



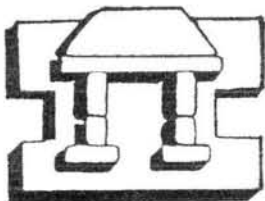
**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
IZTACALA

"LEVANTAMIENTO EDAFOLOGICO SEMIDETALLADO DE LA
PORCION NORTE DEL VALLE DE ZAPOTITLAN, PUEBLA"

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
B I O L O G O
P R E S E N T A :
A A R O N R I V A S R E Y E S

DIRECTOR DE TESIS: M. en C. DANIEL MUÑOZ INIESTRA



IZTACALA

LOS REYES IZTACALA, ESTADO DE MEXICO

2003.



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.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo esta dedicado a todas estas personas que de alguna u otra forma motivaron su culminación.

A mis padres: **Teodoro y Amelia** por permitirme y darme la oportunidad de estudiar una carrera profesional.

A mis hermanos: **Elia, Raquel, Teodoro, Emmanuel**, por tener que cargar la pena de tener un hermano biólogo.

A mi tío **Ignacio Reyes** que supo acertar con sus comentarios y consejos en esos momentos críticos de la vida.

A los cuates de la ENEP-IZTACALA : Rocio, Claudia, Dulce, Carlos Barrera, Gaby, Enrique (chivo), Cesar, “los chicuelos” (Toño, Jorge, Carlos, Esther, Jessica), Fidel, y a los que me faltaron por permitirme cohabitar entre ustedes.

Y de manera muy especial a la UBIPRO por la dicha y alegría de permitirme decir en cualquier lugar, “POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU”.

Al M.en C. **Daniel Muñoz Iniestra**, no solo por el asesoramiento de la tesis si no, por mostrar un horizonte más de lo bonito que es la vida con respeto, humildad y honestidad. GRACIAS MAESTRO.

Al M.en C. **Francisco López** “panchito” por sus consejos y observaciones. GRACIAS MAESTRO.

Al Dr. **Rafael Lira** que de forma directa e indirecta siempre nos apoyo en la realización y culminación del presente trabajo. GRACIAS MAESTRO.

Al Biól. **Arnulfo Reyes** por sus observaciones y palabras de aliento. En esos momentos de angustia que uno tiene cuando las cosas no van por donde uno quiere. GRACIAS MAESTRO.

A ti **Mayra Hernández** que con tus grandes conocimientos en la digitalización y paciencia que siempre me tuviste fue posible realizar el principal objetivo del trabajo.

A ti **Poncho**. Por la ponchificación que siempre alentaba en la apertura del perfil.

Ayer me quejaba de que no tenia zapatos sali a la calle y vi a un hombre que no tenia pies.

RESUMEN

El suelo tradicionalmente era visto como simple productor de plantas, fuente de minerales y alimento para los seres vivos; sin embargo, en el curso de unos cuantos años se ha comprendido el papel primordial que cumple en los ecosistemas, purificando el agua de la lluvia en la filtración o a los mantos freáticos, dando cabida a organismos potencialmente útiles, a demás como medio físico sobre el cual se asientan la infraestructura de desarrollo.

El atraso en cuanto al conocimiento del suelo representa un fuerte obstáculo para la implementación de programas de desarrollo, manejo, conservación y restauración, es el caso particular del Valle de Zapotitlán Salina, donde la información edáfica es muy escasa y general.

Esto hace evidente la necesidad de generar el conocimiento a través de investigaciones conocidas como *levantamientos edafológicos* que se basan principalmente en exploraciones del terreno, apertura y descripción de perfiles de suelo; lo que ayuda a conocer las semejanzas y diferencias entre suelos de tal forma que es posible identificarlos, conocer su distribución, sus propiedades físicas y químicas siendo principalmente el objetivo de la presente investigación así como generar el mapa edafológico del Valle de Zapotitlán Salina.

Para llevar acabo el estudio se describieron treinta y seis perfiles en base a la metodología propuesta por Ortiz Solorio y Cuanalo de la cerda (1981). Las propiedades físicas y químicas (color, textura, DA, DR, porosidad, pH, MO, CICT, Ca,) se analizaron de acuerdo al manual de Muñoz et. al. (2000). Con los resultados obtenidos y aplicando el sistema de clasificación, FAO-UNESCO 1994. Se obtuvieron cuatro grupos mayores y cinco unidades, edáficas Leptosol rendzico, Leptosol lítico, Fluvisol calcalico, Regosol calcarico y Feozen calcarico.

Del análisis y discusión se tiene que la heterogeneidad edáfica encontrada es consecuencia de la dinámica pedogenética que ocurrió y ocurre en el Valle de Zapotitlán. La mayor parte de los suelos identificados son residuales, sin embargo también se presentan superficies de aluviales o remontantes, formadas por erosión y depositación de grandes volúmenes de sedimentos.

La complejidad del relieve y la variación topográfica, aunado a la presencia de un clima seco ha favorecido la presencia de suelos jóvenes, poco profundos, pedregosos y muy basificados.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS Y META	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos particulares	3
2.3 Metas	3
III. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	4
3.1 Marco teórico	4
3.1.1 Generalidades en la clasificación de suelos	4
3.1.2 El sistema de clasificación Americano, (Soil Taxonomy)	5
3.1.3 El Sistema de clasificación FAO/UNESCO	5
3.1.4 Levantamientos de suelos	6
3.2 Antecedentes	7
IV. ÁREA DE ESTUDIO	9
4.1 Generalidades	9
4.2 Localización geográfica	9
4.3 Fisiografía	10
4.4 Geología	10
4.4.1 Geología histórica	10
4.4.2 Litología superficial	11
4.5 Hidrología	11
4.6 Edafología	11
4.7 Clima	11
4.8 Vegetación	12
4.9 Aspectos socioeconómicos	13
V. METODOLOGÍA	14
5.1 Primera fase: trabajo de escritorio.	14
5.2 Segunda fase: trabajo de campo	15
5.3 Tercera fase: trabajo de laboratorio	15
5.4 Cuarta fase: ordenación y análisis de datos	16
VI. RESULTADOS.	17
6.1 Generalidades.	17
6.2 Descripción ambiental, morfológica y fisico química de las unidades de suelo.	18
6.2.1 Grupo mayor Leptosol (LP)	18
6.2.2 Grupo mayor Feozem (PH).	21
6.2.3 Grupo mayor Regosol (RG)	24
6.2.4 Grupo mayor Fluvisol (FL).	27
VII. DISCUSIÓN.	30
VIII. CONCLUSIÓN.	34
IX. BIBLIOGRAFÍA.	35
X. ANEXOS	40

I. INTRODUCCIÓN

México por su situación geográfica, forma y su conformación geológica se distingue por una extraordinaria diversidad de especies de flora y fauna y de comunidades naturales, es el caso de los desiertos mexicanos que concentran un alto porcentaje de plantas y animales endémicos y una considerable proporción de diversidad biológica, que se acentúa hacia las porciones más tropicales de su distribución geográfica (Valiente-Banuet, 1990). Específicamente en el caso de los suelos en el territorio nacional se han detectado 23 tipos de suelos de los 25 que incluye el sistema de clasificación de la FAO/UNESCO (1975), lo cual da una idea de la diversidad de estos y su potencial de aprovechamiento (SEDUE, 1989).

El suelo tradicionalmente era visto como simple productor de plantas, fuente de minerales y alimento para los seres vivos; sin embargo, en el curso de unos cuantos años se ha comprendido el papel primordial que cumple en los ecosistemas, purificando el agua de la lluvia en la filtración a los mantos freáticos, dando cabida a organismos potencialmente útiles, además como medio físico sobre el cual se asienta la infraestructura de desarrollo. Sin embargo, en muchas ocasiones las actividades productivas como la agricultura, la ganadería y el aprovechamiento forestal, soslayan el conocimiento de la capacidad de carga del los suelos y de la productividad de un ecosistema, por lo que se suelen ocasionar impactos ambientales negativos muchas veces de tipo irreversible.

En México existe un atraso muy grande en cuanto al conocimiento del suelo, aun en la actualidad existen regiones donde prácticamente no existe información edáfica. Esto representa un fuerte obstáculo para la implementación de programas de desarrollo ya que se desconoce el potencial productivo de los suelos. Por otra parte, limita la instrumentación de programas de manejo, conservación y restauración, tan necesarios en la actualidad por la acelerada destrucción la tierra en todo las regiones del país. Un caso particular de esta situación es la que se da en el Valle de Zapotitlán ubicado dentro de la reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán estado de Puebla, donde la información edáfica es muy escasa y general.

Esto hace evidente la necesidad de impulsar investigaciones que contribuyan al conocimiento de los suelos de la región, lo que posteriormente permitirá evaluar el potencial edáfico que se tiene, permitiendo de esta manera disponer de datos adecuados para una planificación regional realista y un manejo racional de los recursos naturales renovables (Flores y Jerez, 1988). Para ello es necesario programar con bases científicas el aprovechamiento óptimo de los suelos debiéndose en primer término conocer las causas que producen su estado actual, así como sus características y potencialidades, lo que permitirá trazar perspectivas para su futuro manejo tomando en cuenta aspectos que permitan su empleo apropiado dentro de un marco de equilibrio ecológico y aprovechamiento sustentable (Provencio y Carabias, 1992).

El conocimiento científico del recurso suelo es una alternativa viable que puede contribuir a la resolución de los problemas ambientales y de producción, mismos que representan un freno para el desarrollo del país.

Para generar el conocimiento básico de los suelos de una región, es necesario aplicar investigaciones conocidas como levantamientos edafológicos, de los cuales se puede obtener entre otras cosas el inventario del recurso suelo. Estas investigaciones proporcionan la información básica para elaborar propuestas de conservación, restauración y manejo del suelo; para lo cual también se toman en cuenta factores climáticos, geográficos, históricos, económicos y sociales (Buring, 1962. In Sandoval 1992).

Los levantamientos son metodologías de investigación sistemática basada principalmente en exploraciones del terreno, apertura y descripción de perfiles de suelo; lo que ayuda conocer las semejanzas y diferencias entre suelos, de tal forma que es posible identificarlos y clasificarlos. Actualmente estos estudios se apoyan con fotografías aéreas e imágenes de satélite, como material base. (Sánchez, 1992). Por lo anterior el presente trabajo va dirigido a identificar los suelos que se presentan en la porción norte del Valle de Zapotitlán, así como delimitar su distribución, evaluar las propiedades físicas y químicas, describiendo la secuencia morfológica que tienen y relacionarla con otros factores ambientales.

II OBJETIVOS Y META

2.1 Objetivo general

- Realizar el levantamiento edafológico semidetallado de la porción norte del Valle de Zapotitlán, Puebla.

