasificación: Orden Alfisol, Suborden Udalfs, Gran Grupo Hapludalfs

Subgrupo Typic Hapludalfs

Clasificó : Carolina Jasso Castañeda

Colectó : Carolina Jasso Castañeda

6.1.4.a. DESCRIPCION DEL PERFIL No. 7 -OAXACA

**Hori-
zontes**

Características

- A₁** 0-16 cm. Suelo pardo amarillento claro 10YR 6/4 en seco y en húmedo pardo oscuro 10YR 4/3, textura migajón arcilloso, resistencia 1.5 Kg/cm², estructura granular, macro y microporos abundantes, raíces abundantes, transición entre horizontes difusa.
- A₁** 16-31 cm. Suelo pardo amarillento claro 10YR 6/4 en seco y pardo oscuro 10YR 4/3 en húmedo, textura franco, plástico y adhesivo muy permeable, resistencia 1.7 Kg/cm², estructura granular y subangular, débilmente desarrollada, macro y microporos abundantes, raíces abundantes, transición entre horizontes difusa.
- AB** 31-43 cm. Suelo pardo muy pálido 10YR 7/4 en seco y en húmedo pardo amarillento oscuro 10YR 4/4, textura franco, plástico y adhesivo, resistencia 1.4 Kg/cm², estructura subangular, débilmente desarrollada, macro y microporos abundantes, raíces frecuentes, transición entre horizontes difusa, presencia de crotovinas.
- BA** 43-54 cm. Suelo pardo muy pálido 10YR 7/4 en seco y en húmedo pardo amarillento oscuro 10YR 4/4, textura franca, plástico y adhesivo, resistencia 2 Kg/cm², estructura subangular, débilmente desarrollada, macro y microporos frecuentes, raíces presentes, transición entre horizontes difusa.
- B_{21t}** 54-66 cm. Suelo amarillo 10YR 7/6 en seco y en húmedo pardo amarillento oscuro 10YR 4/4, textura franco arenosa, argilanes sobre los pedio en

distribución horizontal y vertical de espesor moderado, resistencia 2.6 Kg/cm² estructura subangular bien desarrollada, macro y microporos frecuentes, raíces escasas, transición entre horizontes difusa.

- B_{22t}** 66-80 cm. Suelo amarillo 10YR 8/6 en seco y en húmedo pardo amarillento oscuro 10YR 4/6, textura franco arenosa, argilanes sobre los pedio en distribución horizontal y vertical de espesor moderado, resistencia 2.9 Kg/cm² estructura subangular bien desarrollada, raíces escasas, transición entre horizontes difusa.
- B_{23t}** 80-97 cm. Suelo amarillo 10YR 8/6 en seco y en húmedo pardo amarillento 10YR 5/6, textura franco arenosa adhesivo, plástico, argilanes sobre los pedio en distribución horizontal y vertical de espesor moderado, resistencia 3.7 Kg/cm², estructura subangular bien desarrollada, macro y microporos presentes, raíces escasas, transición entre horizontes difusa.
- BC₁** 97-116 cm. Suelo amarillo 10YR 8/6 en seco y en húmedo pardo amarillento 10YR 5/6, textura franco arenosa adhesivo, plástico, resistencia 4.1 Kg/cm², estructura subangular bien desarrollada, macro y microporos escasos, raíces escasas, transición entre horizontes difusa.
- BC₂** 116-150 cm. Suelo amarillo 10YR 8/6 en seco y en húmedo pardo amarillento 10YR 5/6, textura franco arenosa, resistencia 4.0 Kg/cm², estructura subangular bien desarrollada.

6.1.4.b. ANALISIS DE LABORATORIO

Terreno desmontado hace 18 meses (Junio, 1992). Se cambió el uso del suelo de cafetal por maíz. No se obtuvieron buenos resultados con este cultivo, la tierra se reseca muy rápido. Se procedió a cultivar yuca. Este terreno tiene una superficie de 1.5 Ha en donde también se cultivaba plátano, piña y chile con buenos rendimientos. Es un suelo con una profundidad de 140 cm, con drenaje adecuado.

Se caracteriza por ser muy homogéneo en color el cual se mantiene en tonos amarillentos. El color en seco es : pardo amarillento claro 10YR 6/4 de 0 a 31 cm; pardo muy pálido 10YR 7/4 de 31 a 54 cm; amarillo 10YR 7/6 de 54 a 66 cm; amarillo 10YR 8/6 de 66 a 140 cm.

En húmedo: pardo amarillento oscuro 10YR 4/4 de 0 a 31 cm; pardo amarillento 10YR 5/4 de 31 a 43 cm; pardo amarillento 10YR 5/6 de 43 a 80 cm; amarillo pardo 10YR 6/6 de 80 a 140 cm.

La densidad aparente es ligeramente mayor de uno en todo el perfil, sin embargo, como ya se mencionó, existe la posibilidad de que este valor esté subestimado, como lo indican los resultados tan altos de porosidad, los porcentajes de arcilla y los valores de resistencia.

La densidad real tiene un valor dentro del rango de 2.54 a 2.68 g/cc, lo cual es normal e indica pocos minerales opacos presentes.

Los valores de porosidad son altos, fluctuantes en todo el perfil. Tiene el valor máximo de 58% en la superficie.

La textura es migajón arcillosa, muy homogénea a lo largo de todo el perfil.

El pH en la suspensión del suelo con agua es neutro, en la superficie, con valor de 6.5 y moderadamente ácido de 16 a 140 cm con valores de 5.1 a 6.1 .

En la solución salina de KCl se presenta ligeramente ácido con valores de 6.5 en la superficie hasta disminuir a un valor de 5.7 con la profundidad y en solución de NaF se presentan valores entre un rango de 9.0 a 9.4 a una profundidad de 54 cm para elevarse hasta 9.9 y volver a descender hasta 9.4 a una profundidad de 140 cm

El contenido de materia orgánica es alto, con un rango de 4.4 en la superficie, decreciendo con la profundidad hasta un valor de 0.22%

La CICT es baja a lo largo de todo el perfil, el valor más alto es de 15.47 cmol(+)/kg (0 a 16 cm) y el valor más bajo es de 5.26 cmol(+)/kg (97 a 116 cm)

En relación a los contenidos de calcio y magnesio se observa que el calcio es ligeramente mayor que el magnesio. El rango en el que fluctúa el calcio es de 8.15 a 2.71 cmol(+)/kg., aumentando a 3.26 en la capa de 116 a 140 cm.

El contenido de sodio es muy bajo, de 0.95 a 0.52 cmol(+)/kg.

El contenido de potasio también es muy bajo, de 0.88 a 0.11 cmol(+)/kg. (Tabla 4)

El valor reportado para alófono es muy alto en todo el perfil.

6.1.4.c. DISCUSION

Morfología

Es un suelo pardo muy homogéneo en color y en contenido de arcilla con límites difusos entre horizontes, es profundo, ácido y con una CICT baja.

Mineralogía

Es un suelo formado a partir de conglomerado, material que debió ser transportado por el río Petlalpa.

TABLA 4

RESULTADOS DE ANALISIS FISICOS DEL PERFIL NO. 7 (Typic Hapludalfs),
EJIDO EL PLAN, OAX.

Horizonte	Profundidad cm	Co lor		D.A. g/cc	D.R. g/cc	Porosidad %	Textura		
		Seco	Húmedo				Arena%	Limo%	Arcilla%
A ₁	0-16	10YR 6/4 pardo amari- lento claro	10YR 4/4 pardo amari- lento oscuro	1,07	2,54	57,88	33,8	34,8 Migajón arcilloso	31,4
	16-31	10YR 6/4 pardo amari- lento claro	10YR 4/4 pardo amari- lento oscuro	1,12	2,63	57,42	34,7	31,8 Migajón arcilloso	33,5
AB	31-43	10YR 7/4 pardo muy pálido	10YR 5/4 pardo amari- lento	1,21	2,65	54,34	41,8	25,6 Migajón arcilloso	32,6
BA	43-54	10YR 7/4 pardo muy pálido	10YR 5/6 pardo amari- lento	1,28	2,85	51,7	37,6	29,8 Migajón arcilloso	32,6
B _{21t}	54-66	10YR 7/6 pardo muy pálido	10YR 5/6 pardo amari- lento	1,26	2,86	52,64	33,6	26,6 Migajón arcilloso	39,8
B _{22t}	66-80	10YR 8/6 amarillo	10YR 5/6 pardo amari- lento	1,25	2,67	53,19	33,6	27,6 Migajón arcilloso	38,8
B _{23t}	80-97	10YR 8/6 amarillo	10YR 6/6 amarillo pardo	1,24	2,66	53,38	33,8	27,8 Migajón arcilloso	38,4
BC ₁	97-116	10YR 8/6 amarillo	10YR 6/6 amarillo pardo	1,23	2,64	53,41	29,8	33,8 Migajón arcilloso	36,4
BC ₂	116-140	10YR 8/6 amarillo	10YR 6/6 amarillo pardo	1,22	2,68	54,48	33,6	30,0 Migajón arcilloso	36,4

TABLA 4

**RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICOS DEL PERFIL NO. 7 (Typic Hapludalfs),
EJIDO EL PLAN, OAX.**

Hor.	p H				Alof.	M.O. %	C %	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	ClCT	V %
	H ₂ O 1:2.5	KCl 1:2.5	Delta	NaF 1:50									
A ₁	6,5	5,1	-1,4	9,0	xx	4,42	2,56	8,15	3,80	0,95	0,88	15,47	89,07
	5,8	4,1	-1,7	9,1	xxxx	2,07	1,20	3,80	2,17	0,52	0,23	8,63	77,86
AB	6,0	4,2	-1,8	9,2	xxxx	1,33	0,77	3,26	1,63	0,52	0,20	7,57	74,10
BA	6,1	4,2	-1,9	9,4	xxxx	0,76	0,44	2,71	1,63	0,52	0,15	6,31	79,39
B _{2H}	5,9	4,1	-1,8	9,9	xxxx	0,57	0,33	2,71	1,63	0,52	0,20	6,31	80,19
B _{2H}	5,1	4,2	-0,9	9,7	xxxx	0,46	0,27	2,71	1,63	0,52	0,15	5,68	88,20
B _{2H}	6,0	4,2	-1,8	9,6	xxxx	0,36	0,21	2,71	1,63	0,52	0,11	5,89	84,38
BC ₁	5,7	4,1	-1,6	9,5	xxxx	0,24	0,14	2,71	1,63	0,52	0,11	5,26	94,48
BC ₂	5,7	4,1	-1,6	9,4	xxxx	0,22	0,13	3,26	1,08	0,52	0,11	6,52	76,22

Los conglomerados son rocas sedimentarias formadas de guijarros que usualmente están cementados a la vez con un material de grano más fino. Pueden estar total o parcialmente compuestos por materiales calcáreos (Ortíz, 1984)

Génesis

La formación de este suelo se vio influenciada por la topografía y por la naturaleza del material parental.

Este perfil está en la parte más baja en el relieve, por lo que el material que llegó a ocupar esta zona en su transporte debió estar sujeto por mayor tiempo y con mayor intensidad a la abrasión. Dicho efecto debió fragmentar a un grado máximo a la roca transportada, aumentando su superficie específica. Y por otro lado debió depositarse una vez que había alcanzado un grado de intemperización muy avanzado.

Además, hay que considerar, que las corrientes de agua permiten el transporte de partículas finas a través de distancias más largas que los bloques grandes. Todo esto ha facilitado la formación de este suelo profundo.

El contenido de arcilla es alto y muy uniforme a lo largo del perfil lo cual implica un avanzado desarrollo de este suelo.

El color del suelo está dentro de tonos amarillentos que también están de acuerdo con su posición topográfica en donde la humedad es más alta y por consiguiente la velocidad de intemperización de los minerales es mayor. La zona de estudio mantiene un área de humedad acumulada permanente a lo largo de todo el año de acuerdo al balance hídrico realizado.

El color amarillento indica la presencia de sesquióxidos y de minerales arcillosos estables como es la caolinita, lo que es congruente con la baja CICT que presenta este perfil.

La proporción de minerales intemperizables es muy baja y por lo tanto, el enriquecimiento de este suelo por bases a través de los aportes provenientes de las partes altas es el que determina su nivel de fertilidad.

La edafogénesis de este suelo no se ha visto perturbada por algún evento posterior lo cual ha permitido su evolución y podría argumentarse que se trata de un suelo muy antiguo.

Clasificación

Este suelo tiene un epipedón ócrico, un horizonte argílico, un porcentaje de saturación de bases mayor a 35%, régimen de temperatura isotérmico, régimen de humedad perúdic, que por definición excede la precipitación a la evapotranspiración en todos los meses en la mayoría de los años, hay períodos ocasionales breves en los cuales se usa algo de la humedad almacenada, pero la tensión de humedad rara vez llega a valores de 100 kPa en la sección de control de humedad (figura 6), la base del Bt está a menos de un metro de la superficie.

Por las características físicas, químicas y de campo la clasificación según el Sistema del Soil Taxonomy (1990) y en FAO (1994) es de la siguiente manera:

	Orden	Suborden	Gran Grupo	Subgrupo
USDA :	Alfisol	Udalfs	Hapludalfs	Typic Hapludalfs
	Grupo de Suelo	Unidad de Suelo		
FAO :	Luvisol	Luvisol Háplico		
		Nitisol Eútrico		

Observaciones :

Lo anterior lo relaciona con los Nitisoles, además de que cumple con una alta estabilidad de agregados, alta porosidad, es ácido, compuesto por arcillas de baja actividad, un incremento de arcilla con la profundidad, no muestran un decremento mayor al 20% en el contenido de arcilla dentro de los 150 cm desde la superficie y típicamente la transición entre los horizontes es gradual o difusa, pero carece de un horizonte nítico y no tiene un color oscuro o rojo por lo que no clasifica como Nitisol (FAO, 1994)

Puede interpretarse que se trata de una intergradación entre Nitisoles y Luvisoles en FAO.

