

00359
1
2ej

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**CLASIFICACIÓN CAMPESINA DE SUELOS Y EDAFOLOGÍA DEL
MUNICIPIO DE NAUZONTLA, PUEBLA.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

(ED AFOLOGÍA)

PRESENTA

BIÓL. MARÍA GUADALUPE ESCAMILLA SARABIA

272906

Director de Tesis: M. en C. Miguel Ángel Martínez Alfaro

México, D. F.

1999

31 00

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central

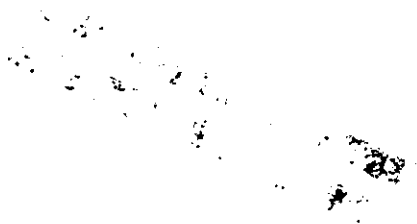


UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

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.



A papá Luis,
porque ya no pudo acompañarme a mis recorridos por el campo
y sigue estando aquí, conmigo.

A mamá Esthercita,
por su amor y cariño

A mis hermanas:
Yola, Pera, Chayo, Esther, Betty
por su fortaleza para afrontar la vida.

A mi hermano Luis,
por enseñarme el valor de la familia.

Y a ti.....porque existes como espíritu inmortal

AGRADECIMIENTOS.

Agradezco al M. en C. Miguel Ángel Martínez Alfaro, por su interés y apoyo para asistir a Nauzontla, por las diversas revisiones y sugerencias tan valiosas a la tesis.

Al Dr. Miguel Ortiz Olguín, maestro y amigo.

Al Dr. Jorge E. Gamma Castro por las múltiples horas que ocupó en la revisión de la tesis y por permitirme aprender edafología.

A la M. en C. Rosalía Ramos Bello, Dra. Emma Cristina Mapes Sánchez, Dra. Norma García Calderón y M. en C. Juan Manuel Rodríguez Chávez; por las revisiones, sugerencias y comentarios al trabajo de tesis.

A los habitantes del Municipio de Nauzontla, por permitirme aprender “un poco” de lo mucho que saben sobre suelos y agricultura y por su hospitalidad durante mis estancias en el Municipio.

Al Lic. Felipe Villegas Márquez, por las figuras y la edición de las fotografías de esta tesis, por ser mi amigo.

Al Biól. Samuel Aguilar Ogarrio, por las fotografías en Microscopio.

Al Instituto de Geología, UNAM:

M. en C. Ernestina Vallejo Gómez del Laboratorio de Génesis de Suelos

M. en C. Silvia Sánchez Beltrán del Laboratorio de Física de Suelos

M. en C. Angélica Arias Herrerías, Laboratorio de Difracción de Rayos X.

Dr. Víctor M. Malpica Cruz del Departamento de Geología.

Al Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM:

Dra. Emily Mc Clung del Laboratorio de Paleoetnobotánica

Arqueol. Diana Martínez del Laboratorio de Paleoetnobotánica

A todas las personas que de alguna forma colaboraron para la realización ésta tesis,
Gracias.

ÍNDICE

| | |
|--|-----|
| PRÓLOGO | i |
| RESUMEN | iii |
| ABSTRACTS | iv |
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2. ANTECEDENTES | 3 |
| 3.OBJETIVOS | 10 |
| 4. LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA SIERRA NORTE DE PUEBLA Y EL MUNICIPIO DE NAUZONTLA. | 11 |
| 4.1 Localización del Municipio de Nauzontla | 11 |
| 4.2 Geología | 12 |
| 4.3 Geomorfología | 13 |
| 4.4 Edafología | 13 |
| 4.5 Hidrografía | 15 |
| 4.6 Clima | 15 |
| 4.7 Vegetación | 15 |
| 4.8 Agricultura | 17 |
| 4.9 Uso del suelo | 17 |
| 4.10 Datos socio económicos | 18 |
| 4.11 Síntesis histórica de la fundación del Municipio de Nauzontla | 19 |
| 5. METODOLOGÍA | 22 |
| 6. RESULTADOS | 29 |
| 6.1 Entrevistas | 29 |
| 6.2 Clasificación local de suelos | 30 |
| 6.3 El proceso agrícola y calendarios agrícolas | 31 |
| 6.4 Unidades de paisaje y unidades de distribución de suelos | 35 |
| 6.5 Descripción de perfiles | 38 |
| 6.6 Textura con hexametáfosfato de sodio $\text{Na}(\text{PO}_3)_6$ como | 75 |
| 6.7 Determinación de óxidos amorfos de Fe, Al, Mn y Si | 76 |
| 6.8 Evaluación teórica del riesgo de erosión del Municipio de Nauzontla, Puebla | 76 |
| 6.9 Análisis de difracción de rayos X | 77 |
| 6.10 Microfotografías de láminas delgadas para el perfil 3 de Bosque | |

| | |
|---|-----|
| Mesófilo de Montaña y perfil 5 de cultivo de frijol y chile cera | 80 |
| 7. DISCUSIÓN | 84 |
| 7.1 Clasificación campesina y entrevistas | 84 |
| 7.2 Factores ambientales | 89 |
| 7.3 Muestreo de suelos | 92 |
| 7.4 Humedad | 93 |
| 7.5 Densidad aparente y densidad real | 93 |
| 7.6 Porosidad | 94 |
| 7.7 Textura | 96 |
| 7.8 pH | 99 |
| 7.9 Materia orgánica | 100 |
| 7.10 Fósforo | 102 |
| 7.11 Bases intercambiables | 104 |
| 7.12 Capacidad de intercambio catiónico (CIC) | 104 |
| 7.13 Erosión | 104 |
| 7.14 Difractogramas del perfil 5. | 108 |
| 7.15 Microfotografías de láminas delgadas | 109 |
| 7.16 Génesis | 109 |
| 8. CONCLUSIONES | 113 |
| 9. BIBLIOGRAFÍA | 115 |
| 10. ANEXOS | 121 |
| I. Encuesta de suelos | 121 |
| II. Relación de quelites encontrados en la zona de muestreo | 122 |
| III. Métodos para la determinación de textura usando $(\text{NaPO}_3)_6$ y para la determinación de óxidos amorfos de Fe, Al, Mn y Si | 123 |
| IV. Guía para interpretar el análisis químico de suelos. | 127 |
| V. Monografía para determinar el factor de erodabilidad del suelo K. | 129 |

ÍNDICE DE CUADROS.

| | |
|---|----|
| 1. Valoraciones paramétricas para los factores ambientales | 26 |
| 2. Clasificación campesina y características de suelos de Nauzontla, Puebla. | 30 |
| 3. Calendario agrícola de maíz/frijol (<i>Zea mays</i> L.), raza Tuxpeño con infiltración de Cónico o Arrocillo Amarillo, frijol gordo o exoyema(<i>Phaseolus polyanthus</i> L.) o ayocote (<i>P. coccineus</i> ssp <i>coccineus</i> L.) o frijol delgado de guía (<i>P. vulgaris</i> L.) o frijol mateado (<i>P. vulgaris</i> L.) en Nauzontla, Puebla. | 32 |
| 4. Calendario agrícola de la papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) en Nauzontla, Puebla. | 33 |
| 5. Calendario agrícola del chile cera (<i>Capsicum pubescens</i> Jacq.) | 34 |
| 6. Localización de los perfiles estudiados en Nauzontla, Puebla | 38 |
| 7. Perfil 1. Cultivo de maíz/frijol (<i>Zea mays</i> L., <i>Phaseolus polyanthus</i> L.) | 44 |
| 8. Perfil 2. Cultivo de maíz/frijol (<i>Zea mays</i> L., <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) | 48 |
| 9. Perfil 3. Bosque Mesófilo de Montaña | 52 |
| 10. Perfil 4. Cultivo de maíz/frijol (<i>Zea mays</i> L., <i>Phaseolus polyanthus</i> L.) | 56 |
| 11. Perfil 5. Cultivo de frijol/chile cera (<i>Phaseolus vulgaris</i> L., <i>Capsicum pubescens</i> Jacq.) | 62 |
| 12. Perfil 6. Cultivo de maíz/frijol (<i>Zea mays</i> L., <i>Phaseolus coccineus</i> ssp <i>coccineus</i> L.) | 66 |
| 13. Perfil 7. Cultivo de café (<i>Coffea arabica</i> L.) | 70 |
| 14. Perfil 8. Cultivo de maíz/frijol (<i>Zea mays</i> L., <i>Phaseolus polyanthus</i> L.) | 73 |
| 15. Determinación de textura con $\text{Na}(\text{PO}_3)_6$ | 75 |
| 16. Oxidos amorfos de Fe, Al, Mn y Si del perfil 5. | 76 |
| 17. Evaluación teórica del riesgo de erosión del Municipio de Nauzontla, Puebla | 77 |
| 18. Composición mineralógica del perfil 5 a través de difracción de rayos X. | 78 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| 1. Taxa a nivel genérico para los suelos (Williams, 1994) | 4 |
| 2. Localización del Municipio de Nauzontla, Puebla | 11 |
| 3. Mapa topográfico y altitudinal del Municipio de Nauzontla, Puebla | 14 |
| 4. Fotografía aérea del Municipio de Nauzontla, Puebla | 23 |
| 5. Fotografía aérea con unidades de paisaje y unidades de distribución de suelos del Municipio de Nauzontla y áreas aledañas. | 36 |
| 6. Localización de los perfiles realizados en el Municipio de Nauzontla, Puebla | 39 |
| 7. Perfil 1 | 41 |
| 8. Perfil 2 | 41 |
| 9. Perfil 3 | 41 |
| 10. Perfil 4 | 41 |
| 11. Perfil 5 | 59 |
| 12. Perfil 6 | 59 |
| 13. Perfil 7 | 59 |
| 14. Perfil 8 | 59 |
| 15. Difractogramas de rayos X, correspondientes al perfil 5 | 79 |
| 16, 17, 18, 19 Microfotografías de láminas delgadas | 81 |
| 20, 21, 22, 23 Microfotografías de láminas delgadas . | 83 |
| 24. Agregados de los horizontes A y B. | 97 |
| 25. Relación pH y materia orgánica | 101 |
| 26. Relación fósforo y materia orgánica | 104 |
| 27. Óxidos amorfos del perfil 5. | 111 |

PRÓLOGO.

En México, - en las zonas de Sierra con comunidades indígenas- los suelos en conjunto con la vegetación son muy importantes para el desarrollo comunitario. Si se consideran estos recursos, con características y propiedades tan particulares, cuando se tratan los suelos de una manera técnica, se concluye generalmente que no tienen ninguna capacidad agrícola. Pero esto no es real, puesto que los campesinos de estas zonas han obtenido alimentos a través de diversos cultivos, a lo largo de muchos años.

Es por eso necesario comprender que por sus características, estos suelos deben ser estudiados de una forma muy particular. Se debe tomar en cuenta la ciencia y la cultura local para dar una solución eficiente, que puede sintetizar la trilogía suelo – vegetación - hombre.

Así, esta tesis trata de integrar los factores suelo, vegetación y hombre, puesto que en un principio se manejan de manera independiente cada uno de ellos, pero con frecuencia son dependientes del factor humano. De ésta forma, la clasificación campesina de suelos ha sido poco estudiada por los especialistas de la materia, por lo que este trabajo intenta dar una visión de la importancia que representa el conocimiento local de suelos, ayudando a facilitar el trabajo de los edafólogos.

A continuación se presenta el contenido de ésta investigación:

El capítulo 1, da un panorama general de la importancia de utilizar el conocimiento campesino o local de los suelos, el cual puede ser aprovechado por los especialistas en suelos y enriquecerlo con el conocimiento científico.

El capítulo 2, habla de los diversos trabajos que se han realizado tanto en México como en otras partes del mundo, además de hacer énfasis sobre el conocimiento que tenían los diferentes grupos indígenas de la época prehispánica.

En el capítulo 3, se discute sobre el marco histórico y cultural. Por ejemplo, se menciona que el Municipio de Nauzontla, Puebla se ubica en la Sierra Norte, con una vegetación muy escasa de Bosque Mesófilo de Montaña, debido a la agricultura y a la presencia de ganado, lo cual ha hecho que existan muchas hectáreas destinadas a potreros y pastizales. Además se hace una pequeña descripción de las actividades económicas que desarrolla la gente de la comunidad, como la agricultura, la cría de ganado y por parte de las mujeres el bordado de blusas. Se describe brevemente la fundación del Municipio de Nauzontla.

El capítulo 4 describe los métodos y técnicas seguidas durante el trabajo de investigación, los cuales conllevan tanto investigación de gabinete, campo y laboratorio.

El capítulo 5 muestra los resultados obtenidos durante las entrevistas y recorridos de campo, la clasificación local de suelos, los calendarios agrícolas. Además se hace la descripción e interpretación de los análisis físicos y químicos de ocho perfiles de suelos. Se presentan los resultados de rayos X, del espectrofotómetro de absorción atómica y las fotografías de láminas delgadas, así como las de agregados de los diferentes perfiles.

En el capítulo 6, se hace la discusión de los resultados, separando cada uno de los incisos que se presentan en los resultados. Además se menciona la importancia de utilizar la clasificación campesina de suelos para simplificar el trabajo edafológico; se discuten los resultados de las entrevistas para la descripción de estos suelos; el ambiente de la zona, el clima, así como la forma en que afectan las grandes pendientes para el establecimiento de cultivos. En este capítulo también se trata la descripción de perfiles y posteriormente cada uno de los parámetros físicos y químicos aplicados a cada uno de los perfiles. Se determina la erosión del Municipio, mediante la fórmula propuesta por la FAO-PNUMA, donde el riesgo de erosión es muy fuerte. Y finalmente con ayuda de los diferentes análisis se llega a la génesis de estos suelos así como a su clasificación, ubicando a varios de ellos como Paleosuelos, muy probablemente en la categoría de Paleoudalfs.

RESUMEN.

México, así como otros países aún carece de sistemas y metodología propios para caracterizar adecuadamente los suelos. Sin embargo en nuestro país, existe una gran cantidad de conocimiento tradicional sobre el recurso suelo, por lo que es necesario darle la importancia que merece este conocimiento. Este trabajo se desarrolló en una zona con Bosque Mesófilo de Montaña y tiene como objetivos describir las clases de tierras (unidades de suelo) que existen en el Municipio de Nauzontla, Puebla. Esto basado en la clasificación de acuerdo al conocimiento local que existe sobre el recurso suelo, así como el análisis edafológico del lugar. Se hicieron ocho perfiles de suelo en diferentes zonas del Municipio y se realizó su descripción de campo y análisis en laboratorio. Los campesinos describen 4 clases de tierras: Polvilla, Barrial, Arenosa y Revuelta. Las características consideradas para ésta clasificación son: color, textura, manejo y consistencia. Con base al sistema de clasificación del *Soil Taxonomy* (1990), y con la ayuda de los análisis de rayos X y de láminas delgadas analizadas en microscopio de contraste de fases se identificó el suelo de la zona, el cual corresponde a los *Paleoudalfs*. La interpretación de fotografías aéreas para la descripción de las unidades y paisajes de suelo, permitió describir cinco unidades geomorfológicas. Se concluye que la clasificación campesina de suelos, se puede hacer un muestreo más rápido que con las técnicas convencionales para reconocer el suelo.

ABSTRACTS.

Mexico, as well as other countries, lacks of own systems in order to characterize soils. However, in our country exist a big quantity of traditional knowledge about soil resource, therefore it is necessary to give all the importance this knowledge deserves. This work was developed in a montane rain forest zone and has as principal subject to describe the classing soil (soil units) that exist in Municipio de Nauzontla, Puebla. This classification was based on the local knowledge that exists about soil resource, as well as the soil analysis of the place. Eight profiles of soil were made in different zones of the Municipio and it was accomplished its description and analysis in laboratory. The peasants describe four soil classes: polvilla, barrial, arenosa y revuelta; the characteristics considered for this classification are: color texture, handling and consistence. According to the classification system of Soil Taxonomy (1990), and with the help of the x rays analysis and the thin sheet analyzed in microscope of contrast of phases was identified the soil of the zone which corresponds to the *Paleoudalfs*. The review of aerial photographs for the description of the units and soil landscapes, allowed us to describe five geomorphologic units. It is concluded that the traditional soil classification, allow us to make a faster sampling that with to conventional techniques to recognize the soil.

1. INTRODUCCIÓN.

El conocimiento actual sobre clasificación de suelos, es el generado por aquellos países de zonas templadas que se han preocupado por realizar interpretaciones de estos sistemas, con fines agrícolas entre otros, presentando sus resultados en forma de mapas que son útiles en la planeación de uso y conservación de suelos.

En nuestro país, existe una gran cantidad de conocimiento tradicional, el cual es necesario registrar, ordenar, jerarquizar y estructurar; por lo que es importante además de enfocar los estudios edafológicos, dar la importancia que merece el conocimiento que tienen los agricultores, los cuales a su manera han manejado sus tierras y obtenido producción de ellas.

Bajo este criterio se sabe que: “ los campesinos en México (indígenas o no) reconocen las propiedades y procesos del recurso suelo, su nomenclatura y taxonomía, su relación con otros factores y fenómenos ecológicos, así como su manejo en la agricultura y su aprovechamiento con otras actividades productivas” (Barrera, 1988).

Desde este punto de vista, es posible decir que la Edafología es una ciencia que se ha relacionado muy poco con estudios etnobotánicos, sin embargo es una especialidad que dentro de la etnobotánica puede correlacionar de manera importante el conocimiento tradicional que se tiene sobre el recurso suelo y su entorno natural.

Con base a estos antecedentes es necesario comentar que la Etnobotánica, que es un campo de la ciencia que analiza su correspondencia de las sociedades denominadas “tradicionales” y las “civilizadas” o “tecnificadas”. Esta disciplina nos puede permitir a la vez buscar finalmente el intercambio de conocimientos hacia los grupos campesinos. En este sentido hay que considerar como una posible alternativa el retomar los conocimientos y las tecnologías tradicionales, enriquecidas con el conocimiento científico.

En México, desde 1972 se ha desarrollado el enfoque de la etnoedafología como una alternativa a la metodología del levantamiento de suelos; cuyo propósito es estudiar y describir no sólo el recurso suelo, sino la totalidad de los componentes ambientales que afectan el uso y manejo agrícola de la parcela, desde la perspectiva del campesino. El concepto central de este enfoque es el de clase de tierra campesina y se basa en el conocimiento acerca del comportamiento de la tierra que han generado y conservado los agricultores a través del tiempo.

2. ANTECEDENTES

El conocimiento sobre suelos en general lo tienen todos los grupos étnicos en México y conservan este saber a pesar de cuatro siglos de aculturación y destrucción del conocimiento autóctono.

Los edafólogos mexicanos no le han dado la debida importancia al suelo que tiene dentro del manejo tradicional que las comunidades étnicas y campesinas hacen de este recurso, sólo se han hecho estudios aislados que tratan de recuperar esta información.

Entre los estudios o registros que existen sobre el recurso suelo, Fray Bernardino de Sahagún, en su "Historia General de las Cosas de la Nueva España" (1988), en el onceavo libro trata de las cosas de la tierra y relata cierta clasificación de suelos entre los pueblos nativos que describen 45 tipos de suelos que se diferenciaban con base en los atributos de textura, estructura, consistencia, color, drenaje, fertilidad y utilidad, esto sólo en cuanto se refiere al suelo; también tomaban otros criterios como la productividad (Ortíz, 1992). Su designación obedece a las propiedades más importantes que lo identificaban como tal, así por ejemplo, para distinguir los suelos por su fertilidad para cultivos se llamaba *atoctli* que quiere decir tierra que el agua ha traído; otra manera de tierra fértil donde se produce bien el maíz la llaman *cuauhtlalli*; por textura se llamaba *tetlalli* o tierra pedregosa; *xallalli*, tierra arenosa; con base al color, *tlalcoztli*, tierra amarilla; por drenaje *chiauhtlalli*. Otros se identificaban según los procesos que le dieron origen, así los suelos que se formaron por acarreo con agua se clasifican como *atoctli*; suelo abonado con estiércol: *cuitlatl*; por desechos orgánicos vegetales: *tlazotli* (Rojas *et al.*, 1985).

Williams (1994), revisando códices como el Códice de Santa María Asunción y el Códice Vergara, ha encontrado registros de más de 1500 campos cultivados por más de 360 unidades domésticas y menciona que, la interpretación de la variable de la calidad del suelo es muy compleja; existiendo 138 glifos de suelo en los dos códices, pero no todos indican clases distintas de suelo. En las investigaciones sobre la taxonomía de suelo sugieren que

los nahuas dividieron los suelos en ocho taxa a nivel genérico. Estos son: *atoctli* (aluvión), *teçoquiltl* (tierra arcillosa, tierra negra), *tlalcoztli* (tierra amarilla), *xalalli* (tierra arenosa), *tlateltlalli* (tlatel: suelos de una zona arqueológica), *tepetatlalli* (tepetate), *tlaixtli* (tierras de ladera), *tetlalli* (tierra pedregosa) (fig. 1). A través de trabajos de campo en Tepetlaoztoc, Estado de México se han podido inferir los atributos de estos suelos.

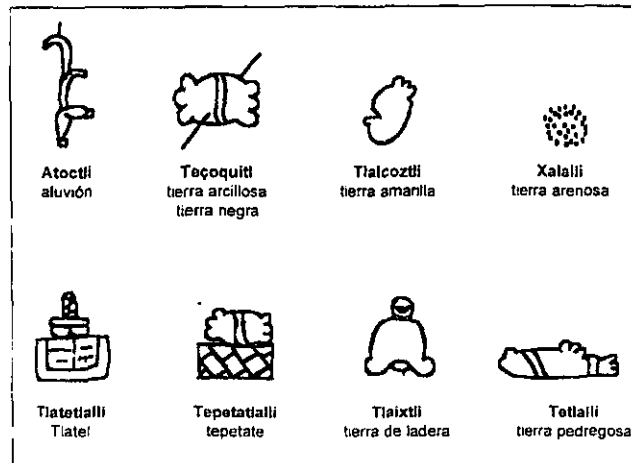


Fig. 1. Taxa a nivel genérico de suelos (Williams, 1994).

Ortiz (1992), en su trabajo demuestra que el conocimiento sobre el uso de los suelos es fundamental para comprender la potencialidad de los recursos ambientales y humanos dado que sobre los acervos de conocimientos edafológicos locales está cimentada la agricultura mexicana.

Martínez y Hernández X. (1992) trabajaron en el municipio de Texcoco y hacen una clasificación de suelos que adopta diversos criterios para su diferenciación, por ejemplo: el tepetate (*tepetlatl*), es material endurecido; tierras de barrial (*texoquiltlali*), de textura arcillosa; tierras amarillas (*costlal*) tierras sueltas no productivas y tierras negras (*tlitictlalic*) con gran contenido de materia orgánica.

Existen otros trabajos importantes como el de Barrera (1988), que nos habla sobre la etnoedafología de los purhépechas, donde “los suelos son tan importantes como los demás elementos constitutivos de la naturaleza, en función de que los primeros son la base del crecimiento y sostén de “todas las cosas” y un factor primordial para el desarrollo de su actividad productiva principal, la agricultura”. Los purhépechas clasifican a los suelos con base a diferentes criterios como lo es el relieve, la hidrografía, estaciones climáticas; describiendo sus suelos en unidades ecológicas como: la tierra fría (*echeri tisiripati*) ; la tierra templada (*echeri yanga yan garapiti*) y la tierra caliente (*echeri jorhepiti*), además con base al color y textura, describe 15 tipos específicos de suelo con 3 variedades.

La importancia del conocimiento empírico es central, respecto a las denominaciones de los suelos con el objeto de conocer si la nomenclatura corresponde al mismo suelo, Luna (1982) menciona que la clasificación campesina de tierras es un sustituto viable de los levantamientos detallados de suelos; además describe las clases de tierras como son: barros, lamas, mezclados, tierra amarilla, lomas, *teshal* (suelos pobres y sueltos) y el *atoche*.

El conocimiento que tienen los totonacos de Zozocolco lo describen Aparicio y García (1993), mencionan que reconocen y diferencian a los suelos tomando en cuenta características como el color, la textura y consistencia. Para la clasificación de los suelos, además se toman en cuenta, características que son impedimento para trabajar la tierra durante las labores agrícolas. Describen 9 tipos de suelos: *Tzitzakat tiyat* (tierra negra), *Cucuj tiyat* (tierra arenosa), *Lhtamanka tiyat* (tierra pegajosa), *Tzotzokot tiyat* (tierra roja), *Xjalaj tiyat* (tierra suelta y pedregosa), *Catzicsna tiyat* (tierra dura), *Catzicsna chiwis* (tierra con piedras chicas y duras), *Klhua tiyat* (tierra quebradiza) y *Caxtun* (lugar plano para sembrar cualquier planta).

Evangelista (1999), menciona que los agricultores naupeños (en la Sierra Norte de Puebla) tienen terrenos sembrados en diferentes parajes y reconocen en la comunidad 5 clases de tierra así como su distribución, clasificando los suelos por su textura y color: *tezoquitl* o

tlalchicahuatl (tierra fuerte como barro), *tehujtalale* (tierra polvosa), *xaltlale* (tierra arenosa), *quilotetlale* (tierra arenosa con piedritas) y *chichiltlale* (barro rojo).

Trabajos como el de Talawar y Rhoades (1998), hacen un análisis comparativo de cómo los agricultores y los científicos manejan y clasifican los suelos, dicen que en el mundo hay pocos estudios sobre como ha sido el uso local y la percepción de los suelos. De igual manera hacen una revisión sobre los trabajos de clasificación descriptiva la cual trata de relacionar la terminología de los suelos a las observaciones de las características físicas (textura, drenaje, compactación); otro aspecto que analizan es la manera de cómo los investigadores se han interesado por la forma en que los agricultores clasifican los suelos y si existe alguna relación en estos conocimientos con el conocimiento de los investigadores. En tercer lugar cómo otros investigadores quieren probar las bases científicas o méritos de una clasificación local de suelos y tratan de aplicar este conocimiento y relacionan el uso local con la clasificación moderna así como su uso para tomar decisiones en el desarrollo de la agricultura.

Un trabajo tan interesante como el de Barrera Bassols (s/f) hace un recuento a nivel mundial y es muy claro al mencionar que la Etnopedología (Etnoedafología para otros) es una parte de la Etnoecología, es una disciplina híbrida la cual está estructurada de tal forma que es la combinación de ciencias sociales y naturales. La perspectiva que existe para todo el mundo es muy halagadora puesto que hasta la fecha existen 350 estudios etnopedológicos y la información se refiere a 95 grupos étnicos localizados en tres de las zonas climáticas más frágiles y más grandes del mundo: cálido en tierras bajas, cálido y seco en tierras bajas, frío y seco en tierras altas.

Dialla (1993), describe el sistema de clasificación indígena de suelos y menciona que los agricultores indígenas Mossi en Burkina Faso identifican 17 clases de suelos basados en textura, por ejemplo: *Rasempuiiga* (suelos gravosos), *Bpisri* (suelos arenosos) y *Bolle* (suelos arcillosos); de acuerdo al color *Zp-sabille* (suelo negro), *Zp-miuugu* (suelo rojo), *Zp-peelee* (suelo blanco); basado en consistencia: *Dagre* (suelo arcilloso duro), *Zp-bugri*

(suelo muy suave, fácil de cortar); basados en su localización geográfica, en su permeabilidad y en la cubierta vegetal.

Tabor (1993), menciona que los sistemas de clasificación de suelos pueden ser vistos como complemento a los sistemas científicos e integrales al mapeo de suelos. Los sistemas indígenas tienen la ventaja que son ampliamente conocidos por la gente de la región y pueden fácilmente crear comunicación entre los agricultores y los científicos. Además dice que los sistemas de clasificación que han desarrollado los agricultores utilizan las características más importantes para su manejo, las cuales proporcionan claves para su identificación y pueden ayudar a los especialistas de suelos a intervenir en el desarrollo de la agricultura.

Niemeijer (1995), examina algunas de las complicaciones y consideraciones sobre la clasificación indígena de suelos, donde cada vez hay mayor investigación en diferentes disciplinas, menciona que cuando hay que hacer un inventario del recurso suelo, la clasificación indígena es a menudo mucho más rápida y barata que con las técnicas convencionales para reconocer los suelos.

Bocco y Toledo (1997) hacen un análisis sobre los métodos científicos *versus* los métodos tradicionales de evaluación y percepción de los suelos. El paso más importante en el análisis que hacen estos autores es la validación del conocimiento de los agricultores sobre el recurso suelo. Por lo que han estudiado a los grupos chinantecos de Oaxaca, y hacen una descripción de 7 unidades de suelo y su utilización; consideran la textura, el color, la humedad, la consistencia, la geomorfología y el uso del suelo: *Huoseh* (suelo arenoso, en terraza alta, con agricultura de temporal); *Huoneh* (suelo amarillo, en terraza media, con agricultura de temporal); *Huoteh* (suelo húmedo, en terrazas bajas y planicies inundadas, con agricultura de temporal y de riego, lugar de pesca); *Huocuah* (suelo duro, en la parte más baja del “pie de monte”, agricultura de temporal y agrosilvicultura); *Huoyin* (suelo rojo, en la parte superior del “pie de monte”, con pastizales y agrosilvicultura); *Huomah*

(suelo negro, en pendientes desnudas, con agrosilvicultura y actividades extractivas); *Huohmeh* (selva alta, en la cima, para caza, actividades extractivas y colecta).

Birmingham (1998), hace sus estudios con dos grupos étnicos en diferentes zonas agroecológicas del Oeste de Africa; menciona que ambos grupos usan criterios de textura y color pero los utilizan en forma diferente cada grupo. Los suelos no los clasifican por su producción potencial. El grupo étnico Senufo, describe 3 clases de suelos y el grupo Beté distingue de 10 a 12 clases de suelos.

Bellon y Taylor (1993), examinan el efecto de la taxonomía tradicional de suelos en la selección de las variedades de maíz de Chiapas, México. Notan que los agricultores del ejido de Vicente Guerrero tienen 9 variedades de maíz y 5 tipos de suelos: tierra negra, tierra baya, tierra colorada, tierra colorada arenosa y tierra cascajosa; mencionan que existen preferencias para sembrar cada variedad de maíz en cada tipo de suelo.

Por lo que se puede ver que las características y propiedades de los suelos en la distribución y selección de cultivos o actividades económicas son determinantes, siendo necesario conocer su clasificación y distribución.

Sin embargo se observa que son pocos los esfuerzos que se realizan en valorar y aprovechar este conocimiento, que nos permitiría utilizarlo como una alternativa para realizar estudios sobre el suelo; permitiéndonos simplificar en algunas ocasiones los estudios edafológicos, por lo que es necesario encontrar el punto donde ambas ciencias, la indígena y la occidental puedan interactuar para así enfrentar mejor la realidad y la problemática agrícola en el país. Y como en toda ciencia se busca aplicarla, lo importante es tratar de reafirmar este conocimiento a las poblaciones y comunidades dedicadas a la agricultura.

En México, la producción de alimentos se basa principalmente en la agricultura de temporal, actualmente se ha puesto atención a la agricultura tradicional (Toledo *et al.* 1985, en Vásquez, 1995), pero esto no quiere decir que se le esté dando un impulso a ésta

actividad y ha mostrado que la estrategia campesina para la obtención de alimentos se ha basado en el uso múltiple del ecosistema, obteniendo fuentes de satisfactores de origen animal, vegetal y mineral de diferentes ecosistemas.

Por lo que el estudio de la agricultura para subsistencia y las formas de aprovechamiento del medio natural nos ha llevado a estudiar el Municipio de Nauzontla, el cual mantiene sus procesos productivos a través del conocimiento tradicional, enfocando el estudio principalmente en el conocimiento que se tiene sobre el recurso suelo puesto que la producción de alimentos en la zona está limitada por diferentes factores: climáticos, edáficos, bióticos, sociales, económicos, tecnológicos y culturales.

3. OBJETIVOS.

El objetivo general de éste estudio es relacionar el conocimiento tradicional del suelo a las actividades agrícolas del Municipio de Nauzontla y analizar los suelos presentes en la región.

Para ello es necesario plantear los siguientes objetivos particulares:

1. Conocer, analizar y determinar las unidades de suelo presentes en la región de acuerdo a la nomenclatura tradicional de los grupos mestizo y nahua presentes en la región.
2. Correlacionar el conocimiento tradicional de suelos con la clasificación moderna *Soil Taxonomy* (1990).
3. Analizar las prácticas agrícolas y conocer las características de los suelos en las zonas de cultivo del Municipio de Nauzontla.

4. LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA SIERRA NORTE DE PUEBLA Y EL MUNICIPIO DE NAUZONTLA

4.1 Localización del Municipio de Nauzontla

El Municipio de Nauzontla se ubica en el estado de Puebla a $19^{\circ}56'$ latitud norte y $97^{\circ}35'$ longitud oeste y en un gradiente de 1300 a 1400 msnm. Tiene una superficie de 47.20 km^2 (fig. 2). Cuenta con diez localidades: Cuautapehual de Benito Juárez, San Rafael Axolotla, Tepanyehual, Santa Lucía Atioyan, Guayabal, Nauzontla primera sección, Talchichil, La Unión y Xalaco y Nauzontla como cabecera municipal.

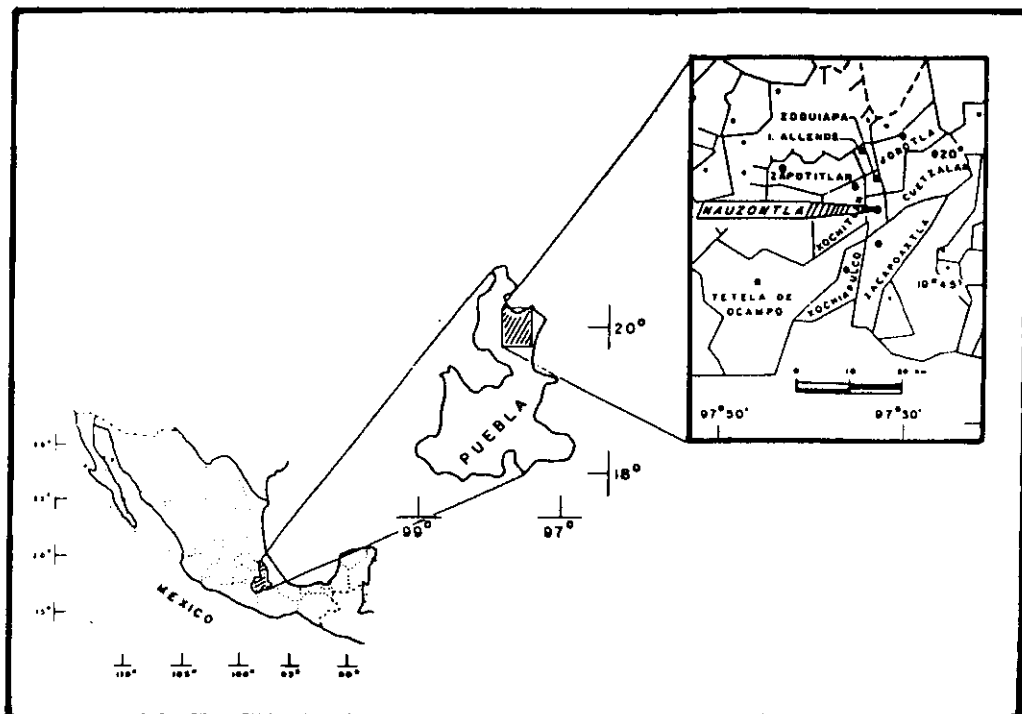


Fig. 2. Localización del Municipio de Nauzontla, Puebla.

4.2 Geología

La Sierra Norte de Puebla se encuentra representada por una franja terminal, formada por sierras paralelas en dirección noroeste- sureste con altitudes que oscilan de 2000 a 3000 msnm. En ella, las rocas sedimentarias, dispuestas en capas de espesor variable, ofrecen diferente resistencia a los procesos erosivos y a los esfuerzos corticales, se manifiestan en grandes estructuras plegadas y dislocadas en ángulos bajos (Instituto de Geología, 1992).

Las deformaciones orogénicas son las principales formadoras del relieve original, sobre el que han actuado procesos erosivos controlados por sistemas de fallas y fracturas. El agua en su efecto disolutivo ha contribuido a generar una morfología cársica y ha labrado a la vez, profundos cañones por los que drenan diversos ríos hacia el Golfo de México (Instituto de Geología, 1992).