2.2 Objetivos particulares

- Realizar la descripción morfológica de los suelos y evaluar las propiedades físicas y químicas.
- Identificar los suelos que se presentan en el área de estudio, utilizando Sistema de Clasificación FAO/UNESCO, 1994.
- Elaborar un mapa edafológico del área en unidades simples de asociaciones cartográficas a una escala 1: 50,000., apegándose al código internacional de representación cartográfica

2.3 Metas

Que la información generada por la presente investigación sirva de base para la realización estudios ecológicos y ecofisiológicos, así como para poder establecer programas específicos de manejo, conservación y restauración de suelos que contribuyan a disminuir el deterioro ambiental del valle.

III. REVISION BIBLIOGRAFICA

3.1 Marco Teórico

3.1.1 Clasificación de suelos .

El propósito de una clasificación de suelos es la organización del conocimiento, para que las propiedades de los objetos puedan ser recordadas y sus relaciones puedan ser entendidas, (Cline, 1949). Para Smith. In De Bakker (1970), el primer propósito de la clasificación de suelos es el arreglo de los mismos en clases para encontrar las leyes de su comportamiento. FAO (1953), citado por el mismo autor, indica que el propósito fundamental de la clasificación de suelos es el levantamiento ordenado de los suelos del mundo para tener un mejor conocimiento de los mismos y sus relaciones.

El hombre desde los tiempos más remotos hasta nuestros días, cuando se enfrenta al campo de la diversidad del mundo natural, clasifica intuitivamente y estratifica la gran diversidad en grupos más pequeños y manejables. La mayoría de las ciencias de alguna forma utilizan la división y agrupación de los objetos de su interés, la ciencia del suelo no es la excepción, los primeros intentos tuvieron un carácter aplicativo; es decir se buscaba una aplicación práctica inmediata (Buckman, 1985).

En Rusia se inicia la moderna ciencia del suelo con Dokuchaev (1846-1903), que en 1886 presenta la primera clasificación científica de los suelos. Sus ideas se aprecian en la siguiente definición: "*propongo comprender por suelo, de una forma especial, aquellas superficies horizontales cercanos a las rocas, los cuales han sido más o menos descompuestos por la acción conjunta del agua, el aire y diversos géneros de organismos vivos y muertos.* La importancia de la clasificación de los suelos es análoga al papel del estudio de la especie en las ciencias biológicas, al igual que la especie en el significado sistemático para plantas y animales. El concepto tipo genético de suelo debería ser la célula fundamental en el estudio sistemático de los suelos.(Fitzpatrick, 1984. Boul, et.al., 1981).

Recientemente, los edafólogos del mundo pese a las discrepancias en las evaluaciones de los suelos, seguían una línea más o menos definida para clasificarlos, basándose en la génesis de los mismos. Esta situación a cambiado hoy en día, debido a varias causas, de las cuales destaca el desarrollo a partir de 1960 de la tendencia a clasificar los suelos aplicando criterios denominados morfológicos objetivos, o por parámetros cuantificables, con poca relación en la génesis de los mismos. En este siglo, se han creado un gran número de clasificaciones, pero no existe hasta la fecha un acuerdo internacional acerca de la nomenclatura y clasificación de los suelos. Esta falta de acuerdo puede atribuirse a la complejidad misma de los suelos y a que existe un desconocimiento considerable de muchos de ellos y que a menudo no estén claros los objetivos de clasificación.

De manera particular en México se tiene un conocimiento ancestral de los suelos, prueba de esto es que aún se conservan nombres en diferentes dialectos (Náhuatl, Tarasco, Maya, Otomí); sin embargo la tendencia actual en nuestro país ha sido la de adoptar con ligeras modificaciones, clasificaciones de suelos de otros países (Ortiz,Solorio et. al., 1981). En la actualidad los sistemas de clasificación de suelos más aplicados en México son

el Sistema FAO–UNESCO y el Sistema Americano mejor conocido como Soil Taxonomy (Fitzpatrick, 1978).

3.1.2 El Sistema de clasificación Americano, (Soil Taxonomy)

El Sistema Americano fue presentado por G. D. Smith en el VII Congreso Internacional de la Ciencia del Suelo, celebrado en Wisconsin, E.U.A en 1960 y publicado el mismo año dándole una amplia difusión con la idea de que fuera comentada y criticada. Con los comentarios recibidos y con estudios posteriores, hubo otras publicaciones, finalmente, se publicó en 1975; la versión final con el nombre de Soil Taxonomy . Este sistema de clasificación se trata de anular las concepciones edafogenéticas imperantes en el mundo hasta la década de los años 1950, con el sistema se introdujo un cambio grande en la edafología norteamericana llevando sus repercusiones al mundo entero (Boul, et al., 1981).

El sistema designa los suelos con una nomenclatura basada en raíces de origen griego y latino; separa los taxones siguiendo parámetros preestablecidos, con métodos mecanistas sin seguir un rigor lógico en el establecimiento de la unidad taxonómica. La base de esta clasificación en las unidades taxonómicas superiores la constituyen los horizontes de diagnóstico, que fueron establecidos por modelos de computación a partir de la reunión de resultados físicos, químicos y características morfológicas, estableciendo así las categorías superiores ordenes de suelo y subdivisiones posteriores (ordenes, grandes grupos, subgrupos, familias y series). Indiscutiblemente este sistema de clasificación llena más adecuadamente los requisitos filosóficos de una clasificación sobre todo en el establecimiento de parámetros de propiedades, importantes de los suelos; sin embargo, esta clasificación basada en los horizontes de diagnóstico no toma en cuenta la génesis, evolución y desarrollo de los suelos, ni su comportamiento futuro, conduciendo al edafólogo a seguir una tendencia tecnicista superficial, conllevando al patrón mecanicista formalista (Boul, et.al., 1981; Fitzpatrick, 1984).

3.1.3 El sistema de clasificación FAO/UNESCO

El Sistema FAO que surge en 1961 por recomendación de la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo y por iniciativa de la FAO/UNESCO donde el propósito fundamental fue generar un mapa mundial de suelos y dotarlo de una leyenda propia. El proyecto se inició con la participación de científicos de todos los continentes, quienes a través de arduas reuniones de trabajo denominadas seminarios de correlación, lograron ir estableciendo las bases del sistema, por medio de varios intentos y aproximaciones (SARH, 1978).

A este sistema se le describe como monocatégico de clasificación de suelos y difiere de la taxonomía en cuanto a que es una lista de unidades de suelo que no están agrupados en categorías superiores en diversos niveles de generalización .Este sistema de clasificación se basa fundamentalmente en los horizontes, propiedades y materiales de diagnóstico observados y descritos en el campo y auxiliados por los análisis de laboratorio cuando estos son necesarios. Cabe mencionar que este sistema es una modificación de la Soil Taxonomy y del Sistema Ruso y no corresponde con exactitud con las categorías de

otros sistemas; pero en general son comparables a nivel de grandes grupos, razón por la cual sus criterios de clasificación son muy amplios (Fitzpatrick, 1984).

3.1.4 Levantamiento de suelos.

Como se mencionó anteriormente, los levantamientos de suelos son metodologías sistemáticas que se utilizan para generar la información de los suelos en un espacio geográfico dado, también permiten predecir acerca del comportamiento de los suelos bajo diferentes condiciones de uso y manejo. Estas metodologías se basan en el estudio del terreno y perfiles del suelo. Al comparar los perfiles de suelo de un área dada se podrán establecer semejanzas y diferencias en sus características haciendo posible su clasificación. El reconocimiento de su distribución, podrá ser determinada con las observaciones directas en campo o indirectamente en la fotointerpretación resultado de lo anterior el mapa de suelos con su informe o memoria. Este tipo de metodologías se realizan a diferentes niveles de precisión y detalle, según las densidades de conocimiento que tengan, las características de la región y la disponibilidad de recursos técnicos económicos y humanos (Ortiz, Solorio, et al., 1981).

Originalmente los levantamientos se clasificaban según el procedimiento empleado en la realización de los mapas. Considerando los tipos de mapas, están en primer término los mapas de campo que se basaban en observaciones directas de los suelos sobre el terreno, también estaban los mapas compilados apoyados con trabajo de gabinete, se basaban en datos de suelos publicados y de información colateral relacionada con la geología, topografía, geomorfología, vegetación y clima. Los levantamientos detallados y los levantamientos de reconocimiento se consideran como una subdivisión de los mapas de campo.

Los levantamientos detallados son aquellos en los cuales los linderos de suelos están ubicados en forma muy exacta por medio de observaciones hechas en campo; mientras que los levantamientos de reconocimiento los linderos son bosquejados a través de observaciones a intervalos hechas sobre aerofotos o imágenes de satélite.

Ortiz-Solorio, (1981). Propone las jerarquías siguiente, de acuerdo con el empleo en perspectiva de los levantamientos del suelo y de los detalles con los que se demarquen los límites del mismo:

- Compilaciones o de síntesis, son mapas de suelos basados en abstracciones de otros levantamientos y donde quedan áreas por cubrir, se hacen inferencias las escalas usualmente son de 1:1 000,000 o más pequeñas.
- Levantamientos exploratorios, no son levantamientos en un sentido estricto porque no se estudia toda el área. Generalmente son recorridos rápidos por carreteras o avión a través de los cuales se obtiene alguna información de regiones desconocidas las escalas varían de 1:1 000,000 a 1:500,000.
- Levantamiento de reconocimiento o de intensidad baja. Son los levantamientos con escalas más pequeñas que pueden cubrir, toda el área de estudio. Las escalas varían de

1:500,000 a 1:100,000, siendo la más usual 1:250,000. En su realización se emplea en gran medida la interpretación de imágenes de satélite.

- Levantamiento semidetallado o de intensidad media. Cubren un intervalo de escala de 1: 50,000 a 1:30,000. El levantamiento se realiza por interpretación de fotografías aéreas combinada con una cantidad substancial de trabajo de campo
- Levantamiento detallados. Sus escalas varían de 1:25,000 a 1:10,000 son principalmente producidos por trabajo de campo.
- Levantamiento intensivo o de intensidad muy alta. Sus escalas son mayores a 1:10,000 con un gran número de observaciones de campo distribuidas en forma sistemática.

3.2 Antecedentes

Para la zona de estudio se tienen publicada mucha información, no obstante la mayoría de ella van referida a estudios de la vegetación y de investigaciones paleontológicas. En cuestiones de suelo prácticamente no hay información salvo algunos reportes generales y la carta edafológica a escala 1: 250,000 editada por el INEGI 1983. Entre las principales antecedentes del área están los siguientes:

Aguílera en 1970 Reporta para algunos lomeríos en los alrededores de Tehuacan. la presencia de suelos calcáreos, salinos calcáreos, yesosos, y calcáreos yesosos. Además menciona que la configuración topográfica y los factores climáticos han propiciado que alrededor del 55% de los suelos de la región tengan una profundidad no mayor a 50 cm.