6.1.5. HIPOTESIS SOBRE LA DINAMICA DE LOS SUELOS DEL AREA DE OAXACA

La dinámica de los suelos de esta zona puede interpretarse en relación al clima cálido húmedo que ha favorecido la aceleración de la fragmentación de las rocas y la de las reacciones químicas durante la erosión diferencial de las mismas; por otra parte, el efecto de pendiente que comprende patrones erosivos y de acumulación que van desde las partes altas a las partes bajas, ha contribuido también en el desarrollo de los suelos entrelazados a lo largo del paisaje presentando diferencias debido principalmente a variaciones en la topografía, que a su vez tiene efecto sobre el drenaje como lo presenta una catena (Fanny, 1989) (Tabla 5)

El material parental que ha dado origen a los suelos de esta catena es muy variado y se descarta a las lutitas y calizas como material parental predominante, porque los fragmentos de caliza encontrados en los perfiles 1, 2, están poco alterados y no han ejercido ninguna influencia. Se interpreta que este material debió haber sido transportado de la parte más alta. Y con respecto al P-6 la presencia del monolito de caliza no apoya que el suelo haya sido originado a partir de este material, sino que este suelo se desarrolló a partir de material coluvio-aluvial que posteriormente fue intemperizado en el lugar.

En el área se pueden distinguir los 2 grupos de influencias que afectan al desarrollo de una catena. Se encuentran diferencias en los ángulos de pendiente lo cual se constituye como una causa estática de diferenciación debido a los procesos que se efectúan de acuerdo a las diferencias del sitio, independientemente de la posición que ocupen dentro de la catena (Young, 1980). El P-3 Oax. está ubicado en condiciones topográficas que favorecen la iluviación de arcilla clasificando como un Typic Hapludalfs. El P-5 Oax tiene una pendiente de 14° lo que determina que sea un suelo con moderado desarrollo. En los suelos 6 y 7, las causas dinámicas de diferenciación tienen mayor significancia por el efecto sobre los procesos que determinan la posición del sitio con respecto a la pendiente (Young, 1980) se han visto influenciados por el aporte de material coluvial por arrastre y lavado de la superficie y del sustancias en solución.

Existe una gran diversidad de suelos en la zona que se pueden agrupar de la siguiente manera: suelos pardos (perfiles 1, 2, 6, 7, 8, 10 y 11), suelos amarillos (perfiles 4, 5 y 9) y suelos rojos (perfil 3) presentando variaciones en la profundidad y grado de desarrollo.

Los suelos de esta catena difieren no sólo en morfología sino que lo hacen como resultado de la erosión y transporte (como se ha observado en los perfiles 4 y 5), deposición de material superficial (observado en perfiles 1, 2, 6, 7, 8, 9, 10 y 11) así como también de lavado (perfiles 4 y 5), translocación (perfil 3) y deposición de constituyentes químicos (perfil 6).

La pendiente además controla la influencia en la posición y fluctuaciones estacionales del manto freático que queda en los valles más cerca de la superficie todo el año, presentando evidencias como lo es la policromía que se pudo observar en los perfiles 9 y 10.

Como Wilding, 1983 lo ha mencionado, la morfología y procesos de cada suelo de una catena están relacionados y continuamente se están ajustando a los cambios del paisaje, por lo que en relación a los perfiles 4 y 5 en donde hay desplazamiento de suelo, principalmente en el primero, éstos posiblemente están determinando un cambio en la pendiente de la parte alta del relieve que a su vez ha repercutido en procesos de compactación como se aprecia en el P-3. En los suelos que carecen de permeabilidad uniforme hay una tendencia para que el agua fluya lateralmente pendiente abajo, teniendo en cuenta que la conductividad hidráulica vertical a través de un perfil de suelo es siempre más pequeña que la conductividad hidráulica paralela a las capas (Wilding, 1983) y esto puede propiciar cambios en la evolución de este suelo, posiblemente en el contenido de arcilla a través de procesos de lixiviación.

El movimiento del agua y su distribución en las pendientes es la principal razón de las diferencias en los suelos sobre el paisaje, siendo en este caso más importante el movimiento del agua a través de los horizontes del suelo que el flujo superficial.

Por otro lado, considerando la identificación de horizontes se ha podido apreciar un adelgazamiento de ellos con respecto a los P-5 y P-4 pendiente abajo. Las condiciones topográficas han favorecido a la erosión, el incremento de pendiente hace que la gravedad actúe como un agente o fuerza que provoca un deslizamiento de material en estos perfiles, viéndose favorecidos por procesos de sedimentación coluvial los perfiles del valle.

La gravedad y el agua están ocasionando el desplazamiento de materiales, con procesos denudativos concentrándose principalmente en terrenos con pendientes entre 14° y 16° (P-5 y P-4 respectivamente.) (Figura 12)

Asímismo, como efecto del gradiente altitudinal, se pueden observar relaciones de las propiedades de estos suelos de acuerdo a su posición topográfica.

A mayor altura el contenido de M.O. es más elevado, el tipo de vegetación influye en incorporar hojarasca continuamente, la pendiente favorece la escorrentía limita la cantidad de humedad del suelo que penetra. Esta deficiencia no favorece la mineralización de la M.O.

En partes planas, el uso del suelo es agrícola por lo que las actividades de labranza proporcionan mayor aireación y así se facilita la mineralización de la M.O., además de que no se permite la incorporación de residuos al suelo, puesto que la cosecha es total. También se puede considerar que por tratarse de partes bajas éstas reciben mayor cantidad de agua, la cual es infiltrada y a su vez se acelera la degradación de la M.O.

Con respecto a la profundidad de los suelos tiene gran influencia el relieve, observándose que en las planicies el espesor es mayor, ya sea porque se permite una mayor infiltración que hidroliza a los minerales y favorece la diferenciación de horizontes. También son superficies que por su estabilidad fisiográfica reciben material transportado de las partes altas. Las superficies planas también están determinando que al haber mayor lixiviación se debasifique a estos suelos y tiendan a ser más ácidos, considerando que estos terrenos son agrícolas en donde el reciclaje biológico se atenúa por la disminución de la incorporación de residuos.

Perfil	Suelo	Geología	Altitud msnm	Relieve pendiente	Prof. total cm	Arcilla %	pH H ₂ O	M.O. %	Ca ²⁺ cmol(+)/kg	CICT cmol(+)/kg	pH NaF
1	–	Material coluvial	820	2°	37	48.4-64.4	6.2-5.7	9-2.3	–	–	N-T-xx
2	–	Material coluvial	840	26°	100	–	5.4-7.8	8.2-0.8	–	–	N-xxx
3	Typic Hapludalfs	Lutita	745	5°	130	54-87.6	5.7-5.8	8.8-1.2	18-7.4	25.9-14.6	9.3 - 10.0
4	–	Lutita	230	16°	49	52.6-30.6	6-5.8	5-0.26	–	–	–
5	Typic Eutropepts	Lutita	355	14°	150	48.6-26.8	5.2-5.4	5-0.14	13.3-6.4	22.8-14.43	8.9 - 9.2
6	Typic Hapludalfs	Material coluvio- aluvial	365	3°	140	43.6-53.1	5.6-7.1	5.8-1.4	20.6-19.5	27.4-22.4	8.8 - 9.2
7	Typic Hapludalfs	Material coluvial	110	planicie	150	31.4-36.4	6.5-5.7	4.4-0.2	8.1-3.2	15.4-6.5	9.0-9.9-9.4
8	–	–	140	planicie	155	35.6-7.4	6.4-8.6	3.7-0.4	–	–	T-xxxx
9	–	–	160	planicie	149	43.4-48.2	4.3-4.9	5.5-0.17	–	–	N-xxxx
10	–	Conglomerado- Lutita	150	planicie	55	25.4-45.2	5.5-4.8	–	–	–	x-xxxx
11	–	–	160	planicie	123	–	5-5.8	3.6-0.4	–	–	–

Tabla 5 Análisis de la dinámica de los suelos del área de Oaxaca

6.2 PERFILES DE SUELOS LOCALIZADOS EN EL ESTADO DE GUERRERO

El Municipio de Atoyac de Alvarez se caracteriza por el cultivo de café. Hace aproximadamente 70 años se empezó el cultivo de café en estas zonas, la variedad utilizada fué la *typica*. Se menciona que el café del estado de Guerrero se considera aromático y es comparable en calidad con el café de Colombia.

El café de altura y por consiguiente de calidad, es cultivado en los poblados siguientes: La Pintada, el Edén, Piloncillos, Faisanal, Nueva Delhi, el Molote y el Paraíso.

El café de zonas bajas es el de : San Vicente, Río Santiago, el Venado y San Andrés.

Las variedades que se cultivan son: *typica*, *caturrea*, *mundo novo*, *garnica* y *cv.katoai* siendo de mejor calidad el *caturrea* y *mundo novo* porque son más carnosos y además tienen mayor abundancia de cereza.

El café de exportación se beneficia en húmedo, lo que lo hace más suave y requiere de un gran volumen de agua, alrededor de 48 litros por un quintal de café oro (INMECAFE, 1986) lo cual resulta en un incremento en los costos del beneficio, además de ser un excesivo desperdicio de agua.

En la actualidad el beneficio por vía húmeda no se está realizando en el municipio.

Los beneficios que existen en el municipio se encuentran ubicados en Río Santiago, San Vicente, San Francisco, Felicidad, Remonta, Las Humedades, La Soledad y el Paraíso.

Los árboles de sombra para las zonas productoras de café son los siguientes:

Nombre científico	Nombre común
<i>Eugenia acapulcensis</i> Steud	Capulín
<i>Inga jinicuil</i>	Cuajinicuil
<i>Licaria peckii</i> (Johns.) Kost	Laurelillo
<i>Musa paradisiaca</i> L.	Plátano
<i>Psidium guayava</i> L.	Guayaba
<i>Mangifera indica</i> L.	Mango
<i>Pithecellobium arboreum</i> (L). Urban	Tamarindillo
<i>Robinsonella mirandai</i> G.Pompa	Majagua
<i>Garrya laurifolia</i> Artw.	Zapotillo
<i>Stemmadenia galeottiana</i> (A.Rich.) Miers	Lechoso

La cascarilla en estas regiones, se utiliza como material de forraje mezclado. Pero también hay personas que la usan, molida y mezclada con azúcar.

La cáscara del café beneficiado en húmedo se había estado probando como abono, pero no tuvo buenos resultados porque quemaba a las plantas.

Las zonas que reportan ataque por la broca son: La Pintada, Piloncillo, El Paraíso, El Edén, Las Delicias y Santiago de la Unión.

Los perfiles 1, 3, 6 y 7 de Guerrero se encuentran localizados en los poblados: El Paraíso, La Pintada y Nueva Delhi dentro del Municipio Atoyac de Alvarez.

Todos estos suelos se han visto influenciados por el aporte de cenizas volcánicas, pero explicar su origen es difícil. La investigación en relación a la actividad volcánica se encuentra en sus inicios, prioritariamente se ha trabajado con volcanes actuales, y las cenizas que están contribuyendo a la formación de estos suelos, probablemente son de origen más antiguo. Como hipótesis se puede plantear que el aporte de cenizas pudo provenir de un campo volcánico terciario de la Sierra Madre del Sur. Por otro lado, las cenizas pudieron haber sido transportadas y ser depositadas como material re TRABAJADO (Siebe, Claus ; Aceves, Q.)

Yarza (1992), reporta volcanes para la depresión del Balsas, como el: Tetipac, Huitzucó, Tlapa y Tecuintzo, pero para ubicar geológicamente a las cenizas volcánicas de estos suelos, deberían datarse y así se tendría un origen aproximado.

A continuación se describen y discuten algunos perfiles de suelos representativos de estas áreas cafetaleras :

Perfil No. 1: El Paraíso, Guerrero

Localización: Ejido El Paraíso, Mpio. Atoyac de Alvarez, Gro.

Altitud: 900 m

Relieve: Accidentado con pendiente de 15°

Edad de la roca : Terciario

Material de Origen: Granito

Precipitación Media Anual: 2423.4 mm

Temperatura Media Anual: 21.5°C

Clima: Semicálido Húmedo

Régimen de Humedad: Ústico - Údico
(Estación El Coatepín)

Régimen de Temperatura: Isohipertérmico

Vegetación: Bosque Mesófilo de Montaña,
actualmente se cultiva café

Clasificación: Orden Inceptisol, Suborden Tropepts,

Gran Grupo Eutropepts, Subgrupo Typic Eutropepts.

Clasificó : Carolina Jasso Castañeda

Colectó : Carolina Jasso Castañeda



6.2.1.a. DESCRIPCION DEL PERFIL No. 1 GUERRERO

**Hori-
zontes**

Características

- Ap₁** 0-10 cm. Suelo color pardo muy pálido 10YR 7/4 en seco y en húmedo pardo amarillento 10YR 5/6 textura migajón arcilloso, poco adhesivo y plástico, estructura subangular, bloques pequeños y medianos débilmente desarrollados, presencia de macroporos y microporos, raíces medianas, límites entre horizontes difuso.
- Ap₂** 10-20 cm. Suelo color pardo amarillento claro 10YR 6/4 en seco y en húmedo pardo amarillento oscuro 10YR 4/4, textura migajón arcillosa no adhesivo y plástico, estructura granular y subangular, bloques pequeños débilmente desarrollados, presencia de macroporos y microporos, raíces finas y medianas, límite entre horizontes claro.

- Bw** 20-40 cm. Suelo color amarillo 10YR 7/6 en seco y en húmedo pardo amarillento 10YR 5/8, textura migajón arcilloso, poco adhesivo y plástico, estructura subangular, bloques medianos moderadamente desarrollados, muy pedregoso, con macro y microporos, raíces gruesas y medianas, límite entre horizontes difuso.
- BC** 40-50 cm. Suelo color amarillo 10YR 8/6 en seco y en húmedo amarillo pardusco 10YR 6/6, textura migajón arcilloso, estructura subangular, bloques medianos moderadamente desarrollados, muy pedregoso, límite entre horizontes difuso.
- C** 50-70 cm. Suelo color pardo muy pálido 10YR 8/4 y 10YR 8/3 en seco y en húmedo amarillo 10YR 7/6, textura migajón arenoso, pedregoso, estructura subangular, bloques medianos moderadamente desarrollados.

6.2.1.b. ANALISIS DE LABORATORIO

Es un suelo muy somero con alta pedregosidad. El color en seco es : pardo muy pálido 10YR 7/4 de 0 a 10 cm; pardo amarillento claro 10YR 6/4 de 10 a 20 cm; amarillo 10YR 7/6 de 20 a 40 cm; amarillo 10YR 8/6 de 40 a 50 cm y pardo muy pálido 10YR 8/4 de 50 a 60 cm y 10YR 8/3 de 60 a 70 cm.