Las rocas clasificadas más antiguas de la Sierra Norte de Puebla son metamórficas y sedimentarias del Paleozoico; sin embargo, las que tienen afloramientos más extensos son las sedimentarias de ambiente marino del Mesozoico, aunque también existen pequeños afloramientos de rocas de tipo continental del Triásico. Las rocas más jóvenes son las volcánicas de composición ácida y básica del Terciario Superior y Cuaternario (op. cit.).

Las estructuras que conforman la Sierra Norte de Puebla, denotan una elevación compleja sobre rocas del Precámbrico y Paleozoico, se manifiestan en anticlinales y sinclinales (recostados hacia el noreste), dislocados por fallas de empuje (cobijaduras), que han imbricado la secuencia del Mesozoico, misma que forma el Anticlinorio de Huayacocotla, el cual se extiende por varios estados vecinos y finaliza en Puebla al intersectarse con el Eje Neovolcánico (Ferrusquía, 1998).

Los cuerpos intrusivos que afectan la secuencia del Mesozoico fueron inyectados durante el periodo más activo de la fase Orográfica Laramídica. Las fallas y fracturas de tipo normal, asociadas con las fases Neotectónicas, afectan a las rocas del Mesozoico y Terciario. Las

rocas ígneas extrusivas que afloran en ésta Sierra son resultado de los fenómenos que dieron origen al Eje Neovolcánico (Ferrusquía, 1998).

4.3 Geomorfología

Los suelos en su mayoría son derivados de rocas sedimentarias y metamórficas, así como coluvio-aluvial, con elevada cantidad de materia orgánica y su posición fisiográfica es muy variada principalmente por lo accidentado de los terrenos (fig. 3), por lo que en esta población se ha clasificado un sistema terrestre en el área de Nauzontla (Inzunza, 1988):

- cañada, de 3 tipos que van de 10 a 55% de pendiente
- planicie cóncava con pendiente de 5 a 7%
- laderas de pendiente convexa que va de 20 a 60 %
- cantiles, con pendiente fuerte mayor de 80%
- meseta ondulada con inclinaciones en diversas direcciones y con pendientes generalmente entre 15 y 25
- planicie convexa, generalmente “faldas de cerros” con escasa pendiente
- mesetas de erosión

4.4 Edafología

La literatura cita que el suelo en Nauzontla pertenece al orden Entisol (*Soil Taxonomy*) ya que se encuentra en laderas con pendientes suaves de microrrelieve ondulado y plano (Chagra, 1980 en Guadarrama, 1984).

Cerda *et al.*, (1976), identifica provisionalmente dos órdenes con base al sistema USDA, Inceptisoles y Entisoles.

En términos generales según los municipios de Puebla, (1988), mencionan tres unidades diferentes (FAO/UNESCO): Litosol localizado en la ribera del Apulco; Luvisol encontrados en áreas dispersas y Andosol que cubren la parte central y noroeste del Municipio.

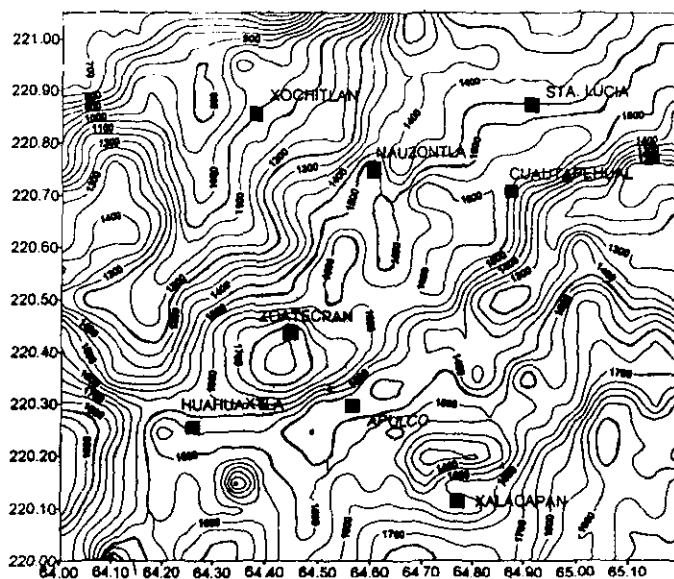
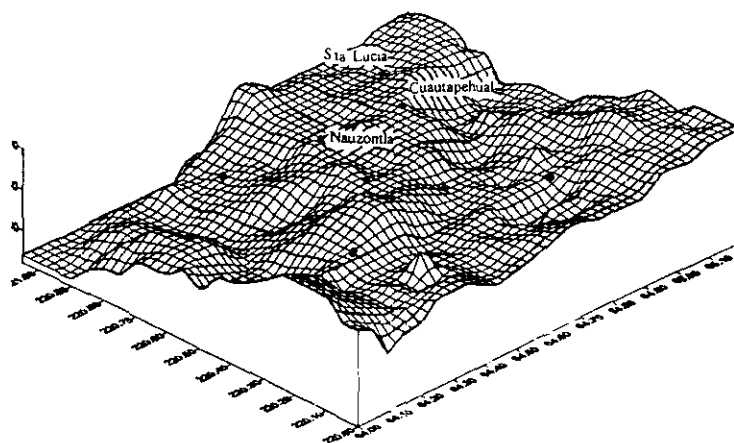


Fig. 3. Mapa topográfico y altitudinal del Municipio de Nauzontla, Puebla.

4.5 Hidrografía

Nauzontla se localiza dentro de la cuenca del río Tecolutla; y es cruzado por un río importante: el Apulco que por más de 4 km recorre la porción meridional en dirección suroeste-noreste, para posteriormente unirse al Tecolutla, sirviendo en ese trayecto como límite con el Municipio de Zacapoaxtla (Los municipios de Puebla, 1988).

4.6 Clima

Este Municipio se ubica en una zona de transición en cuanto al clima que es (A) C (fm) semicálido húmedo. El número promedio de días con lluvia apreciable es entre 140 y 160 en una franja que comprende a la localidad de Nauzontla, en cuanto al número de días nublados al año, es muy alto alrededor de 200 e incluye a las poblaciones de Nauzontla y Cuautapehual (Inzunza, 1988).

Las temperaturas más bajas del año son durante diciembre y enero, y en raras ocasiones bajan de los 0°C, la temperatura media anual es de 16° a 18° C y la precipitación media anual es de 2000 mm.

4.7 Vegetación

La variación altitudinal presente en la Sierra va de los 200 a los 2400 msnm. Los tipos de vegetación de acuerdo a Rzedowski (1978) son: bosque mesófilo de montaña, bosque de encinos (*Quercus*), bosque de pinos (*Pinus*), bosque mixto de pino-encino; en menor cantidad bosque tropical perennifolio.

El bosque mesófilo de montaña es un tipo de vegetación de gran complejidad y riqueza; los elementos que lo componen tienen orígenes muy diferentes y se presenta en forma de

diversas asociaciones que frecuentemente difieren entre sí en cuanto altura, fenología y especies dominantes (Alcántara *et al.*, 1997).

En México este tipo de vegetación junto con el bosque tropical perennifolio son los más diversos por unidad de superficie. Rzedowski (1996) ha estimado en alrededor de 2500 el número de especies de plantas vasculares que habitan de manera exclusiva o preferente en el Bosque mesófilo mexicano; esta cantidad representa alrededor de 10% de la riqueza florística calculada para todo el país y su proporción estimada de especies endémicas es de $\pm 30\%$ del número total de especies para este tipo de vegetación (Rzedowski, 1991).

Se encuentran las especies: como: *Pinus patula* Schltdl. et Cham, *Liquidambar macrophylla* Oerst., *Quercus sartorii* Liebm, *Q. xalapensis* Humb. et Bonpl., *Q. leiophylla* A. DC., *Q. eugeniifolia* Liebm, *Q. germana* Cham. et Schltdl., *Podocarpus reichei* Buchholz et Gray, *Cletra alcoceri* Greenm., *C. mexicana* A. DC., *Carpinus caroliniana* Walt., *Alnus jorullensis* Kunth subsp. *lutea* Furlow, *Vaccinium leucanthum* Cham. et Schltdl, *Ternstroemia huasteca* B. M. Barthol., *Beilschmiedia mexicana* (Mez) Kosterm., *Befaria laevis* Benth., *Cyathea fulva* (Martens et Galeotii) Fée, *Oreopanax echinops* (Schltdl. et Cham.) Decne. et Planch., *Meliosma alba* (Schltdl.) Walp. , *Platanus mexicana* Moric.

Actualmente se ha observado que la vegetación en la región y en particular en el Municipio de Nauzontla está muy perturbada, existiendo manchones dispersos de Bosque Mesófilo de Montaña, así como vegetación de tipo secundario; la vegetación original ha sido sustituida principalmente por cultivos de temporal, además de pastizales y potreros.

4.8 Agricultura.

La agricultura en el estado de Puebla, aunque no es la actividad económica más importante en cuanto a generación de ingreso, proporciona empleo a cerca de 40% de la población económicamente activa (INEGI, 1995).

El Municipio de Nauzontla tiene como principales cultivos el maíz, frijol y papa, aportando para el ciclo 1994-1995, 862 toneladas de maíz, 7 toneladas de frijol y 240 toneladas de papa. La superficie sembrada y cosechada que correspondió a cada uno de estos son 431 ha para maíz, 13 ha para frijol y 40 ha de papa y la cantidad de superficie fertilizada fue de 431 hectáreas (INEGI, 1995).

4.9 Uso del suelo.

En el municipio de Nauzontla la superficie total es de 47.20 km², en la cual existe una superficie denominada de labor y ocupa 1028.917 ha, otra superficie con potreros que abarcan 995.500 ha, la zona de angostadero enmontada con bosque o selva es de 9.750 ha y sin vegetación es de 11.100 ha (INEGI, 1995).

Principalmente se desarrolla la agricultura de temporal y el pastoreo de ganado. Dentro de la agricultura de temporal se definen:

- milpa de maíz- frijol (*Zea mays* L., *Phaseolus vulgaris* L., *P. coccineus ssp coccineus* L. ó *P. polyanthus* L.)
- papa (*Solanum tuberosum* L.)
- frijol de mata (*Phaseolus vulgaris* L.) en monocultivo o pluricultivo
- café (*Coffea arabica* L.) asociado con frutales como sombra de cafeto
- frijol de mata y chile cera (*Phaseolus vulgaris* L., *Capsicum pubescens* Jacq.)

Los terrenos cultivados en su mayoría se ubican en laderas de pendiente superior a 20% con frecuentes afloramientos de calizas, por ser ésta una zona de contacto entre material sedimentario e ígneo.

4.10 Datos socio-económicos.

Nauzontla es cabecera municipal con población predominantemente de origen nahua y mestiza, que tienen como principal actividad económica la agricultura de temporal y en menor grado la ganadería extensiva. Los cultivos básicos son maíz, frijol y papa, los excedentes son puestos a la venta en los mercados locales de Zacapoaxtla y Xochitlán (Guadarrama, 1984). Aunque también existe otro tipo de cultivos en menor proporción y generalmente son para autoabasto, como el alverjón (*Pisum sativum* L.), haba (*Vicia faba* L.) y diversas hortalizas.

Existen otras actividades económicas además de la agricultura que se realizan en el Municipio como la ganadería de bovinos, porcinos y equinos. Otras actividades son la panadería, la carpintería, la “maquila” de ropa (que le ha dado trabajo a muchas personas que no tienen tierras agrícolas), algunas mujeres de la comunidad se dedican al bordado de blusas; hay molinos para nixtamal, actualmente se ha establecido una tortillería. El comercio es una actividad que se practica a través de diferentes establecimientos como: abarrotes, carnicerías, pollerías y en general la venta de productos básicos.

La población del Municipio de Nauzontla se estimó en 3484 habitantes en el año de 1987, cita que representa el 0.09% de la población total con relación al estado. Para 1995 la población fue de 3734; con una densidad de habitantes por km² de 79.11; considerando las localidades más importantes de la zona: Cuautapehual con 539 habitantes, San Rafael Axolotla 458, Santa Lucía Atioyan 360, Tepanyehual 351 y la cabecera municipal con 1198 habitantes (INEGI, 1995). La tasa media anual de crecimiento fue de 1.1% para 1970 - 1980. Se estima para el año 2000 llegue la población a 4458 habitantes.

En cuanto a comunicaciones está la carretera estatal 575 de Cuetzalán del Progreso-Zaragoza, que atraviesa el municipio de noreste a sureste. Otra carretera estatal es la Interserrana que parte de Zacatlán y termina en la Cumbre, Nauzontla

El municipio cuenta con infraestructura educativa en los niveles: preescolar, primaria, telesecundaria y secundaria técnica agropecuaria. La atención a la salud es a través del Instituciones del sector oficial, que tiene una cobertura descentralizada de servicios como: la Unidad Médico Rural del IMSS-COPLAMAR. Entre los servicios públicos con que cuenta el municipio es el de agua entubada, el 5% tiene drenaje y el 100 % de las localidades reciben energía eléctrica. Se recibe la señal de televisión y estaciones de radio.

La tenencia de la tierra en el municipio, comprende una superficie territorial de 2763.54 ha como privada y pública de 54.15 ha (INEGI, 1995.).

4.11 Síntesis histórica de la fundación del Municipio de Nauzontla

Nauzontla fue fundado en la época prehispánica por grupos totonacos, tributarios de Texcoco que formaban parte de Tlatlauquitepec, en 1521 fue sometido por los encomenderos españoles (García, 1987).

Dado que los pueblos como los *altepeme* fueron base de la organización política de los indios en la Sierra de Puebla, resaltan en su historia los conflictos relacionados con el ejercicio del poder, con la administración, y con el complejo conjunto de prácticas y símbolos en que se basaba la continuidad y la legitimidad del pueblo mismo y de sus gobernantes e instituciones. Afianzando su “autonomía” con el establecimiento de su iglesia (op. cit.).

Se menciona que los cacicazgos estaban en “innegable decadencia”; esto implicaba una competencia por el poder, una lucha abierta. No en balde muchos de los nuevos líderes aparecen definidos como “revoltosos” en los documentos. Sin contar los testimonios respecto de los cacicazgos, las noticias más antiguas que se poseen de la discordia profunda en los pueblos serranos, se manifestaban en forma de quejas por la conducta de los principales y oficiales de la república entre ellos el “corregidor” de Tlatlauquitepec (un alguacil de la estancia de Nauzontla, 22 enero de 1566) y en 1575 fue corregimiento de San Juan de los Llanos (op. cit.).

Después del año de 1575, se hizo muy frecuente al aparecer la construcción de iglesias en las estancias y barrios de los pueblos serranos. Esto no era sino una consecuencia natural de las congregaciones. A pesar de la aparente condena del gobierno colonial, que no parecía ver con buenos ojos la actitud de los líderes “revoltosos”, no pasó mucho tiempo antes de que Zacapoaxtla y dos instancias que dependían eclesiásticamente de ella -Nauzontla y Xochitlán- se separaran formalmente de Tlatlauquitepec y formaran un “pueblo de por sí”. Zacapoaxtla obtuvo así el *estatus* de cabecera política, y las dos instancias se convirtieron en sus sujetos. Tampoco ha sido posible establecer con certidumbre la fecha exacta. Pudo haber sucedido entre 1590 y 1610, aunque lo más probable es que haya tenido lugar durante el programa de congregaciones que empezó en 1598 (op. cit.).

La partición de Tlatlauquitepec fue un hecho muy significativo en el ámbito político, en él pueden advertirse elementos de continuidad y de cambio respecto de la situación política prevaleciente en los pueblos indios. Al convertirse Zacapoaxtla en “pueblo de por sí” se constituyó con una cabecera y varios sujetos. Formó su propio cuerpo de república encabezado por un gobernador, tuvo derecho a tener su propia tasación de tributos. Nauzontla y Xochitlán, por su parte, no cambiaron su *estatus* de estancias sujetas; sólo pasaron a depender de una nueva y diferente cabecera (op. cit.).

Zacapoaxtla, conoció muy pronto problemas que apuntaban a su propia fragmentación. A partir de 1610 se hablaba de la acción de los “alborotadores y revoltosos... Las

distinciones internas llegaron al punto de que dos de las instancias de Zacapoaxtla - Nauzontla y Xochitlán- pidieron separarse de su nueva cabecera en 1632. Las autoridades no aceptaron la pretensión pero los acontecimientos se desarrollaron de un modo que hacía recordar los problemas que anteriormente ocurrieron entre Tlatlauquitepec y Zacapoaxtla. Entonces, una de las principales fuentes de disgusto fue el asunto de la reconstrucción de la iglesia de la cabecera. Los dos sujetos se rehusaron a contribuir alegando que la cabecera contaba con otros sujetos que la podían ayudar, y que ellos estaban demasiado lejos y demasiado ocupados “en cosas necesarias a su república”. Las autoridades culparon a los dos sujetos al parecer sin llevar a cabo ninguna investigación. Los problemas no cesaron, pero el pueblo logró evitar su partición, al menos hasta mediados del siglo XVIII. En realidad, tanto Nauzontla como Xochitlán eran localidades muy pequeñas. (García, 1987).

En 1895 Nauzontla, quedó constituido como municipio libre.

5. METODOLOGÍA.

Dentro de los métodos utilizados para realizar ésta investigación se utilizaron métodos cualitativos y cuantitativos, los cuales se describen:

- **Método observacional.** La observación directa de los fenómenos ocurridos en una comunidad rural ayudaron a inducir, deducir y ordenar la información.
- **Método comparativo.** Este permitió reconocer semejanzas y contrastes a diferentes niveles, en particular sobre las características físicas y químicas de los diferentes suelos y a la vez entre las diferentes áreas de influencia del Municipio de Nauzontla.
- **Método experimental.** Comprende la parte de análisis de laboratorio como la determinación de características físicas y químicas de las diferentes muestras de suelo, colectadas en el Municipio de Nauzontla

Se desarrolló trabajo de gabinete, campo y laboratorio alternativamente, utilizando de manera combinada las técnicas que se mencionan a continuación:

1. Revisión bibliográfica sobre la zona de estudio. Generalidades, ubicación, clima, vegetación, topografía, actividad socio-económica. Esta información es muy útil, puesto que permite formar una imagen de la realidad local y posteriormente ubicar y desarrollar el trabajo de investigación.

2. Revisión de fotografías aéreas (INEGI SINFA Esc. 1:75000 feb 28, 95 Zona E14-3 línea 178). En las cuales se observó la zona de estudio, desde una perspectiva más real de las condiciones topográficas y de vegetación (fig. 4), determinando las unidades de paisaje y unidades de distribución de suelos.

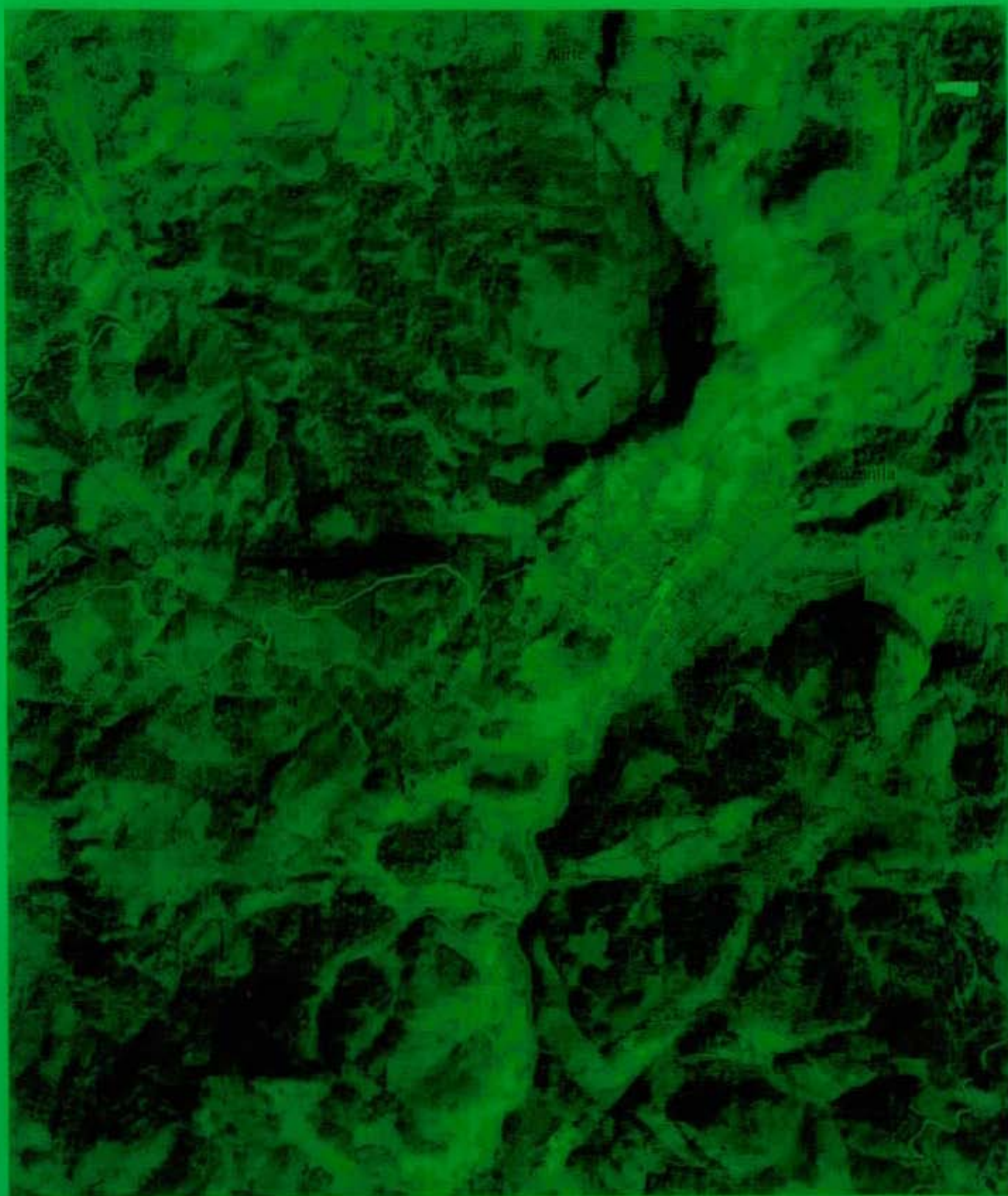


Fig. 8. Fotografía aérea del Municipio de Nauzantla, Puebla.

3. Elaboración de entrevistas. Las entrevistas realizadas son dirigidas, ya que aportan datos sobre agricultura (tipo de cultivo, cuándo lo realiza, en general como es la producción) y sobre los suelos (cuántos tipos o clases de suelo existen o conoce en la región, cómo son). Anexo I.

4. Elección de informantes. Algunos de ellos fueron al azar, se hizo contacto con los campesinos en su área de trabajo, entrevistándolos durante sus actividades agrícolas; se explicó el motivo de nuestra visita para obtener la confianza, así como su colaboración en nuestro trabajo. Se visitaron a diferentes agricultores que tienen la misma clase de tierras, hasta el momento en que se consideró que la información de todos fue uniforme, procediendo de igual forma con aquellos que nos reportaron un tipo de suelo diferente.

5. Estancias periódicas en la región. Las estancias en el Municipio de Nauzontla se hicieron durante diferentes etapas del ciclo agrícola, iniciando el trabajo en el mes de mayo de 1997; realizando un primer recorrido en la zona de estudio, observando las diferentes unidades de suelo con base a: (a) topografía, (b) cultivos y (c) clasificación campesina. Determinando las “clases de suelo” con un perfil en cada uno de ellos y relacionándolos con la actividad humana.

6. Muestreo de suelos y descripción de perfiles. Se hicieron 8 perfiles de suelo para su estudio, descripción morfológica y se determinaron las características físicas y químicas relacionadas con la fertilidad y con la clasificación de suelos. Estas muestras se obtuvieron en presencia de algunos informantes, entrevistándolos para obtener mayor información sobre las características de los suelos.

7. Análisis de suelos. Se generó una clasificación interpretativa de suelos, contando con evidencias de campo como la observación y las propiedades que se relacionan con el rendimiento de cultivos como: maíz (*Zea mays* L.), frijol (*Phaseolus* spp.) y papa (*Solanum tuberosum* L.).

Se describieron ocho perfiles de suelo utilizando la forma para el registro de datos de acuerdo al manual de descripción de suelos de Cuanalo (1975), las muestras se trasladaron al Laboratorio de Edafología de la Facultad de Ciencias, UNAM, donde se realizaron los siguientes análisis:

Análisis físicos

- **Color**, en seco y en húmedo, por comparación con tablas de Munsell (1990).
- **Densidad aparente**, por el método de la parafina
- **Densidad real**, por el método del picnómetro (Baver, 1956)
- **Espacio poroso**, con base a las dos densidades anteriores.
- **Textura**, por el método de Bouyoucos (1955) y usando Hexametáfosfato de Sodio ($\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{18}$) al 4% como dispersante.
- **Humedad**, por diferencia de peso, método gravimétrico.

Análisis químicos

- **pH**, por el método del potenciómetro usando una relación suelo-agua destilada hervida 1:2.5. La misma relación se hizo con solución salina de KCl 1N pH 7.
- **Materia orgánica**, por vía húmeda con dicromato de potasio por el método de Walkey y Black modificado por Walkey (1947).
- **Capacidad de intercambio catiónico**, por el método de 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) 0.02 N (Jackson, 1964).
- **Bases intercambiables:**
 - Calcio y Magnesio**, por el método de 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 ericromo T.
 - Potasio y Sodio**, por flamometría usando acetato de amonio 1N pH 7 para la extracción por agitación (Black, 1965).
- **Alofano**, utilizando NaF 1N y fenoftaleína como indicador por el método semi-cuantitativo de Fieldes y Perrot (1966).

- **Nitrógeno total** por el método de Kjeldahl (SCS- USDA, 1986).
- **Fósforo asimilable** por el método de Bray I.
- **Oxidos amorfos** de Fierro, Aluminio, Manganeso y Sílice (Mehra y Jackson, 1960, Schilchting y Blume, 1966), los cuales fueron determinados en el Laboratorio de Física de Suelos del Instituto de Geología, UNAM.

8. **Determinación teórica de erosión.** Con base en la FAO- PNUMA, se propone la siguiente ecuación paramétrica para estimar la pérdida del suelo en toneladas/hectárea/año (ton/ha/año):

$$PS = RKSLCP$$

donde:

PS = pérdida del suelo (toneladas/hectárea/año)

R = índice de agresividad climática por efecto de la lluvia (MJ.mm/ha.hr)

K = factor de erosionabilidad del suelo (ton ha hr/MJ mm ha)

S = factor de grado de la pendiente (adimensional)

L = factor de longitud de la pendiente (adimensional)

C = factor de manejo de cultivos (adimensional)

P = factor de prácticas mecánicas de control de erosión (adimensional)

En el cuadro 1 se dan los valores paramétricos para cada uno de los factores considerados.

Cuadro 1. Valoraciones paramétricas para los factores ambientales.

| | | | | | |
|---|--------------------------------|--|---------------------------------|--------------------|-------------------|
| Factor R | 0 - 50 ligero | 50 - 250 moderado | 250 - 500 moderadamente alto | 500 - 1000 alto | >1000 muy alto |
| Factor K | 0 - 0.15 muy baja | >0.15 - 0.35 baja | >0.35 alto | | |
| Factor LS Pendiente % Valor paramétrico | 0 - 8 0.35 | 0 - 20 7.0 | 8 - 30 3.5 | 8 - > 30 8.0 | >30 11.0 |
| Factor Cc | 0.8 regiones secas | 0.4 regiones con periodo de sequía marcado | 0.6 regiones húmedas | | |
| Factor P | 0.12 surcado en contorno | | | | |

Para determinar el riesgo de erosión se emplearon únicamente los siguientes parámetros:

$$RE = RKLS$$

Para determinar el factor R se utilizó la fórmula modificada por la FAO a partir del índice de Founier (1964)

$$\text{donde: } R = \sum_{1}^{12} p_i^2/P$$

Σ =sumatoria de 1 a 12 meses

p_i = precipitación mensual

P = precipitación anual

FAO propone que para la estimación, los valores paramétricos se multiplican entre sí, es decir, R K LS (Cv, Cc) P. Para medir el factor R se utilizaron los datos generados en la estación de Huahuaxtla, Puebla, esto debido a que los datos reflejan las condiciones de manera más aproximada en lo relativo a temperatura y precipitación.

Huahuaxtla 19°55' latitud norte y 97°36' longitud oeste; 1625 msnm

| | ene | feb | mar | abr | may | jun | jul | ago | sept | oct | nov | dic | anual |
|-----------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Temp | 12.1 | 13.0 | 15.4 | 17.3 | 18.4 | 17.9 | 17.0 | 17.2 | 17.0 | 15.5 | 14.2 | 12.7 | 15.6 |
| Pp | 65.7 | 57.2 | 67.9 | 62.2 | 91.7 | 228.8 | 193.1 | 215.8 | 423.8 | 283.7 | 160.9 | 102.4 | 1953.2 |
| p_i^2/P | 2.20 | 1.67 | 2.36 | 1.98 | 4.30 | 26.80 | 19.09 | 23.84 | 91.95 | 41.20 | 13.25 | 5.36 | 234.04 |
| P/T | | | | | | | | | | | | | 125.2 |

9. Análisis de agregados a través de microscopio petrográfico, en el Laboratorio de Paleobotánica del Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM.

10. Elaboración de láminas delgadas y análisis mineralógico con microscopio petrográfico usando luz polarizada cruzada, en el Instituto de Geología, UNAM y el Laboratorio de Edafología de la Facultad de Ciencias, UNAM.

11 Difracción de rayos X. Las muestras se presentaron en polvo con el fin de ser identificadas por medio de difracción de rayos X en el Laboratorio de rayos X del Instituto de Geología, UNAM.

- a. Las muestras fueron molidas en un mortero de ágata y tamizadas en un tamiz, malla de 400 μ m y preparadas en portaobjetos normales. Los difractogramas fueron corridos en un difractómetro Phillips Mod. 1130/96 (generador) y PW 1050/25 (goniómetro), utilizando radiación Cu K α , en el intervalo angular de 2θ , de 2° a 75°, en las condiciones normales de operación: 30 kV, 20 mA y con un factor de escala de 1×10^3 . En los casos en que la señal (pico) se salía de la gráfica, se ajustó el factor de escala, para lograr que el mismo quedara dentro, y se volvió a correr el difractograma.

- b. Los difractogramas fueron medidos con el fin de asignar los valores de las distancias interplanares correspondientes a las señales.

- c. Cada uno de los difractogramas fue cuidadosamente analizado con el fin de determinar las especies mineralógicas presentes en las muestras.

6. RESULTADOS

Los resultados aquí presentados derivan de observaciones y recorridos en el campo con los campesinos, de entrevistas, la fotointerpretación de la zona de estudio, muestreos de suelos y 8 perfiles, así como los análisis físicos y químicos correspondientes a las muestras de suelo.

6.1 Entrevistas.

Con base en las entrevistas realizadas fueron de forma abierta y posteriormente en forma dirigida, los agricultores reconocen cuatro tipos de tierra de acuerdo a color y textura del suelo:

tierra polvilla, tierra barrial, tierra arenosa y tierra revuelta

La denominada “tierra polvilla” presenta textura gruesa, y se presenta en la capa más superficial, y mencionan que son los suelos más adecuados para el cultivo de papa, en una primera observación son suelos oscuros

Los suelos de “barrial”, se dice que son una tierra “fuerte”, tienen una consistencia chiclosa y suave cuando se mojan, cuando secos con el calor se hacen muy duros y son difíciles de trabajar, no tienen mucha fuerza, son suelos poco productivos; tienen una coloración más clara que la tierra barrial.

Mencionan una tercera categoría en cuanto a color y textura, la “arenosa” que es de color claro medio blanquizo, es una tierra delgada y suelta (porque es fácil de trabajar).

Hay una categoría un poco difícil de definir la cual denominan como “tierra revuelta”, puesto que tiene características tanto de la tierra polvilla como de la tierra barrial y cuando se presenta esta categoría dicen que es la mejor para la agricultura.

Otra característica que definen es la temperatura del suelo, el barrial y la polvilla corresponden a “tierras calientes” y las arenas a “tierras frías”; lo cual en cierta forma tiene una relación directa con la cantidad de luz solar absorbida y le infiere una temperatura diferente a cada una de ellas.

6.2 Clasificación local de suelos.

La clasificación de suelos (cuadro 2), se obtuvo mediante las encuestas realizadas entre diferentes agricultores del Municipio de Nauzontla, Puebla.

Cuadro 2. Clasificación campesina y características de los suelos en Nauzontla, Puebla.

| Clasificación local | Barrial | Polvilla | Revuelta | Arenosa |
|------------------------|---|---------------------------------------|---------------------------------------|--|
| Textura | tierra lodosa <i>zoquit tal</i> | tierra suelta <i>tiltic tal</i> | tierra media <i>tamanelol tal</i> | tierra arenosa <i>xal tal</i> |
| Color | tierra roja, tierra amarilla <i>chichiltic tal, costic tal</i> | tierra negra <i>yec tal</i> | negra con amarilla | tierra blanca o ceniza <i>iztac tal</i> |
| Consistencia en húmedo | chiclosa y suave | suave | medio chiclosa | suelta |
| Consistencia en seco | dura | suelta | medio suelta | suelta |
| Productividad | poca | mucha | media | poca |
| | no tiene fuerza | tierra fuerte <i>chicahuac tal</i> | tierra fuerte <i>chicahuac tal</i> | no tiene fuerza |
| Manejo | difícil | fácil | fácil | fácil |
| Temperatura | caliente | caliente | fría | fría |

Los agricultores mencionan que la pendiente del terreno es importante para los suelos que están en las laderas, son tierras más calientes por la cantidad de sol que reciben, mientras que los terrenos que se ubican en las zonas planas son mejores, porque no son tan calientes y hay momentos en que a una profundidad como de 10 cm son fríos los suelos y guardan mayor humedad que les ayuda a los cultivos a un mejor desarrollo.

6.3 El proceso agrícola y calendarios agrícolas.

En el Municipio de Nauzontla existen dos ciclos agrícolas, una en temporada de lluvias y el otro en época de invierno. El primero corresponde al cultivo de maíz /frijol y el segundo al cultivo de papa; por lo que las labores en un momento dado pueden traslaparse.

Entre las variedades de frijol que se cultivan está el gordo o exoyema (*Phaseolus polyanthus*), el ayocote (*P. coccineus* subespecie *coccineus*), frijol delgado de guía (*P. vulgaris*) y frijol mateado (*P. vulgaris*), asociados con el maíz (raza Tuxpeño con infiltración de Cónico o Arrocillo Amarillo).

Calendario agrícola de maíz/frijol (*Zea mays* L.) raza Tuxpeño con infiltración de Cónico o Arrocillo Amarillo asociado con frijol gordo o exoyema (*Phaseolus polyanthus* L.) o el ayocote (*P. coccineus* subespecie *coccineus* L.) o frijol delgado de guía (*P. vulgaris* L.) y frijol mateado (*P. vulgaris* L.). El proceso agrícola del maíz y frijol de la zona comprende diferentes prácticas: roza del “rastrojo”, roturación del terreno, siembra, fertilización, resiembra, labra, media tierra, ateradura, corte de elote, dobla, corte de ejote, “pixca” de mazorca, corte de frijol. El ciclo agrícola del maíz es muy largo, desde la siembra hasta el corte de la mazorca, comprende hasta 250 días

- El calendario del maíz / frijol inicia en diciembre (cuadro 3) con la preparación del terreno, esto es, se corta y pica todo el rastrojo que pudo haber quedado del ciclo anterior,
- Posteriormente se afloja o rotura la tierra con azadón, cuando los suelos son muy “duros” y difíciles de romper es con yunta y arado de madera, durante el mes de enero,
- Entre el 15 y 20 de enero, se siembra el maíz y frijol al mismo tiempo, ya que en cada punto de siembra ponen 4 semillas de maíz y una o dos de frijol,
- La resiembra es en el mes de febrero, realizando la misma técnica anteriormente descrita,
- La labra inicia en la primera mitad de febrero,
- La limpia es a finales de marzo y principios de abril,

- La media tierra, en esta labor quitan las arvenses y acumulan tierra en la base de la planta, es durante marzo y abril,
- La aterrada, consiste en eliminar nuevamente las arvenses y formar montículos de tierra para un mejor sostén de la planta; generalmente se realiza a finales de abril y principios de mayo,
- Fertilizan, durante marzo y abril,
- Corte del elote, en julio y agosto,
- Dobra del maíz, con el propósito de acelerar el secado de la mazorca y evitar que penetre la humedad al interior; a finales de julio y principios de agosto,
- En el mes de junio ya hay presencia de ejotes,
- Corte de ejote, durante el mes de julio y agosto cosechan ejotes del frijol
- Cosecha de maíz, desde septiembre se realizan los primeros cortes de mazorcas de maíz, hasta mediados de noviembre,
- Cosecha de frijol, dependiendo del tipo de frijol, se cosecha desde octubre hasta finales de noviembre.