En 1979 el grupo de investigación INIREB realiza trabajos de clasificación de la vegetación por métodos cuantitativos y estadísticos, derivando del trabajo el diseño y la creación del jardín botánico y vivero de cactáceas llamado "Dra Hélia Bravo" en Zapotitlán.

Por su parte, Estrada (1986), a través de una tesis hizo un estudio de ácaros del suelo del Valle de Tehuacan Puebla.

Rojas, Martínez et.al., 1996, realizan el listado de los murciélagos del Valle de Tehuacán -Cuicatlán, comparándolos con los desiertos del gran cañón, Mojave, Chihuahuenses, Sonorense y con la Península de baja California, así como dos regiones tropicales costeras de México; Chamela, Jalisco y los Tuxtla, Veracruz. Resultando que el Valle de Tehuacán-Cuicatlán presenta una sorprendente riqueza de murciélagos con alto componente tropical.

Medina 2000 evalúa la respuesta en el vigor de *Stenocereus stellatus* a nivel vegetativo, reproductivo y demográfico bajo las diferentes condiciones de sustrato de cuatro suelos de una cronosecuencia edáfica en un abanico aluvial en el Valle de Tehuacán.

Neri 2000 realizó la caracterización hidrológica de la subcuenca baja del Río Zapotitlán, dividiéndola en tres microcuencas para la parte alta y doce microcuencas para la parte Baja, encontrando que la subcuenca de Zapotitlán se encuentra en la madurez de su evolución.

→ Oliveros Galindo 2000 describió las estructuras de las comunidades vegetales de las terrazas aluviales del Río El Salado en Zapotitlán de las salinas.

Barrera Carrera 2001 realizó una regionalización fisiográfica y una descripción geomorfológica con la finalidad de delimitar y caracterizar los diferentes paisajes de la cuenca baja del Río de Zapotitlán en trabajos posteriores.

→ García 2001 caracterizó y mapeo los suelos de las terrazas aluviales de la cuenca baja del Río de Zapotitlán enfocando el estudio a entender los procesos ecológicos, de deterioro y de uso de los recursos del área.

Los estudios paleontológicos sobre la región de Tehuacán son numerosos, las publicaciones así como las listas de invertebrados fósiles encontrados en la zona se han registrado desde los años de 1891 Felix y Lenk; Burckhardt (1930), Alencáster (1956) y Calderón García (1956), reportan nereidos de localidades cercanas a la población de Zapotitlán (citados por Buitrón y Barceló-Duarte, 1980).

IV ÁREA DE ESTUDIO.

4.1 Generalidades.

El nombre que lleva el municipio de Zapotitlán proviene de las palabras Xapotl o Xhophonatl, que se refieren al cacique del señorío de Cuthá, pueblo ancestral de la familia indígena de los Popolocas de Titlane que quiere decir triunfante, victorioso, por lo tanto la palabra Zapotitlán proviene del vocablo Popoloca de las raíces Xapo-Titlane, que significa señor victorioso o invencible. El nombre salinas fue añadido por las salinas situadas en las inmediaciones de la cabecera. Actualmente Zapotitlán Salinas es uno de los más importantes municipios del Distrito de Tehuacán debido a su gran diversidad florística y de formas de vida, así como por su alto índice de endemismo hacen del Valle una zona de gran relevancia (Sec. de Gob. Pue. 1988 , INE-SEMARNAP. 1997).

4.2 Localización geográfica

IZT.

El Valle de Zapotitlán se localiza en la parte SE del estado de Puebla, geográficamente, se encuentra entre los paralelos $18^{\circ} 07' 18''$ y $18^{\circ} 26' 00''$ de Latitud N y los meridianos $97^{\circ} 19' 24''$ y $97^{\circ} 39' 06''$ de Longitud O. Específicamente el área de interés limita al Norte con los cerros: Chacateca, Mar Rubio, Pajarito, Tarántula La Colmena, Volcancillo y las Ventas. Hacia el sur el límite principal es el lecho del Río Zapotitlán . Hacia el Este el límite lo forma la Sierra de Miahuatepec, rumbo a el oeste se establece el límite mediante la cota de los 1800 msnm incluyendo a Yolotepec y Xentile (INEGI 1983), (ver fig. 1 y 1.1). El municipio está comunicado por la carretera federal 125 que va de Tehuacán a Huahuapan de León , Oaxaca, pasando por los poblados de Sta. María Cuapan, San Antonio Texcala, Zapotitlán de las Salinas, etc (Sec. de Gob. Pue. 1988)

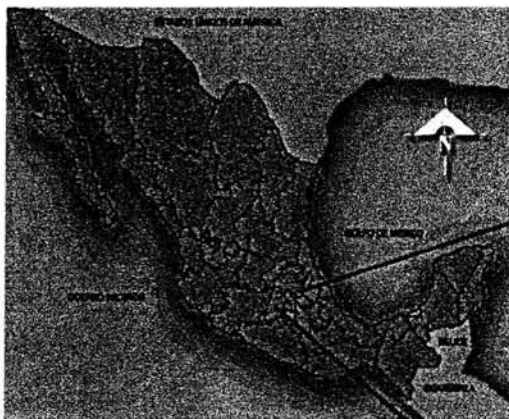


Fig. 1 Localización del área de estudio.

4.3 Fisiografía

Desde la perspectiva fisiográfica el Valle de Zapotitlán pertenece a la Sierra Madre del Sur esto por su condición orográfica y su fisonomía general. Al mismo tiempo, se encuentra en dentro de la provincia de la Alta Mixteca, esto por su origen tectónico, caracterizado por la formación de toda una serie de plegamientos y levantamientos (Lugo,1992). A nivel de subprovincia el área estudiada pertenece a la subprovincia de la Sierra de Zapotitlán que se distingue por presentar un clima más seco y un patrón geomorfológico constituido por declives, lomas, cerros y mesas de pendientes moderadas e inclinadas (INEGI, 1983; SEDESOL,1993). En lo general, el Valle de Zapotitlán muestra un relieve montañoso formando un arco que recorre en sentido noreste y sur declinado hacia el centro donde alcanza su menor altura.

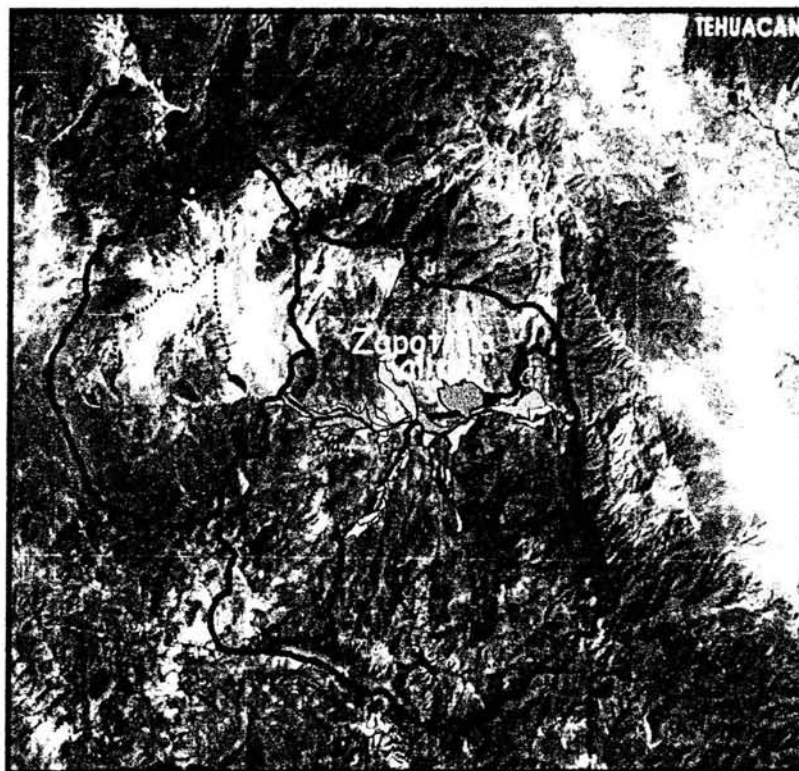


Fig. 1.1 Área de estudio.

4.4 Geología.

4.4.1 Geología histórica.

En su mayor parte el Valle de Zapotitlán surge en el Cretácico Inferior y Medio cuando se dan una serie de plegamientos y levantamientos que dieron origen a las actuales formas del relieve. Sin embargo existen zonas muy antiguas ubicadas hacia el sur que datan desde el Arcaico. A continuación se hace una breve reseña de los principales eventos geológicos que contribuyeron a la formación del Valle de Zapotitlán, esto de acuerdo a (Brunet, 1967; In. INIREB, 1979).

- En el Arcaico-Arcaiozoico hubo, alternancia de condiciones marinas y terrestres asociadas a intrusiones de magma y periodos de movimientos tectónicos intensos. A fines del Arcaiozoico hubo un largo periodo continental.
- A principios del Paleozoico Superior hubo otra invasión marina seguida por un periodo tectónico y otro de condiciones terrestres debidos a emersiones.
- Una nueva invasión marina ocurrió a principios del Cretácico, depositándose un sin número de organismos , principalmente del Cretácico Inferior y Medio.
- A finales del cretácico y principios del Terciario hubo un levantamiento definitivo del subsuelo del mar del Cretácico y la formación de un gran lago cuyos sedimentos son principalmente travertinos.
- Probablemente durante el Cuaternario Temprano, este lago fue capturado por el río Santo Domingo, en las cercanías de lo que hoy es Quiotepec, Oaxaca (Brunet, 1967; In. INIREB 1979). Este sistema lacustre se encontraba en equilibrio estable y funcionando como un sistema cerrado. Posteriormente fue transformado abruptamente en un área de intensa erosión con un decremento constante de las reservas acuíferas de las montañas circundantes, resultando en la formación actual del Valle de Tehuacán.
- Durante el Cuaternario ya no hubo movimientos tectónicos lo que se manifiesta en que las capas de este periodo son horizontales.

Como conclusión se puede decir que la geología del Valle de Zapotitlán a seguido la misma dinámica referida para el Valle de Tehuacan, destacándose la existencia en esta región de dos periodos de plegamientos. El primero ocurre a finales del Paleozoico dando lugar a la formación de esquistos y el segundo a finales del Cretácico, siendo este último, el más importante ya que cuando el Valle adquiere la mayor parte de sus rasgos estructurales (Calderón, 1956).