En húmedo el color es: pardo amarillento 10YR 5/6 de 0 a 10 cm; pardo amarillento oscuro 10YR 4/4 de 10 a 20 cm; pardo amarillento 10YR 5/8 de 20 a 40 cm; amarillo pardusco 10YR 6/6 de 40 a 60 cm y amarillo 10YR 7/6 de 60 a 70 cm.

La densidad aparente es de alrededor de uno en todo el perfil. Sin embargo, es probable que este valor esté subestimado, como lo indican los resultados tan altos de porosidad, los porcentajes de arcilla y los valores de resistencia.

El valor de la densidad real tiene el rango de 2.36 a 2.59 g/cc, lo que indica la presencia de minerales primarios comunes en los suelos, y bajos porcentajes de minerales opacos.

Los valores de porosidad son altos, fluctuando en todo el perfil, con un rango de 58.21% en la superficie y 54% en la máxima profundidad. Estos valores pueden estar sobreestimados si se considera la técnica empleada para D.A.

La textura en la superficie es migajón arcilloso para cambiar a los 10 cm de profundidad y tener una textura franca, de 20 a 70 cm la textura es migajón arcilloso.

El pH en suspensión del suelo con agua destilada es ligeramente ácido con valores de 6.1 a 6.5. Sólo en la capa de 10 a 20 cm del perfil donde inicia propiamente el perfil, es moderadamente ácido con valor de 5.7. En la solución salina de KCl se presenta el pH fuertemente ácido con valores de 4.5

El contenido de materia orgánica es abundante en la capa de 10 a 20 cm con un valor de 4.67% para descender con la profundidad hasta 0.45%

La CICT es baja, típica de la mayoría de suelos formados a partir de granito. Sólo a los 10 cm se observa un ligero aumento con un valor de 18.76 cmol(+)/kg descendiendo con la profundidad hasta 6.84 cmol(+)/kg.

El contenido de calcio es ligeramente mayor que el de magnesio, tiene un valor máximo de 11.17 cmol(+)/kg a los 10 cm y disminuye con la profundidad hasta 3.19 cmol(+)/kg.

Los contenidos de magnesio son muy homogéneos, oscilan de 3.09 a 2.09 cmol(+)/kg, sin embargo tienden a mostrar una relación Ca : Mg adecuada, con valores que oscilan de 2 a 4.

Los contenidos de potasio son bajos, a los 10 cm se tiene el máximo valor de 0.97 cmol(+)/kg disminuyendo hasta 0.5 cmol(+)/kg

Los contenidos de sodio son bajos, oscilan de 0.65 cmol(+)/kg a los 10 cm hasta 0.58 cmol(+)/kg.

El contenido de alófono es bajo en todo el perfil. (Tabla 6)

6.2.1.c. DISCUSION

Morfología

En general es un suelo poco diferenciado, pedregoso, moderadamente profundo, de color pardo, muy desaturado en bases. Su contenido en arcilla es elevado, ligeramente homogéneo a lo largo de todo el perfil. Es un suelo inmaduro pero se diferencia claramente de los Entisoles por su mayor grado de evolución y por la presencia de horizontes pedogenéticos. Presenta un epipedón ócrico y un horizonte cámbico.

Mineralogía

El perfil se ha originado por la alteración de un granito del Terciario que es una roca ácido-plutónica y su mineralogía consiste en un 70% de ortoclasa, 20% de cuarzo y 10% de minerales accesorios, moscovita y biotita, con pequeñas cantidades de hornblenda y augita (Hardy, 1970)

Génesis

El material parental debió sufrir alteración física, disgregación, ataque por procesos hidrolíticos teniendo influencia el CO₂ y los ácidos húmicos. El hierro activo liberado en la alteración y ligado a las arcillas finas, es el causante del empardecimiento de este suelo (Duchaufour, 1984)

TABLA 6

**RESULTADOS DE ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS DEL PERFIL NO. 1 (Typic Eutropepts),
EJIDO EL PARAISO, GRO.**

Horizonte	Profundidad cm	Co lor		D.A. g/cc	D.R g/cc	Porosidad %	Textura		
		Seco	Húmedo				Arena%	Limo%	Arcilla%
Ap ₁	0-10	10YR 7/4 pardo muy pálido	10YR 5/6 pardo amari- lento	1,07	2,56	58,21	35,8	33,8 Migajón arcilloso	30,4
Ap _b	10-20	10YR 6/4 pardo claro amarillento	10YR 4/4 pardo oscuro amarillento	1,02	2,36	56,78	43,8	29,8 Franco	26,4
Bw	20-30	10YR 7/6 amarillo	10YR 5/8 pardo amari- lento	1,09	2,6	58,08	37,8	31,8 Migajón arcilloso	30,4
	30-40	10YR 7/6 amarillo	10YR 5/8 pardo amari- lento	1	2,55	60,79	36,8	30,8 Migajón arcilloso	32,4
BC	40-50	10YR 8/6 amarillo	10YR 6/6 amarillo parduzco	1,12	2,59	56,76	41,6	29,9 Migajón arcilloso	28,6
C	50-60	10YR 8/4 pardo muy pálido	10YR 6/6 amarillo parduzco	1,15	2,58	5,43	45,6	29,8 Franco	24,6
	60-70	10YR 8/3 pardo muy pálido	10YR 7/6 amarillo	1,2	2,59	53,67	55,4	26 Migajón arcilloso	18,6

Hor.	p H					M.O. %	C %	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CICT	V %
	H ₂ O 1:2,5	KCl 1:2,5	Delta	NaF 1:50	Alof.								
Ap ₁	6,1	4,5	-1,6	9,3	x	2,08	1,20	7,97	3,09	0,58	0,64	14,84	82,74
Ap _b	5,7	4,7	-1,0	9,3	x	4,67	2,71	11,17	3,09	0,65	0,97	18,76	84,64
Bw	6,3	4,5	-1,8	9,3	x	1,18	0,68	6,38	3,09	0,58	0,46	12,66	82,88
	6,4	4,5	-1,9	9,0	x	0,95	0,55	5,85	3,09	0,63	0,50	11,34	88,80
BC	6,4	4,5	-1,9	9,0	x	0,65	0,38	4,78	2,57	0,63	0,57	8,86	96,50
C	6,5	4,5	-2,0	9,0	x	0,45	0,26	3,72	2,69	0,58	0,53	7,92	94,94
	6,5	4,4	-2,1	9,0	x	0,45	0,26	3,19	2,06	0,58	0,50	6,84	92,54

El porcentaje de arcilla en la capa de 0-10 cm es ligeramente más elevado que en la capa subyacente. Ésta debe ser un depósito posterior a la formación del suelo, dicho material no está consolidado, por lo que tiene mayor área superficial y la intemperización favorece un rápido desarrollo.

En relación al horizonte de 10-20 se aprecia un aumento notable en el porcentaje de M.O. lo cual indica que no habido el tiempo suficiente para que la hojarazca sufra la descomposición necesaria.

En esta capa, el hierro activo liberado en la alteración de los minerales debió formar un puente entre las arcillas y el humus disminuyendo la actividad. Se determina un grado mínimo de alteración, debido a que los minerales en esta capa están revestidos por los amorfos ejerciendo una acción protectora sobre ellos.

Sin embargo, aún cuando disminuye la actividad, la alteración continúa y la capa sobreyacente presenta una intemperización relativa mayor, favorecida por la exposición directa a los factores climáticos.

La formación de un horizonte cámbico es más lenta que la de los A₁ y depende en gran medida de la naturaleza del material, para este caso, se trata de un material granítico y de acuerdo a Birkeland (1974), parece que serían necesarios 10,000 años como mínimo para el desarrollo de este horizonte. Un Bw se caracteriza por una alteración incompleta de los minerales primarios y un CICT superior a 16 cmol(+)/kg de arcilla.

El porcentaje de saturación de este suelo se encuentra en el rango de 82-92%, lo cual puede ser explicado por depósitos de cenizas volcánicas que hubo en el pasado y enriqueció al suelo. Este suelo presenta poco contenido de alofano (x), no se vió favorecido con la abundancia relativa de cenizas volcánicas.

De acuerdo a los valores de las bases intercambiables, se observa que los iones de K⁺ y Na⁺ en relación a los de Mg²⁺ y Ca²⁺ son mucho más bajos, lo cual se explica porque los iones monovalentes se adsorben con menor energía por el complejo de intercambio y por lo tanto son más móviles en clima húmedo, arrastrados prioritariamente y eliminados casi siempre fuera del perfil. Las bases liberadas por la alteración de los minerales seguirán presentando el mismo ritmo de lixiviación debido a la abundante precipitación, resultando en una acidez más pronunciada.

Clasificación

Este suelo tiene un epipedón ócrico, un horizonte Bw, es pardo, con drenaje libre, un régimen de temperatura isohipertérmico, su régimen de humedad es Ústico-Údico, estando la sección de control de la humedad, seca por más de 90 días acumulativos en la mayoría de los años. Pero está húmeda por más de 180 días acumulativos. (Figura 6) Tiene una D.A. mayor que 0.85, su saturación de bases es mayor que 50%, es un suelo que recibe bases ya sea de suelos en posiciones superiores o bien porque los minerales primarios están

ligeramente intemperizados, el material parental. se encuentra situado a una profundidad alrededor de 50-75 cm.

Por las características físicas, químicas y de campo la clasificación según el Sistema del Soil Taxonomy (1990) y su correspondiente con FAO (1994) es de la siguiente manera:

	Orden	Suborden	Gran Grupo	Subgrupo
USDA :	Inceptisol	Tropepts	Eutropepts	Typic Eutropepts
	Grupo de Suelo	Unidad de Suelo		
FAO :	Cambisol	Cambisol Eútrico		

Observaciones :

La dinámica que sigue este suelo lo aproxima a una intergradación a Alfisoles, por su posición espacial y sus características físico-químicas está relacionado además con Acrisoles en un medio más húmedo. Probablemente, a través del tiempo podría desarrollar un Bt bien representado. En la actualidad, aún cuando cumple con los requisitos del grosor del horizonte y proporción en arcilla con respecto al horizonte sobreyacente, presenta alta pedregosidad y carece de argilanes bien definidos por lo cual se le clasifica al horizonte como Bw.

Los Tropepts ocurren bajo un rango amplio de condiciones, sobre superficies viejas como también sobre jóvenes o depósitos. En zonas údicas y perúdicas, los Tropepts se forman en superficies deposicionales de pendiente inferior, comúnmente desarrollados sobre coluvión fuertemente intemperizado, derivados de las áreas superiores las cuales son principalmente ocupadas por Ultisoles. (Wilding, 1983).

Perfil No. 3: La Pintada, Guerrero

Localización: Ejido La Pintada, Mpio. Atoyac de Alvarez, Gro.

Altitud: 1200 m

Relieve: Abrupto con pendiente de 23°

Edad de la roca : Terciario

Material de Origen: Granito

Precipitación Media Anual: 2423.4 mm

Temperatura Media Anual: 21.5°C

Clima: Semicálido Húmedo

Régimen de Humedad: Udico-Ústico

(Estación El Coatepín)

Régimen de Temperatura: Isohipertérmico

Vegetación: Bosque Mesófilo de Montaña muy alterado, actualmente se cultiva café.

Clasificación: Orden Ultisol, Suborden Udults,

Gran Grupo Hapludults, Subgrupo Typic Hapludults.

Clasificó : Carolina Jasso Castañeda

Colectó : Carolina Jasso Castañeda



6.2.2.a. DESCRIPCION DEL PERFIL No. 3 GUERRERO

Hori- zontes	Características
Ap	0-20 cm. Suelo color pardo amarillento 10YR 5/4 y 10YR 6/4 en seco y en húmedo pardo amarillento oscuro 10YR 3/3 y 10YR 4/4, textura arcillosa, poco adhesivo y poco plástico, estructura subangular, bloques pequeños débilmente desarrollados, macro y microporos abundantes, raíces abundantes, transición entre horizontes gradual.
AB	20-30 cm. Suelo color pardo muy pálido 10YR 7/4 en seco y en húmedo pardo amarillento 10YR 5/6, textura arcillosa, poco plástico y poco adhesivo, estructura subangular, bloques medianos débilmente desarrollados, macro y microporos frecuentes, raíces escasas, transición entre horizontes difusa.

- B₂t** 30-110 cm. Suelo color amarillo rojizo 7.5YR 7/6 en seco y en húmedo amarillo rojizo 7.5YR 6/8, textura arcillosa, plástico, adhesivo, argilanes sobre los pedos en distribución horizontal y vertical de espesor moderado, estructura subangular, bloques medianos y grandes bien desarrollados, microporos presentes, raíces ausentes, transición entre horizontes difusa.
- BC** 110-120 cm. Suelo color amarillo rojizo 7.5YR 7/8 en seco y en húmedo amarillo rojizo 5YR 6/8, textura arcillosa, plástico y adhesivo, estructura subangular, bloques medianos moderadamente desarrollados, microporos escasos, raíces ausentes.

6.2.2.b. ANALISIS DE LABORATORIO

Cultivado con café var. *typica*, plátano y cítricos.

Es un suelo profundo muy homogéneo en color y textura, prevalecen los tonos amarillos. El color en seco: pardo amarillento 10YR 5/4 de 0 a 10 cm; pardo amarillento claro 10YR 6/4 de 10 a 20 cm; pardo muy pálido 10YR 7/4 de 20 a 30 cm; amarillo rojizo 7.5YR 7/6 de 30 a 110 cm; amarillo rojizo 7.5YR 7/8 de 110 a 120 cm.

El color en húmedo es: pardo oscuro 10YR 3/3 de 0 a 10 cm; pardo amarillento oscuro 10YR 4/4 de 10 a 20 cm; pardo amarillento 10YR 5/6 de 20 a 30 cm; amarillo rojizo 7.5YR 6/8 de 30 a 110 cm; amarillo rojizo 5YR 6/8 de 110 a 120 cm.

La densidad aparente es menor de la unidad de 0 a 50 cm de profundidad, debido al contenido de materia orgánica y arcilla que favorecen una alta porosidad. De 50 a 120 cm es alrededor de uno.

La densidad real tiene un rango que va de 2.34 a 2.6 g/cc, la cual se considera normal.

La porosidad es muy alta, manteniéndose por arriba de 60%. Como se ha indicado anteriormente, es posible que estos datos estén sobrevalorados, debido a la técnica empleada para determinar la D.A.