Cuadro 3. Calendario agrícola de maíz/frijol (*Zea mays* L.) raza Tuxpeño con infiltración de Cónico o, Arrocillo Amarillo asociado con frijol gordo o exoyema (*Phaseolus polyanthus*) o ayocote (*P. coccineus* subespecie *coccineus*) o frijol delgado de guía (*P. vulgaris*) o frijol mateado (*P. vulgaris*). de Nauzontla Puebla.

| Labores | Dic | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov |
|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Preparación terreno | ■ | | | | | | | | | | | |
| aflojar o roturar la tierra | ■ | ■ | | | | | | | | | | |
| Siembra | | | ■ | ■ | | | | | | | | |
| Resiembra | | | ■ | | | | | | | | | |
| Labra | | | ■ | | | | | | | | | |
| Limpia media tierra | | | | ■ | ■ | | | | | | | |
| Aterrado | | | | | ■ | ■ | | | | | | |
| Fertilizado | | | | ■ | ■ | | | | | | | |
| Corte de elote | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | | |
| Dobra de maíz | | | | | | | | ■ | | | | |
| corte de ejote | | | | | | | | ■ | ■ | | | |
| cosecha o pixca de maíz | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ |
| cosecha de frijol | | | | | | | | | | | ■ | ■ |

Calendario agrícola de la papa (*Solanum tuberosum* L.). El proceso agrícola de la papa (cuadro 4) es muy diferente al de maíz-frijol, en primera el ciclo es muy corto y las faenas agrícolas son pocas: preparación del terreno, “siembra” de la papa, escarda y cosecha. Se utilizan diferentes variedades del tubérculo, dependiendo de la demanda que exista en el mercado en ese momento y de las preferencias particulares de cada productor. Las variedades utilizadas en últimas fechas son: López, Greta, Rojita.

- La preparación del terreno se realiza prácticamente al terminar el ciclo del maíz-frijol, esto es, durante el mes de noviembre,
- El escardado del terreno puede ser en dos momentos diferentes, uno en enero y otro en marzo,
- La fertilización del terreno es generalmente al “sembrar la semilla”,
- La aplicación de diferentes plaguicidas se inicia con el crecimiento vegetativo y si es posible durante todo el ciclo,
- Cosecha de la papa es en todo el mes de marzo y abril.

Cuadro 4. Calendario agrícola de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en Nauzontla, Puebla

| Labores | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct |
|-------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Preparación del terreno | ■ | | | | | | | | | | | |
| siembra | ■ | ■ | | | | | | | | | | |
| escarda | | | ■ | | ■ | | | | | | | |
| fertilización | ■ | | | | | | | | | | | |
| aplicación plaguicidas | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | |
| cosecha | | | | | ■ | ■ | | | | | | |

Calendario agrícola del chile cera (*Capsicum pubescens* Jacq.). Generalmente este no es un cultivo muy utilizado en la zona, pero algunos agricultores lo intercalan en ciertos cultivos como complemento de su dieta alimenticia, así como para la venta en los mercados cercanos a la zona. En el caso que se observó la existencia del chile asociado con frijol de mata (cuadro 5).

- Siembra, en el mes de diciembre y enero
- Abonado, a los 15 o 20 días después de la siembra
- Limpia, durante el mes de enero se quitan las hierbas
- Cosecha en junio

Se mantiene la planta aproximadamente durante 3 años dando frutos.

Cuadro 5. Calendario agrícola del chile cera (*Capsicum pubescens* Jacq.)

| Labores | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct |
|-------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Preparación del terreno | ■ | | | | | | | | | | | |
| siembra | | ■ | ■ | | | | | | | | | |
| limpia | | | ■ | ■ | | ■ | | | | | | |
| abono | | | | ■ | ■ | | | | | | | |
| cosecha | | | | | | | | ■ | ■ | | | |

Nivel tecnológico en la agricultura de Nauzontla. El trabajo agrícola de preparar los terrenos o roturación del terreno, generalmente se hace con animales de tracción como son bueyes y caballos, con herramientas manuales como el azadón, el palo sembrador (coa), machete, esto se debe principalmente a que los terrenos agrícolas, así como gran parte del municipio se ubican en zonas de laderas con pendientes de 20% hasta 40%, lo cual imposibilita la utilización de maquinaria agrícola, además de ser campesinos pobres que no les permite contar con mayor maquinaria agrícola adaptada a estas condiciones.

La fertilización de los suelos es con sulfato de amonio, superfosfato de calcio, urea (46:0:0) o triple 17, dependiendo de las posibilidades económicas del campesino y en caso contrario utilizan abonos orgánicos como el estiércol de pollo, de cochino y otras veces la materia orgánica de los “desechos de cocina”

Quelites. A lo largo del ciclo agrícola del maíz-frijol, existe la presencia de diferentes “quelites” los cuales son aprovechados como alimento, esto quiere decir, que la milpa se limpia de algunas arvenses, de manera selectiva tratando de aprovechar lo más posible las plantas comestibles. Entre los ejemplos de quelites que nos mencionan los campesinos:

- quintonil blanco (*Amaranthus cruentus* L., *A. hybridus* L.)
- quintonil rojo (*A. hypochondriacus* L.)
- quelites de frijol (hojas y flores)(*Phaseolus coccineus* L. ssp. *coccineus*, *P. polyanthus* Greem., *P. vulgaris* L.)
- hierba mora (*Jaltoma procumbens* (Cav.) J. L. Gentry)
- nabo (*Brassica rapa* L.)
- guía de espinosa (aunque no necesariamente se encuentra en la milpa) (*Sechium edule* (Jacq.) Swartz)

6.4 Unidades de paisaje y unidades de distribución de suelos.

Con la fotointerpretación, además de generar datos sobre el uso del suelo, densidad de los cultivos, cobertura de los mismos y de la vegetación natural, aporta datos sobre las características de las pendientes, y erosión.

Se observa que la zona está constituida principalmente por sierras, cañadas y algunas mesas constituidas por la erosión. Aunque el trabajo se desarrolla fundamentalmente en el Municipio de Nauzontla, para ésta tesis fueron observadas y correlacionadas otras unidades ecológicas y geomorfológicas adyacentes, que en conjunto ocupan una superficie aproximada de 272.5 km² (fig. 5)

El paisaje muestra en toda el área una erosión hídrica de naturaleza geológica, por otro lado también el drenaje que se presenta y los patrones de erosión son indicativos de un material geológico que no es duro y sí es delesnable por el agua. En algunos sitios se observan patrones de disolución, principalmente de rocas calizas (se observan algunas dolinas).

Las pendientes fuertes a montañosas ocupan el 80% de la zona estudiada. No obstante se nota una uniformidad textural que puede ser indicativa también de una uniformidad en la distribución de suelos.

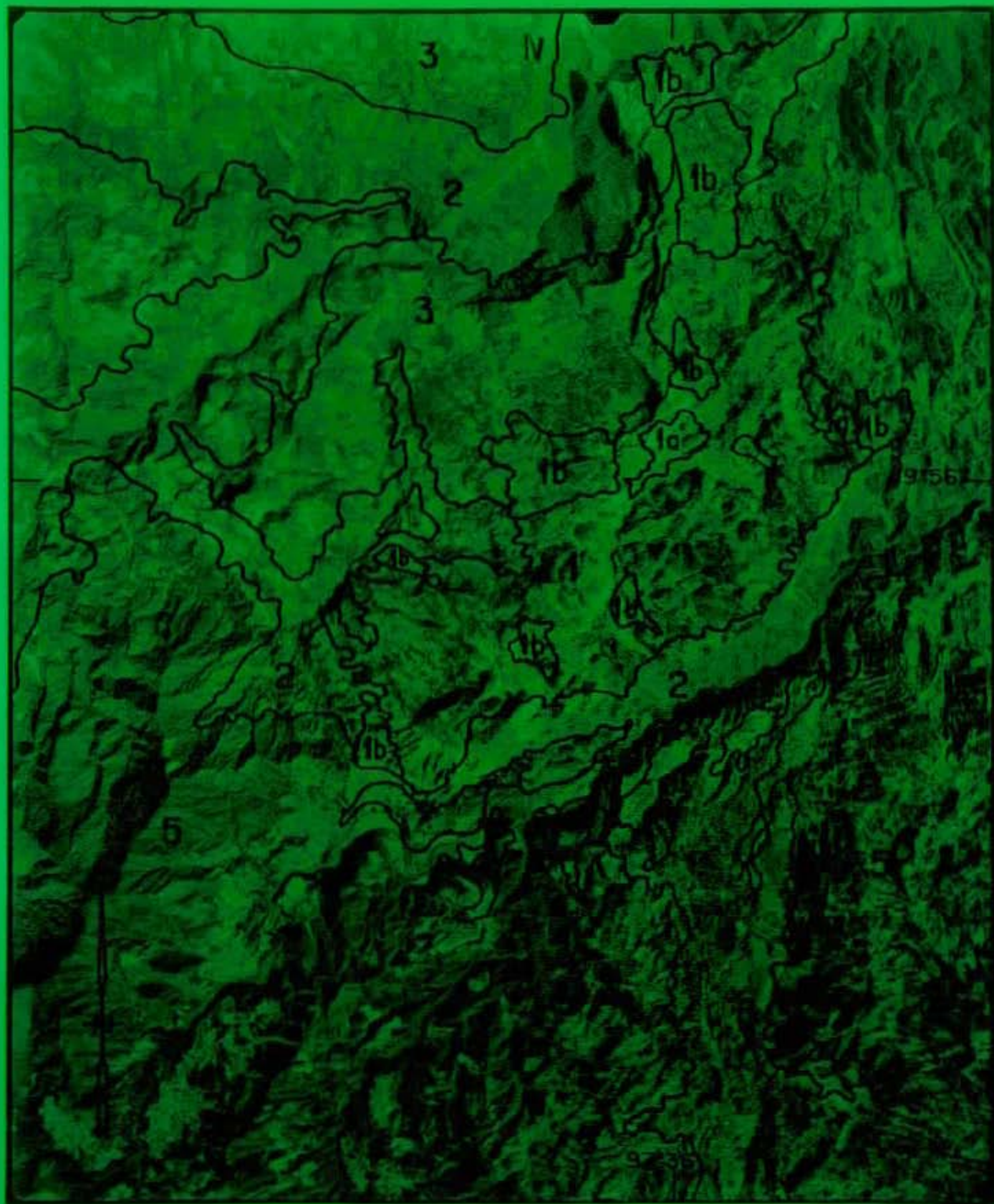


Fig. 5. Fotografía aérea con unidades de paisaje y unidades de distribución de suelos del Municipio de Nautzontla y áreas adyacentes

La **unidad 1** corresponde a una zona de lomeríos constituidos por Lutitas Calcáreas y Arcillosas, con pendientes mayores al 25%. Esta unidad ocupa una superficie aproximada de 43 km². Las estructuras muestran crestas redondeadas muy disectadas con drenaje de tipo dendrítico, se observa erosión en casi toda esta zona.

La **unidad 1a** está constituida por planos de tamaño muy reducida que no son representativos de la agricultura que se desarrolla en el área estudiada. Esta unidad tiene preferentemente un uso urbano y ocupa una superficie aproximada de 5.8 km².

La **unidad 1b** está formada por Lutitas Calcáreas y Arcillosas, con pendientes que oscilan de 8 a 20%, éstas pendientes no están muy disectadas y constituyen un plano regular con direcciones simples. La erosión en ésta unidad es menor que en la unidad 1, no obstante que el grado de deforestación en ésta unidad es muy intensa. El área aproximada de esta zona es de 10 km².

La **unidad 2** está constituida por cañadas abruptas con pendientes mayores de 35% y de naturaleza geológica sedimentaria, principalmente Areniscas. Sin embargo en ésta unidad la cobertura vegetal sigue siendo mayor del 70% aunque ya algunas de ellas empiezan a ser utilizadas para cultivos de café (*Coffea arabica* L.). Tiene una superficie aproximadamente de 36 km²

La **unidad 3** se forma de Lutitas y algunos afloramientos de calizas lo cual provoca que los patrones de erosión sean diferenciales. Esta unidad presenta características fisiográficas similares a la unidad 1b, sin embargo su erosión es muy significativa y ocupa superficies muy amplias; además se encuentra a altitudes que permiten el cultivo de café. La superficie de ésta unidad comprende aproximadamente 29 km²

La **unidad 4** está formada por Lutitas Arcillosas y se caracteriza por presentar superficies planas a ligeramente inclinadas con pendientes simples. En la fotografía área se detectan

pequeñas terrazas, ésta unidad se utiliza para el crecimiento urbano. Ocupa una superficie aproximada de 22 km²

La **unidad 5** está formada por zona montañosa. Esta unidad abarca una superficie de 143.5 km².

6.5 Descripción de perfiles.

La descripción de 8 perfiles se realizaron en las localidades del Municipio de Nautzontla. Estos perfiles comprenden zonas con cultivo en los diferentes poblados del Municipio (cuadro 6), donde se ubican cultivos de maíz/frijol, frijol, y cafetales con frutales y uno más es una zona de cultivo el cual no ha sido fertilizado con agroquímicos por lo menos en un lapso de 30 años, así como el perfil 3 hecho en una zona donde todavía se conserva Bosque Mesófilo de Montaña (fig 6).

A continuación se presentan las descripciones morfológicas hechas en campo, utilizando el manual de Cuanalo (1975), las cuales nos han permitido complementar el trabajo de laboratorio y con base en ellas hacer la descripción de la génesis del suelo, así como comparar las características que mencionan las personas dedicadas a la agricultura para establecer la clasificación local de suelos.

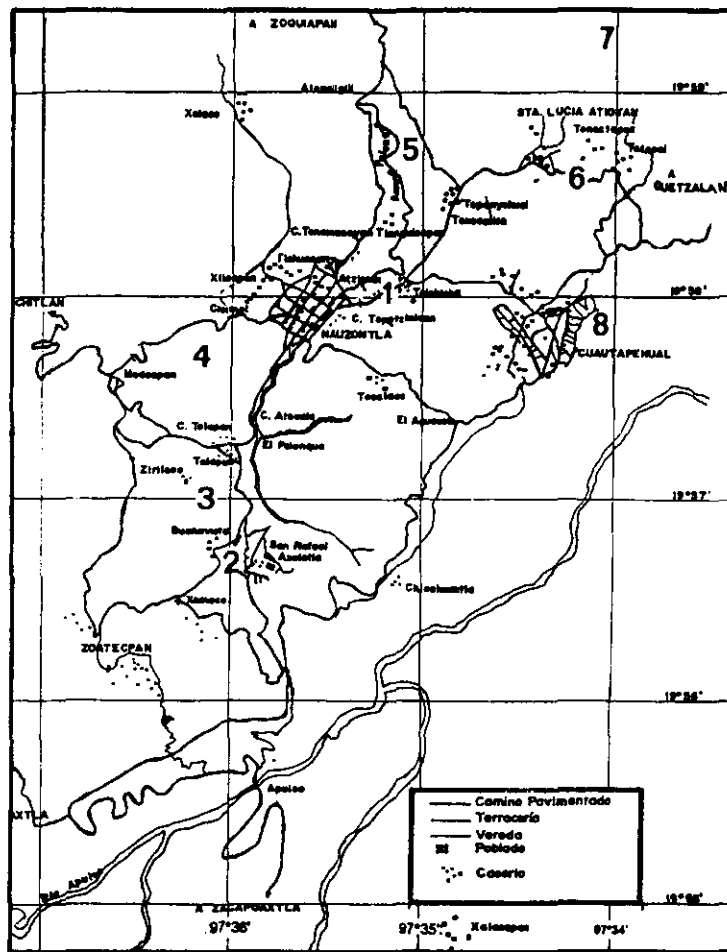


Fig. 6. Localización de los perfiles de suelo, realizados en el Municipio de Nauzontla, Puebla

Cuadro 6. Localización de los perfiles estudiados en Nauzontla, Puebla

| no. Perfil | prof. total (cm) | horizontes | localización | Pendiente | uso del suelo | material parental |
|------------|------------------|--------------|------------------------|-----------|---------------|-------------------|
| 1 | 121 | Ap/Bw/2Bt | 19°57'05" 97°35'46" | 22% | agrícola | CA/ RM- RSE |
| 2 | 170 | Ap/2Ab/3Bt | 19°56'50" 97°36'40" | 25% | agrícola | CA/ RM- RSE |
| 3 | 150 | A/AB/Bt/BC | 19°56'06" 97°36'45" | 30% | forestal | CA/ RM- RSE |
| 4 | 191 | Ap/2C/3Bt | 19°57'21" 97°36'24" | 18% | agrícola | CA/ RM- RSE |
| 5 | 136 | A/Bt/2C | 19°58'35" 97°35'28" | 27% | agrícola | CA/ RM- RSE |
| 6 | 97 | Ap/2C/3C/4C | 19°58'04" 97°34'55" | 10% | agrícola | CA/ RM- RSE |
| 7 | 155 | Ap/2Btb/2BCb | 19°59'54" 97°34'53" | 25% | agrícola | CA/ RM- RSE |
| 8 | 150 | Ap/C/2Btb | 19°57'52" 97°34'20" | 30% | agrícola | CA/ RM- RSE |

CA = Coluvio aluvial

RM - RSE = Rocas metamórficas - Rocas sedimentarias extrusivas

Fig.7. Perfil 1.

0. cobertura vegetal
1. estructura granular
2. estructura en bloques sub-angulares
3. presencia de gravas

Existe un cambio abrupto en textura y mineralogía, entre un suelo de origen transportado (0- 71cm) y un horizonte B argílico de un Paleosuelo

Fig. 8. Perfil 2.

0. cobertura vegetal densa
1. estructura granular
2. gravas muy alteradas (caolinizadas) en el Paleosuelo.

Se observa la presencia de un horizonte A úmbrico (41 cm) que sepulta a un horizonte A constituyendo una discontinuidad (2Ab), este horizonte sobreyace con una discontinuidad irregular a un horizonte B argílico de un Paleosuelo. Este tipo de discontinuidad es común por una hidro- erosión severa.

Fig. 9. Perfil 3.

Horizonte A mólico de aproximadamente 57 cm, con una densidad muy alta de raíces. Mantillo de 0- 5 cm de material humificado y restos de hojarasca. Se nota un horizonte B_{tl}, argílico altamente agregado, lo que da una apariencia de gravosidad (el horizonte está muy agregado). Hay efecto de actividad (crotobinas), incluso se presentan en el horizonte B, se distinguen raíces de diámetro medio.

Fig. 10. Perfil 4.

0. cobertura vegetal alta (restos derivados de la cosecha)
1. estructura en bloques sub- angulares
2. grava angular que indica coluvialismo
3. línea de piedras
4. superficie de erosión

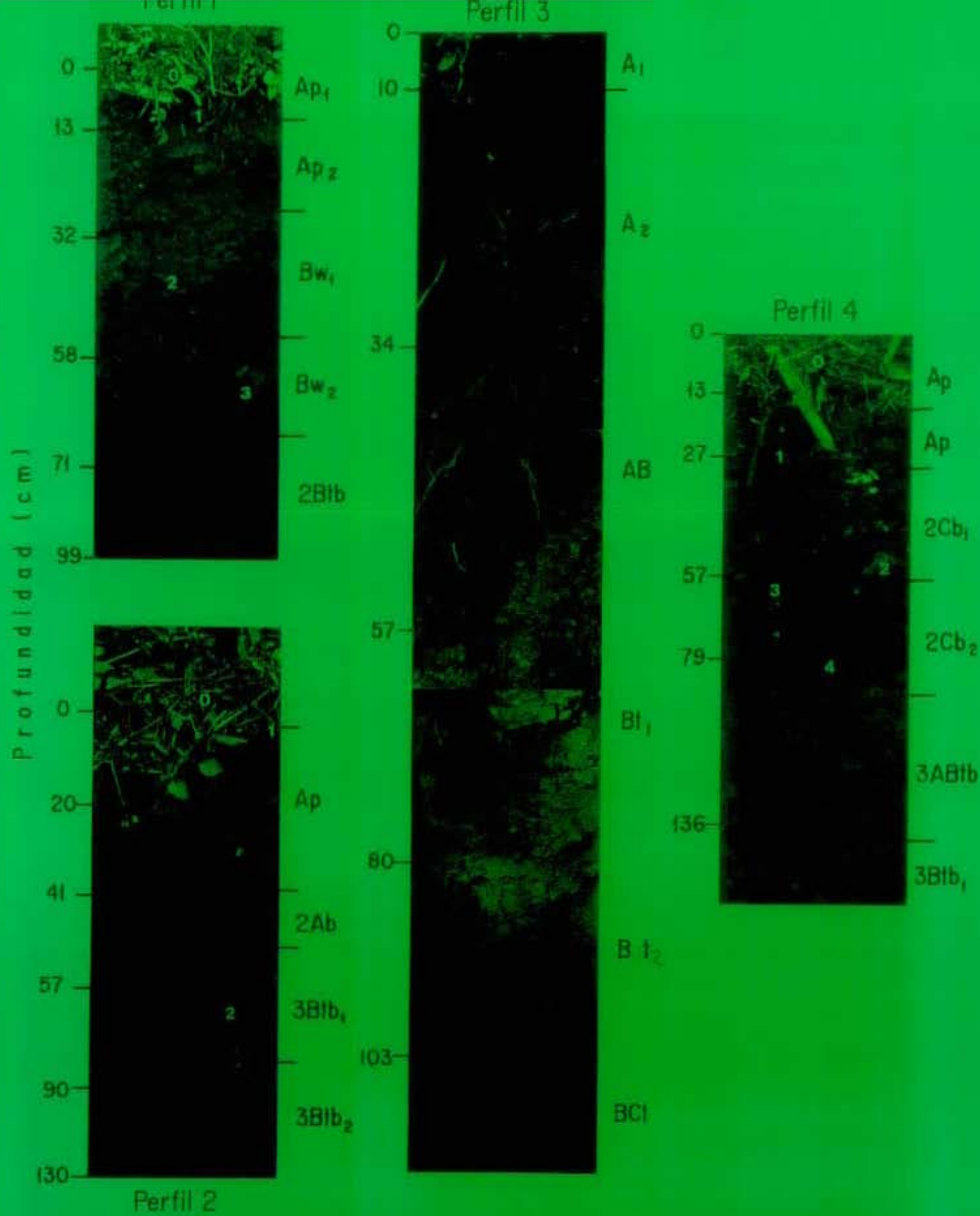


Fig. 7 Perfil 1, Fig. 8 Perfil 2, Fig. 9 Perfil 3 y Fig. 10 Perfil 4.

Perfil 1

Lugar: Nauzontla, Municipio de Nauzontla, Puebla.

Localización: 19° 57'05" latitud norte y 97° 35'46" longitud oeste

Altitud: 1440 msnm Relieve: ladera(25%)

Vegetación: Cultivo maíz / frijol (*Zea mays* L., *Phaseolus polyanthus* L.)

Descripción:

- A_{p1} (0 - 13 cm) Color en húmedo 10YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro; de textura fina, estructura granular, subangular y media; moderadamente desarrollada, consistencia dura aunque friable en húmedo, ligeramente adhesivo y ligeramente plástico. Raíces comunes de tamaño fino, drenaje moderadamente lento, sin reacción al HCl. Límite gradual e irregular
- A_{p2} (13 - 32 cm) Color en húmedo 10YR 3/3 pardo oscuro; textura fina, predominan los bloques angulares y subangulares de tamaño fino y medio; consistencia dura en seco, friable en húmedo, ligeramente plástico y adhesivo, predominan los poros finos, permeabilidad lenta a moderada, raíces finas y comunes. Sin reacción al HCl, transición gradual e irregular.
- B_{w1} (32 - 58 cm) Color en húmedo 10YR 3/2 pardo oscuro; textura fina; estructura en bloques subangulares, algunos bastante redondeados de tamaño medio y grueso, consistencia muy dura en seco, friable en húmedo; adhesivos y ligera a moderadamente plástico, predominan los poros finos, permeabilidad de lenta a moderada; raíces finas, comunes, no hay reacción al HCl y su límite es gradual e irregular.
- B_{w2} (58 - 71 cm) Color en húmedo 10YR 3/3 pardo oscuro; textura fina; estructura en bloques subangulares, de tamaño medio y grueso, moderadamente desarrollados; consistencia dura en seco y friable en húmedo, moderadamente adhesivo y plástico, predominan los poros finos, permeabilidad lenta; raíces escasas. No hay reacción al HCl, transición claro y plano.
- 2B_{tb} (71 - 99 cm) Color húmedo 10YR 3/4 pardo amarillento oscuro, textura fina, estructura moderada a gruesa, en bloques sub-angulares, moderadamente

desarrollada, consistencia muy dura en seco y friable en húmedo; poros finos y medios en cantidad escasa; permeabilidad lenta, raíces escasas; sin reacción al HCl; transición gradual e irregular.

2BC₀ (99 - 121 cm) Color en húmedo 10YR 3/6 pardo amarillento oscuro; textura fina, estructura en bloques subangulares, con la profundidad se vuelve masiva; consistencia muy dura en seco y muy friable en húmedo; adhesivo y plástico; poros finos y medios en cantidad moderada; permeabilidad moderadamente lenta, raíces escasas. Sin reacción al HCl.

Diagnosis del perfil.

Suelo profundo (fig. 7) de origen policíclico constituido por dos capas; la primera con espesor de 71 cm que es posible dividir en cuatro subhorizontes. Estas capas son en general de color pardo oscuro en húmedo, de texturas finas y estructura en bloques subangulares duros aunque friables, con valores de adhesividad que varían de moderado a ligero y con valores de plasticidad en general ligeros, estas capas presentan una porosidad media constituida por poros finos. Las raíces son comunes hasta los 50 cm de profundidad y disminuye rápidamente con la profundidad.

Estas capas sepultan al horizonte B argílico de un paleosuelo que según los estudios de campo fue muy común por su distribución en esta región (ver los siguientes perfiles).

Uso actual del suelo: agricultura de temporal.

Cultivos comunes: maíz (*Zea mays* L.) raza Tuxpeño con infiltración de Cónico; y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

Cuadro 7. Perfil 1. Cultivo maíz /frijol (*Zea mays* L., *Phaseolus polyanthus* L.)

| horizonte | Prof. Cm | color | | D. A. | D. R. | porosidad | Textura | | | |
|------------------|----------|----------------------------------|------------------------------------|-------|-------|-----------|--------------------|------|---------|------------------------|
| | | seco | húmedo | | | | Mg m ⁻³ | % | arena % | limo % |
| A _{p1} | 0 - 13 | 10YR 5/3 pardo | 10YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro | 1.01 | 2.28 | 55.7 | 44.4 | 40.0 | 15.6 | franco |
| A _{p2} | 13 - 32 | 10YR 5/3 pardo | 10YR 3/3 pardo oscuro | 1.00 | 2.36 | 57.6 | 46.4 | 34.0 | 19.6 | franco |
| B _{w1} | 32 - 58 | 10YR 5/3 pardo | 10YR 3/3 pardo oscuro | 1.04 | 2.39 | 56.5 | 54.8 | 29.2 | 16.0 | franco arenoso |
| B _{w2} | 58 - 71 | 10YR 5/4 pardo amarillento | 10YR 3/3 pardo oscuro | 0.99 | 2.24 | 55.8 | 48.8 | 33.6 | 17.6 | franco |
| 2B _{tb} | 71 - 99 | 10YR 5/4 pardo amarillento | 10YR 3/4 pardo amarillento oscuro | 0.98 | 2.45 | 59.9 | 44.8 | 27.6 | 27.6 | franco arcillo limosos |
| 2BC _b | 99 - 121 | 10YR 6/4 pardo amarillento claro | 10YR 3/6 pardo amarillento oscuro | 0.90 | 2.51 | 64.0 | 20.8 | 37.6 | 41.6 | arcilla |

| hori zonte | prof. cm | pH | | | M. O. | C | N | P | Na ⁺ | K ⁺ | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | CIC | SB | alofano |
|------------------|----------|------------------------|-----------|------|-------|------|------|-------|-----------------|----------------|------------------|------------------|------|------|---------|
| | | H ₂ O 1:2.5 | KCl 1:2.5 | Δ | | | | | | | | | | | |
| A _{p1} | 0 - 13 | 3.9 | 3.5 | -0.4 | 9.38 | 5.44 | 0.38 | 45.72 | 0.06 | 0.48 | 12.0 | 3.0 | 22.1 | 70.3 | xxxx |
| A _{p2} | 13 - 32 | 4.1 | 3.5 | -0.6 | 8.62 | 5.00 | 0.33 | 33.28 | 0.06 | 0.41 | 10.0 | 4.0 | 19.0 | 76.1 | xxxx |
| B _{w1} | 32 - 58 | 4.5 | 3.7 | -0.8 | 6.90 | 4.00 | 0.27 | 27.34 | 0.06 | 0.41 | 9.0 | 4.0 | 20.0 | 67.3 | xxxx |
| B _{w2} | 58 - 71 | 5.0 | 4.2 | -0.8 | 5.31 | 3.08 | 0.12 | 11.85 | 0.06 | 0.35 | 13.0 | 1.0 | 21.6 | 66.3 | xxxx |
| 2B _{tb} | 71 - 99 | 5.4 | 4.5 | -0.9 | 3.17 | 1.84 | 0.06 | 2.34 | 0.05 | 0.41 | 16.0 | 3.0 | 22.0 | 88.4 | xxx |
| 2BC _b | 99 - 121 | 5.4 | 4.1 | -1.3 | 1.24 | 0.72 | --- | 3.57 | 0.06 | 0.41 | 18.0 | 1.0 | 21.2 | 91.8 | xxx |

x= bajo, xx= medio, xxx= alto, xxxx= muy alto

Análisis de laboratorio

Es un suelo con cultivo de maíz y frijol (*Zea mays* L., *Phaseolus polyanthus* L.), tiene una profundidad de 121 cm. El color del suelo en seco es pardo (0 - 58 cm) a pardo amarillento (58 - 99 cm) y pardo amarillento claro (99 - 121 cm). El color en húmedo es pardo grisáceo muy oscuro (0 - 13 cm), de pardo oscuro (13 - 71 cm) y de pardo amarillento oscuro (71 - 121 cm).

La densidad aparente a lo largo del perfil es en promedio de 1.01 Mg m⁻³ y en la parte más profunda (99- 121 cm) es de 0.90 Mg m⁻³. El valor de la densidad real va de 2.28 a 2.50 Mg

m³. Los valores de porosidad son altos, pero hay que tomarse con reserva puesto que la densidad aparente del perfil es baja.

La textura es franco a franco arenoso y a mayor profundidad de (71 - 99cm) es franco arcillo limoso, además que en último subhorizonte es arcilloso (99 - 121 cm).

El pH en suspensión del suelo con agua destilada es muy ácido menor a 5.5 y se observa a lo largo del perfil. En la solución salina de KCl, el pH se presenta aún muy ácido y los valores van de 3.5 a 4.5.

El contenido de materia orgánica tiene valores de muy rico en los dos primeros subhorizontes, conforme aumenta la profundidad va de rico (6.90 % y 5.31%) a media y es pobre con 1.24 % de los 99- 121 cm del perfil.

El carbono es medio de 0 - 58 cm, es bajo en los 58 - 71 cm y muy bajo de los 71 - 121 cm de profundidad. El nitrógeno es medianamente pobre en los 0 - 32 cm y de los 32 - 121 cm es pobre. El fósforo es alto en los 0 - 32 cm, es medio en los 32 - 58 cm y bajo de los 58 -121 de profundidad.

La CIC es alta de 20 a 22.1 cmol(+) kg⁻¹. La saturación de bases es media en los 0 - 99 cm y alta en los 71 - 121 cm.

Perfil 2

Lugar: San Rafael Axolotla, Municipio de Nauzontla, Puebla.

Localización: 19°56'50" latitud norte y 97°36'40" longitud oeste

Altitud: 1449 msnm Relieve: ladera(25%)

Vegetación: Cultivo maíz / frijol (*Zea mays* L. *Phaseolus vulgaris* L.)

Descripción:

A_p (0-20 cm) Color en húmedo 7.5YR 3/2 pardo oscuro; textura migajón arenoso; sin piedras; estructura granular y bloques subangulares; consistencia dura y friable, adhesivo, plástico; poros finos, tubular vesicular; permeabilidad de lenta a moderada; raíces comunes, finas; drenaje imperfecto; reacción al alofano XXX (alto); H₂O₂ efervece; transición clara pero irregular a la siguiente capa clara.

A_p (20 - 41 cm) Color en húmedo 7.5 YR 3/2 pardo oscuro; textura migajón arenoso; ligeramente pedregoso, piedras pequeñas, angulares; estructura granular y en bloques, desarrollada; consistencia dura y muy friable, ligeramente adhesivo, ligeramente plástico; poros muy finos, tubular vesicular; permeabilidad de lenta a moderada; escasas raíces, finas; imperfectamente drenado; reacción al alofano XXX (alto); H₂O₂ poca efervecencia; transición clara e irregular a la siguiente capa.

2A_b (41 - 57 cm) Color en húmedo 7.5 YR 3/2 pardo oscuro; textura migajón arenoso; pedregoso, piedras medias, angular; estructura poliédrica subangular, moderadamente desarrollada; consistencia dura y muy friable, adhesivo, ligeramente plástico; poros finos; tubular vesicular; permeabilidad de lenta a moderada; raíces escasas y muy finas; drenaje imperfectamente drenado; reacción al alofano XXX (alto); H₂O₂ poca efervecencia; transición muy clara e irregular a la siguiente capa.

3B_{bi} (57 - 90 cm) Color en húmedo 7.5 YR 4/4 pardo oscuro; textura migajón- arcilloso; gravas medias, angular, laminar; estructura poliédrica subangular, moderadamente desarrollada; consistencia friable, adhesivo y plástico; poros muy finos, tubulares vesicular; permeabilidad de lenta a moderada; raíces escasas,

muy finas; imperfectamente drenado; reacción al alofano XXX (alto); H₂O₂ poca efervescencia; transición clara e irregular a la siguiente capa.

3B_{tb2} (90 - 130 cm) Color en húmedo 7.5 YR 5/6 pardo fuerte; textura arcillo-limoso gravoso, gravas pequeñas, angulares, laminar; estructura poliédrica subangular, moderadamente desarrollada; consistencia firme, adhesivo, plástico; poros muy finos, tubular vesicular; permeabilidad de lenta a moderada; imperfectamente drenado; reacción al alofano XXXX (muy alto); transición clara e irregular a la siguiente capa.

3B_{tb3} (130 - 170 cm) Color en húmedo 7.5 en húmedo YR 5/6 pardo fuerte; textura: arcillo-limoso; muy gravoso, gravas pequeñas, angular, laminar; estructura subangular, fuertemente desarrollada; Consistencia muy firme, adhesivo, plástico; poros muy finos, tubulares vesicular; imperfectamente drenado; reacción al alofano: XXXX muy alto; transición clara e irregular a la siguiente capa.

Diagnosis del perfil.

Suelo profundo (fig. 8) de origen policíclico constituido por 2 capas la primera de 0 - 20, 20 - 41 cm y la segunda capa de 41 - 57 cm que sobreyacen a un paleosuelo derivado de roca metamórfica. Las capas superficiales son de colores pardo oscuro, de textura migajón arenoso, estructura granular que varía a bloques subangulares, su consistencia es dura y friable, su adhesividad varía de ligera a moderadamente adhesiva y de plástico a ligeramente plástico. En general son porosos y las raíces disminuyen con la profundidad.

Ambos subhorizontes denominados A_p sobreyacen a un subhorizonte 2A_b de color pardo oscuro, de textura gruesa, estructura angular, duro en seco aunque muy friable y adhesivo en húmedo; este subhorizonte 2A_b, es ligeramente plástico, poroso aunque predominan los microporos. Presenta raíces finas, escasas y muy finas; reacción leve al HCl.