4.4.2 Litología superficial.

Para el área de interés se tiene que desde San Antonio Texcala hasta el paso El Agua del Burro, se extiende una serie constituida por lutitas calcáreas y margas con al intercalación de gruesos lentes de calizas fosilíferas (Calderón, 1956). Este mismo autor menciona que estas formaciones descansan sobre un complejo basal formado principalmente de rocas constituidas esencialmente por esquistos de clorita y serita.. Las rocas sedimentarias superficiales corresponden a calizas y evaporitas del Cretácico inferior y medio. Cerca de Zapotitlán existen terrenos fosilíferos que corresponden al mismo periodo. El mesozoico esta representado por la formación Matzitzi, al sur de Zapotitlán, con plantas del Pensilvanico en rocas continentales que descansan sobre el complejo basal (Barrera, C. 2001).

4.5 Hidrología.

El Valle de Zapotitlán Salinas pertenece en su mayor parte a la Región Hidrológica (Rh28) y a la Cuenca Alta del Río Papaloapan, solo el extremo sur oeste corresponde a la Cuenca del Balsas. El río Zapotitlán se forma hacia el oeste de la subcuenca hidrográfica de la parte alta, desplazándose a la subcuenca baja en dirección oriente, pasando por el poblado de Zapotitlán Salinas. Al salir de la subcuenca el Río Zapotitlán se une al Río Tehuacán en el Valle del mismo nombre, para formar el Río Salado uno de los principales afluentes del río Papaloapan (Sec. de Gob. Pue. 1988).

4.6 Edafología.

El área de estudio carece de una descripción edafológica completa, aunque existen algunos trabajos que aportan información parcial sobre ciertas características de los suelos del Valle. En general Aguilera (1970), reporta la presencia de suelos someros, pedregosos, calcareos y halomórficos con diferentes estados de alcalinidad, Por su parte INEGI, (1983) señala la presencia de unidades como: Litosoles, Regosoles, Cambisoles calcicos, Xerosoles calcicos y Vertisoles.

4.7 Clima.

El clima del Valle de Zapotitlán esta determinado en gran parte por la influencia de la Sierra de Zongólica (Sierra Madre Oriental), que detiene los vientos húmedos provenientes del Golfo de México, formando una zona de escasa precipitación en el valle (Valiente, 1991). El tipo de clima determinado en la estación de Zapotitlán corresponde de acuerdo a la clasificación de Köppen modificado por García (1973) a BSo hw'' (i')g que es seco, semicalido con una temperatura media anual de 21.0°C, con una oscilación térmica entre los 5° y 7°C el mes más caliente que se presenta antes del solsticio de verano. El régimen de lluvias es el verano hay presencia de una canícula a mitad del periodo de lluvias.

De acuerdo con Neri, (2000) al hacer el balance general de humedad del Valle de Zapotitlán de las Salinas, se tiene que la precipitación anual promedio no excede de los 412.40 mm, mientras que la evapotranspiración potencial (agua devuelta a la atmósfera en estado de vapor) es de 992.80 mm superando en más del doble al valor de la precipitación en todos los meses, lo que provoca un déficit de agua todo el año.

4.8 Vegetación

Para la zona de estudio se reportan las siguientes comunidades vegetales según: Osorio, et al 1996; Villaseñor, et al 1990; Zavala, 1982.

Matorral Espinoso con Espinas Terminales: Este tipo de vegetación se encuentra principalmente en cimas planas de los cerros, siendo las *Caesalpiniaceae* y *Mimosaceae*

los géneros más dominantes, formando un matorral espinoso no mayor a los dos metros de altura

- ✓ Tetecheras: esta vegetación se restringe a laderas de cerros, son agrupaciones de plantas crasas, altas de 3 a 11 metros, donde la cactacea columnar *Neobuxbaumia tetetzo* es la especie que domina.
- ✓ Selva baja espinosa perénifolia: se caracteriza por el predominio de *Prosopis laevigata* encontrándose en el estrato arbustivo a *Celtis pallida*, *Costela tortuosa*, *Maytenus phyllantoides*, *Cercidium pruinosus*, *Opuntia polifera* y *Peniocereus viperinus*. En el estrato herbáceo se desarrollan *Verbesina sp.* *Portulaca mexicana* y algunas plantas rosetófilas como *Hechtia podantha*, *Agave marmorata*, *A. macroacantha* a demás de una gran variedad de pastos.
- ✓ Tetechera - Cardonal: En esta vegetación se encuentra una mezcla de cactáceas columnares *Neobuxbaumia tetetzo* y *Cephalocereus columna-trajani*. Otras especies de plantas suculentas y columnares presentes son *Opuntia pilifera*, *Myrtillocactus geometrizans*, *Phochycereus hollianus*, *Echinocereus pulchellus*, *mammillarias* y *Ferocactus flavovirens*.
- Cardonal de *Stenocereus tallatos*.
- ✓ Cardonal de *Cephalocereus columna-trajani*: Se desarrolla sobre laderas donde predominan las cactáceas columnares *Cephalocereus columna-trajani* y algunos arbustos *Mimosa luisana*, *Cercidium praecox*, *Burseras* y una gran variedad de agaves.
- ✓ Selva baja caducifolia: Este tipo de vegetación se localiza en la cima del Cerro Cutá y otros. Se caracteriza por el predominio de las familias *Caesalpiniaceae*, *Fabacea*, *Mimosaceae* y algunas especies de *Yucas sp.*

4.9 Aspectos socioeconómicos

Entre las principales actividades del Valle de Zapotitlán está la minería de ónix y extracción de sal, también es importante la elaboración de artesanías de ónix. El sector terciario es cada vez más importante, sobre todo en actividades como el comercio, transporte, ayudantes domésticos, técnicos, maestros y trabajadores de construcción. La agricultura es una actividad secundaria, la cual se ve limitada por la escasa precipitación, la topografía irregular y la presencia de suelos delgados y pedregosos. La actividad ganadera se limita a la cría de ganado caprino, limitada también por las condiciones del terreno y sobre todo por la escasez de especies forrajeras (INE - SEMARNAP, 1997).

A nivel de ingresos, la mayoría de la población tiene un ingreso menor al salario mínimo, tal situación repercute en la vida social de los pobladores, bajos niveles educativos. Por último los servicios con que cuenta la comunidad son general deficientes. (INE - SEMARNAP, 1997)

V. METODOLOGÍA

La metodología utilizada para el desarrollo de los objetivos planteados en la presente investigación es la propuesta por Ortiz Solorio y Cuanalo de la Cerda 1981. Consta de cuatro fases mismas que a continuación se describen:

5.1. Primera fase

Se inició con la búsqueda de información bibliográfica y cartográfica relacionada con los fundamentos teóricos y metodológicos, así como datos geográficos del área de estudio. En la ubicación de los sitios de muestreo se partió de una fotointerpretación preliminar sobre fotografías aérea blanco y negro de escala 1:20,000 reconociendo y delimitando las distintas unidades geomorfoedáficas del área, con base a sus atributos como: relieve, geología, patrón de drenaje, uso del suelo, vegetación, tono y textura fotográfica, así a cada unidad reconocida se le represento con dos o más puntos de muestreo según su extensión, (véase figura, 2).

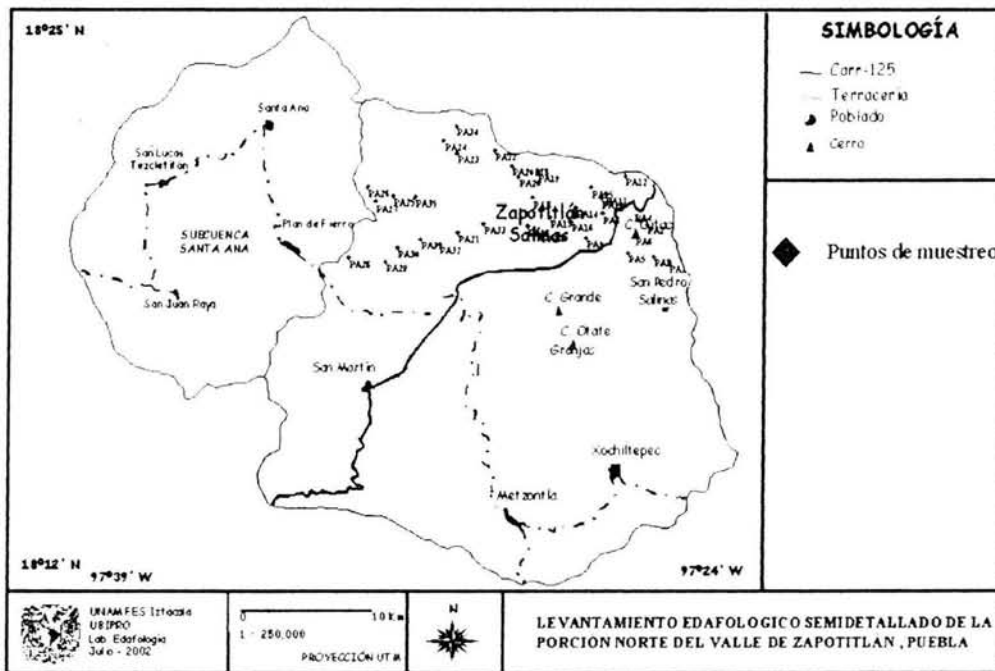


Figura. 2 Ubicación de los puntos donde se abrieron perfiles edáficos y se tomaron las muestras.

5.2. Segunda fase

Corresponde al trabajo de campo que se inició con una visita a la zona de estudio con la finalidad de hacer un reconocimiento prospectivo, localizando los puntos de muestreo previamente designados en la fotointerpretación. Posteriormente se inició la apertura de los perfiles edáficos, de 2 x 1.5 m de largo y ancho, por 2 metros de profundidad o hasta llegar a la roca.

In situ se describieron las características morfológicas del suelo, se hizo un reconocimiento de los horizontes presentes, cada horizonte fue caracterizado por su: espesor, color, estructura, consistencia, contenido de raíces, intrusiones y concreciones entre otros. Asimismo, se levantó información del medio físico que rodeaba a cada perfil, obteniéndose datos de: uso del suelo, relieve, pendiente, geología, vegetación, pedregosidad y estado de conservación y/o degradación, de acuerdo a Hodgson, 1987 y Cuanalo, 1981. Finalmente se tomaron muestras de suelo de aproximadamente dos kilogramos, mismas que se rotularon y transportaron en bolsas de polietileno al laboratorio de EDAFOLOGIA de la UBIPRO para su análisis físico químico.

5.3 Tercera fase.

Las muestras obtenidas en el campo se secaron y tamizaron para posteriormente llevar a cabo el análisis físico químico correspondientes de acuerdo al manual de análisis Muñoz et al., (2000).

Las propiedades físicas que se evaluaron fueron:

COLOR con las cartas de color Munsell (1975). Estas cartas consisten de varias tablas con 175 diferente tonos coloreados sistemáticamente arreglados por matiz, brillo o pureza e intensidad o saturación esta variable en combinación dan el color del suelo.