La textura es arcillosa, muy homogénea a lo largo de todo el perfil.

El pH en la suspensión del suelo con agua destilada es moderadamente ácido con un valor de 5.2 En la solución salina de KCl se presenta excesivamente ácido con un valor de 3.8 y con solución de NaF se tienen valores alrededor de 9.6 en todo el perfil.

El contenido de materia orgánica es alto en la superficie, alcanzando un valor de 9.68% y disminuye gradualmente hasta 0.36% con la profundidad, lo cual confirma el carácter residual de este suelo.

La CICT es muy baja, el valor máximo se encuentra en la superficie y es de 15 cmol(+)/kg y el valor más bajo se reporta para los 100-110 cm y es de 5.1 cmol(+)/kg

El contenido de calcio y magnesio es bajo, ligeramente mayor el valor de calcio con un rango de 5.10 a 0.76 cmol(+)/kg. El magnesio presenta un rango de 1.02 a 0.25 cmol(+)/kg con fluctuaciones a lo largo del perfil.

El contenido de sodio y potasio son muy bajos. Estas tres últimas propiedades (C.I.C.T., $(Ca^{2+} + Mg^{2+})$ y $Na^+ + K^+$) generalmente dan valores bajos en suelos derivados de rocas de naturaleza félsica.

El alofano en este perfil es bajo, sólo a los 10 cm es ligeramente alto. (Tabla 7)

6.2.2.c. DISCUSION

Morfología

Es un suelo amarillento rojizo, profundo, con textura arcillosa, el porcentaje de arcilla es alto y constante a lo largo de todo el perfil, sobre los podio se presentan películas arcillosas. Es ácido y presenta una CICT muy baja. Está formado por un epipedón antrópico, un horizonte de transición (AB) y un Bt.

Mineralogía

El perfil estudiado se ha originado por la alteración de una roca granítica del Terciario. El contenido de óxidos de hierro es elevado por el alto grado de alteración de los minerales y porque estos óxidos se conservan casi íntegramente en el perfil, no hay pérdida por el agua de drenaje como efecto de una hidrólisis ácida.

También, el color de este suelo se debe al hecho de que los procesos de cristalización de los óxidos de hierro libres no están frenados por la presencia de la M.O.

El color ocre de este suelo se lo proporciona la goethita $Fe_2O_3 \cdot H_2O$ el cual resulta de una cristalización progresiva y se produce en un medio casi constantemente húmedo. (Duchaufour, 1984)

Génesis

Durante el plegamiento de esta zona se formaron fracturas y a su vez deslizamiento de material. Este suelo se haya próximo a una zona de aluvión que ha cubierto una fractura y ahora se ha constituido en el cauce principal receptor de los afluentes de las partes altas de esta ladera.

TABLA 7

RESULTADOS DE ANALISIS FISICOS DEL PERFIL NO. 3 (Typic Hapludults),
EJIDO LA PINTADA, GRO.

Horizonte	Profundidad cm	Co lor		D.A. g/cc	D.R. g/cc	Porosidad %	Textura		
		Seco	Humedo				Arena%	Limo%	Arcilla%
Ap	0-10	10YR 6/4 pardo amaril- lento	10YR 3/3 pardo oscuro	0,90	2,34	61,58	40,6	19,8 Arcilloso	39,6
	10-20	10YR 6/4 pardo amaril- lento claro	10YR 4/4 pardo amaril- lento oscuro	0,93	2,48	62,62	40,8	18,4 Arcilloso	40,8
AB	20-30	10YR 7/4 pardo muy pálido	10YR 5/6 pardo amaril- lento	0,97	2,53	61,75	34,6	19,8 Arcilloso	45,6
Bt ₂	30-40	7.5YR 7/6 amarillo rojizo	7.5YR 6/8 amarillo rojizo	0,98	2,54	61,55	26,8	21,8 Arcilloso	51,4
	40-50	7.5YR 7/6 amarillo rojizo	7.5YR 6/8 amarillo rojizo	0,95	2,57	63,06	26,4	22,0 Arcilloso	51,6
	50-60	7.5YR 7/6 amarillo rojizo	7.5YR 6/8 amarillo rojizo	1,00	2,61	61,73	22,6	28,0 Arcilloso	49,4
	60-70	7.5YR 7/6 amarillo rojizo	7.5YR 6/8 amarillo rojizo	1,05	2,61	59,75	14,8	35,6 Arcilloso	49,6
	70-80	7.5YR 7/6 amarillo rojizo	7.5YR 6/8 amarillo rojizo	1,02	2,60	60,81	8,4	41,8 Arcillo limoso	49,8
	80-90	7.5YR 7/6 amarillo rojizo	7.5YR 6/8 amarillo rojizo	1,02	2,61	61,01	8,6	41,8 Arcillo limoso	49,6
	90-100	7.5YR 7/6 amarillo rojizo	7.5YR 6/8 amarillo rojizo	1,02	2,61	61,00	10,4	40,2 Arcillo limoso	49,4
	100-110	7.5YR 7/6 amarillo rojizo	7.5YR 5/8 pardo fuerte	1,06	2,61	59,52	12,2	38,2 Arcilloso	49,6
	BC	110-120	7.5YR 7/8 amarillo rojizo	5YR 6/8 amarillo rojizo	1,05	2,60	59,66	18,6	39,8 Arcilloso

TABLA 7

RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICOS DEL PERFIL NO. 3 (Typic Hapludults),
EJIDO LA PINTADA, GRO.

Hor.	p H				Alof.	M.O.	C	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CICV	V
	H ₂ O 1:2.5	KCl 1:2.5	Delta	NaF 1:50		%	%	cmol(+)/kg					%
Ap	5,1	4,1	-1,0	9,6	xx	9,68	5,61	5,10	1,02	0,32	0,62	15,25	46,29
	4,8	3,9	-0,9	10,5	xxx	4,67	2,70	1,02	0,51	0,19	0,21	9,89	19,51
AB	5,0	3,8	-1,2	9,9	xx	2,14	1,24	1,02	0,51	0,17	0,19	7,01	26,96
Bt ₂	5,1	3,8	-1,3	9,6	xx	1,19	0,69	1,02	0,76	0,19	0,19	6,39	33,80
	5,1	3,8	-1,3	9,5	xx	0,78	0,45	1,02	0,51	0,19	0,21	6,18	31,22
	5,0	3,8	-1,2	9,6	xx	0,70	0,40	0,76	0,51	0,19	0,29	6,39	27,38
	5,0	3,8	-1,2	9,6	x	0,34	0,19	0,76	0,51	0,19	0,21	7,42	22,50
	5,2	3,8	-1,4	9,5	x	0,45	0,26	1,02	0,25	0,13	0,21	8,65	18,61
	5,2	3,8	-1,4	9,6	x	0,42	0,24	1,02	0,25	0,19	0,19	8,24	20,02
	5,0	3,8	-1,2	9,5	x	0,47	0,27	1,27	0,51	0,13	0,19	7,21	29,12
	5,2	3,8	-1,4	9,6	x	0,41	0,23	1,02	0,51	0,19	0,15	5,00	36,66
BC	5,3	3,9	-1,4	9,6	x	0,36	0,20	0,76	0,25	0,19	0,16	7,21	18,86

El área que no recibió material de las partes altas, siguió de manera independiente su evolución, este suelo se encuentra en dicha zona, la cual es más antigua y estable, aspectos que juntos favorecieron y definieron el desarrollo del mismo.

Por otro lado, las condiciones climáticas también contribuyeron a acelerar los procesos pedogenéticos, así como también la cercanía al río La Pintada que contribuyó con humedad.

En un clima cálido, la velocidad de la evolución depende más estrechamente de la naturaleza del material y de las condiciones topográficas y como consecuencia, la variedad de suelos que existe en una región dada, con frecuencia es mayor que en clima templado.

Este suelo en la superficie presenta altos porcentajes de M.O. pero decrece drásticamente a poca profundidad, experimenta una rápida biodegradación por las condiciones climáticas. La alteración de los minerales primarios en un clima cálido es más intensa que en un clima templado y se ejerce a una profundidad mayor, de hecho por cada 10°C de temperatura que se incrementa, la velocidad de alteración química se duplica (Q10).

Bajo las condiciones climáticas que prevalecen en esta zona, se manifiesta un intemperismo intenso de los minerales, pérdida de sílice, predominio de la neoformación de arcillas del tipo 1:1. Se presenta además, una debasificación continua lo que favorece la acidez del suelo.

El volcanismo ha propiciado frecuentes eventos de depósitos de cenizas volcánicas en la zona y se ha determinado en este suelo sobre la superficie mayor presencia de alofano disminuyendo con la profundidad.

Como se mencionó anteriormente, la alteración de los minerales primarios y desarrollo del suelo son independientes de la acción de la M.O. pero también cabe mencionar que el alofano establece complejos con la M.O. e impide la emigración, quedando ésta confinada a la zona de mayor cantidad de alofano debido a una policondensación moderada de los amorfos tanto orgánicos como minerales e insolubilización. (Duchaufour, 1984)

Por el predominio de arcillas neoformadas, degradación rápida de la M.O. se manifiesta una baja CICT. De acuerdo a su posición en el relieve se presenta una fuerte lixiviación de bases.

Clasificación

Este suelo tiene un B_t, porcentaje de saturación de bases menor del 35%, un régimen isohipertérmico, régimen de humedad Ústico-Údico, estando la sección de control de la humedad, seca por más de 90 días acumulativos en la mayoría de los años. Pero está húmeda por más de 180 días acumulativos (Figura 6). Tiene un porcentaje menor de 0.9 de carbono en los 15 cm superiores del B_t. Tiene un valor en húmedo de 4 o más en alguna parte del epipedón, un B_t con un valor en seco de 5 o más en algún subhorizonte o un valor en húmedo de 4 o más.

Se desarrolla sobre pendientes moderadas a fuertes, son suelos desaturados.

Por las características físicas, químicas y de campo la clasificación según el Sistema del Soil Taxonomy (1990) y su correspondiente con FAO (1994) es de la siguiente manera:

	Orden	Suborden	Gran Grupo	Subgrupo
USDA :	Ultisol	Udults	Hapludults	Typic Hapludults
	Grupo de Suelo	Unidad de Suelo		
FAO :	Acrisol	Acrisol Férrico		

Observaciones :

Es un suelo desarrollado en un clima cálido, arcilloso y altamente debasificado. Los valores de CICT excesivamente bajos le proporcionan características óxicas, sin ser necesariamente un Oxisol (Ferralsol en FAO) por carecer de un horizonte óxico, pero puede intergradar con éste en las zonas más planas.

Es diferente de los Nitisoles porque carece de un horizonte nítico pero este suelo, al igual que los Nitisoles presenta una transición difusa entre horizontes y con respecto al contenido de arcilla, tiene porcentajes mayores a 30%, es ácido, su CICT es baja, el B_t no muestra un decremento de más de 20% en toda su extensión, es de textura arcillosa, alta porosidad, estructura poliédrica bien desarrollada, revestida por argilanes, alta estabilidad de los agregados, todo lo cual permite a este suelo que pueda intergradarse con los Nitisoles.

No es un Lixisol porque la lixiviación en el área es alta favoreciendo la acidez de este suelo.

Por otro lado, la baja CICT y el porcentaje de saturación de bases ponen de manifiesto la carencia de minerales intemperizables contrario al contenido diagnóstico tanto de los Alisoles como de los Luvisoles (de acuerdo a FAO)

Perfil No. 6: Nueva Delhi, Guerrero

Localización: Ejido Nueva Delhi, Mpio. Atoyac de Alvarez, Gro.

Altitud: 1380 m

Relieve: Accidentado con pendiente de 45°

Edad de la roca : Terciario

Material de Origen: Granito

Precipitación Media Anual: 2423.4 mm

Temperatura Media Anual: 21.5°C

Clima: Semicálido Húmedo

Régimen de Humedad: Ústico- Údico

(Estación El Coatepin)

Régimen de Temperatura: Isohipertérmico

Vegetación: Bosque Mesófilo de Montaña, actualmente se cultiva café

Clasificación: Orden Inceptisol, Suborden Tropepts,

Gran Grupo Dystropepts, Subgrupo Typic Dystropepts.

Clasificó : Carolina Jasso Castañeda

Colectó : Carolina Jasso Castañeda



6.2.3.a. DESCRIPCION DEL PERFIL No. 6 - GUERRERO

**Hori-
zontes**

Características

- A** 0-10 cm. Suelo color pardo amarillento claro 10YR 6/4 en seco y en húmedo pardo amarillento oscuro 10YR 4/4, textura arcilla arenosa, poco plástico, poco adhesivo, estructura subangular, bloques pequeños débilmente desarrollados, macro y microporos abundantes, raíces abundantes, transición entre horizontes clara.

- Bw** 10-30 cm. Suelo color rosa 7.5YR 8/4 en seco y en húmedo amarillo rojizo 7.5YR 6/8, textura arcillosa, plástico, adhesivo, estructura subangular, bloques medianos y grandes moderadamente desarrollados, macro y microporos abundantes, raíces frecuentes, transición entre horizontes abrupta.
- 2A** 30-70 cm. Suelo color pardo amarillento claro 7.5YR 6/4 en seco y en húmedo amarillo rojizo 7.5YR 6/8, textura arcilla arenosa, poco plástico, poco adhesivo, estructura subangular, bloques medianos débilmente desarrollados, macro y microporos abundantes, raíces abundantes, transición entre horizontes clara.
- 2Bw** 70-120 cm. Suelo color pardo muy pálido 10YR 7/4 y 8/3 en seco y en húmedo pardo amarillento 10YR 7/6 y 8/6, textura migajón arcillosa, poco adhesivo, poco plástico, estructura subangular, bloques medianos y grandes moderadamente desarrollados, macro y microporos frecuentes, raíces escasas, transición entre horizontes clara
- 2C** 120-150 cm. Suelo color pardo muy pálido 10YR 8/3 en seco y en húmedo pardo muy pálido 10YR 8/4, textura migajón arcillosa arenosa no plástico, no adhesivo, estructura subangular débilmente desarrollada, macro y microporos frecuentes, raíces ausentes.

6.2.3.b. ANALISIS DE LABORATORIO

Es un suelo cultivado con *Coffea arabica var. typica* y aguacate.

Color en seco: pardo amarillento claro 10YR 6/4 de 0 a 10 cm; rosa 7.5YR 8/4 de 10 a 30 cm; pardo amarillento claro 10YR 6/4 de 30 a 70 cm; pardo muy pálido 10YR 8/3 de 80 a 150 cm.