Estos tres subhorizontes a su vez sobreyacen y sepultan parte de un horizonte argílico de un paleosuelo, este paleosuelo muestra al menos 3 subhorizontes de B argílico denominados 3B_{tb1}, 3B_{tb2} y 3B_{tb3} son de color pardo, textura que varía de migajón arcillosa a arcillo-

limoso, estructura predominantemente subangular, duros a muy duros en seco pero friables en húmedo, en general adhesivos y plásticos; predominan los poros finos y microporos. Las raíces en general son escasas y la reacción al HCl es muy ligera.

Uso actual del suelo: agricultura de temporal.

Cultivos comunes: maíz (*Zea mays* L.) raza Tuxpeño con infiltración de Cónico; y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

Cuadro 8. Perfil 2. Cultivo maíz/frijol (*Zea mays* L., *Phaseolus vulgaris* L.)

| horizonte | prof. cm | color | | humedad % | D.A | D. R. | porosidad % | Textura | | | |
|-------------------|-------------|--------------------------------------|---|--------------|------|-------|----------------|--------------------|--------|--------|---------------------|
| | | seco | Húmedo | | | | | Mg m ⁻³ | %arena | % limo | % arcilla |
| A _p | 0 - 20 | 10YR 5/3 pardo | 10YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro | 84.71 | 1.07 | 2.31 | 53.6 | 28.0 | 40.0 | 32.0 | franco arcilloso |
| A _p | 20 - 40 | 10YR 5/3 pardo | 10YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro | 76.77 | 1.04 | 2.38 | 56.3 | 38.0 | 34.4 | 27.6 | franco |
| 2A _b | 40 - 57 | 10YR 5/4 pardo amarillent o | 10YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro | 64.85 | 1.01 | 2.39 | 57.8 | 52.4 | 30.0 | 17.6 | franco |
| 3B _{tb1} | 57 - 90 | 10YR 5/6 pardo amarillent o | 10YR 3/4 pardo amarillento oscuro | 35.73 | 1.02 | 2.43 | 58.0 | 34.4 | 34.0 | 31.6 | franco arcilloso |
| 3B _{tb2} | 90 - 130 | 10YR 5/6 pardo amarillent o | 10YR 3/6 pardo amarillento oscuro | 45.62 | 1.11 | 2.35 | 52.8 | 76.4 | 14.0 | 9.6 | franco arenoso |
| 3B _{tb3} | 130 - 170 | 10YR 6/6 pardo amarillent o | 10YR 6/6 pardo amarillento | 47.79 | 1.05 | 2.46 | 57.4 | 40.4 | 28.0 | 31.6 | franco arcilloso |

| hori zonte | prof. cm | pH | | | M. O. | C | N | P | Na ⁺ | K ⁺ | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | CIC | SB | alofano |
|-----------------------|--------------|---------------------------|--------------|-------|-------|------|------|-------|-----------------|----------------|------------------|------------------|------|------|---------|
| | | H ₂ O 1:2.5 | KCl 1:2.5 | Δ | | | | | | | | | | | |
| A _p | 0 - 20 | 4.5 | 3.5 | - 1.0 | 6.62 | 3.84 | 0.23 | 27.35 | 0.06 | 0.51 | 12.0 | 2.0 | 19.6 | 74.3 | x |
| A _p | 20 - 40 | 4.1 | 3.3 | - 0.8 | 5.79 | 3.36 | 0.19 | 32.11 | 0.06 | 0.41 | 10.0 | 3.0 | 17.6 | 76.5 | xx |
| 2A _b | 40 - 57 | 4.3 | 3.5 | - 0.8 | 5.93 | 3.44 | 0.16 | 7.16 | 0.04 | 0.23 | 11.0 | 3.0 | 16.0 | 89.0 | xxx |
| 3B _{tb} 1 | 57 - 90 | 4.9 | 4.1 | - 0.8 | 0.83 | 0.48 | 0.07 | 3.05 | 0.05 | 0.22 | 14.0 | 1.0 | 19.0 | 80.3 | xx |
| 3B _{tb} 2 | 90 - 130 | 5.0 | 4.3 | - 0.7 | 1.24 | 0.72 | 0.11 | 4.56 | 0.05 | 0.23 | 14.0 | 1.0 | 20.0 | 76.4 | xxx |
| 3B _{tb} 3 | 130 - 170 | 4.8 | 4.0 | - 0.8 | 0.48 | 0.28 | 0.02 | 2.38 | 0.04 | 0.23 | 16.0 | 1.0 | 18.4 | 93.8 | xx |

x= bajo, xx= medio, xxx= alto, xxxx= muy alto

Análisis de laboratorio.

Es un suelo con 170 cm de profundidad, los colores son conforme a las tablas de color Munsell de pardo a pardo amarillento en seco; en húmedo van de pardo grisáceo muy oscuro a pardo amarillento oscuro hasta pardo amarillento.

La densidad aparente presenta valores cercanos a la unidad, estos valores son irregulares en todo el perfil. La densidad real en la superficie es de 2.30 Mg m^{-3} y aumenta hasta 2.43 Mg m^{-3} a los 90 cm y se vuelve discontinua los valores de la densidad real. La porosidad es alta con valores de hasta 58.0%, al igual que las densidades la porosidad tiene valores discontinuos en todo el perfil.

El pH, en la suspensión del suelo con agua destilada, es muy ácido de 4.5 hasta 5.0; con la solución salina de KCl es muy ácido con valores de 3.3 a 4.3. El pH Δ es mayor a -0.5 lo que indica la ausencia de amorfos.

El contenido de materia orgánica es de 6.62% en la superficie siendo extremadamente rico hasta los 57 cm y se hace muy pobre de 57 a 90 cm con un valor de 0.83%; pobre de 90-130 cm con 1.24% y extremadamente pobre de 90-130 cm con 0.48% de materia orgánica.

El nitrógeno total (%) es rico en el subhorizonte Ap de 0-20 cm, medianamente rico de 20-40 cm y de 40-57 cm; posteriormente de 57-90 cm se hace medianamente pobre hasta ser pobre en los 130-170 cm de profundidad. El fósforo (ppm) es alto hasta los 40 cm y de los 40 a 170 cm es bajo.

La CIC es media a lo largo del perfil, el dato más alto es de 20.0 en los 90-130 cm y el más bajo es de 16.0 a los 40-57 cm, siendo los valores discontinuos en el perfil. En las bases intercambiables, el sodio es muy pobre en todo el perfil, el potasio va de medio en la capa más superficial a bajo en los siguientes subhorizontes; el calcio es alto de los 0-20 cm, medio de los 20-40 cm y alto en los 40-170 cm de profundidad; el magnesio es medio en los 0-57 cm, bajo en los 57-170 cm.

Perfil 3

Lugar: San Rafael Axolotla, Municipio de Nauzontla, Puebla.

Localización: 19° 56'06" latitud norte y 97° 36'45" longitud oeste

Altitud: 1440 msnm Relieve: ladera (30%)

Vegetación: Bosque Mesófilo de Montaña

Descripción:

- A₁ (0 -10 cm) Color en húmedo 7.5YR 3/2 pardo oscuro; textura franco arcillo limoso; estructura granular, moderada; consistencia suave y friable; poros frecuentes, muy finos y finos, tubulares intersticiales; permeabilidad moderada; raíces abundantes, finas y medias; bien drenado; reacción al alofano bajo; transición a la siguiente capa irregular y gradual.
- A₂ (10 - 34 cm) Color en húmedo 7.5 YR 4/2 pardo; textura: franco areno limoso; ligeramente pedregoso; estructura en bloques; consistencia suave y muy friable; poros escasos, muy finos, tubulares intersticiales; permeabilidad moderada; raíces abundantes, finas y gruesas; bien drenado; reacción al alofano muy alta; transición a la siguiente capa irregular y gradual
- AB (34 - 57 cm) Color en húmedo 7.5 YR 3/2 pardo oscuro; textura migajón arcilloso; ligeramente pedregoso; estructura poliédrica subangular; consistencia ligeramente dura y muy friable, adhesivo, plástico; poros frecuentes, medianos, tubulares intersticiales; permeabilidad moderada; raíces comunes, finas y medias; bien drenado; reacción al alofano muy alta; transición clara y casi plana a la siguiente capa.
- B₁₁ (57 - 80 cm) Color en húmedo 7.5 YR 4/4 pardo; textura arcillo limoso; ligeramente pedregoso, piedras medias; estructura poliédrica angular, moderadamente desarrollada; consistencia dura y muy friable, adhesivo y plástico; pocos poros, finos y medianos, tubulares intersticiales; permeabilidad moderada; raíces comunes, finas; bien drenado; reacción al alofano media; transición a la siguiente capa irregular y gradual.

B₂ (80 - 103 cm) Color en húmedo 7.5YR 5/8 pardo fuerte; textura migajón arcillo-limoso; ligeramente pedregoso, piedras medias; estructura poliédrica, moderadamente desarrollada; consistencia dura y friable, adhesivo y plástico; poros escasos, gruesos, finos y medianos, tubulares, intersticiales; permeabilidad moderada; raíces escasas, medias; bien drenado; reacción al alofano media transición a la siguiente capa irregular y gradual;

BCt (103 - 150 cm) Color en húmedo 7.5 YR 5/8 pardo fuerte; textura arcillo-limoso; pedregoso, piedras muy grandes y pequeñas; estructura poliédro-angular, fuertemente desarrollada; consistencia firme, pegajoso y plástico; poros frecuentes, gruesos y medianos, tubulares intersticiales; permeabilidad moderada; bien drenado; reacción al alofano alta.

Diagnosis del perfil.

Suelo constituido por un horizonte mólico (fig. 9) y un horizonte B argílico, se caracteriza por un alto desarrollo y un intemperismo intenso; probablemente deriva de la alteración de rocas filíticas. El perfil está constituido entonces por un subhorizonte A mólico con un espesor de 34 cm, un subhorizonte transicional denominado AB de 34 - 57 cm, un subhorizonte Bt₁ de 57- 80 cm un subhorizonte Bt₂ de 80 - 103 cm y otro horizonte BC de 103 - 150 cm.

El epipedon que incluye los horizontes A y AB se caracterizan por colores pardos oscuros de texturas que oscilan de arcillo-limoso a migajón -arcilloso, de estructura que varía de granular en la superficie a bloques subangulares. La consistencia en general es suave y tiende a ser ligeramente dura en la parte inferior del subhorizonte AB. En húmedo todos son friables, de ligera a moderadamente adhesivos con frecuencia plásticos. Las raíces finas son muy abundantes en los primeros centímetros de profundidad y comunes en la parte inferior del subhorizonte AB. La reacción al HCl es nula.

El horizonte B argílico presenta colores de pardo a pardo brillante en húmedo, de texturas finas, estructuras predominantemente subangulares, de consistencia que varía de

ligeramente dura a dura aunque en todos los casos friables, adhesiva y plástica. Los poros predominantemente son finos, aunque evidentemente un gran número de ellos no están interconectados, las raíces disminuyen con la profundidad, sin embargo el análisis microscópico de algunos agregados mostró una intensa actividad biológica. La reacción al HCl es nula.

Uso actual del suelo: zona forestal no maderable, Bosque Mesófilo de Montaña.

Cuadro 9. Perfil 3. Bosque Mesófilo de Montaña

| horizonte | prof. cm | color | | húmedad % | D.A | D. R. | porosidad % | Textura | | | |
|-----------------|-----------|------------------------------------|------------------------------------|-----------|------|-------|-------------|--------------------|---------|--------|-----------------------|
| | | Seco | Húmedo | | | | | Mg m ⁻³ | % arena | % limo | % arcilla |
| A ₁ | 0 - 10 | 10YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro | 10YR 2/2 pardo muy oscuro | 39.28 | 0.96 | 2.01 | 52.3 | 74.4 | 15.2 | 10.4 | franco arenoso |
| A ₂ | 10 - 34 | 10YR 3/3 pardo oscuro | 10YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro | 43.46 | 0.91 | 2.16 | 57.8 | 70.4 | 23.2 | 6.4 | franco arenoso |
| AB | 34 - 57 | 10YR 4/3 pardo oscuro | 10YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro | 49.65 | 0.98 | 2.27 | 56.4 | 68.4 | 21.2 | 10.4 | franco arenoso |
| B _{1t} | 57 - 80 | 10YR 5/3 pardo | 10YR 3/4 pardo amarillento oscuro | 29.44 | 0.93 | 2.38 | 60.9 | 48.4 | 25.6 | 26.0 | franco arcillo limoso |
| B _{2t} | 80 - 103 | 10YR 5/6 pardo amarillento | 10YR 4/6 pardo amarillento oscuro | 51.61 | 0.87 | 2.43 | 64.2 | 36.4 | 21.2 | 42.4 | arcilla |
| BC _t | 103 - 150 | 10YR 6/6 pardo amarillento | 10YR 4/6 pardo amarillento oscuro | 33.27 | 0.91 | 2.45 | 62.8 | 52.4 | 15.2 | 32.4 | franco arcillo limoso |

| horizonte | prof. cm | pH | | | M. O. | C % | N % | P ppm | Na ⁺ | K ⁺ | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | CIC | SB % | alofano % |
|-----------------|-----------|------------------------|-----------|-----|-------|-------|------|-------|-----------------|----------------|------------------|------------------|------|------|-----------|
| | | H ₂ O 1:2.5 | KCl 1:2.5 | Δ | | | | | | | | | | | |
| A ₁ | 0 - 10 | 5.0 | 3.9 | 1.1 | 22.59 | 13.11 | 0.95 | 88.65 | 0.04 | 0.09 | 18.0 | 5.0 | 35.0 | 66.1 | xx |
| A ₂ | 10 - 34 | 4.7 | 3.8 | 0.9 | 11.90 | 6.90 | 0.46 | 67.34 | 0.04 | 0.02 | 10.0 | 7.0 | 21.6 | 79.0 | xxxx |
| AB | 34 - 57 | 4.9 | 3.8 | 1.1 | 9.49 | 5.50 | 0.39 | 60.23 | 0.04 | 0.02 | 10.0 | 2.0 | 21.0 | 57.4 | xxxx |
| B _{1t} | 57 - 80 | 4.7 | 3.7 | 1.0 | 4.39 | 2.72 | 0.21 | 34.12 | 0.04 | 0.02 | 10.0 | 2.0 | 19.0 | 63.5 | xxx |
| B _{2t} | 80 - 103 | 4.6 | 3.6 | 1.0 | 1.45 | 0.84 | 0.09 | 27.60 | 0.04 | 0.02 | 12.0 | 3.0 | 17.0 | 88.6 | xxx |
| BC _t | 103 - 150 | 4.6 | 3.4 | 1.2 | 0.96 | 0.56 | --- | 11.23 | 0.04 | 0.02 | 15.0 | 2.0 | 16.2 | 92.7 | xx |

x= bajo, xx= medio, xxx= alto, xxxx= muy alto

Análisis de laboratorio

La profundidad total del perfil es de 150 cm. El color en seco en el horizonte A1 es pardo grisáceo muy oscuro, en el horizonte A2 y AB que llega hasta una profundidad de 57 cm el color es pardo oscuro y a partir de los 57 cm que corresponde a los horizontes B se hace más claro, siendo de color pardo, luego pardo amarillento y amarillo parduzco en la parte más profunda.

La textura de los 0 - 57 cm es franco arenoso, a partir de los 57 cm es franco arcillo limoso, pero en los 80 - 103 cm la textura es arcilla

El pH en H₂O es muy ácido < 5.5 en todos los horizontes y decrece conforme aumenta la profundidad del perfil; el pH en KCl alcanza unos valores muy bajos < 4.0, siendo nuevamente muy ácido; aquí los valores de pHA son mayores a 1.0

La materia orgánica de los 0 - 80 cm es extremadamente rica, de los 80 - 103 cm la materia orgánica es muy pobre (1.45%) y en los 103 - 150 cm la materia orgánica es pobre.

El fósforo asimilable es alto de los 0 - 80 cm de profundidad; medio en los 80 - 103 cm y bajo en los 103 - 150 cm de profundidad. El sodio a lo largo de todo el perfil es muy bajo, al igual que el potasio.

El calcio es alto en los 0 - 10 cm; medio de los 10 - 80 cm y alto de los 80 - 150 cm.

El magnesio en los 0 - 34 cm es alto; medio a partir de los 34 cm hasta los 150 cm.

La capacidad de intercambio catiónico es alta de los 0 - 57 cm de profundidad y media de los 57 - 150 cm; la saturación de bases es media de los 0 - 80 cm y alta de los 80 - 150 cm de profundidad.

Perfil 4.

Lugar: Cabecera municipal de Nauzontla, Puebla.

Localización: 19° 57'21" latitud norte y 97°36' 24" longitud oeste

Altitud: 1534 msnm Relieve: ladera (18%)

Vegetación: Cultivo de maíz/frijol (*Zea mays* L., *Phaseolus polyanthus* L.)

Descripción:

- A_p (0 - 13 cm) Color en húmedo 10YR 3/1 gris muy oscuro; textura arcillo limoso; sin piedras; estructura en bloques; consistencia dura, friable, adhesivo y plástico; poros escasos, finos, vesiculares, dentro y fuera de los agregados; permeabilidad lenta; raíces comunes, delgadas y finas; bien drenado; transición a la siguiente capa irregular y gradual.
- A_p (13 - 27 cm) Color en húmedo 10YR 3/1 gris muy oscuro; textura arcilla; muy pocas piedras, pequeñas, angulares; estructura poliédrica, fuertemente desarrollada; consistencia dura, friable; adhesivo y plástico; poros escasos, finos, intersticiales; permeabilidad lenta; pocas raíces, finas; transición a la siguiente capa irregular y gradual .
- 2C_{b1} (27 - 57 cm) Color en húmedo 10YR 2/1 negro; textura arcilla; muy pocas piedras, pequeñas, angulares; estructura poliédrica, fuertemente desarrollada, en bloques; consistencia dura, friable, adhesivo y plástico; poros escasos, finos, intersticiales, dentro y fuera de los agregados; permeabilidad lenta, pocas raíces, finas transición irregular y gradual a la siguiente capa.
- 2C_{b2} (57 - 79 cm) Color en húmedo 10YR 2/1 negro; textura arcilla; pedregoso (angular); estructura en bloques, fuertemente desarrollada, muy dura; consistencia friable, adhesivo y plástico; poros escasos, finos, vesiculares, dentro y fuera de los agregados; permeabilidad lenta; raíces raras y finas; transición clara y casi plana.
- 3AB_{tb} (79 - 136 cm) Color en húmedo 10YR 3/4 pardo amarillento oscuro; textura arcilla; pedregosa (angular); estructura bloques, moderadamente desarrollada; consistencia muy dura, ligeramente firme; adhesiva, plástica; poros muy escasos,

finos y medianos, vesiculares, dentro y fuera de los agregados; permeabilidad lenta; raíces muy raras y finas transición a la siguiente capa clara e irregular.

3B_{tb1} (136 - 165 cm) Color en húmedo 10YR 4/6 pardo amarillento oscuro; textura arcilla; pedregoso (angular); estructura en bloques, moderadamente desarrollada; consistencia muy dura, ligeramente firme, adhesiva y plástica; pocos poros, muy finos, vesiculares, dentro y fuera de los agregados; permeabilidad lenta; no hay presencia de raíces; transición a la siguiente capa gradual e irregular.

3B_{tb2} (165 - 191 cm) Color en húmedo 10YR 3/6 pardo amarillento obscuro; textura arcilla; pedregoso (angular); estructura en bloques, moderadamente desarrollada; consistencia muy dura, ligeramente firme, adhesiva, plástica; muy pocos poros, muy finos, vesiculares, dentro y fuera de los agregados; permeabilidad lenta; no hay raíces.

Diagnosis del perfil

Es un suelo policíclico, constituido por dos capas que sepultan a un horizonte argílico de un paleosuelo (fig. 10). La primera capa con un espesor de 27 cm es de color gris muy obscuro en húmedo, textura fina, estructura en bloques angulares y subangulares, de consistencia muy dura aunque friable, adhesivo y plástico. Predominan los poros finos aunque en su mayoría no están intercomunicados. Las raíces se presentan en cantidades moderadas en la superficie y disminuyen con la profundidad. Reacción nula al HCl.

La siguiente capa presenta un espesor de 27 - 79 cm de profundidad, es de color negro, textura fina (migajón- arcilloso), estructura predominantemente en bloques, de consistencia dura en seco aunque friable, adhesivo y plástico en húmedo, porosidad escasa, predominando los poros finos. Las raíces son escasas y disminuyen con la profundidad. La reacción al HCl es nula.

Estas capas sepultan parte de un horizonte argílico de un paleosuelo muy intemperizado y desarrollado. El paleosuelo se caracteriza por colores pardo amarillento oscuros en húmedo; textura fina y estructura predominantemente en bloques; es duro a muy duro en

seco y friable a muy friable en húmedo, ocasionalmente es firme a ligeramente firme. En general es adhesivo y plástico, poco poroso predominando los poros finos y muy finos. Las raíces son muy escasas a nula. No presenta reacción al HCl.

Uso actual de suelo: agricultura de temporal, con fertilización orgánica solamente.

Cultivo de maíz/frijol (*Zea mays* L., *Phaseolus polyanthus* L.)

Cuadro 10. Perfil 4.Cultivo de maíz/ frijol (*Zea mays* L., *Phaseolus polyanthus* L.)

| horizonte | prof. cm | color | | hume dad % | D.A | D. R. | porosidad % | Textura | | | |
|-------------------|-------------|---|--|------------------|------|-------|----------------|---------|--------|-----------|-----------------------------|
| | | seco | húmedo | | | | | %arena | % limo | % arcilla | |
| Ap | 0 - 13 | 10YR 5/2 pardo grisáceo | 10YR 3/1 gris muy oscuro | 38.34 | 0.89 | 2.51 | 64.5 | 18.0 | 29.6 | 52.4 | arcilla |
| Ap | 13 - 27 | 10YR 5/2 pardo grisáceo | 10YR 3/1 gris muy oscuro | 36.91 | 0.93 | 2.66 | 65.1 | 10.4 | 39.6 | 50.0 | arcilla |
| 2Cb1 | 27 - 57 | 10YR 4/2 pardo grisáceo oscuro | 10YR 2/1 negro | 44.72 | 0.93 | 2.44 | 61.9 | 28.4 | 39.6 | 32.0 | franco arcilloso |
| 2Cb2 | 57 - 79 | 10YR 4/2 pardo grisáceo oscuro | 10YR 2/1 negro | 68.48 | 0.90 | 2.39 | 62.3 | 58.4 | 21.6 | 20.0 | franco arcillo limoso |
| 3AB _{tb} | 79 - 136 | 10YR 5/4 pardo amarillento | 10YR 3/4 pardo amarillento oscuro | 76.96 | 0.94 | 2.39 | 60.6 | 77.6 | 16.0 | 6.4 | arena francoso |
| 3B _{tb1} | 136 - 165 | 10YR 5/6 pardo amarillento | 10YR 4/6 pardo amarillento oscuro | 72.51 | 0.91 | 2.43 | 62.6 | 85.6 | 11.2 | 3.2 | arena francoso |
| 3B _{tb2} | 165 - 191 | 10YR 5/6 pardo amarillento | 10YR 3/6 pardo amarillento oscuro | 85.41 | 0.87 | 1.84 | 52.7 | 84.0 | 9.6 | 6.4 | arena francoso |

| hori zonte | prof. cm | pH | | | M. O. | C | N | P | Na ⁺ | K ⁺ | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | CIC | SB | alofano |
|-----------------------|--------------|---------------------------|--------------|-------|-------|------|------|-------|-----------------|----------------|------------------|------------------|------|------|---------|
| | | H ₂ O 1:2.5 | KCl 1:2.5 | Δ | | | | | | | | | | | |
| Ap | 0 - 13 | 5.2 | 4.5 | - 0.7 | 7.31 | 4.24 | 0.32 | 27.34 | 0.04 | 0.20 | 15.0 | 16.0 | 31.2 | 100 | x |
| Ap | 13 - 27 | 5.5 | 4.5 | - 1.0 | 5.52 | 3.20 | 0.24 | 22.66 | 0.04 | 0.12 | 13.0 | 16.0 | 28.0 | 93.4 | x |
| 2Cb1 | 27 - 57 | 5.6 | 4.6 | - 1.0 | 5.45 | 3.16 | 0.24 | 13.17 | 0.04 | 0.09 | 22.0 | 3.0 | 30.4 | 82.7 | xx |
| 2Cb2 | 57 - 79 | 5.9 | 4.8 | - 1.1 | 4.48 | 2.60 | 0.18 | 7.65 | 0.04 | 0.03 | 12.0 | 1.0 | 34.0 | 38.4 | xxxx |
| 3AB _t b | 79 - 136 | 6.1 | 5.1 | - 1.0 | 2.76 | 1.60 | 0.11 | 1.36 | 0.04 | 0.03 | 9.0 | 15.0 | 25.4 | 94.8 | xxxx |
| 3B _{tb} 1 | 136 - 165 | 6.2 | 5.3 | - 0.9 | 1.45 | 0.84 | 0.04 | 0.97 | 0.04 | 0.16 | 9.0 | 7.0 | 25.8 | 62.8 | xxxx |
| 3B _{tb} 2 | 165 - 191 | 6.3 | 5.4 | - 0.9 | 1.45 | 0.84 | 0.03 | 1.22 | 0.04 | 0.20 | 12.0 | 5.0 | 23.4 | 73.7 | xxxx |

x= bajo, xx= medio, xxx= alto, xxxx= muy alto

Análisis de laboratorio.

La profundidad total del perfil es de 191 cm., los colores de acuerdo a las tablas de color Munsell son en seco de 0 - 27 cm de profundidad pardo grisáceo, de los 27 - 79 cm es pardo grisáceo oscuro y de los 79 - 191 cm es pardo amarillento; en húmedo de los 0 - 27 cm el color es gris muy oscuro, de los 27 - 79 cm es negro y de los 79 - 191 cm es pardo amarillento oscuro.

La humedad en el horizonte más superficial es de 38.34% y aumenta conforme es mayor la profundidad hasta llegar los 191 cm con una humedad de 85.41%. Las texturas en este perfil son muy variables. En los 0 - 27 cm de profundidad la textura es arcilla, de los 27 - 57 cm es franco arcilloso, de los 57 - 79 cm es franco arcillo limoso y de los 79 - 191 cm es arena francoso (ver discusión de textura)

El pH en suspensión del suelo con agua destilada en los 0- 27 cm es muy ácido < 5.5 ; de los 27 - 79 cm es ácido 5.6 a 5.9 y ligeramente ácido de los 79- 191 cm de profundidad con valores de 6.1 a 6.3. El pH en la solución salina de KCl es en todo el perfil muy ácido, puesto que va de 4.5 en la capa más superficial a 5.4 en la parte más profunda. La materia orgánica es extremadamente rica en los 0 - 79 cm, es medianamente rica en 79 - 136 cm y medianamente pobre en los 136 - 191 cm de profundidad.

El nitrógeno total es rico en 0 - 57 cm, en los 57 - 79 cm es medianamente rico, en los 79 - 136 cm es mediano, y en los 136 - 191 cm es medianamente pobre. El fósforo asimilable es alto en los 0 - 57 cm, medio en 57 - 79 cm y bajo en 79 - 191 cm. El sodio en todos los horizontes es muy bajo. El potasio es bajo en 0 - 13 cm, muy bajo en 13 - 165 cm y bajo en los 165 - 191 cm de profundidad. El calcio es alto en los 0- 79 cm, medio en los 79 - 165 cm y alto en los 136 - 191 cm. El magnesio es alto de los 0 - 27 cm, medio de los 27 - 57 cm, bajo en 57 - 79 cm y alto en 79 - 191 cm.

La capacidad de intercambio catiónico es alta en todo el perfil, la saturación de bases en todo el perfil es media.

Fig. 11. Perfil 5.

Es uno de los suelos que muestra mayor desarrollo, ya que presenta un horizonte A ócrico y un B argílico. Este Paleosuelo sepulta a un Paleosuelo muy antiguo y litificado, con apariencia actual de roca sedimentaria estratificada. La presencia de raíces fósiles indica que fue un suelo.

Fig. 12. Perfil 6.

0. cobertura vegetal densa
1. bloques angulares
2. gravas redondeadas, indican que en algún momento este material fue de origen aluvial
3. gravas redondeadas (origen aluvial)
4. gravas angulares (origen coluvial)
5. lente de arcilla

Fig. 13. Perfil 7.

1. cobertura vegetal
2. estructura granular
3. material aluvial, representado por gravas muy alteradas
4. raíces medias y comunes

El espesor y desarrollo del horizonte úmbrico se debe en gran parte al efecto de la vegetación de este suelo.

Fig. 14. Perfil 8.

0. cobertura vegetal
1. estructura granular y sub- angular
2. bloques angulares

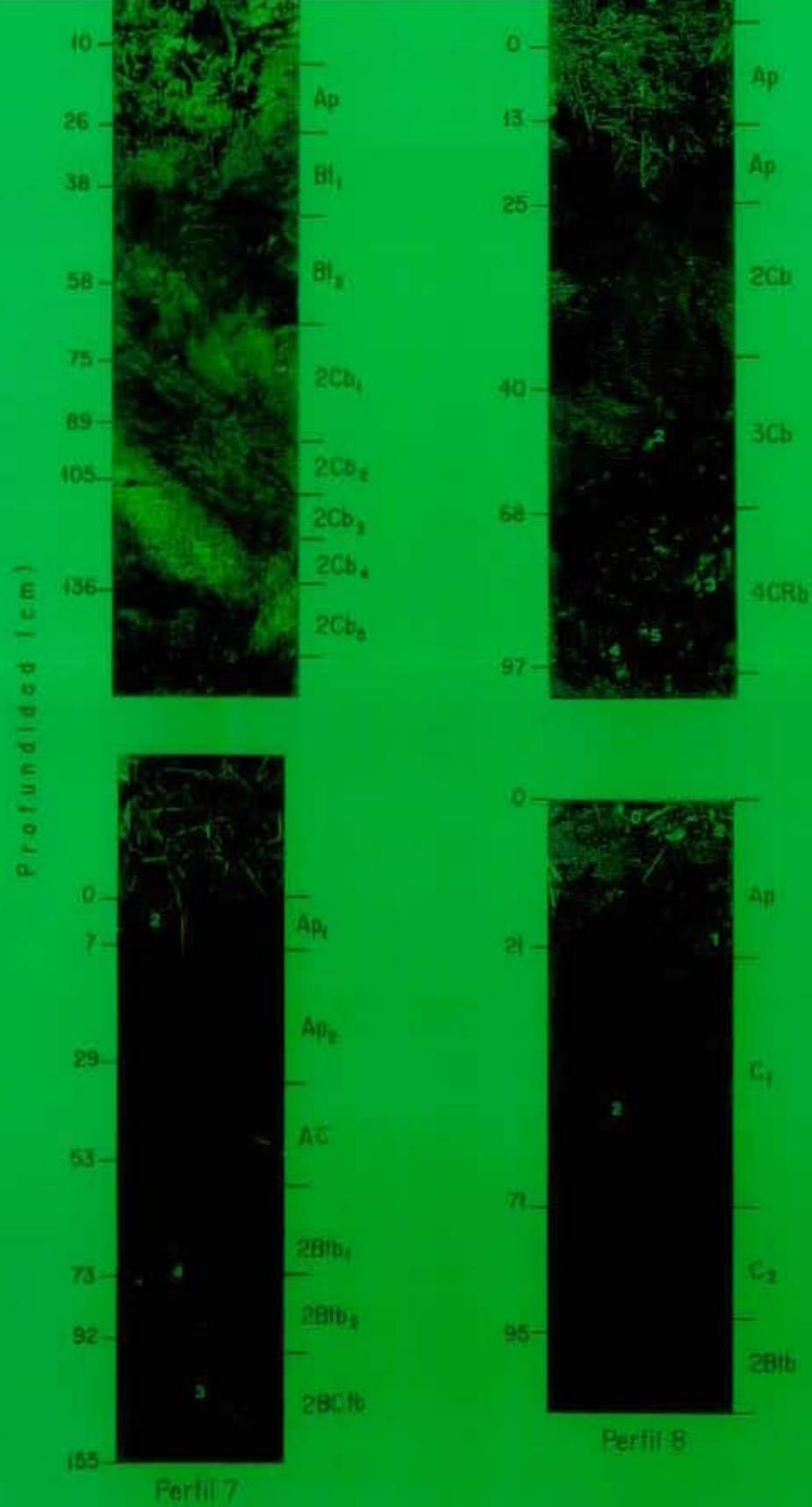


Fig. 11. Perfil 1, Fig. 12 Perfil 2, Fig. 13 Perfil 7 y Fig. 14 Perfil 8.

Perfil 5.

Lugar: Tepanyehual, Municipio de Nauzontla, Puebla

Localización: 19° 58'35" latitud norte y 97°35'28" longitud oeste

Altitud: 1488 msnm Relieve: ladera (27%)

Vegetación: Cultivo de frijol/chile cera (amarillo) (*Phaseolus vulgaris* L., *Capsicum pubescens* Jacq.)

Descripción:

A_p (0 - 10 cm) Color en húmedo 10YR 5/4 pardo amarillento; textura arcilla; sin piedras; consistencia blanda y muy friable, adhesivo, ligeramente plástico; muy pocos poros, muy finos; permeabilidad rápida; raíces comunes, delgadas; bien drenado transición a la siguiente capa gradual e irregular.

B_{u1} (10 - 26 cm) Color en húmedo 10YR 6/6 amarillo pardusco; textura franco arcilloso; muy pocas piedras, gravas; sin estructura; consistencia blanda, en ocasiones suelta y friable, ligeramente adhesivo, ligeramente plástico; muy pocos poros, muy finos; permeabilidad rápida; raíces comunes, delgadas; bien drenado transición gradual e irregular a la siguiente capa;

Bt₁₂ (26 - 38 cm) Color en húmedo 10YR 5/8 pardo amarillento; textura franco arcilloso; ligeramente pedregoso, gravas; estructura subangular, moderadamente desarrollada; consistencia muy dura, ligeramente firme, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; permeabilidad rápida; pocas raíces, finas; bien drenado; la transición a la siguiente capa es difusa.

Bt₂₁ (38 - 45/58 cm) Color en húmedo 10YR 5/8 pardo amarillento; textura franco arcillosa; ligeramente pedregoso, gravas; estructura débilmente desarrollada (estructura de roca); consistencia muy dura, friable, no plástico, no adhesivo; presencia de nódulos; permeabilidad rápida; pocas raíces, finas; bien drenado; no hay reacción al HCl ni H₂O₂; transición gradual e irregular a la siguiente capa.

B₁₂₂ (58 - 75 cm) Color en húmedo 10YR 5/8 pardo amarillento; textura franco limo arcilloso; ligeramente pedregoso, gravas; estructura débilmente desarrollada

(estructura de roca); consistencia muy dura, friable, no plástico, no adhesivo; presencia de nódulos; permeabilidad rápida; bien drenado; sin reacción al HCl ni al H₂O₂; transición gradual e irregular a la siguiente capa.

BC₁ (75- 89 cm) Color en húmedo 10YR 8/8 amarillo; textura franco limo arcilloso; pedregoso, gravas; estructura débilmente desarrollada; consistencia dura, friable, no plástico, no adhesivo; presencia de nódulos; permeabilidad rápida, bien drenado; sin reacción al HCl ni al H₂O₂; transición a la siguiente capa gradual e irregular.

C (89 – 105 cm) Color en húmedo 10YR 7/8 amarillo; textura franco limo arcilloso; muy pedregoso, gravas; sin estructura; consistencia muy dura, friable, no plástico, ligeramente adhesivo; presencia de nódulos; permeabilidad rápida, bien drenado; sin reacción al HCl ni al H₂O₂; transición gradual e irregular a la siguiente capa;

2C_b (105 –136 cm) Color en húmedo 10YR 8/4 pardo muy pálido; textura franco arcillo limoso; muy pedregoso, gravas; sin estructura; consistencia muy dura, friable, no plástico, ligeramente adhesivo; presencia de nódulos; permeabilidad rápida, bien drenado; sin reacción al HCl ni al H₂O₂.