TEXTURA. Por el método del hidrómetro desarrollado por Bouyoucos (1962). Este método se basa en el cálculo de la velocidad de sedimentación de las partículas.

DENSIDAD APARENTE (D.A.) por el método de la probeta o volumétrico desarrollado por Beaver (1963). Este método se calcula a través del peso de un volumen conocido de suelo tamizado y ligeramente compactado.

DENSIDAD REAL (D.R.) por el método del picnómetro desarrollado por Aguilera (1980). Este método se determina indirectamente mediante el cálculo de peso de un volumen de líquido desplazado por una masa conocida del suelo.

POROSIDAD por el cálculo de las densidades a través de la ecuación:

$$\%P = (1 - D.A./D.R.) \times 100.$$

Las propiedades químicas que se determinaron son:

pH del suelo por el método del potenciómetro para determinar el pH real desarrollado por Bates (1954), Willard, Merrit, Deán (1958). Este se refiere a la concentración de hidrogeniones activos (H⁺) que se da en la interface líquida del suelo dentro de la interacción de los componentes sólidos y líquidos representado por todos los hidrogeniones absorbidos al complejo de intercambio.

MATERIA ORGÁNICA por el método de Walkley y Black, modificado por Walkley (1947). El método se basa en la oxidación de la materia orgánica mediante un agente añadido en exceso del suelo. La materia orgánica se oxida mediante el calor de la reacción del dicromato de potasio en presencia de ácido sulfúrico, formando ácido crómico cuyo exceso es valorado por titulación con sulfato ferroso.

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO TOTAL (C.I.C.T.). por el método volumétrico de versenato desarrollado por Schollenberger y Simón (1945). Este se define como la suma de cationes intercambiables absorbidos expresada en miliequivalentes por 100g de suelo seco.

CALCIO Y MAGNESIO INTERCAMBIABLES por el método volumétrico del versenato desarrollado por Cheng y Bray (1951), Cheng y Kurtiz (1860). El procedimiento de la determinación de los cationes consiste en su lixiviación y su valoración por titulación con versenato.

5.4. Cuarta fase

En esta última fase se ordenaron sistemáticamente los resultados obtenidos facilitando su cotejo con las claves FAO-UNESCO (1994). Elaborándose la descripción morfológica de cada una de las unidades identificadas posteriormente se realizó una fotointerpretación definitiva definiendo y delimitando las unidades de suelos identificados, transfiriendo esta información a un mapa base digital en escala 1:50,000 del programa Ilwis 2.21, mismo que se encuentra en la unidad de Biología y Prototipos de la ENEP-IZTACALA, UNAM.

VI RESULTADOS

6.1. Generalidades.

Los resultados obtenidos por la presente investigación apoyados por la información morfológica y las propiedades físicas y químicas de los suelos muestreados en la porción Norte del Valle de Zapotitlán permitieron determinar la presencia de cuatro grupos mayores y cinco unidades de suelo. En la cartografía estas unidades fueron representadas a escala 1: 50,000 en unidades cartográficas simples y asociaciones de acuerdo al Sistema de Clasificación FAO-UNESCO, 1994 (véase cuadro, 1).

Cuadro 1. Superficie y porcentajes de las unidades de suelo de la porción Norte de Zapotitlán.

UNIDAD DE SUELO FAO/1994	SUPERFICIE (ha)	PORCENTAJE
1. Leptosol rendzico (LPk)	24.1561	0.31
2. Fluvisol calcárico (FLc)	71.70505	0.93
3. Regosol calcárico (RGc)	126.764	1.65
ASOCIACIÓN DE SUELOS		
1. Feozem calcárico+Leptosol rendzico	2501.2138	32.72
2. Regosol calcárico + Leptosol lítico	4826.7348	63.15
Subtotal	7550.5737	98.76

La heterogeneidad edáfica encontrada en el área de estudio es consecuencia de la dinámica pedogenética que ocurrió y ocurre en el Valle de Zapotitlán a través del tiempo geológico, por lo que su estado actual no es más que la inercia de estos últimos miles de años determinando la formación de los suelos actuales. La mayor parte de los suelos identificados son residuales, es decir formados directamente de la roca, sin embargo también se presentan superficies aluviales o remontantes en el fondo del valle, formadas por erosión y posteriormente depositación de grandes volúmenes de sedimentos. Algo que es característico y distintivo de todos los suelos estudiados es su carácter calcáreo consecuencia directa del material parental del que se derivan (calizas, margas y lutitas), y sobre todo de un clima que favorece la acumulación de los carbonatos.

La complejidad del relieve y la variación topográfica, aunado a presencia de un clima seco ha favorecido la presencia de suelos jóvenes, poco profundos, pedregosos y muy basificados, es así que los Regosoles y Leptosoles sean las unidades que mayor presencia tienen, se ubican principalmente hacia el centro del área, sobre cerros y declives con pendientes que van de inclinadas a escarpadas (véase mapa de suelos).

Hacia la porción occidental y norte se presentan otras unidades como los Feozem que se encuentran asociados con Leptosoles en geoformas de mesetas, lomas y laderas con pendientes moderadas. Su característica distintiva es la presencia de un horizonte superficial oscuro, con abundantes raíces, rico en materia orgánica y de consistencia suave.

Por último los Fluvisoles suelos jóvenes que se localizan principalmente hacia el suroeste cerca de las orillas de los ríos y escurrimientos, presentan relieve plano, se forman por la depositación reciente de material sedimentario.

A continuación se presenta una descripción detallada de cada una de las unidades de suelos reconocidas en este trabajo.

6.2 Descripción ambiental, morfológica y físico-química de las unidades de suelo.

6.2.1 Grupo Mayor Leptosol (LP).

Descripción de la unidad, Leptosol rendzico (LPk) y Leptosol lítico (LPq)

Definición.

Son suelos limitados por la presencia de material rocoso endurecido o una capa cementada de material altamente calcáreo equivalente a más del cuarenta por ciento dentro de los primeros 30 centímetros de la superficie presentando poco desarrollo pedogénético, los factores que determinan esta situación son la acumulación de materia orgánica, el relieve escarpado y el clima seco (FAO 1994).

Superficie y distribución.

Los Leptosoles rendzicos, se localizan hacia el centro y oeste del área estudiada, precisamente al norte del poblado de Zapotitlán, específicamente se les encuentran en: Sierra Miahuatepec, Cerro Chacatecas, declive de Zapotitlán, Cerro La Colmena, Barrancas Tacoco y Soyolapa. En la mayoría de los casos, a esta unidad se encuentra intercalada y emparentada genéticamente con los Feozem calcáricos, por lo que resulta difícil dar con exactitud el área que cubren, la cual es aproximadamente de 24.1561 ha que corresponde al 0.316 % del total del área.

Por otro lado a los Leptosoles líticos se encuentran ampliamente distribuidos en toda la zona de estudio ubicándose principalmente en lugares de relieve muy accidentado donde las pendientes van de muy inclinadas a escarpadas sobre geformas como cantiles, laderas pronunciadas, algunas cimas de cerros y mesas (véase fig. 4).

Uso actual y/o tipos de vegetación.

Los tipos de vegetación que estos suelos sostienen son principalmente de matorral crasicaule, donde dominan especies como: *Neobuxbaumia tetetzo*, *Cephalocereus columna-trajani*, *Equinocactus platyacanthus*, aunque también se presentan asociaciones de matorral subinermes con crasicaule o con izotales entre los géneros más sobresalientes en estos casos están: *Prosopis laevigata*, *Mimosa luisana*, *M. lacerata*, *Beucarnea gracilis*, *Cercidium praecox*, *Yucca periculosa*, *Agave sp*, *Pseudosmodium multifolium*. En cuanto al uso que se le da al suelo es forestal doméstico enfocado a la recolección de frutos, leña, en menor intensidad se da la ganadería de caprino de tipo trashumante. (Zavala, 1982; Villaseñor, et al., 1990; Osorio, et al., 1996; Nerí, 2000).

Geomorfología.

Las principales formas del relieve donde se ubican estos suelos son los lomeríos, cerros, declives, laderas rectas y mesas, con pendientes que fluctúan entre suaves e inclinadas hasta escarpadas. Con respecto al material geológico del que se han derivado, se tiene que los que se encuentran en las laderas del C. Chacatecas al N, se derivan de rocas calizas de la formación Cipiapa, los ubicados en el declive de Zapotitlán se han formado de calizas, y conglomerados de la formación Zapotitlán y los que están en la Sierra de Miahuatepec se han derivado también de calizas de la formación del mismo nombre.

Descripción morfológica distintiva.

Son en general suelos muy someros (< 30 cm), con un horizonte A mólico con equivalentes de carbonatos de calcio de más de 40%, de color pardo grisáceo oscuro (10YR4/2), en seco y pardo grisáceo muy oscuro (10YR3/2) en húmedo; de texturas francas a franca arenosa, consistencia friable, estructura poliédrica subangular y granular, de ligera a moderadamente desarrollada; moderadamente alcalinos, de raíces abundantes finas y medianas con espacio poroso muy fino y continuo (véase fig. 3).

Por debajo del horizonte superficial subyace un horizonte C de color parduzco claro ligeramente compacto, de raíces escasas, con textura franco arenoso y franco arcilloso, estructura poliédrica subangular moderadamente desarrollada intermezclada con abundantes fragmentos de rocas, el espacio poroso es abundante entre los agregados y moderado dentro de los agregados. En algunos casos se encuentra un horizonte petrocálcico con más del 40% de carbonato de calcio, con estructura laminar muy dura. Por debajo del horizonte C, aparece el material geológico constituido por rocas calizas o conglomerados calcáreos.

Propiedades físicas y químicas.

Cuadro 2. Valores máximos y mínimos de las propiedades químicas de los Leptosoles rendzicos.

Propiedad	Horizonte A	Horizonte C
Densidad aparente (Mg/m ³).	0.89-1.97	0.98-1.27
Densidad real (Mg/m ³).	2.0-2.46	2.38-2.81
Porosidad (%).	19.91-59.17	54.80-58.82
pH relación 1:2.5 en agua	8.0-8.56	8.27-8.34
C.I.C.T. CMOL (+) Kg-1	20.9- 35.67	21.0-24.30
Magnesio intercambiable (cmol (+) kg-1).	13.76-22.86	15.98-16.80
Calcio intercambiable (cmol (+) kg-1).	2.22-4.21	2.22-5.21
Potasio intercambiable (cmol (+) kg-1).	1.79-2.94	1.50-3.40
Carbonatos(%).	36.05-52.0	15.45-67.05

(véase anexo).

Génesis.