Color en húmedo: pardo amarillento oscuro 10YR 4/4 de 0 a 10; amarillo rojizo 7.5YR 6/8 de 10 a 30 cm; pardo amarillento oscuro 10YR 4/4 de 30 a 70 cm; pardo amarillento 10YR 5/6 de 70 a 80 cm; amarillo pardusco 10YR 6/6 de 80 a 90 cm; amarillo 10YR 7/6 de 90 a 130 cm; pardo muy pálido 10YR 8/4 de 130 a 150 cm.

La densidad aparente en el intervalo de 40 a 70 cm es baja debido al contenido elevado de materia orgánica; de 70 a 150 cm tiene un ligero aumento, oscilando alrededor de uno.

La densidad real tiene valores normales dentro del intervalo 2.47 a 2.57 g/cc.

La porosidad es muy alta, con valores superiores a 60% de 0 a 70 cm pero disminuye con la profundidad. Anteriormente, ya se ha mencionado, que es posible que estos datos estén sobrevalorados, debido a la técnica empleada para determinar la D.A.

Es un suelo arcillo arenoso en los primeros 70 cm. pasa a ser después a migajón arcilloso para finalmente ser migajón arcillo arenoso.

El pH en la suspensión del suelo con agua destilada pasa de fuertemente ácido a moderadamente ácido, con valores de 4.4 a 5.5 En la solución salina de KCl se presenta excesivamente ácido a lo largo de todo el perfil, con valores de 4 y con respecto a la solución de NaF se tiene valores de 9.2 en la superficie, aumentando hasta 10.5 en el horizonte 2A para volver a disminuir en 2Bw y nuevamente alcanzar valores por arriba de 10.0 en el horizonte 2C.

El contenido de materia orgánica es adecuado de 40 a 70 cm, con un valor de 2.80% y disminuye con la profundidad hasta alcanzar un valor de 0.03%.

La CICT es muy baja, el valor más elevado es de 8.55 cmol(+)/kg y el más bajo es de 4.53 cmol(+)/kg

Con respecto a las bases intercambiables son excesivamente bajas.

El contenido de alófono es alto de 30 a 80 cm y es bajo de 80 a 150 cm. (Tabla 8)

6.2.3.c DISCUSION

Morfología

Es un suelo policíclico con un perfil de tipo A-Bw/2A/2Bw. La capa oscura que se presenta a una profundidad de 30-70 cm corresponde con un horizonte A. El perfil diagnóstico (30-150 cm) tiene representados un epipedón ócrico, un horizonte cámbico y un horizonte C. El contenido de arcilla es elevado principalmente en la superficie con respecto a las capas subyacentes.

Mineralogía

Este suelo se ha originado por la alteración de una roca granítica del Terciario, sobre el cual se depositó un aluvión volcanogénico. El color pardo en la superficie del suelo es debido a el hierro y a la M.O. presente. En las capas profundas el recubrimiento de las partículas minerales es nulo por la gran pérdida de cationes y ácidos orgánicos.

Génesis

El desarrollo de este suelo se ha visto influenciado tanto por actividad volcánica como por aluvionamiento. Se tuvo sobre él, depósitos continuos de cenizas volcánicas pero hubo un aporte mayor que se puede apreciar en la capa de 30-70 cm de profundidad.

Las cenizas volcánicas debieron quemar la vegetación de un horizonte A que prevalecía en ese momento, ocasionando que el suelo adquiriera un color oscuro y además se formaron

TABLA 8

RESULTADOS DE ANALISIS FISICOS DEL PERFIL NO. 6 (Typic Dystropepts),
EJIDO NUEVA DELHI, GRO.

Horizonte	Profundidad cm	Co lor		D.A. g/cc	D.R. g/cc	Porosidad %	Textura		
		Seco	Húmedo				Arena%	Limo%	Arcilla%
1A	0-10	10YR 6/4 pardo amari- lento claro	10YR 4/4 pardo amari- lento oscuro	0,96	2,47	61,14	45,6	17,8 Arcillo limoso	36,6
1Bw	10-20	7.5YR 8/4 rosa	7.5YR 6/8 amarillo rojizo	0,97	2,52	61,51	41,6	11,8 Arcilloso	46,6
	20-30	7.5YR 8/4 rosa	7.5YR 6/8 amarillo rojizo	0,95	2,52	62,31	38,3	15,5 Arcilloso	46,2
2A	30-40	10YR 6/4 pardo amari- lento claro	10YR 4/4 pardo amari- lento oscuro	0,96	2,49	62,66	45,4	11,8 Arcillo arenoso	42,8
	40-50	10YR 6/4 pardo amari- lento claro	10YR 4/4 pardo amari- lento oscuro	0,94	2,36	62,72	47,2	12,0 Arcillo arenoso	40,8
	50-60	10YR 6/4 pardo amari- lento claro	10YR 4/4 pardo amari- lento oscuro	0,95	2,51	62,16	45,2	12,0 Arcillo arenoso	42,8
	60-70	10YR 6/4 pardo amari- lento claro	10YR 4/4 pardo amari- lento oscuro	0,90	2,49	63,86	45,2	12,0 Arcillo arenoso	42,8
2Bw	70-80	10YR 7/4 pardo muy pálido	10YR 5/6 pardo amari- lento	1,02	2,53	59,69	43,2	16,0 Arcilloso	40,8
	80-90	10YR 8/3 pardo muy pálido	10YR 6/6 amarillo pardusco	1,05	2,53	58,50	39,2	21,8 Migajón arcilloso	39,0
	90-100	10YR 8/3 pardo muy pálido	10YR 7/6 amarillo	1,14	2,57	55,65	43,2	23,8 Migajón arcilloso	33,0
	100-110	10YR 8/3 pardo muy pálido	10YR 7/6 amarillo	1,14	2,55	55,30	41,2	25,8 Migajón arcilloso	33,0
	110-120	10YR 8/3 pardo muy pálido	10YR 8/6 amarillo	1,13	2,57	56,04	43,4	27,6 Migajón arcilloso	29,0
2C	120-130	10YR 8/3 pardo muy pálido	10YR 8/6 amarillo	1,19	2,51	52,59	45,0	28,0 Migajón arenoso	27,0
	130-140	10YR 8/3 pardo muy pálido	10YR 8/4 pardo muy pálido	1,22	2,51	51,40	45,2	28,0 Migajón arcillo arenoso	26,8
	140-150	10YR 8/3 pardo muy pálido	10YR 8/4 pardo muy pálido	1,23	2,53	51,39	44,8	29,4 Franco	25,8

TABLA 8

RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICOS DEL PERFIL NO. 6 (Typic Dystropepts),
EJIDO NUEVA DELHI, GRO.

Hor.	p H				Alof.	M.O.	C	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	ClCT	V
	H2O 1:2.5	KCL 1:2.5	Delta	NaF 1:50		%	%	cmol(+)/kg					%
1A	4,4	3,6	-0,8	9,2	T	4,97	2,88	1,53	1,02	0,26	0,37	8,55	37,19
1Bw	4,7	3,7	-1,0	9,9	xx	1,95	1,13	1,59	0,25	0,58	0,25	7,83	34,09
	4,5	3,7	-0,8	9,8	xx	1,93	1,12	0,53	0,51	0,58	0,23	7,62	24,27
2A	4,8	3,9	-0,9	10,2	xxx	2,80	1,62	1,07	0,52	0,62	0,21	7,83	30,90
	4,8	3,9	-0,9	10,5	xxxx	3,81	2,21	0,79	0,25	0,71	0,25	8,04	24,87
	5,0	3,9	-1,1	10,4	xxxx	2,62	1,51	0,79	0,25	0,58	0,17	7,83	22,86
	5,1	3,9	-1,2	10,3	xxxx	2,69	1,56	0,79	0,77	0,58	0,23	7,62	31,10
2Bw	5,1	3,9	-1,2	10,0	xxx	1,43	0,83	0,79	0,77	0,65	0,32	6,49	38,98
	5,2	3,8	-1,4	9,7	xx	0,61	0,35	0,79	0,77	0,67	0,38	5,77	45,23
	5,2	3,7	-1,5	9,8	x	0,44	0,25	1,53	0,51	0,26	0,37	5,46	48,90
	5,1	3,7	-1,4	9,6	x	0,47	0,27	1,02	0,51	0,19	0,41	5,36	39,73
	5,2	3,8	-1,4	9,7	x	0,44	0,25	1,02	0,51	0,19	0,33	5,15	39,80
2C	5,1	3,7	-1,4	9,6	x	0,22	0,12	1,02	0,51	0,26	0,50	4,53	50,55
	5,2	3,7	-1,5	10,2	x	0,03	0,01	1,02	0,51	0,21	0,55	5,56	41,18
	5,4	3,8	-1,6	10,1	x	0,03	0,01	1,02	0,51	0,19	0,58	5,15	44,66

complejos estables entre los compuestos húmicos y el alofano, resultando resistentes a la mineralización.

En la capa de 40-50 cm la proporción de M.O. tiene un valor de (3.81%) que es mayor al valor (2.80%) de la capa sobreyacente y también lo es para la capa subyacente la cual tiene el valor de (2.62%), esto puede ser explicado porque en esa capa la abundancia de raíces finas y gruesas como biomasa debió ser mayor.

El porcentaje de arcilla en la capa de 30-70 cm es mayor que la subyacente por tratarse de un material cristalino (granito), se produce un fenómeno de compensación entre la alteración y el lavado, la génesis de arcillas por microdivisión o transformación es más importante en la superficie, especialmente en los horizontes humíferos, de tal forma que incluso si se produce un lavado moderado, es compensado con creces por esta génesis de arcilla, por consiguiente, el contenido en arcilla tiene tendencia a aumentar de abajo hacia arriba y por lo tanto no se forma un horizonte de diagnóstico argílico (Duchaufour, 1984)

Como se mencionó el material que sobreyace a la capa de 30-70 cm pudo tener un origen diferente al desarrollo del suelo. Las cenizas volcánicas que cayeron no sólo fueron depositadas en este suelo, sino que también lo fueron en las partes altas próximas a esta zona en donde al ser quemada la vegetación, permitió un deslizamiento del material el cual fue a depositarse en las zonas más estables, las partes bajas. Sin embargo, para poder comprobar su origen se requiere de estudios mineralógicos que puedan determinar la naturaleza y origen del material que sobreyace a la capa oscura.

Con esos resultados se podría concluir con mayor precisión si el material superficial es un depósito posterior a la formación del suelo ya sea material arrastrado de las partes altas o transportado de otro sitio.

Si el caso fuera que el material que sobreyace a la capa de 30 cm fué depositado posteriormente, éste por ser material aluvial no consolidado quedó expuesto a una alteración más rápida bajo las condiciones climáticas prevalecientes dando lugar a contenidos elevados de arcilla.

La M.O. depositada en la superficie ha llegado a una etapa de descomposición que permite la liberación de iones de hierro que también han ayudado en la rápida alteración de los minerales y explican el contenido de arcilla.

Las bases y la sílice al ser liberadas por la alteración de los minerales se han perdido por el rápido drenaje que presenta este suelo, la debasificación está correlacionada con el tiempo al cual estuvo sujeto a la lixiviación de cationes, apoyada por la elevada precipitación (2423.4 mm) que tiene la zona y además por la pendiente abrupta que favorece al escurrimiento y arrastre de compuestos orgánicos y cationes evitando la resaturación.

Considerando la baja capacidad de adsorción de las arcillas dominantes, los cationes lixiviados hacia las partes bajas no son retenidos, lo que condiciona la acidez del suelo.

Clasificación

Este suelo tiene un Bw, un epipedón ócrico, es pardo, con buen drenaje, está sobre pendiente abrupta, tiene un régimen de temperatura isohipertérmico, régimen de humedad perúdic, (Figura 6) D.A. mayor a 0.85 g/cc, se formó a partir de una roca ácida y el porcentaje de saturación es menor de 50% (USDA, 1988)

Por las características físicas, químicas y de campo la clasificación según el Sistema del Soil Taxonomy (1990) y su correspondiente con FAO (1994) es de la siguiente manera:

	Orden	Suborden	Gran Grupo	Subgrupo
USDA :	Inceptisol	Tropepts	Dystropepts	Typic Dystropepts
	Grupo de Suelo	Unidad de Suelo		
FAO :	Cambisol	Cambisol Dístrico		

Observaciones :

Este es un suelo lavado, muy desarrollado que ha requerido de tiempo para su formación considerando la resistencia del granito, al intemperismo.

Es un suelo de clima subtropical, bien drenado, con buena estabilidad de agregados, es ácido, constituido principalmente de arcillas de baja actividad, CICT baja, textura migajón arcilloso, la relación entre limo y arcilla es baja en la superficie e incrementa con la profundidad, tiene un elevado contenido de arcilla, es profundo pero no presenta un horizonte nítico y tampoco un horizonzte argílico, sin embargo considerando la madurez del suelo puede argumentarse que está intergradado con los Nitisoles (en FAO), lo cual explicaría el elevado porcentaje de arcilla derivado de una roca resistente al intemperismo..

Por otro lado, este suelo presenta un elevado porcentaje de arcilla aunque carece de argilanes por lo cual sólo está bien representado un horizonte cámbico, si las condiciones ambientales favorecieran la translocación de arcilla, este suelo intergradaría a Acrisol por su posición en el relieve, por la baja CICT y acidez que presenta.

Perfil No. 7: El Paraiso, Guerrero

Localización: Ejido El Paraiso, Mpio. Atoyac de Alvarez, Gro.
 Altitud: 1110 m
 Relieve: Accidentado con pendiente de 22°
 Material de Origen: Cenizas Volcánicas re trabajadas (aluvión volcanogénico)
 Precipitación Media Anual: 2423.4 mm
 Temperatura Media Anual: 21.5°C
 Clima: Semicálido Húmedo
 Régimen de Humedad: Ústico-Údico (Estación El Coatepín)
 Régimen de Temperatura: Isohipertérmico
 Vegetación: Bosque Mesófilo de Montaña, actualmente se cultiva café
 Clasificación: Orden Entisol, Suborden Orthents, Gran Grupo Troprothents, Subgrupo Typic Troprothents
 Clasificó : Dr. Jorge E. Gama Castro
 Colectó : Carolina Jasso Castañeda



6.2.4.a. DESCRIPCION DEL PERFIL No. 7 GUERRERO

Hori- zontes	Características
Ahp	0-50 cm. Suelo color pardo oscuro 10 YR 4/3 en seco y en húmedo pardo grisáceo muy oscuro 10YR 3/2, textura franca, poco plástico, poco adhesivo, estructura granular, pedregosidad abundante, macro y microporos abundantes, transición entre horizontes difusa.
C	50-70 cm. Suelo color pardo amarillento 10YR 5/4 en seco y en húmedo pardo oscuro 10YR 3/3, textura franca, plástico y adhesivo, estructura subangular,

bloques medianos y grandes débilmente desarrollados, pedregosidad abundante, macro, microporos y raíces abundantes, transición entre horizontes difusa.