Diagnosis del perfil

Es un suelo relicto (fig. 11) donde parte del horizonte argílico de los paleosuelos referidos en las descripciones anteriores, sepulta a un suelo muy antiguo 2Cb, sumamente intemperizado y altamente caolinizado. El paleosuelo tiene un espesor de aproximadamente 105 cm y sus características morfológicas son similares a las descritas anteriormente para estos paleosuelos.

El suelo sepultado resulta imposible de determinar su morfología, dado su alteración y grado de metamorfismo. Así de los horizontes sólo quedan unas evidencias de que fue un suelo por las huellas de raíces que se observan en varios terrones.

Uso actual del suelo: agricultura de temporal.

Cultivo actual de frijol/chile cera (amarillo) (*Phaseolus vulgaris* L., *Capsicum pubescens* Jacq.) con fertilización esporádica.

Cuadro 11. Perfil 5. Cultivo de frijol/ chile cera (*Phaseolus vulgaris* L., *Capsicum pubescens* Jacq.)

| hori zonte | prof. cm | color | | hume dad % | D.A | D. R. | porosidad % | Textura | | | |
|------------------|------------|------------------------------|---------------------------|------------|------|-------|-------------|--------------------|--------|--------|-----------------------|
| | | seco | húmedo | | | | | Mg m ⁻³ | %arena | % limo | % arcilla |
| A _p | 0 - 10 | 10YR 6/6 amarillo pardusco | 7.5YR 3/4 pardo oscuro | 14.32 | 0.91 | 2.38 | 61.8 | 48.8 | 33.6 | 17.6 | franco |
| B _{t11} | 10 - 26 | 10YR 5/6 amarillo pardusco | 7.5YR 4/6 pardo fuerte | 18.18 | 0.99 | 2.47 | 59.9 | 55.6 | 20.8 | 23.6 | franco arcillo limoso |
| B _{t12} | 26 - 38 | 10YR 6/6 amarillo pardusco | 7.5YR 5/6 pardo fuerte | 21.11 | 1.01 | 2.64 | 61.7 | 37.2 | 23.2 | 39.6 | franco arcilloso |
| B _{t21} | 38 - 45/58 | 10YR 7/6 amarillo | 7.5YR 5/8 pardo fuerte | 22.67 | 1.02 | 2.48 | 58.9 | 43.2 | 27.2 | 29.6 | franco arcilloso |
| B _{t22} | 58 - 75 | 10YR 8/6 amarillo | 7.5YR 5/6 pardo fuerte | 23.87 | 0.98 | 2.53 | 61.2 | 51.6 | 18.8 | 29.6 | franco arcillo limoso |
| BC ₁ | 75 - 89 | 10YR 8/6 amarillo | 7.5YR 6/8 amarillo rojizo | 24.27 | 0.97 | 2.54 | 61.9 | 51.6 | 26.8 | 21.7 | franco arcillo limoso |
| C | 89 - 105 | 10YR 8/4 amarillo muy pálido | 7.5YR 6/8 amarillo rojizo | 23.18 | 0.99 | 2.60 | 62.0 | 50.4 | 28.4 | 21.2 | franco arcillo limoso |
| 2C _b | 105 - 136 | 10YR 8/3 amarillo muy pálido | 7.5YR 8/4 rosa | 23.97 | 0.93 | 2.60 | 64.3 | 42.8 | 34.0 | 23.2 | franco |

| hori zonte | prof. cm | pH | | | M. O. | C | N | P | Na ⁺ | K ⁺ | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | CIC | SB | alofano |
|------------------|------------|------------------------|-----------|------|-------|------|------|------|-----------------|----------------|------------------|------------------|-----|------|---------|
| | | H ₂ O 1:2.5 | KCl 1:2.5 | Δ | | | | | | | | | | | |
| A _p | 0 - 10 | 4.8 | 4.1 | -0.7 | 6.76 | 3.92 | 0.31 | 8.27 | 0.04 | 0.16 | 5.0 | 3.0 | 9.6 | 85.4 | xxxx |
| B _{t11} | 10 - 26 | 4.1 | 3.6 | -0.5 | 3.31 | 1.92 | 0.19 | 6.14 | 0.04 | 0.11 | 5.0 | 3.0 | 8.8 | 92.6 | xxxx |
| B _{t12} | 26 - 38 | 4.2 | 3.4 | -0.8 | 0.76 | 0.44 | 0.01 | 7.05 | 0.04 | 0.03 | 4.0 | 2.0 | 6.6 | 91.6 | xxx |
| B _{t21} | 38 - 45/58 | 4.2 | 3.3 | -0.9 | 0.41 | 0.24 | ---- | 1.30 | 0.04 | 0.02 | 2.0 | 3.0 | 5.6 | 90.3 | xx |
| B _{t22} | 58 - 75 | 3.9 | 3.4 | -0.5 | 0.48 | 0.28 | ---- | 0.95 | 0.04 | 0.02 | 2.0 | 2.0 | 5.4 | 75.1 | x |
| BC ₁ | 75 - 89 | 3.8 | 3.4 | -0.4 | 0.07 | 0.04 | ---- | 0.88 | 0.05 | 0.02 | 2.0 | 2.0 | 5.0 | 81.4 | x |
| C | 89 - 105 | 4.3 | 3.4 | -0.9 | 0.35 | 0.20 | ---- | 0.70 | 0.10 | 0.02 | 2.0 | 2.0 | 5.0 | 82.4 | x |
| 2C _b | 105 - 136 | 4.1 | 3.3 | -0.8 | 0.35 | 0.20 | ---- | 0.75 | 0.16 | 0.02 | 2.0 | 2.0 | 4.2 | 99.5 | x |

x= bajo, xx= medio, xxx= alto, xxxx= muy alto

Análisis de laboratorio

La profundidad total del perfil es de 136 cm. El color según las tablas de color Munsell en seco es amarillo pardusco de 0 - 45/58 cm de profundidad, amarillo de 38 - 89 cm, y

amarillo muy pálido en 89 - 136 cm; el color en seco es pardo oscuro de 0 - 10 cm, de los 10 - 75 cm es pardo fuerte, de 75 - 105 cm es amarillo rojizo y de 105 - 136 cm es rosa. La humedad en este perfil aumenta de 14.32 % a 23.97 % a mayor profundidad.

La textura es irregular en el perfil. En el horizonte más superficial es franco, en los 10 - 26 cm es franco arcillo limoso, en los 26 - 45/58 cm es franco arcilloso, en los 58 - 105 cm es franco arcillo limoso y en los 105 - 136 cm es franco.

El pH en la suspensión del suelo con agua destilada, es muy ácido, ya que el pH va de 3.8 a 4.8 ; en la solución salina de KCl es muy ácido y de igual forma el pH va de 3.3 a 4.1. Los valores que se reportan para ubicar el pH en muy ácidos son <5.5 , y nuestros datos están más abajo que estos valores.

El contenido de la materia orgánica en los 0 - 10 cm es extremadamente rica, en los 10 - 26 cm es rica, en los 26 - 38 cm es pobre y en los 38 - 136 cm es extremadamente pobre.

El contenido de nitrógeno total es rico en los 0 - 10 cm, medianamente rico en los 10 - 26 cm, pobre en 26 - 38 cm y de 38 - 136 cm de profundidad no hubo lectura de resultados. El fósforo en los 0 - 38 cm es medio, y en los 38 - 136 cm es bajo el fósforo.

En las bases intercambiables el sodio es muy pobre en todo el perfil; el potasio es muy bajo en todo el perfil; el calcio de los 0 - 26 cm es medio, de los 26 - 136 cm es bajo; el magnesio es medio en todo el perfil.

La capacidad de intercambio catiónico es baja de los 0- 105 cm de profundidad, de los 105- 136 cm es muy baja. El porcentaje de saturación de bases es alto en todo el perfil.

Perfil 6.

Lugar: Santa Lucía Atioyan, Municipio de Nauzontla, Puebla

Localización: 19° 58'04" latitud norte y 97°34'55" longitud oeste

Altitud: 1475 msnm Relieve: planicie (10%)

Vegetación: Cultivo de maíz/frijol (*Zea mays* L., *Phaseolus coccineus* ssp *coccineus* L.)

Descripción:

A_p (0-13 cm) Color en húmedo 10 YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro; textura arcilla; sin piedras, bloques angulares y suelta; consistencia ligeramente dura (bloques), friable, ligeramente adhesivo, no plástico; muy pocos poros, muy finos; permeabilidad rápida; raíces comunes, delgadas; bien drenado; sin reacción al HCl ni al H₂O₂; transición gradual e irregular a la siguiente capa.

A_p (13- 25/40) cm Color en húmedo 10YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro; textura arcillosa; sin piedras; estructura moderadamente desarrollada, consistencia blanda, friable, ligeramente adhesiva, ligeramente plástico; muy pocos poros, muy finos; permeabilidad rápida; pocas raíces y finas; sin reacción al HCl y muy ligera reacción al H₂O₂; transición clara y ondulada a la siguiente capa.

2C_{bl} (25- 40 cm) Color en húmedo 10YR 3/6 pardo amarillento oscuro; textura franco limo arcilloso; muy pocas piedras, pequeñas, angulares; estructura en bloques, moderadamente desarrollada; consistencia dura, muy friable, ligeramente adhesiva, ligeramente plástico; muy pocos poros, muy finos; permeabilidad rápida; raíces raras, muy finas; sin reacción al HCl, ligera reacción al H₂O₂

3C_{bl} (40- 68 cm) Color en húmedo 10YR 3/2 pardo oscuro muy grisáceo; textura franco limo arcilloso; ligeramente pedregoso, piedras pequeñas y medias, angulares; estructura en bloques moderadamente desarrollada; consistencia ligeramente dura, muy friable, ligeramente adhesivo, ligeramente plástico; permeabilidad rápida; raíces muy raras y muy finas; sin reacción al HCl, muy fuerte reacción al H₂O₂; transición gradual e irregular a la siguiente capa, media ondulada.

4CR_b (68- 97 cm) Color en húmedo 10YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro; textura migajón arcilloso; muy pedregoso, piedras grandes, sub-angulares; estructura

moderadamente desarrollada; consistencia ligeramente dura, muy friable, adhesivo, ligeramente plástico; permeabilidad rápida; sin reacción al HCl, muy fuerte reacción al H₂O₂.

Diagnosis del perfil.

Es un suelo policíclico, muy estratificado (fig. 12) constituido por un horizonte Ap con espesor de 25 cm, que sobreyace a una capa derivada de la erosión de los paleosuelos que está comprendida entre los 25 - 40 cm la cual sepulta a otra capa comprendida entre los 40 - 68 cm. Todas estas capas a su vez sepultan a un paleosuelo derivado de roca metamórfica del cual sólo se conserva parte del horizonte CR.

Se trata de un suelo muy estratificado, muy contrastante en color, estructura y textura. Así las primeras capas denominadas Ap son de color pardo grisáceo muy oscuro, de textura fina, estructura en bloques desarrollados de consistencia variable aunque friable, ligeramente adhesivos y de nulo a ligeramente plásticos. Estos subhorizontes son poco porosos, predominando los poros finos. Las raíces son comunes únicamente en los primeros 10 cm de profundidad.

La capa comprendida entre 25 y 40 cm de profundidad presenta un color pardo amarillento muy oscuro que contrasta fuertemente con las capas que le sobreyacen y subyacen. Su textura es media y su estructura es en bloques, de consistencia dura aunque friable, ligeramente adhesivos y ligeramente plásticos. Poco poroso, las raíces son raras.

La capa comprendida entre 40 - 68 cm de profundidad es de color pardo oscuro muy grisáceo, muy gravoso, de textura media y estructura en bloques, de consistencia dura aunque muy friable, ligeramente adhesiva y plástica. Las raíces son muy raras.

La capa de 68 - 97 cm representa lo que fue parte de un suelo residual, esta capa de color pardo grisáceo muy oscuro es muy gravosa incluso pedregosa. El suelo contenido muestra una estructura moderadamente desarrollada de forma subangular, textura fina, consistencia

ligeramente dura aunque muy friable, adhesivo y ligeramente plástico. No se presentan raíces.

Uso actual del suelo: agricultura de temporal

Cultivos principales: maíz/frijol (*Zea mays* L., *Phaseolus coccineus* ssp *coccineus* L.)

Cuadro 12. Perfil 6. Cultivo de maíz/ frijol (*Zea mays* L., *Phaseolus coccineus* ssp *coccineus* L.)

| horizonte | prof. cm | color | | humedad | D.A | D. R. | porosidad | Textura | | | |
|------------------|---------------|----------------------------------|---|---------|--------------------|-------|-----------|---------|--------|-----------|-------------------|
| | | seco | húmedo | % | Mg m ⁻³ | | % | %arena | % limo | % arcilla | |
| A _p | 0 - 13 | 10YR 5/4 pardo amarillento | 10YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro | 26.33 | 1.01 | 2.43 | 58.4 | 54.8 | 28.0 | 17.2 | franco arenoso |
| A _p | 13 - 25/40 | 10YR 5/4 pardo amarillento | 10YR 2/2 pardo muy oscuro | 34.69 | 1.03 | 2.58 | 60.0 | 54.5 | 28.4 | 17.2 | franco arenoso |
| 2C _{b1} | 25 - 40 | 10YR 5/6 pardo amarillento | 10YR 3/4 pardo amarillento oscuro | 31.50 | 1.00 | 2.68 | 62.7 | 67.6 | 20.0 | 12.4 | franco arenoso |
| 3C _{b1} | 40 - 68 | 10YR 3/3 pardo oscuro | 10YR 2/2 pardo muy oscuro | 27.18 | 0.99 | 2.59 | 61.7 | 61.6 | 30.0 | 8.4 | franco arenoso |
| 4CR _b | 68 -97 | 10YR 4/3 pardo | 10YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro | 24.11 | 1.01 | 2.64 | 61.8 | 59.6 | 20.0 | 20.4 | franco arenoso |

| hori zonte | prof. cm | pH | | | M. O. | C | N | P | Na ⁺ | K ⁺ | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | CIC | SB | alofano |
|------------------|-------------|---------------------------|--------------|------|-------|------|------|-------|--------------------------|----------------|------------------|------------------|------|------|---------|
| | | H ₂ O 1:2.5 | KCl 1:2.5 | Δ | % | | | ppm | cmol(+) kg ⁻¹ | | | | % | | |
| A _p | 0 - 13 | 4.0 | 3.6 | -0.4 | 6.76 | 3.92 | 0.27 | 13.45 | 0.04 | 0.12 | 10.3 | 5.0 | 15.0 | 89.7 | xxxx |
| A _p | 13 - 25 | 3.8 | 3.5 | -0.3 | 5.93 | 3.44 | 0.17 | 7.36 | 0.04 | 0.03 | 3.0 | 5.0 | 13.0 | 62.0 | xxxx |
| 2C _{b1} | 25 - 40 | 4.5 | 4.2 | -0.3 | 1.31 | 0.76 | 0.03 | 9.44 | 0.04 | 0.02 | 9.0 | 1.0 | 9.6 | 94.4 | xx |
| 3C _{b1} | 40 - 68 | 5.0 | 4.4 | -0.6 | 0.20 | 0.12 | ---- | 3.80 | 0.04 | 0.03 | 4.0 | 2.0 | 8.0 | 75.9 | x |
| 4CR b | 68 -97 | 4.7 | 4.3 | -0.4 | 0.14 | 0.08 | ---- | 2.20 | 0.04 | 0.02 | 3.0 | 6.0 | 10.0 | 90.6 | x |

x= bajo, xx= medio, xxx= alto, xxxx= muy alto

Análisis de laboratorio.

La profundidad total del perfil es de 97 cm. El color en seco en los 0 - 40 cm es pardo amarillento, de los 40 - 68 cm es pardo oscuro y de los 68 - 97 cm es pardo; el color en húmedo de los 0 - 13 cm de profundidad es pardo grisáceo muy oscuro, de los 13 - 25/40

cm es pardo muy oscuro, de los 25 -40 cm es pardo amarillento oscuro, de los 40 - 68 cm es pardo muy oscuro y de los 68 - 97 cm es pardo grisáceo muy oscuro

La textura en todo el perfil es de franco arenoso.

El pH en la suspensión del suelo con H₂O destilada, es muy ácido en todo el perfil; el pH en la solución salina de KCl es muy ácido, los valores son de 3.5 hasta 4.4.

El porcentaje de materia orgánica de los 0 - 25 cm de profundidad es extremadamente rico, de los 25 - 40 cm es medianamente pobre, y de los 40 - 97 cm es extremadamente pobre. El porcentaje de nitrógeno en los 0- 13 cm es rico, de los 13 - 25/40 cm es medianamente rico, es pobre de los 25 - 40 cm es medianamente pobre y de los 40 - 97 cm no se detectó.

El fósforo de los 0 - 13 cm alto, de los 13 - 40 cm es medio, de los 40 - 97 cm es bajo; de las bases intercambiables el sodio es muy pobre en todo el perfil; el potasio es muy bajo en todo el perfil; el calcio en los 0 - 13 cm es alto, de los 13 - 25 cm es bajo, de los 25 - 40 cm es medio y de los 40 - 97 es bajo; el magnesio de los 0 - 25 cm es alto, de los 25 - 40 cm es bajo, de los 40 - 68 cm es medio y de los 68 97 cm es alto.

La capacidad de intercambio catiónico de los 0 - 97 cm es baja; el porcentaje de saturación de bases es de los 0 - 13 cm es alto, de los 13 - 25 cm es media, de los 25 - 40 cm es alta, de los 40 - 68 cm es media y de los 68 - 97 cm alta.

Perfil 7.

Lugar: Guayabal Municipio de Nauzontla, Puebla

Localización: 19° 59'54" latitud norte y 97°34'53" longitud oeste

Altitud: 1105 msnm Relieve ladera (25%)

Vegetación: Cultivo de café (*Coffea arabica* L.) y árboles frutales (plátano, naranja, guayabo, limón) (*Musa acuminata* x *M. balbisiana*, *Citrus sinensis*, *Psidium guajava*, *Citrus aurantifolia*)

Descripción:

A_{p1} (0- 7 cm) Color en húmedo 10YR 3/3 pardo oscuro; textura franco arcilloso; sin piedras; estructura granular fina y en bloques; consistencia ligeramente dura, friable, ligeramente adhesivo, ligeramente plástico; poros escasos, finos, vesiculares, fuera de los agregados; permeabilidad moderada; raíces comunes, finas; bien drenado; transición gradual e irregular a la siguiente capa.

A_{p2} (7- 29 cm) Color en húmedo 10YR 3/3 pardo oscuro; textura franco arcillo limoso; sin piedras; estructura moderadamente desarrollada, en bloques y granular; ligeramente adhesivo, ligeramente plástico; poros frecuentes, finos, intersticiales, dentro de los agregados; permeabilidad moderada; raíces comunes y finas; bien drenado transición gradual a la siguiente capa.

Ac (29- 53 cm) Color en húmedo 10YR 3/3 pardo oscuro; textura franco arcillo limoso; sin piedras; estructura débilmente desarrollada; consistencia muy dura, friable, ligeramente adhesivo, ligeramente plástico; poros escasos, finos, vesiculares, dentro de los agregados; permeabilidad moderada; pocas raíces, delgadas; bien drenado; transición abrupta y plana a la siguiente capa.

2B_{tb1} (53- 73 cm) Color en húmedo 10YR 4/6 pardo oscuro amarillento; textura arcilla; ligeramente pedregoso, piedras pequeñas sub-angulares; estructura moderadamente desarrollada en bloques y granular; ligeramente adhesivo, ligeramente plástico; poros escasos, finos, vesiculares, dentro de los agregados; permeabilidad lenta; pocas raíces, medianas y finas; bien drenado; transición clara e irregular a la siguiente capa.

2B_{tb2} (73 - 92 cm) Color en húmedo 10YR 5/6 pardo amarillento; textura arcillo limoso; ligeramente pedregoso, piedras pequeñas sub-angulares; estructura en bloques moderadamente desarrollada; consistencia dura y friable adhesiva, moderadamente plástico; manchas color grisáceo; poros escasos, finos, tubulares, dentro de los agregados; permeabilidad lenta; pocas raíces, medias y finas; bien drenado. Transición gradual a la siguiente capa.

2BC_{tb} (92 - 155 cm) Color en húmedo 10YR 5/8 pardo amarillento; textura arcillo limoso; ligeramente pedregoso, piedras pequeñas, sub-angulares; estructura en bloques, moderadamente desarrollada; consistencia adhesiva, moderadamente plástico; estratos con concentraciones discontinuos; poros escasos, finos, vesiculares, fuera de los agregados; permeabilidad lenta; pocas raíces, finas; bien drenado; transición a la siguiente capa marcada.

Diagnosis del perfil

Suelo policíclico caracterizado por la presencia de un horizonte con espesor de 53 cm que sepulta el horizonte argílico de un paleosuelo (fig. 13). Esta capa fue dividida en tres subhorizontes de color pardo oscuro, textura fina, estructura granular y en bloques finos y medios de moderadamente desarrollada. Su consistencia en general es ligeramente dura aunque friable, ligeramente adhesivo y ligeramente plástico, la porosidad es de moderada a alta y predominan los poros finos. Las raíces oscilan de comunes a abundantes y predominan las finas. No existe reacción al HCl.

El paleosuelo sólo muestra parte del horizonte argílico, el cual es de color pardo oscuro amarillento a pardo amarillento; la textura es fina y varía de ligeramente duro a duro en seco, aunque friable en húmedo. También oscila de ligera a moderadamente plástico y de ligera a moderadamente adhesivo. En estos subhorizontes las raíces son medias y finas aunque en cantidad escasa. No existe reacción al HCl.

Uso actual del suelo: agrícola. Cultivo actual: café (*Coffea arabica* L.) y árboles frutales (plátano, naranja, guayabo, limón) (*Musa acuminata* x *M. balbisiana*, *Citrus sinensis*, *Psidium guajava*, *Citrus aurantiifolia*).

Cuadro 13. Perfil 7 Cultivo de café (*Coffea arabica* L.)

| horizonte | prof. cm | color | | hume dad % | D.A | D. R. | porosidad % | Textura | | | |
|-----------|-------------|---|---|------------------|------|-------|----------------|---------|--------|-----------|-------------------|
| | | seco | húmedo | | | | | %arena | % limo | % arcilla | |
| Ap1 | 0 - 7 | 10YR 5/4 pardo amarillento | 10YR 3/3 pardo oscuro | 56.81 | 0.99 | 2.20 | 55.0 | 58.4 | 24.0 | 17.6 | franco arenoso |
| Ap2 | 7 - 29 | 10YR 5/4 pardo amarillento claro | 10YR 3/3 pardo oscuro | 57.35 | 1.01 | 2.20 | 54.2 | 56.4 | 28.0 | 15.6 | franco arenoso |
| Ac | 29 - 53 | 10YR 6/4 pardo amarillento claro | 10YR 3/3 pardo oscuro | 58.72 | 0.97 | 2.31 | 58.0 | 64.4 | 24.0 | 11.6 | franco arenoso |
| 2Btb1 | 53 - 73 | 10YR 5/6 pardo amarillento | 10YR 4/6 pardo oscuro amarillento | 56.39 | 0.95 | 2.42 | 60.8 | 68.8 | 13.6 | 17.6 | franco arenoso |
| 2Btb2 | 73 - 92 | 10YR 6/6 amarillo pardusco | 10YR 5/6 pardo amarillento | 65.59 | 0.96 | 2.43 | 60.5 | 20.0 | 30.4 | 49.6 | arcilla |
| 2BCtb | 92 - 155 | 10YR 6/6 amarillo pardusco | 10YR 5/8 pardo amarillento | 58.21 | 0.98 | 2.46 | 60.1 | 8.4 | 24.0 | 67.6 | arcilla |

| hori zonte | prof. cm | pH | | | M. O. | C | N | P | Na ⁺ | K ⁺ | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | CIC | SB | alofano |
|---------------|-------------|---------------------------|--------------|-------|-------|------|------|-------|-----------------|----------------|------------------|------------------|------|------|---------|
| | | H ₂ O 1:2.5 | KCl 1:2.5 | Δ | | | | | | | | | | | |
| Ap1 | 0 - 7 | 4.5 | 4.0 | - 0.5 | 12.49 | 7.24 | 0.63 | 24.87 | 0.04 | 0.07 | 10.0 | 6.0 | 19.4 | 83.0 | xxxx |
| Ap2 | 7 - 29 | 4.3 | 3.8 | - 0.5 | 10.56 | 6.12 | 0.57 | 19.56 | 0.04 | 0.02 | 5.0 | 2.0 | 17.6 | 40.1 | xxxx |
| Ac | 29 - 53 | 4.2 | 3.7 | - 0.5 | 7.93 | 4.60 | 0.38 | 11.23 | 0.03 | 0.02 | 4.0 | 1.0 | 12.4 | 40.9 | xxxx |
| 2Btb1 | 53 - 73 | 4.2 | 3.6 | - 0.6 | 3.38 | 1.96 | 0.12 | 14.50 | 0.04 | 0.02 | 6.0 | 1.0 | 12.0 | 58.7 | xxxx |
| 2Btb2 | 73 - 92 | 4.3 | 3.5 | - 0.8 | 1.52 | 0.88 | 0.02 | 3.70 | 0.04 | 0.02 | 6.0 | 3.0 | 12.0 | 75.5 | xx |
| 2BCtb | 92 - 155 | 4.3 | 3.6 | - 0.7 | 1.10 | 0.64 | 0.02 | 4.63 | 0.04 | 0.02 | 7.0 | 2.0 | 14.2 | 63.8 | xx |

x= bajo, xx= medio, xxx= alto, xxxx= muy alto

Análisis de laboratorio

La profundidad total del perfil es de 155 cm. El color en seco de los 0 - 7 cm es pardo amarillento, de los 7 - 53 cm es pardo amarillento claro, de los 53 - 73 cm es pardo amarillento y de los 73 - 155 cm es amarillo pardusco; el color en húmedo de los 0 - 53 cm es pardo oscuro, de los 53 - 73 cm es pardo oscuro amarillento y de los 73 - 155 cm es pardo amarillento.

La textura de los 0 - 73 cm es franco arenoso, de los 73 - 155 cm es arcilla.

El pH en H₂O destilada es muy ácido en todo el perfil; el pH en solución de KCl es muy ácido en todo el perfil.

El porcentaje de materia orgánica de los 0 - 53 cm es extremadamente rico, de los 53 - 73 cm es rico, de los 73 - 92 cm es medianamente pobre y de los 92 - 155 es pobre. El porcentaje de nitrógeno total de los 0-53 cm es rico, de los 53- 73 cm es mediano y de los 73 - 155 cm es pobre. El fósforo de los 0 - 73 cm de profundidad es alto y de los 73 - 155 cm es bajo.

En las bases intercambiables el sodio es muy pobre en todo el perfil; el potasio es muy bajo en todo el perfil; el calcio de los 0 - 29 cm es medio, de los 29 - 53 cm es bajo de los 53 - 155 cm es medio; el magnesio de los 0 - 7 cm es alto, de los 7 - 29 cm es medio, de los 29 - 73 cm es bajo, de los 73 - 155 cm es medio.

La capacidad de intercambio catiónico de los 0 - 29 cm es media, de los 29 - 155 cm es baja. La saturación de bases en los 0 - 7 cm es alta, de los 7 a los 155 cm es media.

Perfil 8.

Lugar: La Unión, Municipio de Nauzontla, Puebla

Localización: 19° 57'52" latitud norte y 97°34'20" longitud oeste

Altitud: 1600 msnm Relieve: ladera (30%)

Vegetación: Cultivo de maíz/frijol (*Zea mays* L., *Phaseolus polyanthus* L.)

Descripción:

- A_p (0 - 21 cm) Color en húmedo 7.5 YR 3/4 pardo oscuro; textura franco arcillo limoso; sin piedras; estructura granular y sub- angular; consistencia blanda, friable, no adhesivo, ligeramente plástico; poros escasos, vesiculares, dentro de los agregados; raíces comunes, delgadas; muy pobremente drenado; transición clara y casi plana a la siguiente capa.
- C₁ (21 - 71 cm) Color en húmedo 7.5 YR 4/6 pardo fuerte; textura limo arcilloso; sin piedras; estructura bloques angulares moderadamente desarrollada; consistencia blanda, muy friable, ligeramente adhesivo, no plástico; poros escasos, vesiculares, dentro de los agregados; pocas raíces, finas; muy pobremente drenado transición clara e irregular a la siguiente capa.
- C₂ (71- 95 cm) Color en húmedo 7.5YR 4/6 pardo fuerte; textura limo arenoso; sin piedras; estructura en bloques sub-angulares, moderadamente desarrollada; consistencia ligeramente dura, muy friable, adhesivo, plástico; pocos poros, tubulares, dentro de los agregados; raíces raras, finas; muy pobremente drenado; transición clara e irregular a la siguiente capa.
- 2B_{ob} (95 - 150 cm) Color en húmedo 7.5YR 5/8 pardo fuerte; textura migajón areno limoso; sin piedras; estructura bloques, moderadamente desarrollada; consistencia ligeramente dura, muy friable, adhesivo, plástico; pocos poros, vesiculares, dentro de los agregados; raíces muy raras, finas; muy pobremente drenado; transición clara a la siguiente capa.

Diagnosis del perfil

Suelo policíclico constituido por una capa de 95 cm que sepulta parte de un horizonte B argílico de un paleosuelo (fig. 14). La capa superficial presenta un color pardo oscuro que oscila a pardo fuerte. De textura fina y una estructura en ocasiones muy débil que oscila a granular y principalmente en bloques subangulares moderadamente desarrollada. La consistencia es blanda en los 71 cm de profundidad y llega a ser ligeramente dura entre los 71- 95 cm. Es friable a muy friable y varía de ligeramente adhesivo a adhesivo y de no plástico a ligeramente plástico con excepción de la capa 0- 21 cm de profundidad. Las raíces son escasas. No presenta reacción al HCl.

El paleosuelo presenta un color pardo amarillento que contrasta con las capas que lo sepultan, con una textura media y una estructura en bloques; ligeramente duros muy friables, adhesivos y muy plásticos. La porosidad es reducida, las raíces son muy escasas y sólo se presentan en tamaño fino. No hay reacción al HCl.

Uso actual del suelo: agricultura de temporal. Cultivos: Cultivo de maíz/frijol (*Zea mays* L., *Phaseolus polyanthus* L.)

Cuadro 14. Perfil 8. Cultivo de maíz/frijol (*Zea mays* L., *Phaseolus polyanthus* L.)

| horizonte | prof. cm | color | | humedad | D.A | D. R. | porosidad % | textura | | | |
|------------------|-------------|------------------------------|------------------------------|---------|--------------------|-------|----------------|---------|--------|-----------|-------------------|
| | | Seco | húmedo | % | Mg m ⁻³ | | | %arena | % limo | % arcilla | |
| A _p | 0 - 21 | 7.5YR 5/4 pardo | 7.5YR 3/4 pardo | 60.75 | 0.86 | 2.29 | 62.5 | 72.4 | 18.0 | 9.6 | franco arenoso |
| C ₁ | 21 - 71 | 7.5YR 5/8 pardo fuerte | 7.5YR 4/6 pardo fuerte | 67.12 | 0.90 | 2.24 | 59.8 | 82.4 | 10.0 | 7.6 | arena francoso |
| C ₂ | 71 - 95 | 7.5YR 5/6 pardo fuerte | 7.5YR 4/6 pardo fuerte | 70.21 | 0.89 | 2.21 | 59.7 | 92.4 | 2.0 | 5.6 | arena |
| 2B _{tb} | 95 - 150 | 7.5YR 5/8 pardo fuerte | 7.5YR 5/8 pardo fuerte | 73.36 | 0.87 | 2.33 | 62.6 | 92.4 | 2.0 | 5.6 | arena |

| hori zonte | prof. cm | PH | | | M. O. | C | N | P | Na ⁺ | K ⁺ | Ca ⁺⁺ | Mg ⁺⁺ | CIC | SB | alofano |
|------------------|-------------|---------------------------|--------------|------|-------|------|------|-------|--------------------------|----------------|------------------|------------------|------|------|---------|
| | | H ₂ O 1:2.5 | KCl 1:2.5 | Δ | % | | | ppm | cmol(+) kg ⁻¹ | | | | % | | |
| A _p | 0 - 21 | 5.2 | 4.7 | -0.5 | 7.66 | 4.44 | 0.34 | 17.50 | 0.06 | 0.10 | 5.0 | 6.0 | 26.4 | 42.3 | xxxx |
| C ₁ | 21 - 71 | 5.4 | 5.0 | -0.4 | 2.48 | 1.44 | 0.10 | 15.95 | 0.06 | 0.03 | 10.0 | 4.0 | 30.0 | 46.9 | xxxx |
| C ₂ | 71 - 95 | 5.6 | 5.1 | -0.5 | 1.66 | 0.96 | 0.02 | 3.05 | 0.06 | 0.03 | 8.0 | 4.0 | 30.4 | 39.8 | xxxx |
| 2B _{tb} | 95 - 150 | 5.7 | 5.1 | -0.6 | 1.17 | 0.68 | 0.01 | 2.72 | 0.06 | 0.03 | 7.0 | 4.0 | 21.4 | 51.8 | xxxx |

x= bajo, xx= medio, xxx= alto, xxxx= muy alto

Análisis de laboratorio

La profundidad total del perfil es de 150 cm. El color en seco de los 0 - 21 cm es pardo, de los 21 - 150 cm es pardo fuerte; el color en húmedo de los 0 - 21 cm es pardo, de los 21 - 150 cm es pardo fuerte.

La textura de los 0 - 71 cm es franco arenoso, de los 71 - 150 cm es arena.

El pH en suspensión del suelo con agua destilada es muy ácido de los 0 - 71 cm y de los 71 - 150 cm es ácido; en la solución salina de KCl es muy ácido en todo el perfil.

El porcentaje de materia orgánica es extremadamente rico, en los 0 - 21 cm, en los 21 - 71 cm es medianamente rico, en los 71 - 150 cm es medianamente pobre; el nitrógeno total de los 0 - 21 cm es rico, de los 21 - 71 cm es medianamente pobre y de los 71 - 150 cm es pobre.. El fósforo de los 0 - 71 cm es alto, de los 71 - 155 cm de profundidad es bajo.

Las bases intercambiables de sodio y de potasio son muy pobres en todo el perfil; el calcio de los 0 - 155 cm es medio; el magnesio es alto en todo el perfil.

La capacidad de intercambio catiónico es alta en todo el perfil. El porcentaje de saturación de bases es medio en todo el perfil.

6.6 Textura con Hexametáfosfato de Sodio $\text{Na}(\text{PO}_3)_6$

Se hicieron análisis de textura (cuadro 15), utilizando el Hexametáfosfato de Sodio al 4% como dispersante, para confirmar los resultados obtenidos con el método de Bouyoucos, puesto que se observaron bastantes amorfos, lo que impide la dispersión de las partículas, haciendo que los suelos se flocularan, por lo que utilizó el $\text{Na}(\text{PO}_3)_6$ en los horizontes más superficiales.

Cuadro 15 Determinación de textura con $\text{Na}(\text{PO}_3)_6$.

| Perfil | horizonte | Prof (cm) | Arenas % | Arcillas % | Limos % | Textura |
|--------|-----------------|-----------|----------|------------|---------|-----------------------|
| 1 | A _{p1} | 0-13 | 46.4 | 41.6 | 12.0 | Arcilla arenosa |
| | A _{p2} | 13-32 | 41.6 | 45.6 | 12.8 | Arcilla |
| 2 | A _p | 0-20 | 25.6 | 57.6 | 16.8 | Arcilla |
| | A _p | 20-40 | 38.4 | 49.6 | 12.0 | Arcilla |
| 3 | A ₁ | 0-10 | 58.4 | 28.8 | 12.8 | Franco arcillo limoso |
| | A ₂ | 10-34 | 50.4 | 32.8 | 16.8 | Franco arcillo limoso |
| 4 | A _p | 0-13 | 2.4 | 80.8 | 16.8 | Arcilla |
| | A _p | 13-27 | 9.6 | 84.8 | 24.8 | Arcilla |
| 5 | A _p | 0-10 | 34.4 | 52.8 | 12.8 | Arcilla |
| | B _{t1} | 10-26 | 18.4 | 60.8 | 20.8 | Arcilla |
| 6 | A _p | 0-13 | 38.4 | 29.6 | 32.0 | Arcilla |
| | A _p | 13-25 | 41.6 | 33.6 | 24.8 | Franco arcilloso |
| 7 | A _{p1} | 0-7 | 38.4 | 29.6 | 32.0 | Franco arcilloso |
| | A _{p2} | 7-29 | 50.4 | 25.6 | 24.0 | Franco arcillo limoso |
| 8 | A _p | 0-21 | 62.4 | 25.6 | 12.0 | Franco arcillo limoso |

Diversas investigaciones indican que los suelos como los analizados en el presente trabajo deben someterse a pre-tratamientos antes de realizar la prueba de textura. Una prueba muy confiable cuando se tiene experiencia es la textura al tacto (Gama, 1998 com. pers.).