Los procesos de formación responsables del desarrollo de esta unidad, operan con mucha lentitud debido a que se ven frenados por el factor topográfico, pendientes muy fuertes y escarpadas. El principal factor que influye en la formación de estos suelos es la escasez de lluvias, debido a que la evaporación excede a la precipitación el grado de alteración de la roca madre es bajo tanto por la escasez del agua como el nulo lavado de los productos liberados por lo que los suelos donde los horizontes superficiales se están desarrollando es a partir de la meteorización de las rocas con gran cantidad de carbonatos de calcio (calizas, conglomerados, margas) que se mezclan con materia orgánica contribuyendo a la formación del horizonte mólico. Dada la consecuencia de la escasez de lluvia los minerales disueltos penetran hasta determinada profundidad, pero la intensa evaporación subsiguiente provoca la ascensión del agua y su pérdida en la atmósfera. Este proceso conduce a la acumulación de sales minerales en los niveles próximos a la superficie formándose así un horizonte cementado.

Limitantes agrológicos y/o vocación natural.

Los suelos de esta unidad presentan limitaciones para su uso muy severas, que los hace prácticamente inadecuados para la agricultura y ganadería de especies mayores. Están restringidos debido a la presencia de pendientes muy inclinadas, elevada pedregosidad, escasa profundidad del suelo y baja capacidad de retención de agua. Al ser despojados de su vegetación natural están muy propensos a la erosión, por lo que su vocación natural que tienen de acuerdo a estas características es el sostenimiento y conservación de ecosistemas naturales (véase fig. 3 y 4).

Cuadro 3. Descripción morfológica de la unidad Leptosol rendzico (LPk).

HORIZONTE	PROFUNDIDAD (cm)	DESCRIPCIÓN
A	0-10/28	Horizonte somero de color gris oscuro (10YR4/1) a pardo grisáceo(10YR5/2) en seco, en húmedo de pardo (10YR4/3) a pardo muy oscuro (10YR2/2), con texturas que van de franco arenoso a franco arcillo arenoso; con estructura granular, poliédrica subangular de bloques pequeños y medianos ambos pocos desarrollados, no compactos de consistencia ligera a muy friable con reacción a los carbonatos de violenta a muy violenta, raíces finas frecuentes y raíces medias abundantes.
C	10/28-29/34	Color heredado del material parental gris claro en seco (5Y7/2), y pardo oscuro 10YR4/3 en húmedo, con texturas franco arenoso a franco arcilloso, ligeramente compacto con estructura poliédrica subangular moderadamente desarrollada de bloques pequeños de consistencia friable. Cuando es un horizonte petrocálcico el color es claro, cementado de estructura de condición laminar con reacción muy violenta al ácido clorhídrico.
R	29/34-40	Rocas calizas y/o conglomerados



Fig. 4 Panorámica de la asociación Leptosol lítico y Regosol calcárico, ubicados sobre un paisaje inestable de fuerte erosión y deslizamientos, lo que limita el desarrollo de los suelos. La vegetación es un matorral crasicale

6.2.2. Grupo Mayor Feozem (PH).

Descripción de la Unidad Feozem calcárico (PHc)

Definición.

Su nombre deriva del griego *phaios*, parduzco y de la palabra rusa *zemlja*, tierra, son suelos que tienen un horizonte mólico y una saturación de bases de 50 por ciento o más por encima de un espesor de 125 cm de la superficie del suelo; carente de cualquier otro horizonte de diagnóstico que no sea un árgico, cámbico, o vértico u horizonte cálcico en el substrato (FAO/UNESCO, 1994).

Superficie y Distribución.

Se encuentran en asociación con la unidad Leptosol rendzico, por lo que ambas cubren el 32.72 % del total del área. Debido a la complejidad paisajista, resulta complicado delimitar con precisión a la unidad Feozem, por lo que la superficie que a continuación se anota es aproximadamente 2501.2138 ha. Los Feozem se distribuyen principalmente al oeste de los cerros Yolotepec, Xentile, abarcando toda la barranca Tacoco, parte de la barranca Zoyolapa hasta el Río Zapotitlán. También hacia el norte de Zapotitlán se encuentra una gran faja por el parteaguas que definen los cerros Mar Rubio, Chacateca así como en las cuevas de la Barranca Miahuatepec desde Las Ventas al norte (véase mapa de suelos).

Uso actual y/o Tipo de vegetación.

Debido a que la mayoría de los suelos se ubican en cerros, lomeríos y cuevas, el uso agrícola se ve restringido, no así para el pastoreo de ganado caprino que es libre y abierto a cualquier tipo de terreno. En el norte del cerro Cutac se presenta un área dedicada a la actividad salinera. En cuanto al tipo de vegetación que sostienen estos suelos esta el Matorral crasicaule en las laderas del cerro Chacateca (N), Yolotepec, Xentile, en este último se asocia con Izotales. En el área de la barranca de Miahuatepec se presenta una asociación de Matorral espinoso con Matorral crasicaule. Entre los principales géneros que se pueden encontrar están: *Cercidium praecox*, *Neobuxbaumia tetetzo*, *Beaucarnea gracilis*, *Mimosa luisana*, *Echinocactus platyacanthus*, *Yucca periculosa*, *Acacia spp*, *Agave spp*, *Prosopis laevigata*.

Geomorfología.

Las geoformas en donde se les encontró principalmente son lomeríos, cueva homoclinal, laderas cóncavas y convexas, con pendientes de suaves a muy fuertes y escarpadas. Los Feozem al igual que los Leptosoles rendzicos se han derivando de rocas calizas y conglomerados calcáreos, de la formación geológica Cipiapa y Zapotitlán (véase fig. 7).

Característica morfológicas distintivas.

La principal característica que presentan los Feozem calcáricos, es la presencia de un horizonte superficial del tipo A mólico que se le encuentra desde 0-13/38 cm; con colores pardo grisáceo oscuro (10YR4/2) a pardo oscuro (10YR3/3) en seco y pardo muy oscuro (10YR2/2) en húmedo, de estructura granular fina y poliédrica subangular moderadamente desarrollada, alto contenido de materia orgánica, con espacios porosos abundantes, texturas franco a franco arcillo arenosos, con raíces abundantes de tamaño fino y medio de consistencia friable a muy friable, una saturación de bases del más del 50%, son alcalinos de reacción a los carbonatos de violenta a muy violenta.

El horizonte superficial C que va desde los 13/38 cm a los 16/108 cm es de colores más claros de gris claro (10YR7/2) a gris pardo (10YR6/2) en seco y pardo grisáceo (10YR5/2) en húmedo de estructura granular y poliédrica subangular, de bloques pequeños moderadamente desarrollados, con textura franco arcillo o franco arenoso, ligeramente compacto de consistencia friable a muy friable. Las raíces son menos frecuentes, sin embargo su presencia sigue siendo importante, la reacción con el ácido clorhídrico es muy violenta, lo que indica la presencia de altos contenidos de carbonato de calcio (véase fig. 5).

Propiedades físicas y químicas.

Cuadro 4. Valores máximos y mínimos de las propiedades químicas de los Feozem calcáricos.

Propiedad	Horizonte A	Horizonte A/R
Densidad aparente (Mg/m ³)	0.96-1.05	0.95-1.18
Densidad real (Mg/m ³)	2.15-2.30	2.12-2.30
Porosidad (%)	52.55-61.42	48.03-62.19
pH relación 1:2.5 en agua	8.11 - 8.74	8.13 - 8.73
C.I.C.T.(cmol (+) kg-1)	24.79 - 33.47	22.17 - 35.03
Calcio intercambiable (cmol (+) kg-1)	14.42 - 21.52	11.76-18.09
Magnesio intercambiable(cmol (+) kg-1)	3.03 - 8.15	1.55 - 11.61
Potasio intercambiable (cmol (+) kg-1)	1.79 - 4.10	0.89 - 6.02
Carbonatos	40.36 - 42.42	49.56 - 57.17

Génesis.

La génesis del Feozem calcárico son suelos que presentan cierto grado de madurez, ya que han desarrollado un horizonte superficial genético tipo mólico, producto del tiempo de acumulación de materia orgánica que se entremezcla con el componente mineral. La materia orgánica que se produce durante el período húmedo del año, posteriormente se incorpora lentamente al suelo. Durante la temporada de sequía la actividad biológica del suelo disminuye al máximo, por lo que la degradación orgánica se reduce dando lugar a la formación de compuestos organominerales conocidos como humatos de calcio, compuestos estables que le dan el color y estructura al horizonte superficial. Por otra parte el desarrollo estructural genera una buena porosidad permitiendo con ello la penetración de raíces y la humedad. En consecuencia, la estacionalidad climática, las condiciones de sequía, la

acumulación orgánica y la presencia de minerales ricos en carbonatos de calcio, son los principales responsables de la formación de los Feozem calcáricos. Sin embargo, la profundidad del suelo se ve limitada por las pendientes escarpadas en la que se desarrollan.

Limitantes agrológicas y vocación natural

Las limitaciones de uso que tienen los Feozem del área de estudio son el relieve accidentado, elevada pedregosidad, alta susceptibilidad a la erosión, así como efectos severos de erosiones pasadas, lo que imposibilita el desarrollo de cultivos. Debido a esas limitación su uso se limita a pastos, vida silvestre y al sostenimiento de su cubierta vegetal natural (véase fig. 6).

Cuadro 5 Descripción Morfológica de la Unidad Feozem calcárico (PHc)

HORIZONTE	PROFUNDIDAD (cm)	DESCRIPCIÓN
A	0 -13/38	El color se ve influenciado por el alto contenido de materia orgánica, por lo que fluctúa de pardo grisáceo oscuro (10YR4/2) en seco y pardo grisáceo muy oscuro (10YR3/2) a pardo muy oscuro (10YR2/2) en húmedo con texturas que van de franco a franco arcillo arenoso, con estructura granular y poliédrica subangular de bloques pequeños, moderadamente desarrollada, no compacto de consistencia friable a muy friable, con espacios porosos abundantes medianos y finos, de reacción violenta a muy violenta al ácido clorhídrico.
C	3/38-40/125	Color gris claro (10YR7/2) a gris pardo (10YR6/2) en seco y pardo grisáceo (10YR5/2) en húmedo, textura franco arcillosa y franco arenosa, estructura granular fina, y poliédrica subangular pobremente desarrollada, poco compacta de consistencia friable a muy friable, raíces frecuentes y abundantes finas, medianas, respectivamente de reacción violenta al ácido clorhídrico.



Fig. 5 Perfil representativo de la unidad Feozem calcarico en el que se observan abundantes raíces, así como una coloración oscura en general y una estructura dominante del tipo granular y poliédrico. Este tipo de suelos se desarrollan en topofomas como laderas cóncavas, convexas y lomeríos.