- C** 70-80 cm. Suelo color pardo amarillento claro 10YR 6/4 en seco y en húmedo pardo amarillento oscuro 10YR 3/4, textura franca, plástico y adhesivo, estructura subangular, bloques medianos moderadamente desarrollados, pedregosidad abundante, macro y microporos frecuentes, raíces escasas, transición entre horizontes clara.
- 2C** 80-90 cm. Suelo sepultado de color amarillo 10YR 7/6 en seco y en húmedo pardo amarillento 10YR 5/6, textura franca, poco plástico y poco adhesivo, estructura subangular, bloques medianos moderadamente desarrollados, pedregosidad abundante, microporos frecuentes, raíces escasas, transición entre horizontes clara.
- 2C** 90-140 cm. Suelo color pardo amarillento claro 10YR 6/4 en seco y en húmedo pardo amarillento oscuro 10YR 3/4, textura migajón arcilloso, poco plástico, estructura subangular, bloques medianos moderadamente desarrollados, pedregosidad abundante, macro y microporos frecuentes, raíces escasas.

6.2.4.b. ANALISIS DE LABORATORIO

Es un suelo muy oscuro, excesivamente pedregoso, solo el 15% está representado por suelo.

El contenido de materia orgánica es superior a todos los otros perfiles estudiados, lo que le proporciona el color oscuro al suelo, además de que favorece una baja densidad aparente y alta porosidad, repercutiendo en un buen drenaje.

El color en seco es: pardo oscuro 10YR 4/3 de 0 a 40 cm; pardo amarillento 10YR 5/4 de 40 a 70 cm; pardo amarillento claro 10YR de 70 a 80 cm; amarillo 10YR 7/6 de 80 a 90 cm, existe un cambio notable en esta capa no sólo en el color sino en todos los valores, debido a que las muestras no fueron tomadas todas a un mismo nivel dentro del volumen del pedón por la presencia de la alta pedregosidad y esa muestra presenta menor desarrollo evolutivo; pardo amarillento claro 10YR 6/4 de 90 a 140 cm.

La densidad aparente es baja hasta los 50 cm con un valor de 0.88 g/cc en la superficie, la cual es diagnóstica para la subunidad Andic.

La densidad real oscila de 2.29 a 2.54 g/cc, resultando normal para la baja presencia de minerales opacos.

La textura es franca a lo largo de la mayor parte del perfil.

El pH en la suspensión del suelo en agua es ligeramente ácido con valor de 6.4

En la solución salina de KCl se presenta excesivamente ácido con valores menores de 4 y en la solución de NaF se tienen valores por arriba de 10.0 en todo el perfil con excepción de la profundidad de 80-90 cm

El contenido de materia orgánica tiene un rango de 12.27% a 3.66%

La CICT es alta, con valores de 32.63 cmol(+)/kg, dada en gran parte por la M.O. y amorfos presentes.

Con respecto a las bases intercambiables, se observa que el calcio es mucho más elevado su contenido que el del magnesio. El calcio fluctúa entre 16 a 2 cmol(+)/kg

El contenido de sodio y potasio es muy bajo.

El alófono se presenta con valores altos a lo largo de todo el perfil. (Tabla 9)

6.2.4.c DISCUSION

Morfología

Es un suelo muy oscuro, constituido en su esqueleto principalmente de gravas y piedras poco intemperizadas con un recubrimiento denso de depósitos téfricos (vidrio volcánico) que ha sido retrabajado y mezclado con material de otras fuentes. Tiene representado un epipedón mólico.

Mineralogía

El suelo estudiado se ha originado por la alteración de material coluvio-aluvial diverso como: vidrio volcánico, micas como la moscovita, feldspatos, circones, jadeita, sílice amorfo, (silanes), material metamórfico y granos de cuarzo que su presencia fue constatada a través de observaciones con el microscopio estereoscópico, sin embargo su procedencia como anteriormente ya se había mencionado no es conocida.

Génesis

Sobre la roca granítica ha habido depósitos continuos muy abundantes de material aluvial volcanogénico.

Este es un suelo muy pedregoso, el cual está representado sólo por un 15% de material no consolidado, por lo que las muestras que se tomaron, constituyen una cantidad mínima de minerales de alteración del granito, M.O. humificada y principalmente material aluvial retrabajado. La M.O. le ha proporcionado un color oscuro al suelo. Es un suelo poco evolucionado, sólo se aprecia una ligera intemperización del granito, que está liberando

TABLA 9

RESULTADOS DE ANALISIS FISICOS DEL PERFIL NO. 7 (Andic Troprothents),
EJIDO EL PARAISO, GRO.

Horizonta	Profundidad cm	Co lor		D.A. g/cc	D.R. g/cc	Porosidad %	Textura		
		Seco	Húmedo				Arena%	Limo%	Arcilla%
Ahp	0-10	10YR 4/3 pardo oscuro	10YR 3/2 pardo grisá- ceo muy osc.	0,88	2,29	61,58	46,6	41,4 Franco	12
	10-20	10YR 4/3 pardo oscuro	10YR 3/2 pardo grisá- ceo muy osc.	0,93	2,36	60,6	42,2	37,6 Franco	20,2
	20-30	10YR 4/3 pardo oscuro	10YR 3/2 pardo grisá- ceo muy osc.	0,94	2,35	60,0	46,4	37,4 Franco	16,2
	30-40	10YR 4/3 pardo oscuro	10YR 3/2 pardo grisá- ceo muy osc.	0,95	2,42	60,75	47,3	39,0 Franco	13,7
	40-50	10YR 5/4 pardo amari- lento	10YR 3/2 pardo grisá- ceo muy osc.	0,97	2,45	60,41	45,7	39,0 Franco	15,3
C	50-60	10YR 5/4 pardo amari- lento	10YR 3/3 pardo oscuro	1,02	2,48	58,88	39,5	33,1 Franco	27,4
	60-70	10YR 5/4 pardo amari- lento	10YR 3/3 pardo oscuro	1,06	2,50	57,6	40,6	39,8 Franco	19,6
C	70-80	10YR 6/4 pardo claro amarillento	10YR 3/4 pardo oscuro amarillento	1,05	2,51	58,17	40,2	32,2 Franco	27,6
2C	80-90	10YR 7/6 amarillo	10YR 5/6 pardo amari- lento	1,20	2,54	52,76	46,4	28,0 Franco	25,6
2C	90-140	10YR 6/4 pardo claro amarillento	10YR 3/4 pardo oscuro amarillento	1,03	2,51	58,97	44,6	25,8 Migajón arcilloso	29,6

TABLA 9

RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICOS DEL PERFIL NO. 7 (Andic Troprothents),
EJIDO EL PARAISO, GRO.

Hor.	pH				Alol	M.O	C	Ca++	Mg++	Na+	K+	ClCl	V
	H ₂ O 1:2.5	KCl 1:2.5	Delta	NaF 1:50									
Ahp	6,5	5,4	-1,1	10,1	T	12,27	7,11	16,07	4,33	0,32	0,75	32,63	65,79
	6,4	5,4	-1,0	10,1	xxx	10,20	5,92	13,77	4,08	0,32	0,66	30,31	62,12
	6,4	5,3	-1,1	10,3	xxx	9,61	5,57	11,22	3,06	0,21	0,55	29,47	51,03
	6,4	5,2	-1,2	10,5	xxx	8,32	4,82	11,46	1,65	0,44	0,41	26,73	52,22
	6,4	5,3	-1,1	10,7	xxxx	7,98	4,62	10,15	2,65	0,43	0,39	27,01	50,42
C	6,2	5,0	-1,2	10,7	xxxx	6,00	3,48	6,88	0,76	0,47	0,37	18,73	45,27
	6,2	5,0	-1,2	10,7	xxxx	5,27	3,05	7,14	0,51	0,19	0,41	18,52	44,54
C	6,0	4,6	-1,4	10,7	xxxx	3,99	2,31	3,57	0,51	0,13	0,29	12,84	35,04
2C	6,0	4,4	-1,6	9,8	xx	0,90	0,52	3,06	0,51	0,19	0,35	5,78	71,10
2C	5,4	4,2	-1,2	10,7	xxx	3,66	2,12	2,04	0,51	0,17	0,41	11,99	26,10

hierro a través de sus minerales de biotita, los cuales se alteran con mayor facilidad que el cuarzo y la ortoclasa. Los compuestos de hierro proporcionan tonos pardos amarillentos que prevalecen desde los 40 cm.

De igual forma, el material aluvial presente que en este suelo está actuando como material parental, al intemperizarse ha estado enriqueciendo de bases al suelo.

En el desarrollo de este suelo, se han dado procesos de humificación, quelatación, apreciada por el gran espesor del epipedón, devitrificación, desilificación, intemperización de los minerales primarios, lavado de bases y enriquecimiento por los aportes de material aluvial.

Este suelo tiene abundancia de arenas, la relación limo/arcilla es muy alta reflejando poco desarrollo.

La proporción de arcillas es mayor con la profundidad donde también existe un descenso en la M.O. Los primeros depósitos han estado sujetos a más tiempo a la intemperización, lo que ha favorecido la formación de arcilla.

La capa de 80-90 cm presenta un comportamiento diferente a todo el perfil, lo cual se debe a que la cantidad de M.O. y de material aluvial disminuye y por lo tanto, la muestra tomada fue exclusivamente del material proveniente de la roca intemperizada.

Clasificación

En este suelo, el aluvión volcanogénico constituye gran parte del material parental a través del cual se ha iniciado el desarrollo del mismo.

El material subyacente a los depósitos aluviales es una roca consolidada (granito) que ha estado sujeta a una débil intemperización. El aluvión fue depositado en forma continua y abundante durante la alteración del granito. Y por su mayor velocidad de intemperización con respecto al granito fue el que condujo al desarrollo del suelo, quedando subordinada la alteración de la roca consolidada subyacente.

Los depósitos aluviales continuos bloquearon el desarrollo de este suelo y empezó a manifestarse su evolución hasta que los aportes cesaron.

Por otro lado, presenta microagregados muy firmes. Además, considerando atributos para su clasificación este suelo tiene un epipedón mólico, se desarrolla bajo un régimen de temperatura isohipertérmico, régimen de humedad údico-ústico (Figura 6) tiene saturación de bases de más de 50% y presenta más del 30% de vidrio volcánico en la fracción de limo. Esta última característica, le aporta propiedades ándicas.

Por las características físicas, químicas y de campo que presenta este suelo se clasifica según el Sistema del Soil Taxonomy (1990) y su correspondiente en FAO (1994) es de la siguiente manera:

	Orden	Suborden	Gran Grupo	Subgrupo
USDA :	Entisol	Orthents	Troorthents	Andic Troorthents
	Grupo de Suelo	Unidad de Suelo		
FAO :	Regosol	Regosol tétrico		



BIBLIOTECA
INSTITUTO DE ECOLOGIA
UNAM

HIPOTESIS SOBRE LA DINAMICA DE LOS SUELOS DEL AREA DE GUERRERO.

La zona de Guerrero es considerada como un batolito (Vargas, 1991) y generalmente los batolitos están compuestos de granito o granodiorita. Estudios geocronométricos demuestran que en forma general, tales cuerpos no fueron emplazados en una sola pulsación magmática, sino que son diferentes intrusiones que se repitieron en intervalos de varios millones de años (Cepeda, 1985) En esta zona hubo intrusiones de granito y granodiorita en diferentes tiempos.

La actividad volcánica se ha manifestado en el relieve en formas muy diversas, porque los mecanismos eruptivos que predominan en cada lugar dependen principalmente de la fluidez del magma, consecuencia de su composición química y de la proporción de gases aprisionados. Cuando el magma es muy ácido o silícico tiene la fluidez mínima y tiende a enfriarse rápidamente y a taponar sus propios conductos de salida. (Cepeda, 1985)

El hecho de que rocas intrusivas se encuentren en la superficie se debe a la erosión de los materiales que las cubrían. La descompresión debida al vaciado de la cubierta afecta a estas rocas, a las que rompe por lajamiento y otras diaclasas originadas por esfuerzos tectónicos.

La disposición granular de su estructura litológica, más el lajamiento determinan que estas rocas resulten muy sensibles a la hidrólisis a causa de su composición química, proceso para el cual es muy importante la temperatura del agua meteórica. Los relieves que dan los granitos son consecuencia tanto de su litología, como de las condiciones climáticas. En zonas de montaña los granitos presentan formas más ligadas a los procesos externos que a la propia litología. En condiciones cálidas el granito se desmorona, ofrece escasa resistencia, localmente da formas redondeadas. (Miró, 1985)

La zona de Guerrero es un área geológicamente inestable y a través del tiempo ha sufrido deslizamientos de material, ocasionando que el desarrollo de los suelos en algunas zonas sea limitado o bien que haya cambiado la trayectoria de su evolución.

Los suelos próximos al Paraíso, fueron desarrollados a partir de material coluvial alterado, transportado de las partes altas. Su desarrollo ha sido rápido por tratarse de material disgregado fino, sin embargo por tratarse de aportes periódicos de pedregosidad, se ha limitado la evolución de estos suelos que se clasifican como Inceptisoles y algunos Entisoles.

En el perfil No. 1 se puede apreciar una capa de 10 cm sobreyacente al desarrollo del suelo. Si las condiciones climáticas favorecen la formación de arcilla y a su vez la iluviación de la misma, con el tiempo intergradarán a Alfisoles puesto que la acidez no es tan pronunciada y se puede interpretar un adecuado abastecimiento de minerales intemperizables.