En general las capas superficiales presentan texturas al tacto que oscilan de franco arenoso a arcilla, en tanto que las capas profundas son predominantemente arcillosas y arcillo-limosas.

6.7 Determinación de Óxidos amorfos de Fe, Al, Mn y Si.

El tipo, la cantidad y distribución de materiales amorfos se puede usar como criterio para medir el grado y tipo de formación del suelo. Por lo que se les considera como formados en la fase actual de la pedogénesis y, por tanto, constituyen un criterio valioso para diferenciar entre fenómenos antiguos y contemporáneos. Esta determinación se realizó sólo en el perfil 5 (cuadro 16).

Cuadro 16. Óxidos amorfos de Fe, Al, Mn y Si del perfil 5.

| Prof. (cm) | Peso muestra 105°C/24 h. | Humedad % | Al ppm extracto | Al mg/g | Fe ppm extracto | Fe mg/g | Mn ppm extracto | Mn mg/g | Si Ppm Extracto | Si mg/g |
|------------|--------------------------|-----------|-----------------|---------|-----------------|---------|-----------------|---------|-----------------|---------|
| 0 - 10 | 55.1126 | 4.60 | 225.0 | 11.84 | 88.97 | 4.68 | 0.115 | 0.006 | 77.35 | 4.07 |
| 10 - 26 | 53.5433 | 3.80 | 135.4 | 7.05 | 98.61 | 5.14 | 0.064 | 0.003 | 30.5 | 1.59 |
| 26 - 38 | 56.3208 | 2.67 | 38.0 | 1.96 | 10.43 | 0.54 | 0.0 | 0.0 | 2.8 | 0.14 |
| 38 - 58 | 54.9546 | 2.04 | 29.8 | 1.52 | 3.14 | 0.16 | 0.0 | 0.0 | 5.2 | 0.26 |
| 58 - 75 | 56.1806 | 2.02 | 30.8 | 1.57 | 4.45 | 0.23 | 0.0 | 0.0 | 4.45 | 0.23 |
| 75 - 89 | 53.2248 | 2.00 | 26.0 | 1.33 | 1.94 | 0.99 | 0.0 | 0.0 | 3.75 | 0.19 |
| 89 - 105 | 55.7390 | 1.41 | 19.16 | 0.97 | 1.80 | 0.09 | 0.0 | 0.0 | 1.85 | 0.09 |
| 105 - 136 | 32.9525 | 1.05 | 16.66 | 0.84 | 1.06 | 0.05 | 0.0 | 0.0 | 0.55 | 0.03 |

6.8 Evaluación teórica del riesgo de erosión en el Municipio de Nauzontla, Puebla.

Considerando que la erosión del suelo es un factor muy importante del deterioro de los suelos, se estimó necesario evaluar a nivel regional la magnitud aproximada de éste proceso en Nauzontla, Puebla. Esta estimación se realizó calculando la erosión actual y el riesgo de perdida de suelo para la zona, utilizando la fórmula de erosión, basada en la metodología que propone la FAO- PNUMA (1980).

Cuadro 17. Evaluación teórica del riesgo de erosión del Municipio de Nauzontla, Puebla.

| perfil | horizonte | prof (cm) | Propiedades texturales | | % M. O. | I ^a . Aprox. K | Factor K erosión del suelo | Riesgo RTK ton/ha/año | Erosión RTKCP ton/ha/año |
|--------|-----------------|-----------|---------------------------------|---------|---------|---------------------------|----------------------------|-----------------------|--------------------------|
| | | | % limo + arena muy fina (total) | % arena | | | | | |
| 1 | A _{p1} | 0 - 13 | 63.0 | 44.4 | 9.38 | 0.34 | 0.36 | 505.52 | 18.19 |
| | A _{p2} | 13 - 32 | 57.5 | 46.4 | 8.62 | 0.26 | 0.34 | 477.44 | 17.18 |
| 2 | A _p | 0 - 20 | 55.5 | 28.0 | 6.62 | 0.21 | 0.24 | 337.01 | 12.13 |
| | A _p | 20 - 40 | 56.4 | 38.0 | 5.79 | 0.25 | 0.36 | 505.52 | 18.19 |
| 3 | A ₁ | 0 - 10 | 57.2 | 74.4 | 22.59 | 0.33 | 0.34 | 477.44 | 0.34 |
| | A ₂ | 10 - 34 | 65.2 | 70.4 | 11.90 | 0.39 | 0.47 | 659.99 | 0.47 |
| 4 | A _p | 0 - 13 | 38.6 | 18.0 | 7.31 | 0.25 | 0.37 | 519.56 | 18.70 |
| | A _p | 13 - 27 | 45.6 | 10.4 | 5.52 | 0.11 | 0.23 | 322.97 | 11.62 |
| 5 | A _p | 0 - 10 | 56.6 | 48.8 | 6.76 | 0.11 | 0.12 | 168.50 | 12.13 |
| | B _{t1} | 10 - 26 | 48.8 | 55.6 | 3.31 | 0.05 | 0.05 | 70.12 | 5.04 |
| 6 | A _p | 0 - 13 | 51.0 | 54.8 | 6.76 | 0.27 | 0.29 | 407.22 | 14.65 |
| | A _p | 13 - 25 | 51.4 | 54.5 | 5.93 | 0.26 | 0.28 | 393.18 | 14.15 |
| 7 | A _{p1} | 0 - 7 | 56.0 | 58.4 | 12.48 | 0.32 | 0.37 | 519.56 | 18.70 |
| | A _{p2} | 7 - 29 | 58.0 | 56.4 | 10.55 | 0.33 | 0.38 | 533.61 | 19.20 |
| 8 | A _p | 0 - 21 | 61.0 | 72.4 | 7.65 | 0.38 | 0.32 | 449.35 | 16.17 |

6.9 Análisis de difracción de rayos X.

Para el análisis de difracción de rayos X se utilizó sólo el perfil 5 (cuadro 18) y se analizó cada uno de los horizontes presentes (fig. 15), puesto que éste perfil tiene características muy particulares que nos permitió desde un principio identificar la arcilla (caolinita), y por los resultados obtenidos con el espectrofotómetro de absorción atómica, donde se pueden observar muy claramente la presencia de suelos policíclicos.

Cuadro 18. Composición mineralógica del perfil 5 a través de difracción de rayos X.

| prof. (cm) | Especies mineralógicas identificadas |
|------------|--|
| 0 - 10 | Cuarzo SiO_2 , Sist. Hexagonal. (P) Gibbsita, $\text{Al}(\text{OH})_3$, Sist. Monoclínico. (A) Haloisita, $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$, Sist. Monoclínico. (s) Caolinita, $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$, Sist. Monoclínico (s) |
| 10 - 26 | Cuarzo, SiO_2 , Sist. Hexagonal. (P) Caolinita, $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$, Sist. Monoclínico. (m) Gibbsita, $\text{Al}_2(\text{OH})_3$, Sist. Monoclínico. (m) |
| 26 - 38 | Cuarzo, SiO_2 , Sist. Hexagonal. (P) Gibbsita, $\text{Al}(\text{OH})_3$, Sist. Monoclínico. (A) Caolinita, $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$, Sist. Monoclínico. (b) |
| 38 - 58 | Cuarzo, SiO_2 , Sist. Hexagonal. (P) Caolinita, $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ Sist. Monoclínico.(m) Gibbsita, $\text{Al}(\text{OH})_3$, Sist. Monoclínico. (b) |
| 58 - 75 | Cuarzo, SiO_2 , Sist. Hexagonal. (P) Gibbsita, $\text{Al}(\text{OH})_3$, Sist. Monoclínico. (A) Caolinita, $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$, Sist. Monoclínico. (b) |
| 75 - 89 | Cuarzo, SiO_2 , Sist. Hexagonal. (P) Caolinita, $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$, Sist. Monoclínico. (m) Gibbsita, $\text{Al}(\text{OH})_3$, Sist. Monoclínico. (s) |
| 89 - 105 | Cuarzo, SiO_2 , Sist. Hexagonal. (P) Haloisita, $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$, Sist. Monoclínico. (b) Gibbsita, $\text{Al}(\text{OH})_3$, Sist. Monoclínico. (s) |
| 105 - 136 | Cuarzo, SiO_2 , Sist. Hexagonal. (P) Gibbsita, $\text{Al}(\text{OH})_3$, Sist. Monoclínico. (A) Haloisita, $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$, Sist. Monoclínico. (m) |

P = fase predominante A = fase abundante m = fase en concentración media
b = fase en concentración baja s = fase en concentración muy baja

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

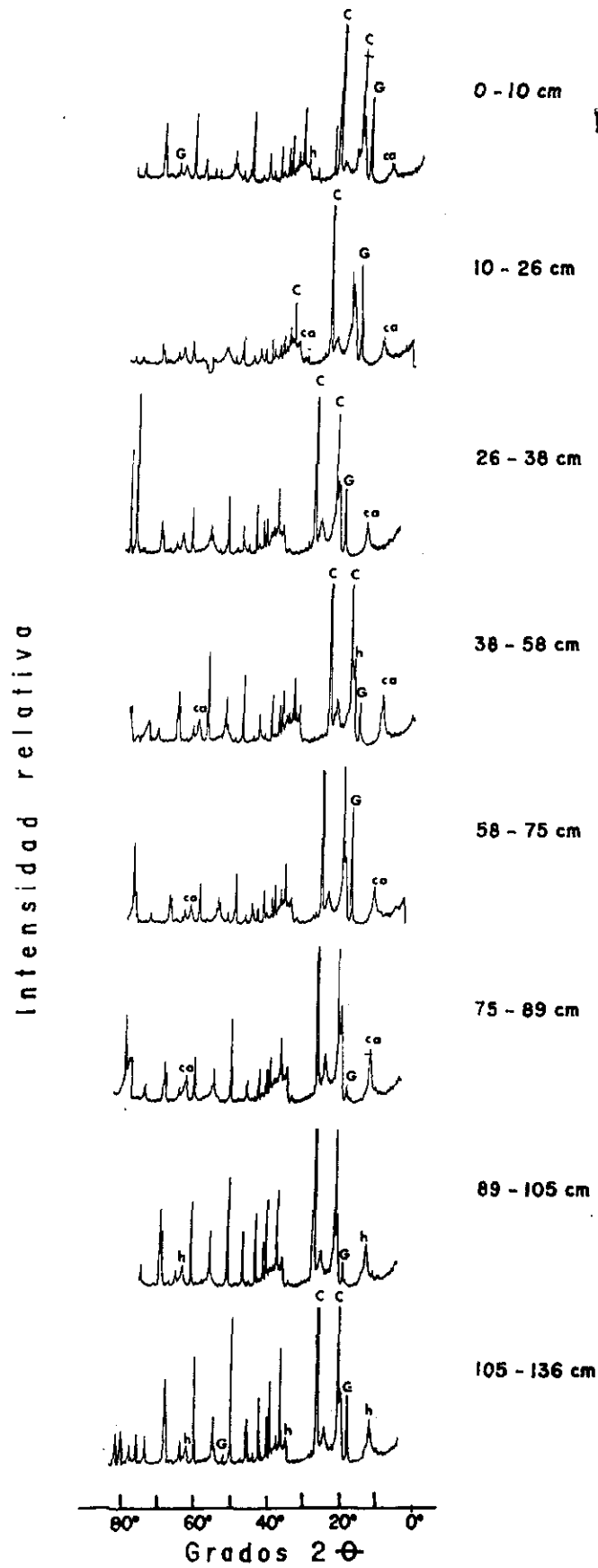


Fig. 15 Difractogramas de las arcillas correspondientes al perfil 5.

6.10 Microfotografías de láminas delgadas para el perfil 3 de Bosque Mesófilo de Montaña y perfil 5 de cultivo de frijol y chile cera.

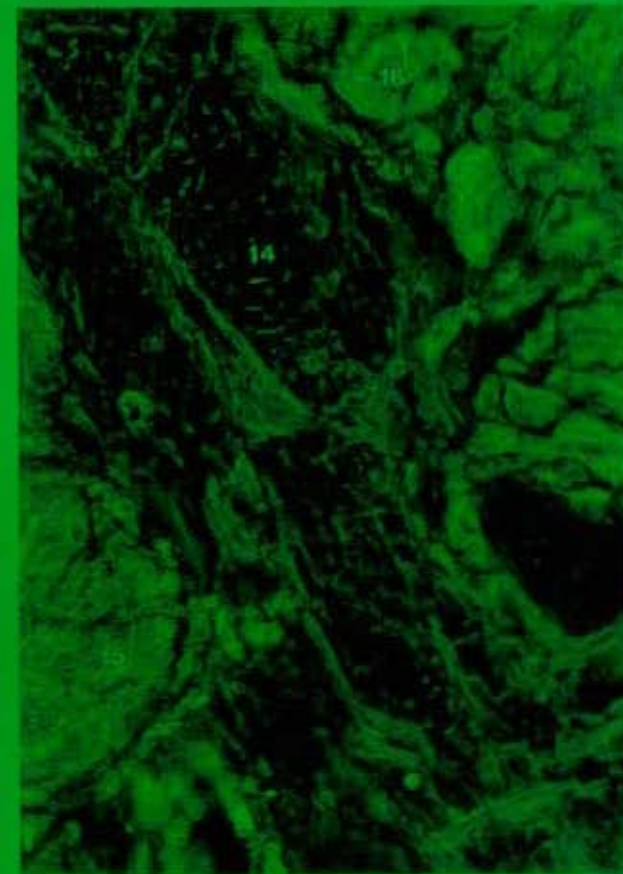
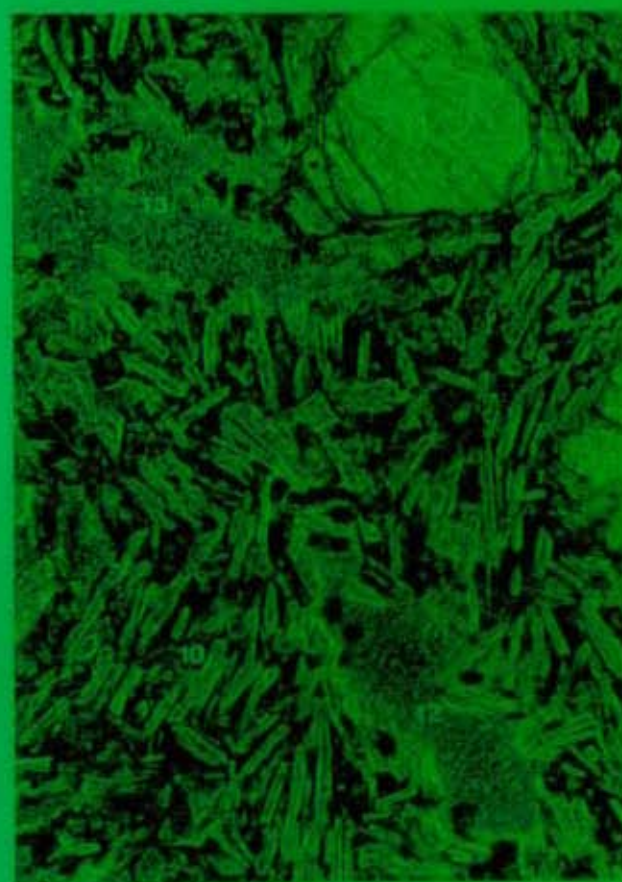
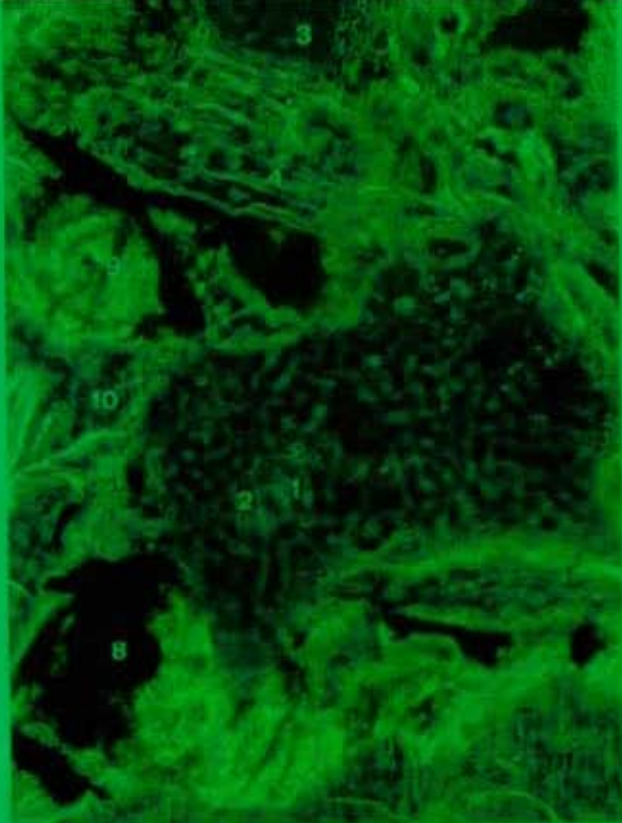
Además de los análisis físicos y químicos de los suelos, existen otras técnicas como el análisis mineralógico en láminas delgadas, utilizando el microscopio petrográfico el cual aporta bastante información al usar la luz polarizada cruzada.

Varias muestras fueron procesadas por éste método y las figuras 16 a la 23 muestran algunas de las imágenes obtenidas.

Fig. 16. Perfil 5, horizonte B, la figura muestra cementación por sílice (1), las películas de sílice que se encuentran cementando granos (2) de tamaño limo; estos granos se encuentran en un poro (3) totalmente ocluido. En el margen derecho se observa otro poro (3) en circunstancias similares. En la parte central derecha se distingue un fragmento de cuarzo muy alterado y fracturado (4). Es posible ver depósitos fuertes de hierro, arcilla y sílice (8), producto del intemperismo, se ven algunos feldespatos (9) muy resistentes al intemperismo. También es posible inferir la huella de algunas raíces rellenas de arcilla y hierro, en ocasiones con contenido de material orgánico altamente descompuesto.

Fig. 17. Perfil 5, horizonte B, se observa un aumento de cristal donde se nota claramente películas de óxido de hierro (5) (Ferrands) y también concreciones de hierro (6), rellenos de hierro entre las fracturas de cristal.

Fig. 18. Perfil 3, horizonte A, se observa la neoformación por efecto de diagénesis de varios cristales de cuarzo (10), así mismo se ven algunos feldespatos (11) de naturaleza cálcica muy alterados. Es posible distinguir antiguos poros (12) y canalillos (13), probablemente de raíces o constituidos por la fauna del suelo. Tanto los poros como los canalillos están totalmente ocluidos por partículas de limo de naturaleza félsica. En la figura 17 se observa un aumento de estas estructuras.



Figs. 16, 17, 18, 19. Microfotografías de láminas delgadas.

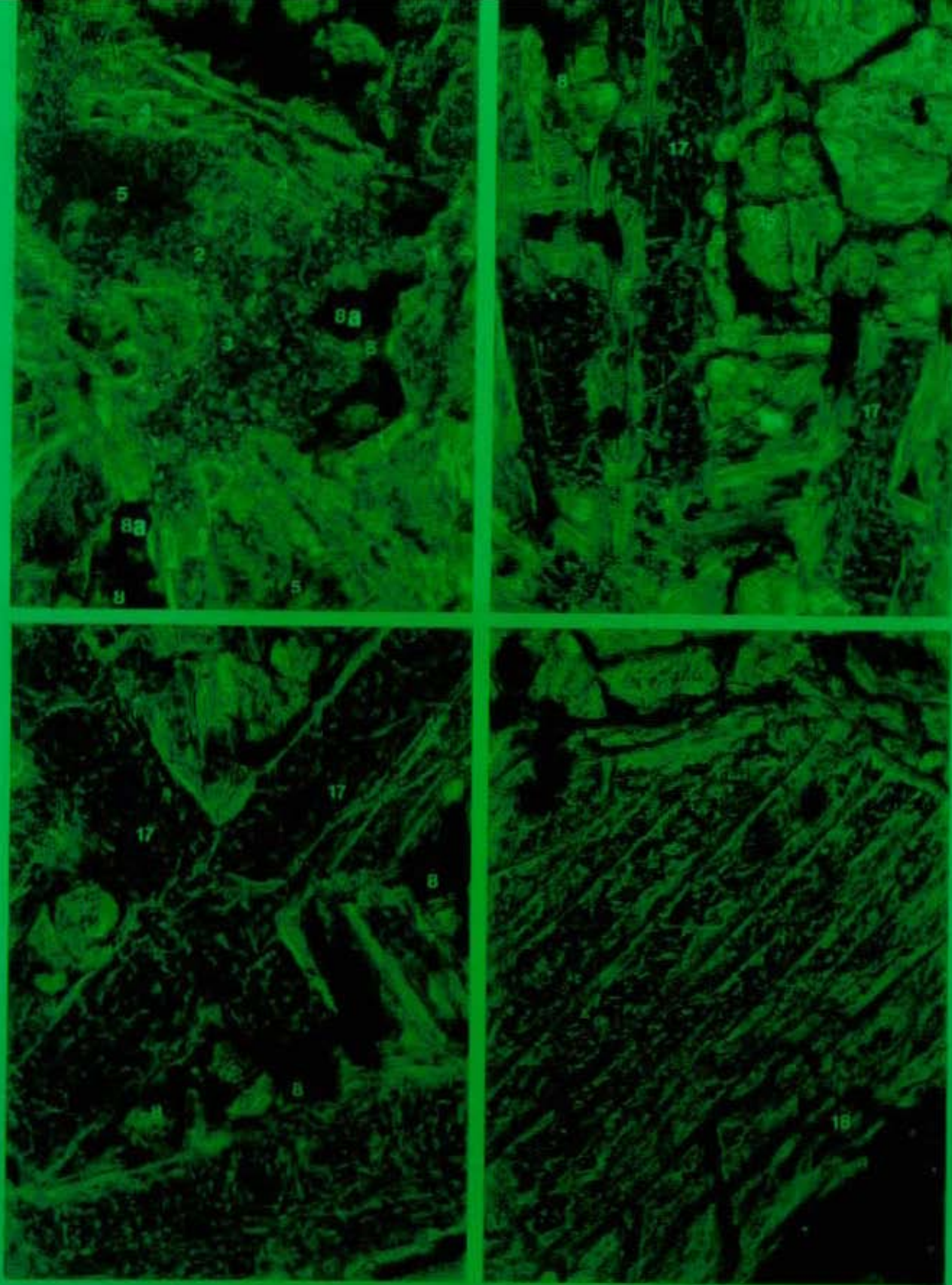
Fig. 19. Perfil 5, horizonte A, esta figura corresponde al perfil 5, la cual muestra la presencia de material orgánico (14) depositado en antiguas galerías deformadas por efecto diagenéticos, principalmente compactación por sepultamiento. En esta imagen también se observa la neoformación por diagénesis de estructuras similares a geodas que con frecuencia muestran microcristales de cuarzo (15). También se observan fragmentos de líticos (16) de naturaleza no determinada dado el alto grado de intemperismo que muestran.

Fig. 20. Perfil 3, horizonte A, se notan poros deformados por efecto de diagénesis (3). Se notan películas de hierro (5), depósitos de hierro (8) y arcilla, además de material orgánico (8^a).

Las figuras 21 (perfil 5, horizonte A), 22 (perfil 5, horizonte B) y 23 (perfil 3, horizonte A) muestran claras evidencias de metamorfismo diagenético en los suelos, además se nota la alteración física (15) sobre los minerales y líticos, como la alteración química representada por depósitos y películas de hierro y materiales orgánicos (8); se presentan algunas microestructuras de neoformación que inclusionan la matriz del suelo (17) (Paleosuelo).

Fig. 22. Perfil 5, horizonte B, se ve claramente la presencia de diques al parecer orientados por efecto también de la diagénesis. En la misma figura se observan depósitos significativos de hierro y material orgánico (8).

Fig. 23. Perfil 3, horizonte A, esta imagen ejemplifica una serie de fracturamientos ocasionados en un lítico por efecto de tensión, así mismo se observan pequeñas áreas corroidas por efecto de alteración química (18).



Figs. 20, 21, 22, 23. Microfotografías de laminas degradadas.

7. DISCUSIÓN.

7.1 Clasificación campesina y entrevistas.

Niemeijer (1995) menciona que la clasificación campesina de suelos está totalmente justificada, sin embargo también dice que puede haber tres complicaciones en estas clasificaciones: primero, que el conocimiento de los suelos es local y heterogéneo; segundo, en la clasificación local de los suelos los campesinos generalmente usan las características de éstos que corresponden al horizonte superficial, que a menudo es el más importante para la agricultura, mientras que la clasificación científica aborda todo el perfil, así como otras características, por lo que es difícil tener una correlación; y tercero la perspectiva de cada grupo es diferente y el aprovechamiento de la clasificación indígena es ampliamente determinado por el grado del conocimiento de la clasificación local de suelos.

La clasificación local de suelos puede ser vista como un complemento a la clasificación científica y ser integrada a los mapas de suelos. Los sistemas de clasificación indígena tienen la ventaja de que la gente de cada región conoce ampliamente las características y pueden comunicarse entre agricultores sus experiencias.

Dialla (1993), dice que en las encuestas realizadas a 120 propietarios de tierras, se nombran las diferentes unidades de suelos en sus tierras cultivadas. Estas encuestas indican las características asociadas con cada unidad de suelo y muestran los cultivos específicos que crecen bien en cada suelo. Estas características son identificadas de igual manera por los agricultores del municipio de Nauzontla, si bien mencionan que suelo es el mejor para cada cultivo, no establecen diferentes cultivos por unidad de suelo, ya que la escasez de tierras y la necesidad de cultivar, los ha llevado a utilizar los diferentes suelos (barrial, polvilla, revuelta y arenosa) de forma indistinta.

Así mismo, Barrera- Bassols (s/f), hace un análisis de las características que los agricultores (en general) consideran para la clasificación considerando 4 criterios los cuales maneja como porcentaje del total de los 62 grupos étnicos estudiados:

- a. Color (100%) y textura (98%)
- b. Consistencia (56%) y humedad del suelo (55%)
- c. Materia orgánica, pedregosidad, topografía, uso del suelo y drenaje (entre 34 y 48%)
- d. Fertilidad, productividad, manejo (trabajabilidad), estructura, profundidad y temperatura (entre 2 y 26%)

Estas experiencias fueron confirmadas en las encuestas realizadas en el área de Nauzontla, ya que según los campesinos entrevistados, las primeras características en mencionar son el color y la textura. Este es el caso de la tierra barrial de color amarillo, la tierra polvilla de color oscuro o negra, la tierra arenosa o “blanquiza”, y la tierra revuelta. Aunque no se menciona como tal una textura si mencionan la fase intermedia entre polvilla y barrial, además de un color definido.

La consistencia se menciona en segundo término por la dureza que tiene cada suelo durante la época seca y la época de lluvias. Esto es, durante la primera estación los suelos barrial se vuelven duros y los de polvilla se hacen muy sueltos, la que presenta mejores características de consistencia es la tierra revuelta. Con la lluvia los suelos barrial se hacen muy “chicludos” o pegajosos y son más difíciles de trabajar, en tanto que los de polvilla se mantienen “suelos”.

Cuando los campesinos hablan de cómo es el drenaje en los diferentes suelos, dicen que en la tierra barrial el agua se encharca; en los polvilla, arenosos y revuelta hay un mejor drenaje porque el agua no se encharca; cuando se menciona la característica de productividad y de manejo, ellos relacionan fuertemente con la textura de cada uno de los suelos, así como con el conocimiento de donde son más profundos estos suelos.

Pocas son las personas en el área que mencionan la temperatura del suelo, sin embargo cuando se habla de ella saben que a una profundidad de aproximadamente 10 cm la tierra es más fría que en la superficie del suelo; de alguna forma se relaciona con el color del suelo .

Cuando los agricultores describen las características del suelo por lo común mencionan la capa arable (0-30 cm), más o menos es la profundidad a la que el arado mueve el suelo y por consiguiente en los que pueden observar. Se hizo una prueba con diez agricultores, mostrándoles ocho monolitos y explicándoles qué son y para qué sirven, desde el punto de vista científico y didáctico.

Cuando los agricultores vieron los diferentes horizontes (niveles o capas) representados en los monolitos, reconocieron las características de cada una de ellas, así como el tipo de suelo que correspondía a cada uno. Cuando comparaban las características de diferentes capas diferenciaban los cambios tan drásticos que existen en estos suelos.

Esta prueba tan sencilla demostró que a pesar de no ver el suelo en toda su profundidad, pueden distinguir cómo es y dónde existe cada tipo de suelo, notando por ejemplo que aproximadamente a los 50 cm de profundidad puede cambiar el suelo de polvillo a barrial.

Cuando se realizaron las encuestas y se preguntó si el viento, o la lluvia influyen la calidad del suelo, dicen que no hay problema porque las hierbas y el rastrojo que existe en la mayoría de los campos agrícolas ayudan a que no se laven los suelos con la lluvia y con el aire la tierra no se levanta (no es transportado por el aire), "que por eso es bueno tener las hierbas y cortarlas cuando es tiempo para que se pudran, porque ayudan como abono y como protección de la misma tierra".

Cuando se habla de la influencia que existe al haber bosque en la cumbre de los cerros, lo primero que mencionaron es que son terrenos difíciles de trabajar, pero a la vez es bueno que exista el bosque, porque cuando llueve, el abono (materia orgánica) que hay en estas

zonas baja a sus terrenos y tienen más abono natural. Y las tierras que hay en el “plan” son las más beneficiadas porque se acumula más este abono que en las tierras de la ladera.

Según comentan los campesinos, las tierras que son mejores para el cultivo de maíz, frijol, papa siempre son las tierras revueltas; pero obviamente como se comprobó, se establecen los cultivos de manera indistinta puesto que la cantidad de terrenos agrícolas son pocos y mucha la necesidad de sembrar.

El uso de algunos fertilizantes (nitrogenados y fosfatados) para los diferentes cultivos de la zona, ha resultado para muchos un problema, porque dicen que después de cierto tiempo las tierras se “queman” y ya no producen lo que al principio, por lo que han retomado el aplicar abonos naturales, como los desechos de cocina y dejar el “ratrojo” para que se pudra y ayude al cultivo.

En los cultivos de papa es un poco más difícil que dejen de utilizar los fertilizantes y los plaguicidas por considerarse un cultivo con más necesidad de cuidados, por lo mismo se ha observado en esta temporada de invierno (1998- 1999) que los terrenos con papa son muy pocos y quizá cada vez menos, porque las cantidades que invierten en fertilizantes y plaguicidas son muy altos y económicamente pocas veces se recupera lo invertido.

Cuando se preguntó sobre actividades religiosas, fiestas, peticiones, ofrendas, mandas o algo para pedir por que la milpa produzca, para bendecir semillas o cualquier evento relacionado con las prácticas agrícolas, dicen que a veces llevan algunas semillas a la iglesia y el sacerdote las bendice y que hace años cuando ya cosechaban el maíz llevaban un poco a la iglesia, pero más que todo como un “diezmo” no tanto por la buena cosecha del maíz.

La erosión es uno de los aspectos que no se había considerado al inicio del trabajo, sin embargo como se sabe que es un factor muy importante en el deterioro de los suelos. Considerando el trabajo de Cartier *et al*, (1999), donde hace un estudio sobre la percepción

de la erosión del suelo desde el punto de vista de los agricultores y de los científicos, es interesante mencionar: que la erosión es vista como un problema para ambos grupos (agricultores y científicos), aunque no es un problema urgente para los agricultores. Entre otras características que ellos mencionan es la textura de los suelos, cuáles son más susceptibles a la erosión, muchos desconocen el efecto de la erosión por la lluvia.

En las encuestas que se hicieron en el Municipio de Nauzontla para saber si conocían este efecto de erosión, se puede mencionar que muchos no lo conocen, porque en realidad no les afecta como se ha corroborado al utilizar la fórmula de erosión.

En los resultados obtenidos, la cantidad de suelo que se pierde es generalmente de menos de 20 ton/ha/año (cuadro 17). Es claro que estos resultados se deben tomar con reserva ya que la fórmula lo único que da es una aproximación de lo que en realidad está pasando en la zona. Es necesario utilizar otros métodos para tener precisión y confiabilidad sobre los efectos de erosión que se ha venido produciendo a partir del establecimiento de la agricultura y de la presencia de pastizales y potreros que quizá representen el mayor riesgo en el municipio.

Considerando que los agricultores saben mantener una cubierta vegetal, la cual ayuda a que los suelos no se cansen o se vayan con la lluvia y el aire (perdida de suelo por erosión eólica y pluvial).

Hay que considerar entre otros artículos el de Bellon y Taylor (1993), ya que su trabajo provee evidencias teóricas y empíricas de la percepción de las calidades del suelo que tienen los agricultores del Ejido de Vicente Guerrero en Chiapas. El análisis estadístico el cual comprueba que existe una amplia relación en la utilización de ciertas variedades de maíz en cada tipo de suelo. En el caso de nuestro estudio no se hizo una caracterización de este tipo, sin embargo comprobamos que los agricultores de Nauzontla, conocen que el cultivo de papa es mejor en las tierras "arenosas"; el cultivo de maíz y frijol es mejor en las

“tierras revueltas”; pero como se comentó anteriormente ante la escasez de terrenos han utilizado indistintamente estos suelos.

Cuando se hacen las entrevistas sobre la percepción del recurso suelo, los agricultores aportan datos muy concretos, por lo que la clasificación *per se* es poca. Es necesario que nosotros tengamos una visión muy amplia sobre lo que se quiere obtener de información, pero sin intentar dirigir o hacer aseveraciones o negaciones sobre los que se les cuestiona.

Los conocimientos que tienen los campesinos sobre el recurso suelo son importantes, porque hasta la fecha no hay bibliografía que nos permita hacer recomendaciones sobre el uso y manejo del suelo, puesto que por principio esta zona no tiene aptitudes agrícolas y sin embargo los campesinos de Nauzontla han ido adaptando y manteniendo una agricultura de subsistencia a lo largo de varios años (quizá cientos de años).

De ésta manera se comprueba que es muy necesario que se hagan revisiones de diferentes trabajos a nivel nacional e internacional, lo que conlleva a una mayor visión de lo que se espera encontrar con las entrevistas realizadas.

7.2 Factores ambientales

El área estudiada está situada en la Sierra Norte de Puebla; ésta zona presenta una litología de edad básicamente del Paleozoico (Instituto de Geología, 1992). Las depositaciones de sedimentos pueden ser identificados con base a su estratigrafía, textura y mineralogía. La formación Huayacocotla se considera la principal dentro del área estudiada; esta formación está constituida por rocas arcillosas como las Lutitas calcáreas intercalándose algunas de ellas con *Facies* de Paleosuelos y en algunas ocasiones con discontinuidades geológicas principalmente con las *Facies* Divisadero, que está constituida por rocas del Jurásico Inferior (López, 1983). En general las rocas se encuentran bastante intemperizadas con frecuencia lixiviadas, su espesor es de 5 a más de 100 m.

La litología también ha dado origen a una topografía y relieve muy característico. Las pendientes oscilan de 6% a 50% con longitudes que van de 200 a 1500 m y una orientación preferencial NO- SE observándose algunos relieves típicos de disolución aunque no califican como *Karst*.

En los sitios donde no se presenta escurrimiento (partes planas) de agua, se percola a través del suelo en tanto en las partes con pendientes, la máxima escorrentía está en función de la tasa de infiltración en el suelo, del porcentaje de cobertura vegetal y del porcentaje de retención del agua en superficie de escurrimiento. Así las escorrentías en terrenos abruptos con pendientes del 30% (cuadro 6) baja infiltración, cobertura vegetal dispersa y escasas depresiones superficiales; las escorrentías son extremas y el riesgo de erosión muy alto. Por otra parte en las tierras con pendientes bajas menores al 10%, buena infiltración, buena cobertura principalmente de manto vegetal y superficies rugosas, la escorrentía es mínima consecuentemente el riesgo de erosión es muy bajo.