Fig. 7 Panorámica de la asociación Feozem calcárico y Leptosol rendzico, ubicada hacia el norte en la zona de mayor altitud, donde las rocas son calizas de la formación Cipiapa, cerca de los cerros Mar Rubio y Pajarito. Obsérvese la presencia de una palmita pequeña de nombre *Brahea dulcis*.



Fig. 6 Panorámica representativa de la unidad Feozem calcárico, que se ubica sobre un declive, donde la vegetación corresponde a un matorral crasicaule muy perturbado por la introducción de cabras.

6.2.3. Grupo mayor Regosol (RG).

Descripción de la Unidad Regosol calcárico (RGc).

Definición.

Son suelos que provienen de materiales no consolidados excluyendo depósitos aluviales recientes, sin horizontes de diagnóstico más que un horizonte A ócrico, carente de propiedades hidromórficas dentro de los primeros 50 cm de profundidad. Tienen una amplia gama de texturas y ocurren en todas las zonas climáticas y por tanto constituyen la etapa inicial de formación de un gran número de suelos (FAO, 1994).

Superficie y distribución.

A esta unidad de suelos se le encontró dominante en el área de estudio, como unidad asociada a los suelos de la unidad Leptosol lítico, se distribuye en su mayoría en la formación Zapotitlán, desde las laderas del cerro La Colmena, cerro Volcancillo, Las Ventas y Cutác, extendiéndose al sur, limitando con una parte de las terrazas y el Río Zapotitlán. Hacia el oriente ocupa toda la ladera del cerro Miahuatepec quedando excluida la barranca del mismo nombre. En forma individual se les encuentra en los declives de la barranca El Panteón y algunos lomeríos al suroeste, hasta el Río Zapotitlán por lo que el área que ocupa dentro de la zona estudiada es de 4953.34 ha que corresponde al 64.80 % del área total, como ya se comentó, es la unidad de suelo de mayor extensión (véase mapa de suelos).

Tipo de vegetación actual.

La mayoría de los regosoles soportan una vegetación de tipo matorral crasicaule destacando los géneros como *Neobuxbaumia tetetzo* y *Cephalocereus columna-trajani*, mientras los que se encuentran en la porción más alta del Cerro Cutac, sostienen una vegetación de selva baja perennifolia con espinas laterales resaltando las especies de *Mimosa lacerata*, *M. luisana*, *Prosopis laevigata*, *Acacia couteri*, *Ipomoea arborescens*, *Opuntia pilifera*, *yucca periculosa*, *Ceiba parvifolia*, *Bursera biflora* (Zavala, 1982; Villaseñor, et. al., 1990; Osorio et al 1996; Nerí, 2000).

Los Regosoles que se encuentran en el poblado de Zapotitlán presentan una asociación de matorral espinoso y crasicaule, intercalados con algunos manchones de isotales. En algunos lugares donde las condiciones del relieve lo permiten, se desarrolla la agricultura de temporal que se alternan con sitios que sostienen vegetación de sucesión. Además del uso agrícola, el principal uso a los Regosoles es para la ganadería caprina de tipo extensivo (véase fig. 9).

Descripción geomorfológica.

Los Regosoles que se encuentran en las porciones central y oriental de la zona estudiada se encuentran sobre geofomas aparentemente más jóvenes ya que presentan relieves altos e irregulares con pendientes muy inclinadas, la erosión en estas formas es muy intensa, lo que retarda la maduración de estos suelos. El material parental que da

origen a estos suelos son detritus recientemente expuestos y/o material no consolidado derivado principalmente de lutitas; no obstante los Regosoles ubicados en el Cutac y los de la ladera recta del cerro Miahuatepec, se ha formado del intemperismo de calizas. Los Regosoles de la porción occidental que incluye a las microcuencas La Calera y el Panteón, se encuentran sobre formas más desgastadas con relieves menos abruptos y pendientes moderadas, todas ellas de la formación Zapotitlán derivadas de calizas, lutitas y conglomerados.

Características morfológicas distintivas.

Este suelo se caracteriza por presentar un desarrollo morfológico incipiente, por lo que presenta un perfil muy homogéneo y simple, con ausencia de horizontes de diagnóstico. La mayoría de sus propiedades son heredadas del material parental. Presentan una coloración clara en la mayor parte del perfil, estructuras de bajo desarrollo, texturas medias y finas. Los formados de lutitas son de consistencia firme, plásticos y adhesivos, pobres en materia orgánica y moderadamente alcalinos. El horizonte subsuperficial C hereda muchas propiedades del material geológico subyacente, como la textura franco arcillo limosa, estructuras de roca variables que van de granular, poliédrica subangular moderadamente desarrollada, poliédrica angular, laminar y desarrolladas. La compactación va de ligera a muy compacta, las raíces son escasas y la reacción a los carbonatos muy violenta. Al o largo del perfil se presentan varias intrusiones de fragmentos de roca de diferentes tamaños y formas (véase fig. 8).

Propiedades físicas y químicas.

Cuadro 6 Valores máximos y mínimos de las propiedades químicas de los Regosoles calcáricos.

Propiedad	Horizonte A	Horizonte C
Densidad aparente(Mg/m ³)	.096-1.53	0.96-1.38
Densidad real (Mg/m ³)	2.05-2.65	2.07-2.84
Porosidad (%)	40.0-62.64	39.0-62.79
pH relación 1:2.5 en agua	6.99-8.95	6.57-9.66
C.I.C.T. (cmol (+) kg-1).	18.0-38.90	11.40-45.15
Calcio intercambiable (cmol (+) kg-1).	11.54-26.20	3.04-27.54
Magnesio intercambiable (cmol (+) kg-1).	2.22-8.21	1.55-12.54
Potasio intercambiable (cmol (+) kg-1).	1.15-4.48	0.76-4.30
Carbonatos	30.10-38.62	15.73-65.0

(véase anexo).

Génesis.

Los Regosoles representan el estado inicial de la edafogénesis de depósitos recientes o de materiales detríticos de recién exposición. Así los procesos geomórficos de erosión y depositación son los principales agentes que participan en el desarrollo de los Regosoles (FAO, 1994). Particularmente en el área de estudio se tienen dos tipos de Regosoles; los derivados de la depositación de materiales no consolidados recientes (áreas de taludes y

declives) y aquellos formados de rocas recientemente expuestas por los procesos de erosión (laderas y cuevas), estos se desarrollan de calizas, conglomerados y lutitas. Los Regosoles son suelos jóvenes, donde el tiempo no ha sido suficiente para permitir que los factores climáticos y bióticos modifiquen sustancialmente los materiales originales, por eso tienen una expresión morfológica muy sencilla.

Limitantes agrológicos y vocación natural.

Entre las principales, limitantes que presentan los Regosoles están la elevada pedregosidad superficial, pendientes fuertes y riesgo muy alto a la erosión. Debido a que se forman a partir de material no consolidado, hacen que sean inestables y colapsables. Por lo que su uso agrológico es limitado, lo más recomendable para estos suelos es mantenerlos siempre con una cubierta vegetal permanente.

Cuadro 7 Descripción Morfológica de la Unidad Regosol calcárico (RGc).

HORIZONTE	PROFUNDIDAD (cm)	DESCRIPCIÓN
A	0-7/46	Presenta colores muy claros que van del pardo pálido (10YR6/3) a pardo muy pálido (10YR8/3) en seco, en húmedo la coloración es pardo pálido (10YR6/3) a pardo (10YR5/3), de texturas franco arcillosas hasta franco arenosas, ligeramente compacto, no cementado, de consistencia varía según la textura pudiendo ser muy friable o firme. La estructura puede ser granular o poliédrica de bloques pequeño y medianos, moderadamente desarrollados, con raíces finas abundantes y medianas frecuentes. Presenta frecuentes intrusiones de grava fina, La reacción a los carbonatos es violenta.
C	7/47-9/160	Los colores que tiene este horizonte varían entre gris claro (10YR7/2), gris muy claro y blancos en seco, en húmedo son pardo (10YR5/3), pardo pálido (10YR6/3) y pardo muy pálido (10YR8/4), la textura fluctúa entre franco arcillosa y franco arcillo limosa, con estructura poliédrica angular y subangular moderadamente desarrollada y ocasionalmente estructura de roca de bloques grandes. La consistencia puede ser suelta, friable, muy friable y firme, de compactación ligera, no cementado, con intrusiones de roca de diferentes tamaños. Las raíces son escasas de tamaño fino y medio, la reacción a la presencia de carbonatos varía entre ligera, violenta y muy violenta.



Fig. 8 Perfil representativo de la Unidad Regosol calcárico de una terraza aluvial antigua. Se puede observar un horizonte superficial de color pálido que sobreyace a un subsuelo poco diferenciado de colores muy claros, con estructura poliédrica subangular.



Fig. 9 Panorámica de la Unidad Regosol calcárico cuya vegetación asociada corresponde al matorral espinoso este tipo de suelos es el que mayores áreas ocupó dentro de la zona de estudio.

6.2.4. Grupo mayor Fluvisol (FL).

Descripción de la Unidad Fluvisol calcárico (FLc).

Definición.

Su nombre deriva de la palabra latina *fluvios*, río connotativa de las planicies de inundación y de los depósitos aluviales. Son suelos formados por depósitos aluviales recientes que no tienen un horizonte de diagnóstico que un mólico, ócrico, o úmbrico, un horizonte hístico o un horizonte sulfúrico dentro de los 125 cm de profundidad, los depósitos aluviales recientes pueden ser sedimentos fluviales, marinos, lacustre, o coluviales caracterizados por un contenido de materia orgánica que disminuye en forma irregular en la profundidad, recibiendo materiales frescos a intervalos regulares (FAO 1994).

Superficie y distribución.

A este suelos se les encuentra en forma de franjas alargadas en asociación con algunos ríos y escurrimientos primarios del Valle, por lo regular estas franjas no son continuas sino que se interrumpen de acuerdo a la variación topográfica y a la dureza de las rocas. Las áreas de mayor extensión se encuentran en los escurrimientos de la Barranca Calera, Barranca Soyolapa, Barranca Grande y Barranca las Salinas, cubriendo una superficie de 71.70505 ha. correspondiente al 0.93 % del área total (véase mapa de suelos).

Uso actual y/o tipo de vegetación.

El uso principal que tienen estos suelos es para la agricultura de temporal, la cual es básicamente de autoconsumo, sin embargo esta actividad no se ve muy favorecida por la escasez de agua, por lo que la mayoría de los terrenos con el paso del tiempo son abandonados, lo que ha favorecido la presencia de todo un mosaico de vegetación secundaria. La vegetación original de estos suelos es el mezquital donde las especies dominantes son *Prosopis laevigata*, *Cercidium praecox* y *Pachocereus hollianus* (véase fig.11 y 12).