Conforme se asciende en el relieve en dirección norte, se observa un pronunciado escurrimiento que confluye en el Arroyo Las Delicias y el Arroyo Grande del Paraíso. (Figura 9)

Próximos a estas zonas de captura de agua, se pueden tener Fluvisoles (en FAO), que han estado recibiendo material continuamente, pero a su vez, si se considera que las pendientes se hacen más pronunciadas, estos suelos intergradan hacia las partes altas, con los Inceptisoles (FAO, 1994)

Hacia Nueva Dehli, se encuentra una zona relativamente antigua que tenía suelos con buen desarrollo tendiendo a Nitisoles (en FAO) perfil No. 6, pero debieron haberse presentado eventos volcánicos manifestándose en plegamientos, fracturas y emisiones de cenizas volcánicas las que se depositaron prioritariamente en zonas aledañas.

Se comprueba el deslizamiento de material de las partes altas, el cual posiblemente sucedió posterior a la quema de la vegetación por las cenizas volcánicas.

Dichos eventos cambiaron y dirigieron el desarrollo de esos suelos, que clasifican para Inceptisoles y actualmente se han visto sujetos a una alta lixiviación y escurrimiento lo cual ha favorecido la acidez de los mismos.

Al Este, en dirección hacia el Ejido La Pintada tenemos Ultisoles perfil No. 3, con un grado de intemperización muy elevada.

Estos suelos en la zona, colindan con un área de aluvión, que recibe material de las partes altas, lo que determina que el desarrollo del suelo se vea interrumpido periódicamente, permitiendo sólo el desarrollo de Inceptisoles.

Hacia las partes altas de esta ladera, las pendientes son mayores y se constituyen en superficies de carácter erosivo, por lo que el desarrollo de los suelos de esta área clasificarían para Inceptisoles y algunos para Entisoles.

Por arriba de los 1700 m, de acuerdo a (Vargas, 1991) en la zona, están representados los Andisoles, suelos que manifiestan un desarrollo comparativamente rápido.

Para confirmar la presencia de los suelos antes mencionados, es necesario la realización de más trabajo de campo, así como también de análisis químicos y mineralógicos que puedan validar la presente hipótesis. (Tabla 10)

Perfil	Suelo	Geología	Altitud m	Relieve pendiente	Prof. total cm	Arcilla %	pH H ₂ O	M.O. %	Ca ²⁺ cmol(+)/kg	CICT cmol(+)/kg	pH NaF 1 : 50
1	Typic Eutropepts	Granito	900	15°	70	30.4 - 18.6	6.1 - 6.5	2.0 - 0.45	7.9 - 3.10	14.8 - 6.8	9.6 - 9.0
3	Typic Hapludults	Granito	1200	23°	120	39.6 - 41.6	5.1 - 5.3	9.6 - 0.30	5.0 - 0.76	15.2 - 7.2	9.6 - 10.5 - 9.6
6	Typic Dystropepts	Granito	1380	45°	150	36.6 - 25.8	4.4 - 5.4	4.9 - 0.03	1.5 - 1.00	8.5 - 5.1	9.2 - 10.5 - 9.6
7	Andic Troporthents	Material aluvial volcanogénico	1100	22°	140	12.0 - 29.6	6.5 - 5.4	12.2 - 3.60	16.0 - 2.00	32.6 - 11.9	10.1 - 10.7

Tabla 10 Análisis de la dinámica de los suelos del área de Guerrero

SITUACION PRODUCTIVA DE LOS SUELOS CAFETALEROS ESTUDIADOS

A través de este estudio se han podido conocer algunas características físicas, químicas y Taxonómicas de los suelos que sustentan la productividad de cafetales en un área de Guerrero y en otra de Oaxaca.

En relación a las exigencias que demanda el desarrollo y producción del café de acuerdo a un régimen nutricional y climático es posible concluir lo siguiente:

Los valores reportados para las bases intercambiables son bajas, aún en los 0.30 m de espesor cercanos a la superficie, la cual es una capa de importante absorción para el café. Sin embargo, los porcentajes de M.O. son adecuados y es un factor importante para el reciclaje y retención de los nutrientes.

Al igual que cualquier otra planta, el café necesita para su desarrollo normal de cierto número de nutrientes en cantidad suficiente y en una combinación balanceada. Si la cantidad de uno de estos elementos es relativamente baja en el medio en el cual crece, se afecta su vigor, su desarrollo y especialmente su productividad.

Los elementos necesarios para el café son: el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, manganeso, azufre, hierro, boro y zinc.

El nitrógeno no se evaluó en este estudio, pero es uno de los elementos más importante requerido por el cultivo. La deficiencia de nitrógeno además de originar cambios en el tamaño, color y aspecto de las hojas, los frutos se secan y sólo un porcentaje reducido alcanza su desarrollo normal.

La deficiencia de potasio también repercute en los frutos adheridos a la rama que no continúan su desarrollo normal, se secan y permanecen adheridos por largo tiempo, siendo muy susceptibles al ataque de hongos. (Sotelo, 1989) En general, los valores de K^+ fueron muy bajos.

El fósforo tampoco se evaluó en este trabajo, pero de acuerdo al pH de éstos suelos, que es fuertemente ácido parece indicar que hay poca disponibilidad de este elemento dada su alta fijación bajo estas circunstancias de acidez (pH de 4.5-6-5). A través de la presencia de alofano que es abundante en algunos perfiles, también es posible inferir la misma fijación, aspecto importante ya que el fósforo es un macronutriente indispensable para la floración y fructificación, así como para la formación de semillas. (Buckman, 1991)

El material parental de estos suelos, derivado de la alteración del granito para el caso de la zona de Guerrero, es rico en cuarzo y en menor proporción contiene minerales nutritivos. Con respecto a los suelos en la zona de Oaxaca, la lutita no presenta tales restricciones, pero existe una fuerte intemperización de los minerales por las condiciones climáticas que prevalecen, por su parte la precipitación es lo suficientemente alta para lixiviar apreciables cantidades de bases intercambiables.

Es recomendable la fertilización química y biológica (inoculación de microorganismos) de estas áreas para poder obtener un rendimiento redituable y sostenido de café.

La presencia de alofano en algunos de estos suelos determina que ha habido eventos volcánicos que generaron depósitos consecutivos de cenizas volcánicas los cuales han favorecido el nivel de fertilidad de estos suelos debido a la rápida mineralización de este vidrio haciendo disponible gran cantidad de nutrimentos para las plantas. Pero este efecto benéfico no es para todos los perfiles realizados, algunos sólo presentan bajos contenidos de alofano.

El contenido de M.O. para todos los perfiles es por arriba del 3% en la superficie, lo que se considera adecuado porque como complejo de intercambio puede retener cationes y evitar su pérdida por lixiviación, aporta P y N gradualmente para los cafetales.

El pH está dentro del rango óptimo para el café, entre 4.5 y 6.5. En la suspensión salina con KCl el pH está por abajo de este intervalo debido al desplazamiento de los iones H^+ y Al^{3+} del complejo de intercambio por el efecto de esta sal como se presenta en los siguientes perfiles: 5-Oax. : pH de 3.5-4.1; 6-Oax.: pH de 4.2-5.2; 7-Oax.: pH de 4.1-5.1; 3-Gro. : pH de 3.8-4.1 y 6-Gro. : pH de 3.6-3.9.

La mayoría de estos suelos son de textura arcillosa pero presentan buen drenaje por la buena estructura la cual está determinada tanto por la M.O. como por la alta concentración de sesquióxidos que se encuentran presentes, considerando los colores amarillentos y rojizos.

El mineral arcilloso que ha de predominar en estos suelos es del tipo caolínico considerando los bajos valores reportados para la CICT en la mayoría de los perfiles realizados, con excepción del perfil no. 6 de Oax. y el no. 7 de Gro.

Los perfiles 1 y 7 de Gro. son muy pedregosos, aspecto que no es favorable para el óptimo desarrollo del cafeto. Asimismo, el perfil no. 5 de Oax. es un suelo en donde predomina la roca que se encuentra en un alto grado de intemperización y además el poco suelo que se ha formado no cumple con la profundidad mínima de 70 cm para que pueda prosperar satisfactoriamente el cafeto.

La D.A. en la mayoría de los perfiles es alrededor de 1.0 g/cc en los horizontes superficiales y aumenta ligeramente con la profundidad, lo cual nos indica un buen drenaje, aireación y porosidad para permitir un buen desarrollo radicular del cafeto.

Los valores de D.R. reflejan la presencia de minerales como el cuarzo, feldespatos, micas y porcentajes bajos de minerales opacos.

De acuerdo a las condiciones climáticas, el cafeto en estas zonas puede prosperar adecuadamente.

En relación a los perfiles de Oaxaca, éstos no tienen una posición altimétrica para poder colocarlo como café de altura que presente granos grandes de elevado rendimiento y superior calidad. En cuanto a los perfiles de Guerrero, éstos sí están dentro del rango de altitud de calidad (900-1200m).

Además de la influencia del medio ecológico, el sabor y olor del café tostado dependen de varios factores, como el tiempo y la temperatura de rostizamiento, variedad, calidad de los granos, entre otros.

Es conocido que el mismo grano verde contiene sustancias aromáticas y no aromáticas que influyen en el olor y sabor del café tostado, características que se desarrollan en general durante el rostizamiento. Entre los principales componentes químicos involucrados en estas características, se encuentran el ácido clorogénico ($C_{16} H_{18} O_9$) y los lípidos que en una mayor o menor medida participan en el enorme complejo aromático del café.

La variación de estos compuestos puede intervenir en la calidad del café verde ; (calidad que se ve reflejada en el café tostado) pero a su vez, ésta variación puede estar dada por las distintas características climáticas y geográficas de las regiones cafetaleras ; es decir, que las diferencias en el contenido de estos compuestos pueden aparecer en cafés recolectados de arbustos de una misma filiación, pero procedentes de regiones diferentes.

La calidad del café puede ser evaluada a dos niveles : el primero de ellos es el grano verde, es decir el grano oro, el segundo es la infusión.

En el primer nivel, el café oro se diferencia por el tamaño de los granos, los defectos que presenta, el contenido de impurezas y las manchas que pueda presentar, cada paso de su elaboración es importante para la calidad del producto final. En el segundo nivel, los principales factores que determinan la calidad del grano desde su producción hasta su transformación en café tostado son :

Las especies y variedades de café influyen en el sabor en taza, determinando el cuerpo. La altura y la latitud a la que se siembra determinan su grado de acidez. La región donde se produce, su aroma. El tipo de beneficio, sea la vía seca o la vía húmeda, induce el sabor. Una gran parte del aroma del café es originado por la materia grasa, que interviene en la fijación y preservación del aroma ; así mismo, las grasas también pueden actuar como acarreadores de muchos de los productos aromáticos volátiles formados durante el tostado del grano. (Contreras, 1996)

Tomando en consideración la problemática del cambio de uso del suelo de cafetal por otros cultivos que puedan generar ingresos en forma más estable que el café, sólo se puede recomendar alternativas en forma muy general.

Estos suelos de acuerdo a su pendiente deberían ser forestales. Las superficies de inclinación menor a 1.5° prácticamente no son afectados por el escurrimiento.

Entre 1.5 y 3° empieza a manifestarse un débil escurrimiento por lo que el trabajo de la tierra exige tomar medidas preventivas contra la erosión.

En pendientes mayores de 12° no se deben trabajar los suelos, su uso es para el bosque (Lugo J. 1991)

Tanto en el estado de Guerrero como en el de Oaxaca, se cultivan diversos frutales, el establecimiento de éstos en las áreas cafetaleras de una manera más extensa puede ser una alternativa rentable y estable además de que favorece la estructura, fertilidad y retención del suelo.

Se requiere de la aplicación de fertilizantes, de valoración de los terrenos y de obras de conservación como son las terracetas de media luna, barreras vivas de plantas nativas que retengan humedad y suelo. Estas obras disminuirán la superficie de terreno laborable pero evitarán la erosión acelerada del mismo permitiendo que el recurso suelo se constituya como patrimonio de una manera sostenida.

Además, las especies de frutales, quizás cítricos, deberán justificar los insumos a los cuales se hacen acreedores estos suelos. El cambio del uso del suelo por maíz, no los justifica por lo que no es la mejor opción. Deberán ensayar con otras especies dentro del agroecosistema que sean compatibles con el medio.

Por otro lado, lo más viable en estas zonas es no olvidar que los sistemas tradicionales siempre son los más operables, puesto que se ajustan tanto a las condiciones ambientales como culturales sin olvidar al aspecto económico.

CONCLUSIONES GENERALES

1. La zona de estudio, dedicada al cultivo de café, comprende las siguientes unidades Taxonómicas de acuerdo a su grado de intemperismo:

Andic Troporthents	P-7-Gro.	Menor intemperismo
Typic Eutropepts	P-1-Gro.	
Typic Eutropepts	P-5-Oax.	
Typic Hapludalfs	P-6-Oax.	
Typic Hapludalfs	P-3-Oax.	
Typic Hapludalfs	P-7-Oax.	
Typic Dystropepts	P-6-Gro.	
Typic Hapludults	P-3-Gro.	Mayor intemperismo

2. Todas estas unidades pueden ser integrados dentro del concepto de "Suelos Tropicales"
3. En la mayoría, de los suelos estudiados se observan intergradaciones genéticas entre Órdenes. Estas intergradaciones son, en la mayoría de los casos, resultado de eventos catastróficos ocurridos a través de la historia geológica del área.
4. Los procesos de sepultamiento, erosión, aluviamiento y rejuvenecimiento son comunes en estos suelos. Estos procesos están dados básicamente por la dinámica tectónica y geomorfológica que predomina en el área.
5. En todos los casos estudiados, la presencia de ceniza volcánica en el suelo tiene su origen por flujo (aluvión volcanogénico). Los análisis mineralógicos indican que esta ceniza ha sido retrabajada por los agentes geológicos, antes de su depósito y estabilización.
6. Los suelos del trópico están sujetos a mayor intemperización como se comprueba en el caso del Typic Hapludalfs P-3-Oax, y Typic Hapludults P-3-Gro. que se encuentran sobre áreas estables.
7. Se comprobó cómo las prácticas de manejo pueden ocasionar alteraciones en las propiedades físicas y químicas de los suelos Typic Hapludalfs P-3-Oax, en donde se presenta un fenómeno de compactación y en Typic Hapludalfs P-7-Oax. en donde hay disminución de M.O.
8. Cuando existe la influencia de material aluvial sobre un suelo, se favorece el enriquecimiento de bases como ha sido observado en Typic Hapludalfs P-6-Oax y Andic Troporthents P-7-Gro.