La profundidad de intemperismo de los suelos localizados en el área de estudio es considerable, aunque está sujeta a la velocidad de erosión y sedimentación, sin embargo algunas observaciones al microscopio muestran evidencias de un intemperismo selectivo de minerales primarios dentro de los primeros 100 cm del suelo. La intensidad de intemperismo decrece con la profundidad; en ningún caso los suelos estudiados mostraron evidencias de hidromorfismo o presencia de mantos freáticos y las características oximórficas aunque atenuadas son evidentes en estos suelos.

Clima. El área de estudio presenta actualmente un clima semicálido húmedo y templado húmedo con una temperatura media anual es de 16° a 18° C y una precipitación media anual de 2000mm. La temperatura ambiente de enero es de 12° C en tanto la de junio es de 18°C.

En el área la diferencia de temperatura ambiental es mayor de 5°C entre la media de verano y la media de invierno. Esto influye en el clima del suelo principalmente en la profundidad

de 0- 50 cm (Soil Survey Staff, 1990). Los suelos estudiados presentan un régimen de temperatura media anual que puede ser estimado dentro de la clase Térmico (Thermic) propuesta por el USDA.

En la zona estudiada la precipitación es de 2000 mm, esto implica que la sección de control de humedad del suelo (espesor aproximado de 70 cm) permanece en la mayoría de los años húmeda, por periodos mayores de 90 días acumulativos. Con la temperatura media del suelo se infiere que es menor a 22° C, la sección de control de humedad nunca está seca durante 45 días consecutivos en los cuatro meses que siguen al Solsticio de verano. Éstas características indican la presencia de un régimen de humedad Údico en el suelo. Esto se debe a que el suelo tiene durante el verano una cantidad de lluvia muy significativa, tanto así que la cantidad de agua almacenada en el suelo más la lluvia, exceden la cantidad de evapo-transpiración.

En general hay periodos ocasionales breves, en los cuales las plantas utilizan algo de humedad almacenada y grandes periodos en que las plantas utilizan el agua de lluvia. Esto ha permitido que se tengan ciclos de cultivo prácticamente todo el año.

Vegetación. Con respecto a la vegetación del área estudiada, inicialmente correspondía a una zona de bosque mesófilo de montaña que eventualmente ha sido aclareado hasta convertirlo en una zona agrícola y de pastizal. Un manejo eficiente y sustentable para el uso de estos suelos agrícolas requiere que se entienda las propiedades del suelo, su variación del ambiente y sus características.

Nauzontla, Puebla se ha visto influenciada por un crecimiento rápido y significativo de población, no se sabe desde cuando la deforestación ocurrió en el lugar. Puede ser que a partir del año 1600 (aproximadamente) haya existido esta deforestación, los campesinos en la región practican un tipo de agricultura de autoabasto y en ocasiones los excedentes son vendidos en los mercados aledaños a la población.

Se observa que es necesario proteger la región de una completa deforestación y así mismo subsanar las necesidades económicas y de alimentación de la población.

Un detallado entendimiento de las relaciones entre las características del suelo, la vegetación y condiciones del ambiente, resulta necesario para seguir sosteniendo la producción en ésta área.

Topografía. La pendiente es un factor determinante en algunas características del suelo, como es la remoción del suelo, la cantidad de materia orgánica, presentando capas delgadas y con horizontes menos visibles que aquellos que se presentan en zonas con pendientes fuertes. La topografía en este sentido tiene efectos indirectos en el perfil, como es el de influir con la humedad aprovechable, determinando el valor agrícola del terreno con la facilidad de realizar las prácticas agrícolas. Los suelos analizados generalmente presentan pendiente de 20% o más (tabla 6) y es un hecho que la zona presenta áreas muy accidentadas con pendientes de hasta 80% (fig. 4). Las laderas que se utilizan para el cultivo pueden ser de 20% hasta 60%. Los terrenos que tienen pendientes menores a 10% están en la parte central de la cabecera municipal, y son muy pocas las parcelas con éstas pendientes que existen para la agricultura, actualmente éstas zonas están siendo utilizadas para la urbanización.

7.3 Muestreo de suelos.

De acuerdo con Jackson (1964), el estudio de la fertilidad del suelo enfrenta serias dificultades para obtener muestras estadísticamente representativas, ya que por la variabilidad propia de los suelos es casi imposible establecer un método de muestreo completamente satisfactorio. El principal problema es definir el tamaño muestral adecuado para obtener la mejor estimación de una variable. Como alternativa a este problema algunos autores proponen la toma de muestras compuestas, que definen como el equivalente a la

media de los análisis individuales, siendo útil en los análisis de carbono, nitrógeno, fósforo y pH (Jackson, 1964).

En el caso de los perfiles muestreados en el Municipio de Nauzontla, consideramos las características físicas y químicas que tienen los suelos y preguntamos a los agricultores si existían diferencias en cada tipo de suelo que nos mencionaron. La alternativa utilizada fue muestrear en diferentes localidades del Municipio, apoyándonos en la información obtenida por parte de los agricultores, puesto que ellos nos dijeron dónde había suelos con características muy particulares.

7.4 Humedad

La humedad de los perfiles estudiados es muy variable, pero uno de los factores que influye en los resultados es la época de muestreo, esto es la intensidad de lluvia, la cantidad de materia orgánica, el porcentaje de arcilla, limo y arena; además de la presencia de amorfos de cada uno de los perfiles, la capacidad de infiltración, permeabilidad y pendiente. Generalmente la humedad en los horizontes superiores se ve afectado por la cantidad de materia orgánica y la textura, aunque en el perfil 4 existe una gran cantidad de humedad retenida por el suelo e influenciada en este caso por la textura del suelo (al tacto es arcillo limoso).

El uso de fertilizantes en esta zona no debe ser muy redituable si se toma en cuenta que una gran cantidad del fertilizante se pierde por lavado con la lluvia.

7.5 Densidad aparente y Densidad real.

En general la capa arable de todos los suelos estudiados, mostró valores de densidad aparente próximos a la unidad (Mg m^{-3}), esto debido principalmente tanto a la presencia de

materia orgánica como a las cantidades de amorfos que se concentran en estos horizontes. Esto sugiere además la presencia de alofano ya que por su gran superficie específica y su forma esferoidal hueca, la densidad aparente en estos suelos es baja.

La densidad aparente de los ocho perfiles, aumentan gradualmente con la profundidad en el perfil del suelo, alcanzando en algunos casos valores de hasta 1.3 Mg m^{-3} y se debe a los bajos niveles de materia orgánica, habiendo menor agregación y más compactación.

La densidad real de los perfiles analizados oscila de 2.0 a 2.6 Mg m^{-3} . Estos datos muestran una mineralogía pobre en bases alcalino-térreas y alcalinas, así como en ferromagnesianos, lo cual también es congruente con la mineralogía de la roca félsica que origina estos suelos. La densidad real de los suelos calcáreos es de 2.45 Mg m^{-3} , la densidad real de los suelos humíferos está entre 1.80 a 2.30 Mg m^{-3} (como el perfil 3), y los que presentan una constitución mineral intermedia de 2.45 a 2.6 Mg m^{-3} , que sería el promedio de los resultados obtenidos.

7.6 Porosidad.

La porosidad y el tamaño de los poros son influenciados directamente por la textura, la presencia de amorfos (Shoji *et. al*, 1993) y el grado de desarrollo estructural. Estos se asocian estrechamente con la densidad real y tiene una mayor influencia en la retención del agua y las características de aereación. La porosidad en la mayoría de las capas es reducida debido a la compactación.

Se confirmó en el área de estudio, el principio establecido por Ellis (1995), en el sentido que la cantidad de agua que requieren las plantas, depende ampliamente de la textura, porosidad y distribución del tamaño del poro, así como del grado de desarrollo estructural y el contenido de materia orgánica.

Con base a estas características es posible mencionar que los 8 perfiles presentan alta porosidad en las capas superiores (capas arables), lo que propicia una buena conducción del aire y del agua, así como una fácil penetración de raíces y buen crecimiento radicular. Esta porosidad según se observó en el microscopio (fig. 24) y se debe a que la estructura predominante en la capa arable es de tipo granular o migajosa. Este tipo de estructura se forma principalmente en suelos forestales que no han sido degradados. A medida que los suelos se van arando a través del tiempo la estructura granular y migajosa se transforma en una estructura de bloques angulares y subangulares según sea el grado de alteración del suelo.

Se observó en campo que la porosidad aunque decrece con la profundidad no representa una limitante fuerte para el paso del agua, del aire y de las raíces; únicamente en las capas más profundas se observa compactación, la cual se origina probablemente por efecto de hidroconsolidación de las partículas de suelo.

La ausencia de moteado indica que no se presentan condiciones de óxido-reducción intensas por efecto de drenaje deficiente.

Si se considera que un 50% de porosidad es de buena "calidad" para el establecimiento de vegetación agrícola, y se observa que los suelos estudiados, tienen una porosidad superior al 60%, y de 72%, por lo que se considera que estos suelos tienen una adecuada porosidad para que las raíces, los microorganismos y animales del suelo dependan del almacenamiento y movimiento del agua y aire.

En general las características de densidad, porosidad y estructura resultan muy favorables para la mayoría de los cultivos, sin embargo como se mencionó anteriormente el pH es una limitante fuerte.

7.7 Textura

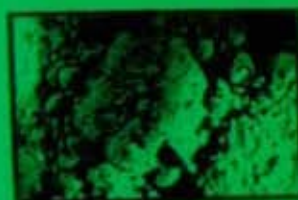
La textura es una de las propiedades más estables del suelo y tiene una mayor influencia en la capacidad de uso de la tierra, además de la relación tan directa que existe con la humedad del suelo

Con base en el método utilizado para determinar la textura de estos suelos y tomando en cuenta los contenidos de amorfos y materia orgánica presentes es conveniente aclarar algunos puntos:

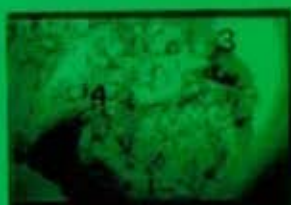
- la presencia de materiales amorfos tanto orgánicos como inorgánicos ha propiciado la formación de agregados muy estables (fig. 24)
- el método de análisis empleado (Bouyoucos) para determinar la textura, no es suficientemente agresivo para separar estos agregados
- así los datos de textura que se presentan en la mayoría de las tablas dan una textura de agregado y no de partícula.

Como se observa en el cuadro 15, se analizan todas las capas superiores de los suelos (principalmente porque es la zona donde pudimos encontrar mayor diferencia en cuanto a la agregación de las partículas) pero a través del método de determinación de textura utilizando como dispersante el Hexametáfosfato de sodio $\text{Na}(\text{PO}_3)_6$, muchos de los agregados son destruidos y consecuentemente los porcentajes de limo y arcilla se incrementan observándose una disminución en el porcentaje de arena. Esto se debe a que la mayoría de los agregados (fig. 24) son del tamaño de arena.

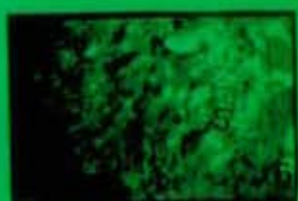
En general las capas superficiales presentan texturas al tacto que oscilan de franco arenoso a arcilla, en tanto que las capas profundas son predominantemente arcillosas y arcillo-limosas.



Perfil 1, horizonte A_{p1} , 0 - 13 cm. Se observan agregados muy estables de formas predominantemente granulares de tamaños medios (1) y finos (2) con desarrollo moderado. La porosidad de estos agregados es moderada ($\pm 50\%$).



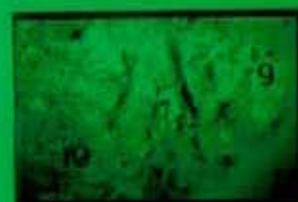
Perfil 5, horizonte B_{p11} , 10 - 26 cm. Agregado de forma sub-redondeada (3), tamaño medio y desarrollo moderado. Se muestra una línea amplia de fisuramiento (4) que le da poca estabilidad al agregado. La porosidad es baja.



Perfil 2, horizonte A_{p2} , 0 - 10 cm. Agregado de forma granular a migajosa (5), tamaños finos a medios, bien desarrollado y poroso (6). Su estabilidad es alta y rica en materia orgánica.



Perfil 3, horizonte A_{p3} , 10 - 34 cm. Agregados en bloques sub-angulares (7), tamaño medios y finos, con desarrollo moderado. Moderadamente poroso aunque muy fisurado (8), lo que le da baja estabilidad al conjunto.



Perfil 4, horizonte A_{p4} , 13 - 27 cm. Agregado redondeado en tamaño de medio a grueso con desarrollo fuerte, poco poroso (9) y compactado (10).



Perfil 7, horizonte A_{p7} , 7 - 29 cm. Agregados sub-redondeados de tamaño medio (11) y fino, donde se presenta estratificación (12), poco poroso en ocasiones muy compactado y con una estabilidad estructural de moderada a baja.

Fig. 24. Agregados de los horizontes A y B

Los suelos arcillosos son relativamente buenos porque retienen el agua y nutrimentos pero en ocasiones se caracterizan por un drenaje pobre y poca aireación. Esto se nota en el perfil 4, el cual tiene bastante retención de humedad de hasta 85.41% y en el perfil 2 es menor la proporción, pero en la capa más superficial hay una humedad de 84.71% y en el tercer horizonte de este perfil es de 64.86%. A menudo este tipo de suelos están húmedos y responden muy lentamente a los cambios de temperatura. Son difíciles de cultivar y “pesados”, forman agregados y se resisten a la erosión (Ellis, 1995).

Cuando están húmedos los suelos estudiados son pegajosos y difíciles de trabajar, al igual cuando secos porque se hacen duros y forman “terrones” (comentarios de los agricultores). En contraste los suelos arenosos, son relativamente de una pobre retención de agua y nutrimentos, tienden a un drenaje libre, excesivo y están bien aireados. Por consecuencia responden rápidamente a los cambios de temperatura atmosférica. Son fáciles de cultivar y se dice que son de textura “ligera”; la agregación es pobre y muy susceptibles a la erosión, particularmente si tienen arenas finas, limos y poca materia orgánica (Ellis, 1995).

Estas características se observan en los perfiles 1, 3 y 6, los cuales contienen gran cantidad de arenas finas; el perfil 1 tiene aproximadamente 45%, el perfil 3 tiene 74% y el perfil 6 es de 60%. Estos tres perfiles los campesinos los clasifican o denominan de “polvilla”, pero tienen ciertas características que en un momento dado pueden estar “mezcladas”, porque es muy suelta tanto en condiciones de humedad como en seco. La humedad que se obtuvo de estos perfiles es muy baja de aproximadamente 30%, y la porosidad es muy alta, en el perfil 1 es de 65%, el perfil 3 de 70% y el perfil 6 de 68%.

Similarmente los suelos limosos son propensos a formar costras y capas, las cuales son resultado de una reducida infiltración, con un incremento frecuente de flujo superficial y por lo tanto con alto riesgo de erosión (Ellis, 1995).

En el caso de los perfiles 1, 2 y 5 contienen un promedio de 30 a 40 % de limos, pero con predominancia de arenas; en el perfil 5 se nota que la retención de humedad es muy baja, los agricultores dicen que este suelo es muy "suelto" y que tiene mucho "polvo".

Este trabajo demuestra que los análisis de suelo no se pueden hacer de forma tan "ligera", puesto que como se pudo comprobar que al realizar la técnica de textura de Bouyoucos, podemos incurrir en errores como es el porcentaje de arenas, arcillas y limos; esto debido a que no existió una adecuada dispersión de partículas. Hasta que se hizo el análisis con Hexametáfosfato de Sodio como dispersante, pudimos comprobar que la determinación de texturas era errónea.

7.8 pH.

El pH de los ocho perfiles analizados oscila de ácido a muy ácido (Thompson, 1982), principalmente en la capa arable (0-30 cm) lo que confirma que en zonas donde las precipitaciones son altas (aproximadamente 2000 mm) hay mayor cantidad de H^+ . Este elemento es el responsable de acidificar los suelos. Por ejemplo, es posible comparar el perfil 3 que corresponde al Bosque Mesófilo de Montaña y el perfil 2 de un suelo cultivado con maíz/frijol, localizados muy próximos entre sí. Sin embargo el primero tiene un pH de 5 en el horizonte más superficial (cuadro.9) y el segundo de 4.5 (cuadro 8), observándose que con el manejo agrícola ha cambiado el pH. Otro ejemplo es el perfil 4 que corresponde a un cultivo de maíz/frijol el cual ha sido abonado con materia orgánica o estiércol, por lo menos en un periodo de 30 años, presenta un pH de 5.2 con mejores condiciones para la agricultura que aquellos que tienen fertilizantes químicos, como es el caso del perfil 1, el cual presenta una acidez muy intensa (cuadro 7).

Los valores de pH con KCl (relación 1:2.5) también son extremos lo que indica una acidez potencial alta, dada principalmente por la presencia de Al^{3+} y por los altos contenidos de M. O., los valores de pH Δ en muchos casos son menores a 0.5 o en otros casos mayores a 1.0,

lo cual indica la presencia de materiales amorfos (cuadro 16), principalmente Fe^{3+} , Al^{3+} , Mn^{2+} , Si^{2+} (Van Wambeke, 1990).

Bajo condiciones como las descritas pocas plantas pueden progresar en éste tipo de medio, es muy posible que la abundancia de quelites muestren una relación muy significativa con el pH y los contenidos de amorfos; probablemente esta relación sea menos significativa con los porcentajes de materia orgánica, ya que su crecimiento parece indistinto con los porcentajes que existen de materia orgánica.

Se sabe que a pH menores a 4.2 los suelos se consideran totalmente infértiles para la mayoría de los cultivos, salvo algunas variedades de frijol, maíz y papa (los cuales están presentes en la zona). Suelos con pH como el descrito se denominan *Dístricos* (pobres en bases).

Los cambios de pH con respecto a la profundidad en los diferentes perfiles se muestran en las gráficas de la figura 25. Se nota claramente que en todos los perfiles presentan un alto grado de acidez, la cual está muy relacionada con la cantidad de materia orgánica.

7.9 Materia orgánica.

La materia orgánica juega un papel fundamental en las tierras agrícolas, influye en el contenido de agua, permanencia de nutrimentos y estabilidad estructural. Como se observa en los perfiles de suelos es una característica muy distintiva y de las más importantes para el uso y conservación de estos suelos, ya que la mayoría muestra altos porcentajes de materia orgánica

En las tierras agrícolas donde se realizaron los perfiles 1, 2, 4, 5 y 6 se observó que hay valores altos de materia orgánica (fig. 25), aunque existen sus excepciones, por ejemplo en el perfil 5 a la profundidad de 26 cm, la materia orgánica (M. O.) es menor a 1%.

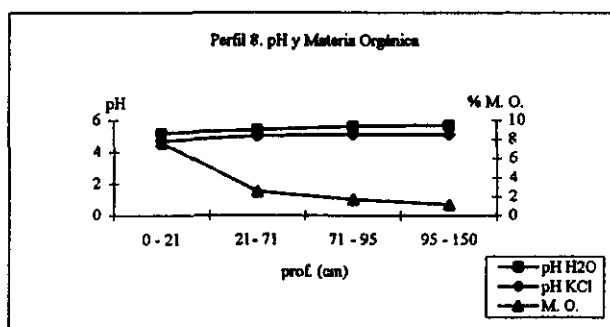
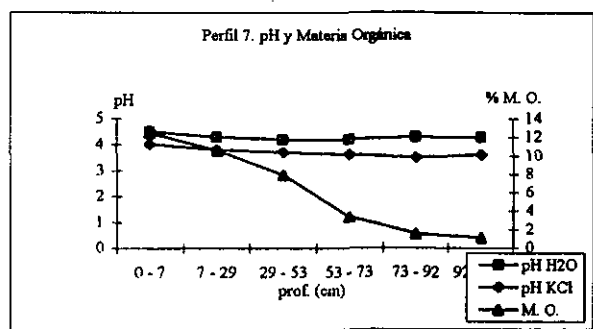
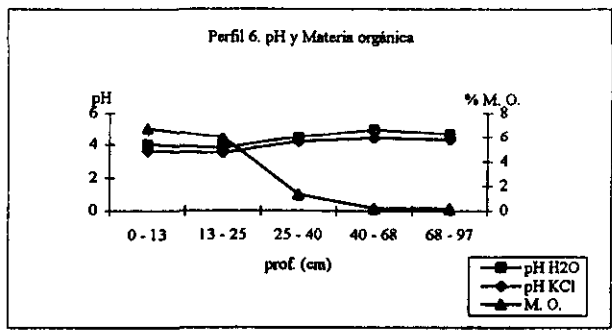
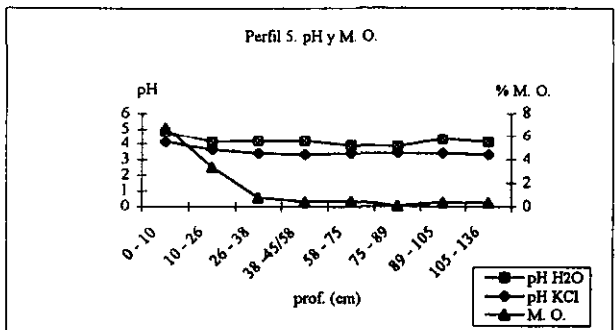
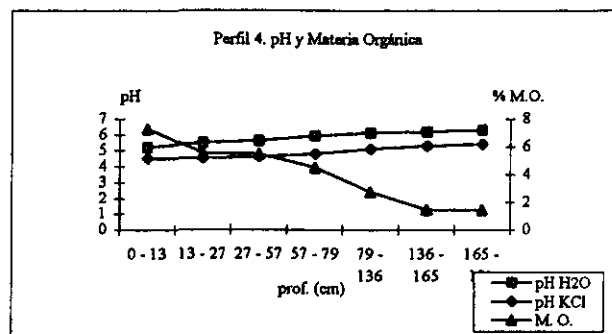
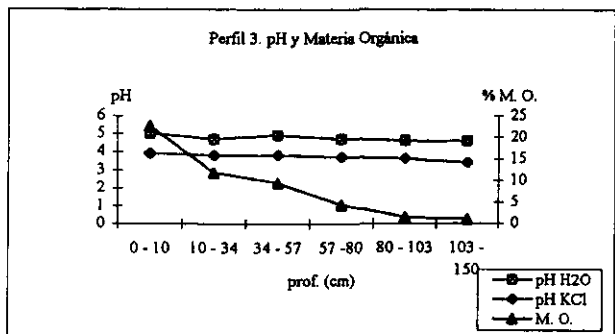
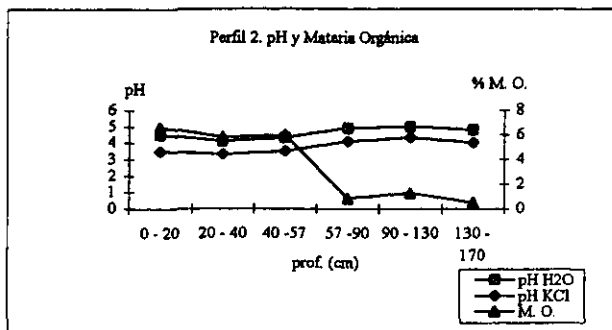
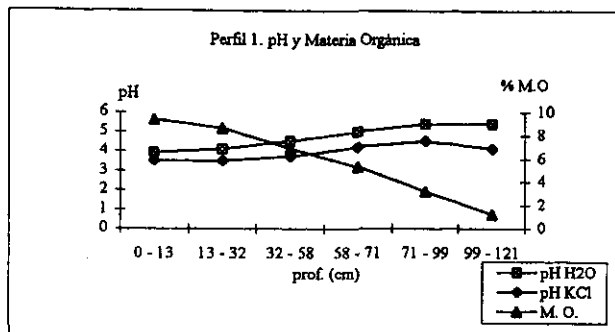


Fig. 25. Relación pH y Materia orgánica

El perfil 1 tiene 9.4% de materia orgánica el perfil 2 es de 6.6%, el perfil 4 de 7.3%, el perfil 5 de 6.7% de materia orgánica y el 6 de 6.7% de materia orgánica. Actualmente estos contenidos son indicativos de un adecuado manejo de estos suelos, el cual debe conservarse de manera permanente, ya que los suelos según se discute en el capítulo de erosionabilidad son lábiles a la erosión; aunque son suelos de manejo agrícola se dice que aún tienen buena reserva de materia orgánica.

Además se tiene el perfil 3, el cual corresponde a una zona de Bosque Mesófilo de Montaña y la cantidad de materia orgánica en la capa más superficial es 22.5% y de 9.5% a los 57 cm de profundidad (cuadro 9).

Los amorfos derivados de la materia orgánica, y presencia de minerales (organo-minerales) generalmente establecen en los suelos equilibrios bióticos muy delicados con las plantas y los organismos vivos que viven en el suelo. Al romper éste equilibrio como sucede en las zonas de selva resulta desastroso en un lapso corto tanto para el suelo como para los recursos naturales (degradación biológica).

7.10 Fósforo

Se observa que el fósforo en todos los casos (ver gráficas de fig. 26), tienen una estrecha relación tanto con la materia orgánica como con el pH de los suelos. Un ejemplo claro es el perfil 3 que corresponde a Bosque Mesófilo de Montaña, el cual a lo largo del perfil se nota una gran cantidad de materia orgánica, de igual manera la cantidad de fósforo disponible es alto en todo el perfil.

En el caso de los perfiles 5 y 6 que contienen niveles más bajos de materia orgánica, presentan bajos contenidos de fósforo en los horizontes más superficiales. En el perfil 8, se observa que el fósforo es constante de los 0 – 71 cm y al llegar a los 71 cm de profundidad disminuye de forma considerable.

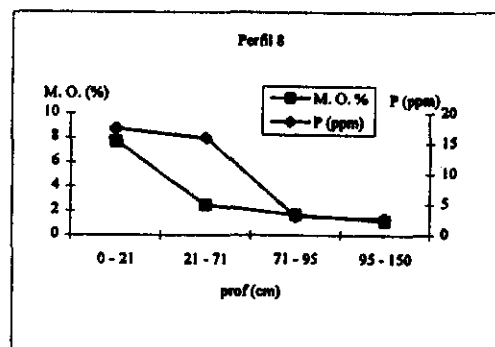
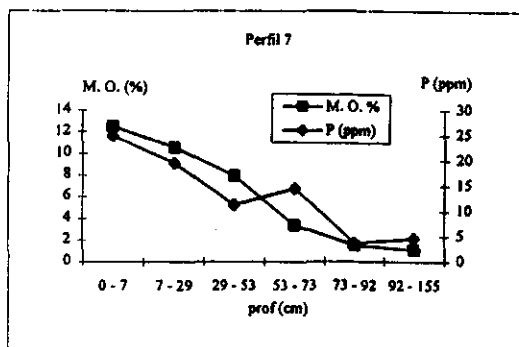
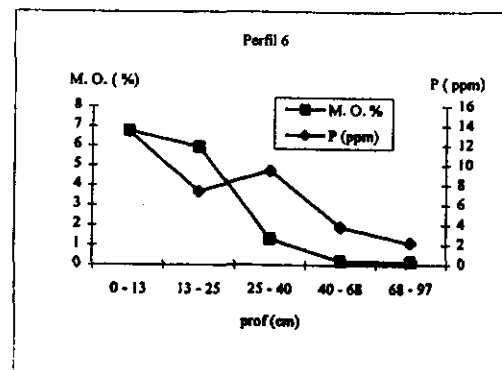
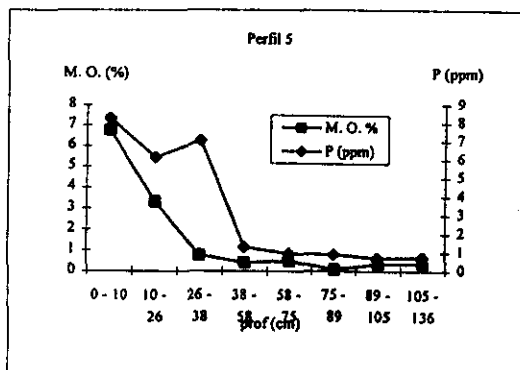
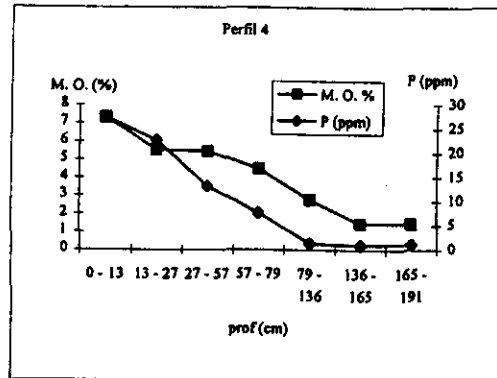
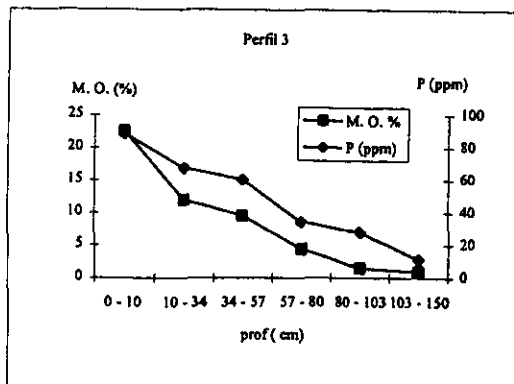
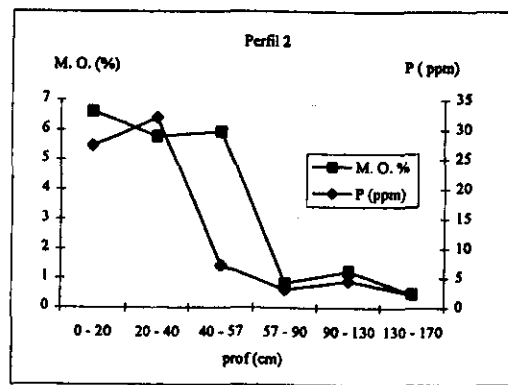
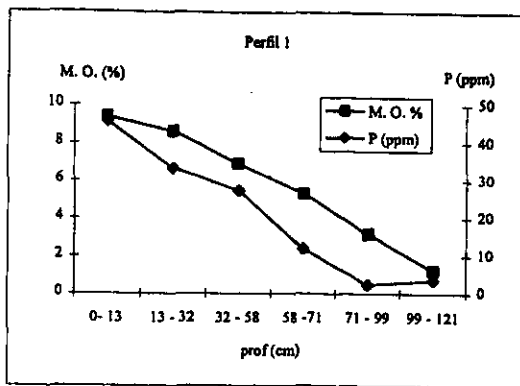


Fig. 26. Relación Fósforo y Materia orgánica.

7.11 Bases intercambiables.

Con respecto a las bases intercambiables, los contenidos de K^{1+} y Na^{1+} son en extremo bajos, esto se explica por la presencia de una intensa lixiviación y la presencia de la roca, en cuanto a los contenidos de Ca^{2+} y Mg^{2+} estos oscilan de bajos a moderados y en algunos casos saturan la capacidad de intercambio catiónico (CIC). Se puede decir que desde el punto de vista de fertilidad agrícola los suelos son deficientes en bases pero son suficientemente buenos para el crecimiento y desarrollo de los cultivos en la región.

7.12 Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)

La CIC promedio es moderada en la mayoría de los suelos, principalmente en las capas superficiales, aunque puede considerarse pobre en varios perfiles (menos de 10), y la CIC mayor de 25 indican una fertilidad potencialmente alto (Duchaufour, 1984). Por lo que la CIC más elevada se debe sobre todo a la cantidad de materia orgánica y amorfos presentes.

En general los análisis físicos y químicos básicos, no son suficientes o adecuados para decir que los suelos son o no apropiados para la agricultura, por lo que el análisis de microflora o biota, puede dar otros parámetros de evaluación con mayor exactitud que nos permitiría dar una realidad del valor nutricional del suelo, para el establecimientos de ciertos cultivos, como los que se presentan en la zona de estudio.

7.13 Erosión

Las razones por las que se determinó la erosión son:

- La zona es montañosa y se ha sometido a la agricultura, en suelos cuya aptitud es forestal.
- Existen fuertes evidencias de procesos de erosión muy severos

- Las fotografías aéreas demuestran la existencia de canalillos y cárcavas en toda la zona
- El título de la tesis implica a la edafología y ésta estudia a los suelos normales así como su degradación.

Actualmente algunos investigadores de la erosión hídrica, la cual han definido como la velocidad del material que es removido de los declives, consideran que existen cuatro factores que deben ser evaluados para dar un diagnóstico:

- *Factor climático.* La agresividad de la lluvia (erosividad) es función de la cantidad e intensidad de ésta, así como del tamaño y energía cinética de la gota de lluvia.
- *Factor edáfico.* La erosionabilidad del suelo (factor K) está condicionado por las cantidades de arenas finas y muy finas y limo, así mismo por la cantidad de materia orgánica, arena total y también por la forma y estabilidad de los agregados y la permeabilidad del suelo. Esta erosionabilidad se puede calcular fácilmente mediante el nomograma (anexo V) ideado por Wischmeier *et al.*, (1971).
- *Factor topográfico.* La longitud, gradiente y forma de un declive son las principales características topográficas que se toman en consideración para medir la erosión del suelo. Sin embargo es importante hacer notar que independientemente de la pendiente, la erosión no se produce si existe una buena cubierta vegetal.
- *Factor humano.* El mejor modo de evaluar la influencia humana y otras influencias biológicas es mediante sus efectos en la cubierta vegetal (factor C) y en el suelo. Esto puede ser fácilmente detectado en las fotografías aéreas y las variables principales son el tipo de vegetación, el desarrollo de esta vegetación a lo largo del año, el porcentaje de cubierta, la aspereza del terreno y las condiciones de superficie del suelo.

En el área de estudio existe una gran densidad de cárcavas (fig. 4), lo que es indicativo de un clima con un índice de erosividad significativo, así como la presencia de un suelo o una roca madre altamente erosionable y en ocasiones poco permeable. Desde luego la formación de cárcavas en ésta área resulta favorecida por la escorrentía que se concentra por causa de la topografía del terreno. Así la deforestación y la degradación de la

vegetación, principalmente aquella que se localiza por encima de la zona de cárcavas, es fundamental para que éste fenómeno se produzca.

En la zona de estudio la vegetación original correspondía a Bosque Mesófilo de Montaña, con clima semicálido húmedo y templado húmedo con pendientes muy pronunciadas (entre 20% y 80%). La elevada precipitación pluvial de esta zona sumada a la aptitud de estos bosques para "captar" agua, hace que estos ecosistemas sean invaluableles; pero sí el bosque es talado, el riesgo de erosión del suelo es enorme. Sin embargo los campesinos, a pesar de haberlo talado han seguido las siguientes estrategias para evitar la pérdida del suelo, como son: (1) dejar manchones de vegetación primaria en la parte alta de los cerros y en áreas con pendientes extremas, así como barreras vivas. Esta vegetación aporta gran cantidad de materia orgánica, (2) abono esporádico de los suelos y (3) mantener una agricultura tradicional, la cual ha permitido que la pérdida de estos suelos no sea tan severa.

Con el manejo tradicional que han hecho en los suelos, han conservado gran cantidad de materia orgánica al dejar el "rastrojo" y algunas arvenses en los suelos. Otro factor que evita la pérdida de suelo son los cultivos de amplia cobertura, que se mantienen prácticamente durante todo el año. Sin embargo es importante el poder evaluar hasta donde se puede mantener una agricultura en un ambiente tan frágil como lo es la zona de estudio. Seguramente, la pérdida del suelo es casi inevitable en ausencia de una vegetación primaria, la cual tiende a desaparecer de forma acelerada. Esto se debe a que cada vez se abren nuevos espacios, para la agricultura como para pastizales y potreros (fig. 4).

El valor R obtenido corresponde a 234.04, éste valor según la FAO- PNUMA indica una agresividad climática moderadamente alta.

Factor edáfico. La erodabilidad de los suelos se calculó con base en el nomograma de Wischmeier *et al.*, (1971) (anexo V). Como se observa en el cuadro 16 los resultados del factor K de erosión indican riesgo en los perfiles 1, parte del 2, 3, 4, 7 y 8 donde los valores son mayores que 0.35. Únicamente los perfiles 5 y 6 no muestran riesgo de erodabilidad.

Los riesgos de erosión son extremadamente altos, con excepción del perfil 5. Las principales causas que influyen en éstos perfiles para que el riesgo sea tan alto, son los gradientes de pendiente en que se encuentran (cuadro 6). Por otra parte, la gravosidad que se presenta en el perfil 5 ayuda a que éste suelo no sea tan fácilmente erodable.

Así la erosión actual, aunque puede considerarse ligera en todos los casos, sí resulta significativa. Además se observa que ésta erosión no afecta el perfil 3, esto se debe fundamentalmente a la alta cobertura vegetal que se presenta en esta área (Bosque Mesófilo de Montaña).

Es importante mencionar que la cobertura vegetal para una zona de Bosque, muestra un valor paramétrico muy bajo ($C=0.006$) y que éste valor se incrementa 100 veces ($C=0.6$) en riesgo, cuando se trata de monocultivos. En cultivos asociados que muestran algunas obras de conservación o el empleo de surcado en contorno, hace que ésta erosión sea menor. Las características relacionadas con la vegetación y uso del suelo se conocen como factor C.

Factor topografía. Con relación a la topografía de la zona, se observa que predominan las pendientes escarpadas o severamente escarpadas y son muy escasas las áreas casi planas o ligeramente onduladas (cuadro 6). Las valoraciones paramétricas por topografía para este tipo de pendientes oscilan de 3.5 hasta 11.

Con respecto a las prácticas de conservación la única que se observa de modo frecuente es el surcado en contorno. Este tipo de práctica tiene un valor paramétrico de 0.12 es decir el 88% resulta ineficiente para un control total de la erosión.

Para determinar el factor C, se consideran tres situaciones, asumiendo las siguientes condiciones paramétricas:

Factor C = 0.006 en Bosque

= 0.6 en monocultivo

= 0.3 en cultivos asociados

La aplicación de la ecuación para determinar la erosión, es con la finalidad de predecir las pérdidas debidas a la erosión y elegir las prácticas agrícolas más adecuadas a la zona, pero también se puede comprobar que la presencia de cultivos asociados de maíz/frijol y mantener una cubierta vegetal a lo largo del año, son prácticas adecuadas.

Se consideró los horizontes más superficiales de los 8 perfiles para calcular el riesgo de erosión del suelo, esto es, no se tomo en cuenta el factor C, que permite ver las condiciones de cobertura así como el factor P de manejo, notándose un riesgo muy alto en todos casos. Siendo el riesgo de erosión de más de 100 ton/ha/año; en cambio cuando se consideran los factores C y P existe un gran cambio en cuanto a la cantidad de perdida de suelo, el cual no rebasa en terrenos agrícolas las 20 ton/ha/año. El perfil 3 que corresponde a Bosque Mesófilo de Montaña tiene una buena cobertura vegetal, la evaluación teórica de erosión es de tan solo 0.34 a 0.47 ton/ha/año.

7.14 Difractogramas del perfil 5.

La fig. 15 muestra los difractogramas realizados para cada uno de los horizontes presentes en el perfil 5, como se observa se trata de un Paleosuelo de la familia mineralógica gibbsita-caolinita. Estos difractogramas confirman los siguientes puntos tratados en ésta tesis:

Todos los Paleosuelos estudiados se desarrollaron bajo condiciones de alteración química muy severa. Probablemente la hidrólisis fue uno de los agentes químicos más importantes.

Los suelos con ésta composición mineralógica, en la actualidad siempre están cubiertos por vegetación arbórea, principalmente acidófila, aunque no necesariamente.

La presencia de cuarzo, gibbsita, haloisita y caolinita de dominante a común en estos suelos, indica la presencia de muy bajos contenidos en bases intercambiables, así mismo

muy baja capacidad de intercambio; esto último fue corroborado a través de los análisis de laboratorio (cuadro 18).

Resulta notable el hecho de que la cristalización de los minerales presentes, según los difractogramas sea casi perfecta, principalmente para la gibbsita.

7.15 Microfotografías de láminas delgadas.

En todas las imágenes se muestra de manera muy evidente las transformaciones edafogénicas y diagenéticas que han sufrido a través del tiempo los suelos estudiados. Las figuras 18, 19 y 20 nos dan claras evidencias tanto de la actividad biológica que tuvieron estos suelos como de las neoformaciones a las que han estado sometidos. Dentro de la ciencia básica, el estudio de estos Paleosuelos resulta muy importante dado que permitiría reconstruir además del Paleoambiente los procesos geológicos y geoquímicos que han transformado a estos suelos. Sin embargo hasta la fecha ésta es la primera investigación con estos Paleosuelos.

7.16 Génesis.

Desde el punto de vista práctico se analizó la génesis, porque se puede asegurar que este conocimiento es un prerequisite indispensable, previo al manejo de los suelos, además se contó con el tiempo necesario y la infraestructura para realizarlo.

Según observaciones de campo y análisis de laboratorio, los suelos de la zona son de origen policíclico derivados de rocas sedimentarias principalmente Lutitas calcáreas pertenecientes a la formación de Huayacocotla. Algunas áreas presentan afloramiento de rocas calizas y probablemente de intrusivos ígneos. Como se mencionó, la elevación en el área de estudio oscila de 1200 msnm cerca del río Apulco hasta 1800 msnm cerca de Zoateopan (fig. 3)

El clima en el área se caracteriza por un índice de agresividad moderado ($R=234.04$), aunque con un índice de lixiviación muy severo según se estima por el porcentaje de bases presentes (cuadro 16) así como por una composición mineralógica predominantemente gipsítica y caolinítica (cuadro 18). Estas características ambientales de clima, sin duda afectan el clima del propio suelo, por lo que el régimen de humedad es *údic*, es decir, el suelo nunca está seco por un periodo mayor de 90 días. La temperatura del suelo probablemente es de tipo intergradado entre Mésico (temperatura mínima 8°C) y Térmico (con temperatura máxima de 22°C).

Los análisis físico-químicos (cuadro 11) y mineralógicos de amorfos (cuadro 16) en este caso, realizados para el perfil 5 confirman que los suelos son Policíclicos. Esto significa que muestran al menos dos estadios evolutivos. El suelo más antiguo se forma *in situ* a partir de la roca sedimentaria, sufre erosión de sus horizontes superiores y posteriormente una depositación de material aluvial muy rico en materia orgánica y moderado en su contenido de bases. Un ejemplo de ello es el perfil 2 en el que el cambio textural en arcilla a una profundidad de 40 cm es abrupto y lo mismo sucede entre las profundidades de 90 – 130 cm. Existen además otros datos de este perfil que se muestran muy contrastantes como es el caso de P asimilable donde a partir de los 40 cm es de 32.11 ppm, cambia a 7.16 ppm, así mismo los contenidos de minerales amorfos (cuadro 15). Estos contrastes también se observan en los siete perfiles, aunque quizá no de manera tan drástica.

Como se observa en el cuadro 11, el perfil 5 muestra una clara discontinuidad a partir de los 26 cm de profundidad, ya que los amorfos particularmente Al, Fe, Mn y Si, están concentrados en esta capa superior y han sido muy lixiviados hacia capas más profundas (fig. 27). Sin duda la materia orgánica contenida en la capa superior ha protegido a estos minerales amorfos de su lixiviación.

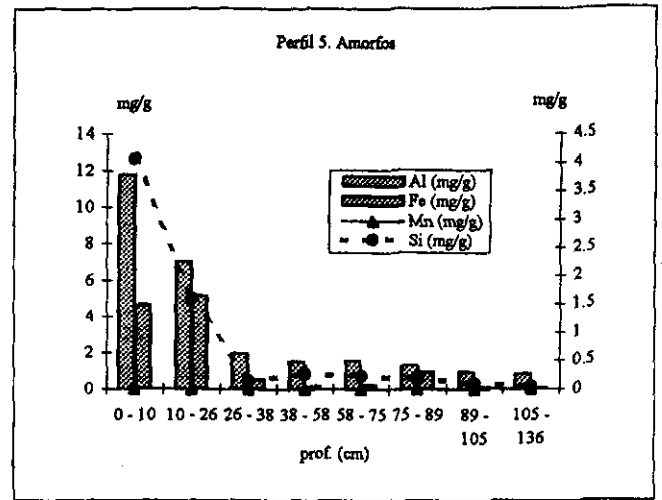
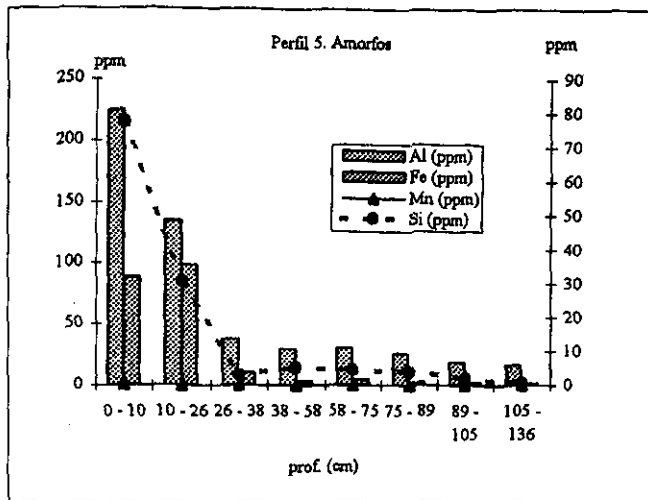


Fig. 27. Óxidos amorfos del perfil 5.

Las observaciones morfológicas y de laboratorio realizadas en los perfiles indican que los suelos residuales fueron sometidos a una intensa iluviación de bases, así como de minerales amorfos, probablemente también fue iluviada la materia orgánica; los procesos de caolinización son típicos de estos suelos (difractogramas) La capa que sobreyace éstos suelos residuales es de origen coluvio-aluvial reciente y sólo ha sido desbasificada en cantidad que oscila de moderada a baja. Los valores de pH en agua demuestran esta eluviación y desbasificación, en tanto que algunos valores de pH_A confirman en varios casos la presencia de amorfos (cuadro 11). La intensa lluvia que caracteriza la zona de estudio también ha propiciado otros procesos como son el *Lessivage* (lavado) principalmente de Fe, Mn y arcillas; algunos fenómenos de tipo podzólico, argiluvitación (formación de horizontes argílicos) y una aparente Kandificación (destrucción de arcillas) y consecuentemente la formación de horizonte argílico.

Todo indica que los suelos residuales que subyacen el aluvión son suelos muy antiguos y que durante mucho tiempo estuvieron en equilibrio con su ambiente boreal. Actualmente se sabe que un proceso catastrófico (en el material revisado en el microscopio petrográfico se observa la presencia de carbón, por lo que podría pensarse en un incendio de gran

magnitud), cuya naturaleza no se conoce, propició la destrucción de estos suelos residuales y su posterior sepultamiento con las capas de aluviones que han sido discutidas.

Dentro de los sistemas de clasificación, por su morfología, los suelos residuales estudiados serían incluidos dentro de los diversos grupos de Inceptisoles y Entisoles. Ésta apreciación resultaría totalmente errónea si no se toma en cuenta las características físicas y químicas que presentan con la edad de los suelos y su génesis (cuadros 16 y 18).

Esto nos lleva a concluir que los suelos residuales que se formaron bajo condiciones ecológicas diferentes a las actuales (clima, vegetación), mucho más agresivas desde el punto de vista climático deben ser clasificados como PALEOSUELOS probablemente PALEOUDALFS.

8. CONCLUSIONES.

La zona de estudio es muy compleja en todos sentidos: vegetación, suelo y cultura.

Culturalmente la gente del municipio de Nauzontla tiene una visión muy particular sobre como son los suelos y cual es la forma más correcta de usarla.

Trabajar con la clasificación local de suelos tiene varios beneficios, porque permite hacer un inventario detallado del recurso suelo, la clasificación local es más rápida que con las técnicas convencionales del conocimiento científico de suelos y simplificó el número de muestreos.

La clasificación local agrupa a los suelos de acuerdo a su relativa productividad y su valor agrícola.

El manejo agrícola (las prácticas de conservación) que le han dado a los suelos del municipio de Nauzontla ha hecho posible que la erosión del suelo no sea tan intensa y hayan mantenido un proceso agrícola a lo largo de varios años en condiciones aptas para el establecimiento de la agricultura

Los suelos del Municipio de Nauzontla, son fuertemente ácidos, con estructura no muy propia para el drenaje y conservación de los cultivos.

La presencia de materiales amorfos ha propiciado la formación de agregados muy estables

Existe una alta porosidad en las capas arables, lo que propicia una buena conducción de aire y agua, para la fácil penetración de raíces

Los valores de materia orgánica son altos y contribuye en forma importante a la dinámica del sistema.

9. BIBLIOGRAFÍA.

- Alcántara, O y I. Luna,** 1997. Florística y análisis biogeográfico del bosque mesófilo de montaña de Tenango de Doria, Hidalgo, México. en: *Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México*, Ser. Bot. 68(2):57-106.
- Aparicio B. y E. García,** 1993. Percepción botánica: La visión del mundo natural por los totonacos de Zozocolco de Hidalgo, Veracruz, México. Tesis de licenciatura en Biología. UNAM Iztacala. Estado de México.
- Barrera, N.** 1988. "Etnoedafología purhépecha": *México Indígena*. no. 24, año IV: 47-52
- Barrera-Bassols, N. (s/f).** The other pedology: empirical wisdom of local people.
- Besoain, E.** 1985. Mineralogía de arcillas de suelos: San José, Costa Rica; Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, IICA/ Serie de libros y materiales educativos no. 60, 1216 p.
- Basurto, F., M.A. Martínez y G. Villalobos.** 1998. Los quelites de la Sierra Norte de Puebla, México: inventario y formas de preparación. *Bol. Soc. Bot. México* 62:49-62.
- Birmingham, D. M.** 1998. Learning local knowledge of soils: a focus on methodology. In: *Indigenous Knowledge and Development Monitor* 6(2).
- Bocco, G. and V. M. Toledo.** 1997. Integrating peasant Knowledge and geographic information systems: a spatial approach to sustainable agriculture. In: *Indigenous Knowledge and Development Monitor* 5(2).
- Bouyoucos, O. J.** 1955. Directions for making mechanical analysis of soils by the hydrometer method. *Soil Sci. Am. Proc.* 42:225-230.
- Bronger, A. and J. Catt.** 1989. Paleosoils: Problems of Definition, Recognition and Interpretation In: *Retallack 1990. Soils of the past.*
- Calderón A. G.,** 1983. Caracterización y utilidad de la clasificación campesina de suelos en dos zonas chinamperas del Valle de México. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Posgraduados, Montecillos, Estado de México. 166p.
- Cartier, S. and J. De Graff.** 1999. Differences between farmers and scientists in the perception of soil erosion: a South African case study. In *Indigenous Knowledge and Development Monitor* 6(3).

- Cuanalo de la Cerda, H.** 1975. Manual para la descripción de perfiles de suelo en el campo. Colegio de Posgraduados, Chapingo, Estado de México.
- Dialla, B. E.** 1993. The Mossi indigenous soil classification in Burkina Faso. *In* Indigenous Knowledge and development Monitor 1(3):17-18
- Duchaufour, Ph.** 1984. Edafogénesis y clasificación. Mason, S.A., Barcelona España. 493p.
- Ellis, S. and A. Mellor,** 1995. Soils and environment. London and New York 364p.
- Evangelista, V.** 1999. Influencia de dos cultivos comerciales en el cultivo de maíz en la comunidad de Naupan Puebla. Tesis de Maestría. Fac. de Ciencias, UNAM. México. 115p.
- Fanning, D. S. and A. C. B. Fanning,** 1989. Soil Morphology, Genesis and Classification: John Wiley and Sons. 345p
- Ferrusquía-Villafranca, I.** 1998. Geología: una sinopsis. In Ramamoorthy, T. *et al.* (comp.). Diversidad Biológica de México. Instituto de Biología, U.N.A.M. México, D. F. pp 3- 108.
- FAO-PNUMA.** 1980. Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos: Roma, Food and Agriculture Organization of the United Nations; y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. 86 p.
- García, E.** 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, UNAM. México, D. F. 252 p.
- García, B.** 1987. Los pueblos de la Sierra. El poder y el espacio entre los indios del norte de Puebla hasta 1700. El Colegio de México. México, D. F. 424 p.
- González, M. R.,** 1988. La clasificación campesina como un sustituto de los levantamientos detallados de suelos. Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados, Montecillos, Estado de México. 101p.
- Guadarrama Z., C.** 1984. Valor de uso y relaciones económicas en la agricultura tradicional de Nautzontla, Pue. Tesis de licenciatura. UACH, Chapingo, Estado de México. 115 p.
- Guevara, S., P. Moreno-Casasola y J. Rzedowski, (Comps).** 1993. Logros y perspectivas del conocimiento de los recursos vegetales de México en vísperas del siglo XXI. Instituto de Ecología A. C. Xalapa, Veracruz.

- Hernández, X. E.** 1985. "Apuntes sobre la exploración etnobotánica y su metodología", Xolocotzia no. I: Colegio de Posgraduados, Chapingo, Estado de México. pp.163-188
- INEGI.** 1995. Resultados definitivos. Tabulados básicos. 3 tomos. México, D. F. 1571p.
- INEGI.** 1995. Anuario estadístico del Estado de Puebla. Gobierno del estado de Puebla. México. 644p.
- Instituto de Geología.** 1992. Provincias geológicas de México *in*: Ortega- Gutiérrez y colaboradores, texto explicativo de la Quinta edición de la Carta Geológica de la República Mexicana. Escala 1:8 000 000; UNAM- Secretaría de Energía Minas e Industria Paraestatal, Instituto de Geología – Consejo de Recursos Naturales.
- Inzunza, M. F.** 1988. El proceso de producción agrícola en la porción oriental de la Sierra Norte de Puebla. Tesis de licenciatura, UACH, Chapingo, Estado de México. 305 p.
- Jackson, M.** 1964. Análisis químico de suelos. 2da, edición. Omega. España. 932 p.
- Jenny, H.** 1980. Factors of Soil formation (new ed.): New York, Mc Graw-Hill. 345 p
- Kilmer, J.** 1949. Eliminación de materia orgánica *in*: Investigación de Suelos. Edit. Trillas. México D. F. 90p.
- Krauskopf, K. B.** 1979. Introduction to Geochemistry: Tokio Mc Graw-Hill. Kogakusha. 617p.
- Licon, V.,** 1991. Metodología para el levantamiento de tierras campesinas a nivel regional y la técnica de producción agrícola en ejidos del centro de Veracruz, México. Tesis de maestría. Colegio de Posgraduados, Chapingo, Estado de México.
- López , R. E.** 1983. Geología de México. vol. III. 6ª. Ed. edición particular. México, D. F. 453 p.
- Luna, O. P.,** 1982. Estudio comparativo sobre la clasificación campesina de suelos en dos comunidades del Valle de México. Tesis maestría en Ciencias. Colegio de Posgraduados, Chapingo, Estado de México. 168p.
- Martínez D, D. y E. Hernández X.** 1992. La etnoedafología como conocimiento nativo y como antecedente en la agricultura tradicional, México. Colegio de Postgraduados Chapingo, Estado de México.

- Mehra, O. P. and M. L. Jackson.** 1960. Iron oxide removal from soils and clays by a ditionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate buffer. *Clays and Clay Miner.* Vol. 7: 317- 327.
- Morck.** 1990. Munsell Soil Color Chart. Baltimore, Maryland, Macbeth Division of Kollmorgen Corporatio. 28p.
- Narvaéz, C. G.,** 1985. Conocimiento y utilización de las tierras por agricultores de la costa de Oaxaca. *Rev. Chapingo* no. 50-51: UACH, Chapingo.
- Niemeijer, D.** 1995. Indigenous soil classifications: complications and considerations. *In* Indigenous Knowledge and Development Monitor 3(1) de la página de Internet: <http://www.nuffic.nl/ciran/ikdm/3-1/articles7niemeijer.html>
- Ortiz, S. C.** 1990. Desarrollo de la etnoedafología en México. Mimeo del Centro de Edafología del Colegio de Posgraduados, Montecillos, Estado de México.
- Ortiz, S. C.** 1992. Hablemos de suelos, en la Revista Agroproductividad no. 1: pp 3- 10.
- Ortiz, S. C.** 1984. Metodología del levantamiento fisiográfico; un sistema de clasificación de tierras. 2da. ed. Colegio de Posgraduados Chapingo, Estado de México.
- Palmer, R. G.** 1980. Determinación de la permeabilidad in: Investigación de suelos. Edit. Trillas. México, D. F. 90 p.
- Quiroz, M. J.,** 1985. Clasificación otomí de tierras en dos sistemas terrestres del Valle del Mezquital, Hgo. Tesis profesional. UACH, Chapingo, Estado de México.
- Rojas, T y W. Sanders (eds.),** 1985. Historia de la agricultura. Época prehispánica siglo XVI. 2 vols., Col. Biblioteca INAH, serie Historia, INAH, México, D. F.
- Rzedowski, J.** 1978. Vegetación de México. Limusa, México. 432p.
- Rzedowski, J.** 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Bot. Mex.* 14:3-21
- Rzedowski, J.** 1996. Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña de México. *Acta Bot. Mex.* 35: 25-44.
- Sahagún, B. de.** 1988. Historia General de las Cosas de la Nueva España Alianza Editorial Mexicana. Segunda edición. 923 p.
- SCS-USDA.** 1999. Soil Survey Manual 18: Washington, D. C. U. S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service. 520p

- Secretaría de Gobernación y Gobierno del Estado de Puebla.** 1988. Los municipios de Puebla. Puebla, Pue. 1178 p.
- Schilchting, E. and H. P. Blume.** 1966. *Bodenkundliches Praktikum.* Paul Parey, Hamburg, Berlin.
- Shoji , H. W and Wada K.** 1993. *Andisols, genesis and classification.* Elsevier ed. Enschede, Holanda
- Soil Survey Staff- USDA,** 1990. *Keys to Soil Taxonomy.* 4th edition, Agency for International Development; SMSS Technical Monograph 19. Blacksburg, Virginia.
- Tabor, A. J.** 1990. *Ethnopedology: Using indigenous knowledge to classify soils.* *In* Arid Lands Newsletter, 30: 28-90.
- Tabor, A. J.** 1993. *Soil Surveys and Indigenous Soil Classification* *In* Indigenous Knowledge and Development Monitor 1(1).
- Talawar, S. and R. E. Rhoades.** 1988. *Scientific and local classification and management of soils.* *Agriculture and Human Values* 15: 3- 14
- Thompson, L. y F. Troeh.** 1982. *Los suelos y su fertilidad.* Editorial Reverté. España. 649p.
- USDA-SCS.** 1990. *Keys to soil Taxonomy: Soil Survey Staff, Agency for International Development.* USDA, Soil Management Support Services; Cornell University; SMSS, Technical Monograph no. 6. 290 p.
- Vásquez, M. A. (editor).** 1995. *La tecnología agrícola tradicional.* Instituto Indigenista Interamericano, CONACYT, ITAO. Oaxaca, México.
- Vázquez, A. y N. Bautista.** 1993. *Guía para interpretar el análisis químico de suelo y agua.* Departamento de Suelos, UACH, Chapingo . México 32p.
- Van Wambeke, A.** 1991. *Soil of the Tropics: Properties and Appraisal: Mc Graw Hill, Inc.* 343p.
- Van Zuidam R, A.** 1990. *Terrain Analysis and Classification using Aerial Photographs, a Geomorphological Approach: Enschede, Holanda International Training Centre.* 186p.
- Wada, K.** 1985. *The distinctive properties of Andosols: Adv. Soil Sci.* 2:173-228

Williams, B., 1994. La producción y el consumo de maíz: un estudio preliminar de Tlanchihca, Tepetlaoztoc. *In* Agricultura indígena: pasado y presente. Rojas, T. (coord.) , ediciones de la casa Chata. CIESAS. México, D. F. pp. 209- 226.

Wischmeier , W. H. 1976. Use and Misuse of the Universal Soil loss Equation: Journal of Soil and Water Conservation, V.31, p 59.

10. ANEXOS.

I. Encuesta de suelos

1. ¿Qué tipos de tierra conoce?
 - a.
 - b.
 - c.
 - d.
 - e.
2. ¿Qué características tiene cada una de ellas?
 - a. tipo (clase) de tierra
 - b. color
 - c. textura
 - d. humedad
 - e. profundidad
 - f. uso
 - g. manejo
 - h. piedras
 - i. lugar
 - j. otras
3. ¿Cómo es la tierra de monte?
4. ¿Hay tierras que se estén cansando?, ¿Porqué se están cansando?
5. ¿Hay tierras en las que ya no se da el maíz, frijol o papa? ¿Porqué?
6. ¿Qué tierras son mejores para cada cultivo (maíz, frijol, papa)
7. ¿ Los terrenos de las laderas se cansan, los terrenos del plan se cansan? ¿ Hay alguna diferencia?
8. Cuando hay lluvia, ¿las tierras se cansan?
9. ¿La lluvia, el aire, el frío o el calor afectan a la tierra? ¿Cómo ?
10. ¿Con qué cultivo se acaba más la tierra?
11. ¿Usa algún fertilizante, por qué usa fertilizante?
12. ¿Los fertilizantes afectan de algún modo a la tierra cuando se usan durante varios años? ¿Cómo los afecta?
13. ¿Qué prácticas hace para conservar la tierra? (dejar la raíz de frijol, picar la basura, descansar la tierra?)
14. ¿Usted hace o conoce alguna fiesta, petición, ofrenda o manda para que la tierra siga produciendo?

II. Relación de quelites encontrados en la zona de muestreo:

Perfil 4. Quelites

| <i>Nombre común</i> | <i>Nahuatl</i> | <i>Nombre científico</i> |
|---------------------|----------------|-----------------------------|
| Guaparrón | Amolequilit | <i>Phytolacca icosandra</i> |
| Malva | | <i>Malva parviflora</i> |
| Nabo | Nabosquilit | <i>Brassica rapa</i> |
| Hierba mora | Tomatquilit | <i>Solanum americanum</i> |
| Frijol | Tuketl | <i>Phaseolus vulgaris</i> |
| Quintonil | Huauquilit | <i>Amaranthus cruentus</i> |
| Frijol | Xochiquilit | <i>Phaseolus coccineus</i> |
| Lengua de vaca | Xocoquilit | <i>Rumex crispus</i> |

Perfil 6 Quelites

| <i>Nombre común</i> | <i>Nahuatl</i> | <i>Nombre científico</i> |
|---------------------|----------------|-----------------------------|
| Guaparrón | Amolequilit | <i>Phytolacca icosandra</i> |
| Quelite cenizo | Nexhuaquilit | <i>Chenopodium album</i> |
| Quintonil | Huauquilit | <i>Amaranthus cruentus</i> |

Perfil 8. Quelites

| <i>Nombre común</i> | <i>Nahuatl</i> | <i>Nombre científico</i> |
|---------------------|----------------|----------------------------|
| Quintonil | Huaquilit | <i>Amaranthus cruentus</i> |

En la zona de muestreo donde se realizó el Perfil 3, hay mayor diversidad de quelites, ésta zona no contiene fertilizantes químicos, no así las otras dos zonas de muestreo.

III. Métodos para la determinación de textura con $\text{Na}(\text{PO}_3)_6$ como dispersante y determinación de óxidos amorfos.

Determinación de Textura con Hexametáfosfato de Sodio $\text{Na}(\text{PO}_3)_6$ al 4%.

1. Pesar 55 gr de suelo y colocarlo en un vaso de Verselius de 400 o 500 ml.
2. Agregar dos veces 20 ml de H_2O_2 al 8% y mezclarlos con un agitador de vidrio
3. Secar a baño María o en la platina caliente
4. Pesar 25 gr de suelo ya seco
5. Colocarlo en un vaso de batidora
6. Agregar 125 ml de Hexametáfosfato de Sodio $\text{Na}(\text{PO}_3)_6$ al 4%
7. Poner agua de la llave hasta la segunda ranura del vaso
8. Agitar durante 10 min en el agitador mecánico (si es arcilloso agitar 15 min)
9. Pasar a una probeta de 1000 ml
10. Aforar a 1000 ml con agua de la llave
11. Agitar un minuto (para que la muestra quede homogénea) y reposar 40 seg
12. Tomar la primera lectura con el hidrómetro , medir y anotar la temperatura
13. Dejar reposar durante dos horas y tomar la lectura con el hidrómetro y con el termómetro
14. Realizar los cálculos y observar la textura correspondiente en el Triángulo de Texturas

Fórmulas:

$$\text{a) \% Limo + \% arcilla} = \frac{\text{primera lectura (hidrómetro)} \times 100}{\text{g de suelo}}$$

$$\text{b) \% arena} = 100 - (\% \text{ limo} + \% \text{ arcilla})$$

$$\text{c) \% arcilla} = \frac{\text{segunda lectura (hidrómetro)} \times 100}{\text{g de suelo}}$$

$$\text{d) \% limo} = (\% \text{ limo} + \% \text{ arcilla}) - \% \text{ arcilla}$$

Nota. Agregar 0.2 a la lectura del hidrómetro por cada grado de temperatura después de 20°C o restarlos en caso contrario.

Determinación de óxidos amorfos de Fe, Al, Mn y Si en alófono e imogolita o extracción de Al, Fe, Si y Mn, contenido en óxidos e hidróxidos amorfos, así como en alófono e imogolita.

Principio.

Extracción con oxalato de amonio a pH 3.25 a temperatura ambiente y en la obscuridad.

Equipo y material.

agitador mecánico

botellas de polietileno de 125 ml

caja o bolsa de plástico negro para obscurecer

Espectrofotómetro de absorción atómica

frascos

papel filtro del # 40

placa termoline con agitador magnético

Reactivos.

Solución de oxalato (50 ml por muestra):

17.56 g de ácido oxálico dihidratado $C_2H_2O_4 \times 2H_2O$ 28.40 g de oxalato diamónico monohidratado $(NH_4)_2C_2O_4 \times H_2O$ se pesan , se colocan en 1 vaso de precipitado, se le agrega agua destilada cuidando de no llegar al litro, porque se tiene que ajustar al pH por lo que se agrega el agitador magnético, se coloca en la plancha (termoline) y se le va agregando por gotas el hidróxido de amonio el cual debe estar diluido, se introduce el electrodo y se espera a que se estabilice el pH en 3.25 se pasa a un matraz de 1 L y se afora con agua destilada.

Solución de KCl 1% (10 g en litro de agua)

Estándares de Fe, Al y Mn.

Procedimiento.

Se pesa 1.00 g de suelo molido fino y secado a 105° C en botellas de polietileno de 125 ml. Considerar 2 blancos por tanda. En un cuarto oscuro o bajo la campana oscura se le agregan 50 ml de la solución de oxalato (la reacción es muy sensible a la luz UV) y se agita durante 4 horas tapado con una caja o bolsa negra. Al terminar se filtra de inmediato (mantener tiempos constantes en todas las tandas; la extracción comienza al añadir el oxalato y se termina después de filtrar) a través de un filtro de papel a frascos Gerber. Los primeros 5 ml de filtrado se desechan (siempre en el cuarto oscuro).

Determinación.

Se preparan diluciones de 1.10 con solución de KCl 1% (importante para la determinación de Al con AAS) y las siguientes curvas de calibración en matraces aforados de 100 ml agregando a cada matraz 10 ml de solución de oxalato.

Al: 5, 10, 20, y 40 ppm

Fe: 1, 2, 3, 5 ppm

Mn 1, 2, 3, 5 ppm

Si: 5, 10, 20 y 40 ppm

La determinación se hace con AAS. El Si debe medirse inmediatamente después de la extracción, ya que tiende a precipitarse rápidamente. El Mn probablemente tenga que medirse en los extractos concentrados, ya que su concentración es más baja generalmente. Es importante enjuagar con mucha agua después de cada medición e incluso limpiar la esprea inyectando agua destilada con una jeringa, ya que tapa fácilmente. Debe cotejarse uno de los estándares constantemente para detectar si se ha tapado la esprea.

Cálculos:

Los resultados se reportan en mg por g de suelo absolutamente seco (se determina paralelamente el contenido de humedad en las muestras y se corrige el peso de la muestra).

mg/g Al, Fe, Mn, Si = ppm Al, Fe, Mn, Si en las diluciones x factor de dilución a (50/peso corregido de la muestra) / 1000

$$\frac{\text{ppm} \times \text{dilución} (1/10) \times 50}{\text{peso corregido}} / 1000$$

IV. Guía para interpretar el análisis químico de suelos,

tomado de: Vázquez, A. y N. Bautista (1993).

pH óptimo para diferentes especies agrícolas

| | | Ojeda, 1945 | Spurway, 1941 |
|---------------------------|----------|-------------|---------------|
| <i>Coffea arabica</i> | Café | 4 - 5 | |
| <i>Capsicum annum</i> | Chile | 6 - 8 | |
| <i>Phaseolus vulgaris</i> | Frijol | 6 - 8 | 6.0 - 7.5 |
| <i>Cicer arietinum</i> | Garbanzo | | 6.0 - 7.5 |
| <i>Vicia faba</i> | Haba | | 5.0 - 7.0 |
| <i>Zea mays</i> | Maíz | 6 - 8 | 5.5 - 7.5 |
| <i>Solanum tuberosum</i> | Papa | 5 - 6 | 4.8 - 6.5 |

pH del suelo (Jones y Wolf, modificado 1984).

| Categoría | escala del pH |
|----------------------|---------------|
| Muy ácido | < - 5.5 |
| Ácido | 5.6 - 6.0 |
| Ligeramente ácido | 6.1 - 6.5 |
| Neutro | 6.6 - 7.3 |
| Alcalino | 7.4 - 8.3 |
| Fuertemente alcalino | > - 8.3 |

Carbono orgánico (Landon, 1984)

| Clase | % carbono orgánico |
|----------|--------------------|
| Muy alta | >20 |
| Alta | 10 - 20 |
| Media | 4 - 10 |
| Baja | 2 - 4 |
| Muy baja | < 2 |

Clasificación de materia orgánica (Velasco, 1983)

| Clase | % materia orgánica |
|----------------------|--------------------|
| Extremadamente pobre | < 0.6 |
| Pobre | 0.6 - 1.2 |
| Medianamente pobre | 1.21 - 1.8 |
| Medio | 1.81 - 2.4 |
| Medianamente rico | 2.41 - 3.0 |
| Rico | 3.1 - 4.2 |
| Extremadamente rico | > 4.21 |

Nitrógeno total (Moreno, 1978)

| Clase | % nitrógeno total |
|--------------------|-------------------|
| Pobre | < 0.032 |
| Medianamente pobre | 0.032 - 0.095 |
| Mediano | 0.126 - 0.158 |
| Medianamente rico | 0.158 - 0.221 |
| Rico | > 0.222 |

Clasificación para Fósforo extractable Bray - 1 (CSTPA, 1980)

| Clase | fósforo (ppm) |
|-------|---------------|
| Bajo | < 15 |
| Medio | 15 - 30 |
| Alto | > 30 |

Clasificación para Fósforo extractable Olsen (CSTPA, 1980)

| Clase | fósforo (ppm) |
|-------|---------------|
| Bajo | < 5.5 |
| Medio | 5.5 - 11.0 |
| Alto | > 11.0 |

Cationes intercambiables en ACONH₄ pH 7.0 (Etchevers *et al.*, 1971)

| Clase | Ca | Mg | K |
|----------|-----------|-----------|-----------|
| | meq/100 g | | |
| Muy baja | < 2 | < 0.5 | < 0.2 |
| Baja | 2 - 5 | 0.5 - 1.3 | 0.2 - 0.3 |
| Media | 5 - 10 | 1.3 - 3.0 | 0.3 - 0.6 |
| Alta | >10 | > 3.0 | >0.6 |

Capacidad de intercambio catiónico (Cottenie, 1980)

| Clase | CICT meq/100 g |
|----------|----------------|
| Muy baja | < 5 |
| Baja | 5 - 15 |
| Media | 15 - 20 |
| Alta | 20 - 40 |
| Muy alta | > 40 |

Porcentaje de saturación de bases (Cottenie, 1980)

| Clase | % SB |
|-------|---------|
| Baja | < 35 |
| Media | 35 - 80 |
| Alta | > 80 |

V. Monografía para determinar el factor de erodabilidad del suelo (K), para los suelos continentales de los Estados Unidos (ARS, 1975).