9. Los siguientes procesos influyen en el color de los suelos: se refleja un proceso de rubificación más acentuado en Typic Hapludalfs P-3-Oax. y en Typic Hapludults P-3-Gro.; proceso de lutefacción en Typic Eutropepts P-5-Oax. y Typic Hapludalfs P-7-Oax. y un proceso de lixiviación en Typic Dystropepts P-6-Gro. Todos estos perfiles son ácidos, de textura arcillosa y de CIC baja, son los perfiles más intemperizados.
10. Por el contrario, el Typic Hapludalfs P-6-Oax. y el Andic Troorthents P-7-Gro. reflejan procesos de melanización, son ligeramente ácidos, de textura arcillosa y franca respectivamente, con CIC alta, y por su parte, el Typic Eutropepts P-1-Gro. indica un proceso de pardificación, es ligeramente ácido, de textura migajón arcillosa y CIC moderada, son los perfiles menos intemperizados.
11. El porcentaje alto de arcilla no necesariamente es un índice de desarrollo porque, el material parental como la lutita puede proveer de grandes porcentajes de arcilla debido sólo a su naturaleza como en el suelo Typic Eutropepts P-5 Oax.
12. Considerar los siguientes aspectos en los suelos permite una mayor aproximación en el momento de la clasificación:
 - Relación de los suelos adyacentes (intergrados)
 - Eventos geológicos sobre la dinámica de la zona
 - Procesos pedogenéticos
 - Relación evolutiva con otros órdenes afines en su posición en la topografía hace posible explicar la trayectoria que ha seguido el suelo en cuestión.
13. De acuerdo a los valores de pH delta, se concluye que la capacidad de intercambio de cationes en estos suelos no es atribuida al material amorfo por lo tanto, no son definidos como suelos de carga variable ya que los valores están por encima de -0.5), por lo que queda confinado el intercambio de cationes a las arcillas y a la M.O.
14. Los valores de pH con la solución de NaF en algunos suelos son altos, sin embargo se necesita considerar que el reactivo reaccionará con cualquier aluminio disponible asociado con hidroxilos y que no es específico para el alófono (Dixon, 1989)

SUGERENCIAS

1. Se necesita conocer las propiedades de los diferentes suelos para poder manejarlos y evitar un mayor deterioro procurando medidas prácticas de manejo idóneas a la vulnerabilidad del suelo.
1. Para evitar la ambigüedad de los resultados obtenidos a través del método de Fieldes y Perrott (1966) en la determinación de alofano, es necesario la extracción de los complejos de Al^{3+} y Fe-humus con pirofosfato de sodio ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) y sólo así se tendría la certeza de que el pH observado con NaF se relaciona con el Al^{3+} del alófano (Van Wambeke, 1991)

BIBLIOGRAFIA

- Aceves, Q.F. Comunicación Personal.
- Aguilera, N.H. 1989. Tratado de Edafología de México. Tomo 1 UNAM. México, 222 p
- Aparicio, M.F.J. 1994. Fundamentos de Hidrología de Superficie. Limusa, S.A. de C.V. México, 303 p
- Aragón R.E., Córdova G.G. y Méndez A.N. Producción rural de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. (Hyphomycetes) para el control biológico de la broca del fruto del café *Hypothenemus hampei* Ferr. (Coleoptera: Scolytidae). 17° Congreso Nacional de Control Biológico, 6-7 de Oct., 1994. Sociedad Mexicana de Control Biológico.
- Banco de Comercio. 1975. La Economía del Estado de Oaxaca. Banco de Comercio S.A. 90 p.
- Banco de Comercio. 1976. La Economía del Estado de Guerrero. Banco de Comercio S.A. 90 p
- Birkeland W. P. 1984. Soils and Geomorphology. Oxford University Press, Inc. USA. 372 p
- Bigham. J.M. ; Ciolkosz, E.J. 1993. Soil Color. Special Publication Number 31. Soil Science Society of America. Inc. U.S.A. 159 p.
- Buckman, H.O., Brady N.C. 1991. Naturaleza y Propiedades de los Suelos. Limusa, S.A. de C.V. México. 590 p
- Buol, S.W., Hole, F.D., McCracken R.J. 1988. Génesis y Clasificación de Suelos. Trillas. S.A. de C.V. México. 417 p
- Cepeda, D.J.M. 1991. Química de Suelos. Trillas. S.A. de C.V. México 168 p
- Cepeda, D.L. 1985. Apuntes de Petrología Ignea. UNAM. Fac. de Ingeniería. Div. de Ingeniería en Ciencias de la Tierra. México. 363 p
- Clemente H.O., Córdova G.G., Flores L.G. Análisis de la sobrevivencia e infestación inicial de la broca del grano del café; *Hypothenemus hampei* Ferr. (Coleoptera, Scolytidae) en la implantación de un programa de control biológico con *Beauveria bassiana* Bals. Vuill. 17° Congreso Nacional de Control Biológico, 6-7 de Oct. 1994. Sociedad Mexicana de Control Biológico, 23-24 pp
- Contreras, H.C. 1996. Análisis comparado de lípidos, ácido clorogénico y cafeína en

grano de café verde (*Coffea arabica*) proveniente de cuatro estados de la República Mexicana. Tesis Profesional, Facultad de Ciencias. UNAM

Coleman, D.C. ; Oades, J.M. ; Uehara, G. 1989. Dynamics of Soil Organic Matter in Tropical Ecosystems. NifTAL. Hawaii. 249 p.

Córdova G.G. Avances y perspectivas del proyecto de hongos entomopatógenos para el manejo de la broca del cafeto *Hypothenemus hampei* Ferr. (Coleoptera, Scolytidae) en Oaxaca. 17º Congreso Nacional de Control Biológico, 6-7 de Oct. 1994. Sociedad Mexicana de Control Biológico, 11-12 pp

Cuanalo de la C.H.E. y Aguilera H.N. Los Grandes Grupos de Suelos en la región de Tuxtepec, Oaxaca. Bol. Esp. Inst. Nal. Invest. 27 pp

Delegación Estatal de Guerrero. 1989. Perfil Cafetalero S/N

De Miró, I.O.M. 1985. Breviario de Geomorfología. Oikos-Tau, S.A. Barcelona, 131 p.

Domínguez R.I., Aguilera H.N. 1993. Metodología de Análisis Físicos y Químicos de Suelos. UNAM. Fac. Ciencias 34 p.

Duchaufour P. 1984. Edafología 1. Edafología y Clasificación. Masson, S.A. Barcelona. 493 p

Fanning, D.S. 1989. Soil. Morphology, Genesis, and Classification. John Wiley & Sons. N.Y.

FAO, ISRIC, ISSS. 1994. World Reference Base for Soil Resources O.C. Spaargaren. Roma. 161 p.

Fassbender Hans W. 1987. Química de Suelos con énfasis en suelos de América Latina. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Costa Rica. 420 p.

FitzPatrick E.A. 1985. Suelos, su formación, clasificación y distribución. CECSA. México. 430 p

García, E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 3a. edición, Instituto de Geografía, México, D.F. 220 p

Hardy F. 1970. Suelos Tropicales. Pedología Tropical con Enfasis en América. Herrero Hermanos, Sucesores, S.A. México 335 p.

Heno J. 1982. El café en Venezuela. Universidad Central de Venezuela. Caracas. 291 p.

Hoskuldsson, A. 1993. Late Pleistocene to Holocene eruptive activity of Pico de Orizaba, Eastern Mexico. Bull. Volcanol. Vol. 55 No. 8, 571-587 pp

- INEGI. 1988. Anuario Estadístico del Estado de Guerrero. Gobierno del Estado de México. 880 p.
- INMECAFE. Boletín Bibliográfico-Informativo Vol IX Núms. ¾ Mayo-Ag. 1986.
- Leet, L.D., Judson, S. 1977. Fundamentos de Geología Física. Limusa .S.A. de C.V. México, 455 p
- López, R. E. 1983. Geología de México. Vol. III México. 453 p
- Lugo, H.J. 1991. Elementos de Geomorfología Aplicada (Métodos Cartográficos) UNAM. México. 110 p.
- Luis, M.; Vargas, F.; Llorente, B. 1991. Lepidoptero fauna de Oax 1 : Distribución y Fenología de los Papilionoidea de la Sierra de Juárez, Publicaciones Especiales del Museo de Zoología No. 3 Fac. Ciencias. UNAM. México. 101 p
- Martínez, M. 1979. Catálogo de Nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. Fondo de Cultura Económica, México. 1220 p.
- Metz, K. 1963. Manual de Geología Tectónica. Omega, S.A. Barcelona. 328 p
- Morón, M.A., Terrón R.A. 1988. Entomología Práctica. Instituto de Ecología, A.C. México, 504 p
- Munsell, Soil Color Chart. 1975. Munsell Color. Co. Baltimore Maryland. E.U.A.
- Muñoz, R. 1989. Ciclo Biológico y Reproducción Partenogenética de la Broca del fruto del cafeto. *Hypothenemus hampei* (Ferr.) Turrialba Vol. 39. No. 3 p. 415-421
- Nolasco, M. 1985. Café y Sociedad en México. Centro de Ecodesarrollo. México. 224 p
- Núñez, P.A. 1989. El cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en Atoyac, Guerrero. Ciencia Vol. 1 Núm. 2 y 3 Marzo-Agosto p. 4-11.
- Ortíz, V.B y Ortiz, S.C., 1984. Edafología. Universidad Autónoma Chapingo. México. 109 p.
- Ortega, G. F. et. al 1992. Texto Explicativo de la Quinta Edición de la Carta Geológica de la República Mexicana. Escala 1 : 2' 000, 000. UNAM. 74 p.
- Peña, V.M.L. 1978. Algunos estudios de Suelos derivados de cenizas volcánicas y de Ando, cultivados con café en el transecto Jalapa-Córdova, Ver. Tesis. UNAM
- Pettijohn, F.J. 1957. Sedimentary Rocks. 2a ed. Harper & Row, Publishers. N.Y. 718 p
- Reyes, W. de la R., Gómez, R.J., Alatorre, R.R., Trujillo, A.J. Evaluación en condiciones de campo del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* sobre la broca del café

Hypothenemus hampei. 17° Congreso Nacional de Control Biológico, 6-7 de Oct. 1994. Sociedad Mexicana de Control Biológico. 27-30 p

Ruesga, R.M.T. 1983. Estudios Edafológicos de algunos suelos cafetaleros en la parte central del Estado de Veracruz. Tesis. UNAM Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa S.A. de C.V. México. 432 p

Siebe, C. Comunicación Personal

Secretaría de Gobernación y Gobierno del Estado de Oaxaca. 1988. Los Municipios de Oaxaca. Enciclopedia de los Municipios de México. Secretaría de Gobernación y Gobierno del Estado de Oaxaca. México 283 p

Secretaría de Gobernación y Gobierno del Estado de Guerrero, 1988. Los Municipios de Guerrero. Enciclopedia de los Municipios de México. Secretaría de Gobernación y Gobierno del Estado de Guerrero. México. 401 p

SPP. 1981. México: Información sobre aspectos geográficos sociales y económicos. Aspectos Geográficos. Vol. 1 INEGI. México. 114 p

SPP. 1981. Atlas Nacional del Medio Físico. Coordinación General del Sistema Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Dir. General de Geografía del Territorio Nacional. 224 p.

Soil Survey Staff. 1988. Soil Survey Manual 430-V, Attachment Y, Washington, D.C. U.S.A. 224 p

Soil Survey Staff. 1988. Soil Taxonomy: A Basic System for Making and Interpreting Soil Survey. USDA. Handbook No. 436 Government Printing Office, Washington, D.C. U.S.A. 754 p.

Sotelo, S.A. 1989. Estudio de Fertilidad de los suelos cafetaleros de una finca del Municipio El Bosque, Chiapas, Tesis. UNAM

Téllez, M.O., Menas, O. 1983. Fitotecnia del Café. Editorial Pueblo y Educación. La Habana. 251 p

Tornthwaite, C.W. 1948. An Approach towards rational classification of climate: Geographical Review. Vol. 38, 85-94 p

Urrich, B. ; Sumner, M.E. 1991. Soil Acidity. Springer-Verlag. Germany. 224 p.

USDA. Equipo de Levantamiento de Suelos. 1990. Claves para la Taxonomía de Suelos. Colegio de Posgraduados Chapingo. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. México. 576 p

Van Wambeke, A. 1991. Soil of the Tropics. Properties and appraisal. Mc Graw-Hill, Inc. U.S.A. 343 p.

Vargas, F.; Llorente B.; Luis, M. 1991. Lepidoptero fauna de Guerrero I : Distribución y Fenología de los Papilionoidea de la Sierra de Atoyac. Publicaciones Especiales del Museo de Zoología No. 2. Fac. Ciencias UNAM. México. 123 p.

Villota, H. 1991. Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de las Tierras. Primera Parte. Geomorfología de Zonas Montañosas, colinas y onduladas. Instituto Geográfico "Agustín Codazzi". Sta. Fé de Bogotá, D.C. 212 p.

Wilding, L.P. 1983. Pedogenesis and Soil Taxonomy. II The Soil Orders. Elsevier Science Publishers B.V. 410 p

Yarza de De la Torre, E. 1992. Volcanes de México. UNAM. México. 174 p.

Cartas:

Topográfica. Coyomeapan E-14-B-77 Puebla - Oaxaca. 1:50,000. INEGI. 1988

Edafológica. Orizaba E-14-6. 1:250,000. INEGI. 1984

Geológica. Orizaba. E-14-6. 1:250,000. INEGI. 1984

Vegetación. Orizaba. E-14-6. 1:250,000. INEGI. 1984

Topográfica. El Paraíso. E-14-C-36 Guerrero. 1:50,000. INEGI. 1984

Geológica. Zihuatanejo E-14-7-10. 1:250,000. INEGI. 1985

Vegetación. Zihuatanejo. E-14-7-10, 1:250,000. INEGI. 1986

Climas. Acapulco 14Q-VII. 1:500,000. Secretaria de la Presidencia. Dir. de Planeación. Comisión del Territorio Nacional y Planeación. 1970

Climas. Veracruz 14Q-VI. 1:500,000. Dir. de Planeación. Comisión del Territorio Nacional y Planeación. UNAM. Instituto de Geografía.

Temperaturas medias anuales. México. 1:1000 000. SPP