Descripción geomorfológica.

Estos suelos se ubican en partes bajas sobre depresiones planas que favorecen la retención material sedimentario y que con el transcurso del tiempo han permitido el desarrollo de pequeñas terrazas aluviales. Al parecer muchas de estas terrazas se formaron bajo otras condiciones climáticas cuando los ríos del Valle llevaban un caudal grande que podía movilizar transportar una gran cantidad de carga de sedimentos, mismos que dieron lugar a la formación de las terrazas.

Características morfológicas distintivas.

Al igual que los Regosoles, son suelos jóvenes, sin presencia de horizontes de diagnóstico con frecuentes interrupciones de discontinuidades litológicas desde los primeros 30 cm de profundidad. Presentan mucha variación en sus propiedades físicas en

particular de su granulometría, así como fluctuaciones irregulares en el contenido de materia orgánica y en su grosor de sus horizontes. Esto como consecuencia del continuo efecto de acumulación de sedimentos frescos que impiden un desarrollo normal del suelo.

Presentan un horizonte A de color pardo (10YR5/3) a pardo grisáceo (10YR5/2) en seco, en húmedo el color va de pardo a pardo oscuro, con texturas franco arcillosas a franco limosas, de estructura granular débilmente desarrollada y poliédrica subangular de bloques pequeños moderadamente desarrollada. La compactación es ligera, no hay cementación, la consistencia es friable, plástico y adhesivo. Las raíces pueden ser frecuentes o escasas de tamaño fino y mediano, la reacción a los carbonatos varía entre ligera y violenta.

El horizonte C presenta colores en seco varían entre pardo (10YR5/3) y pardo muy pálido (10YR7/4), en húmedo fluctúan entre pardo amarillento claro y gris claro. La textura en la mayoría de los casos es arcillosa, sin embargo también las hay franco limosa y de arena franca. La estructura es muy variable ya que puede ser poliédrica subangular y angular, alveolar y laminar con estabilidad de moderada a fuerte. La consistencia fluctúa entre friable y firme, ligeramente plástico y plástico, compacto o muy compacto, no cementado, con escasas raíces de tamaño medio y fino, la reacción a los carbonatos va de violenta a muy violenta (véase fig. 10).

Propiedades físicas y químicas.

Cuadro 8 Valores máximos y mínimos de las propiedades químicas de los Fluvisoles calcáricos.

Propiedad	Horizonte A	Horizonte C
Densidad aparente(Mg/m ³)	0.93 - 1.16	0.99 - 1.19
Densidad real (Mg/m ³)	2.19 - 2.33	2.00 - 2.61
Porosidad (%)	45.50 - 59.03	44.28 - 58.92
pH relación 1:2.5 en agua	8.12 - 8.36	7.45 - 8.66
C.I.C.T. (cmol (+) kg-1).	21.88 - 36.55	19.83 - 31.48
Calcio intercambiable (cmol (+) kg-1).	15.23 - 23.31	11.10 - 28.94
Magnesio intercambiable (cmol (+) kg-1).	2.10 - 5.32	1.55 - 7.60
Potasio intercambiable (cmol (+) kg-1).	2.82 - 5.46	1.5 - 5.51

(véase anexo).

Génesis.

Los Fluvisoles se desarrollan a partir de depósitos de sedimentos acuosos, donde recientemente se están adicionando materiales frescos. Estos sedimentos pueden ser de origen marino, lacustre o fluvial. Para el caso del área estudiada son origen fluvial. Como ya se mencionó, se consideran como suelos jóvenes de limitada expresión morfológica debido a que periódicamente se encuentran recibiendo materiales frescos sobre su superficie, lo que impide la acción de los procesos genéticos normales tales como translocación, reacomodo y transformación de las partículas del suelo (Fitzpatrick,1984).

esta situación se refleja en cambios bruscos de textura, presencia de discontinuidades litológicas, intrusiones y sobre todo variación irregular de la materia orgánica con respecto a la profundidad.

Limitantes agrológicos y vocación natural.

Aunque presentan un relieve casi plano, la principal limitante que tienen es la falta de agua, algunos tienen elevada pedregosidad superficial e interna, otros están muy erosionados.

Cuadro 9 Descripción Morfológica de la Unidad Fluvisol calcárico (FLc).

HORIZONTE	PROFUNDIDAD (cm)	DESCRIPCIÓN
A	0-7/35	Presenta un color pardo (10YR5/3) o pardo grisáceo (10YR5/2) en seco, en húmedo va de pardo (10YR5/3) a pardo oscuro (10YR3/3). La estructura es granular y poliédrica subangular de tamaño pequeño, moderadamente desarrollada, con texturas que van de franco arcilloso a franco limoso, ligeramente compacto, no cementado, de consistencia entre friable y firme, plástico y ligeramente adhesivo. Las raíces de tamaño fino son frecuentes y escasas la de tamaño medio, la reacción a los carbonatos es violenta.
C	7/35-18/280	El color en seco fluctúa entre pardo (10YR5/3) y pardo muy pálido (10YR7/4) casi blanco en húmedo va de pardo amarillento claro (10YR6/4) a gris claro. La textura principalmente es arcillosa, presentándose también la franco limoso y arena franca con estructuras muy variables que van de poliédrica subangular, angular, alveolar, granular laminar, de estabilidad moderada y fuerte, la consistencia es firme, plástico y adhesivo, compacto y muy compacto, no cementado, de reacción violenta a muy violenta al ácido clorhídrico.



IZT.



Fig. 10 Perfil representativo de la Unidad Fluvisol calcárico, se trata de un suelo relativamente profundo con horizontes bien marcados, obsérvese la presencia de gravas y cantos rodados que muestran la secuencia en la depositación del material en épocas de lluvia.



Fig. 11 Panorámica del paisaje asociado al Fluvisol calcárico, se caracterizan por encontrarse sobre formas planas, que permiten captar y detener material arrastrado de las partes más elevadas, nótese la utilidad del suelo en cultivos maíz y frijol, en épocas favorables.

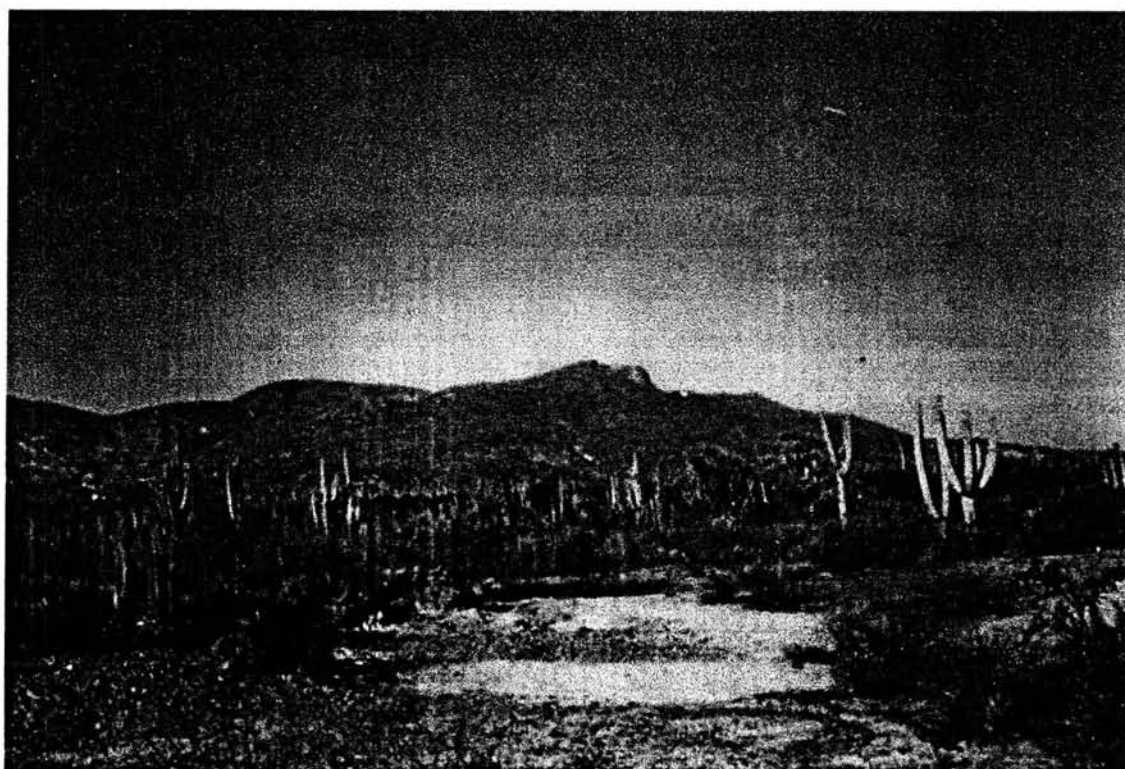


Fig. 12 Panorámica que muestra las condiciones de una unidad morfoédafica inestable, donde la tasa de pérdida de suelo por erosión laminar es considerable. Se puede observar una gran proporción de suelo desnudo consecuencia de la morfodinámica y sobre todo de la perturbación humana..

VII. DISCUSIÓN

En área estudiada se identificaron cuatro grupos mayores de suelo: Leptosoles, Regosoles, Fluvisoles y Feozem. Los Leptosoles y Regosoles son los que cubren mayor extensión. Los Regosoles se encuentran principalmente hacia el centro del área en paisajes más recientes sobre relieves accidentados con fuerte abarrancamiento. Los Feozem y Leptosoles rendzicos se distribuyen hacia el oeste y norte sobre paisajes más desgastados y un poco más estables. En las partes de menor altitud del valle, se encuentran unas terrazas aluviales no activas y en consecuencia estables, donde se encuentran los fluvisoles que son, suelos formados por la depositación del material transportado como resultado de la erosión.

Los resultados obtenidos muestran que la heterogeneidad edáfica encontrada, no es sino el producto de la morfodinámica interna y externa que ha sufrido la zona, sobre todo del equilibrio entre los procesos edafogénicos y la acción del modelaje erosivo. Dado que la edafogénesis es un proceso que depende de factores como el clima, procesos biológicos, el relieve, el material parental y tiempo (Jenny 1981, citado por Fitzpatrick 1984) y en la zona se presenta una gran variabilidad de estos elementos, resulta complicado establecer las relaciones correctas entre la génesis y la morfología de los suelos. No obstante se puede resaltar la influencia del clima como motor principal que determina la tasa y el tipo de formación de suelos, así mismo es el principal agente que determina la distribución de la vegetación y condiciona los tipos de procesos pedogénicos.

El clima seco semicalido que prevalece en el Valle de Zapotitlán, donde la evaporación potencial supera en más del doble el valor de la precipitación limitando de esta forma los procesos de infiltración y lixiviación impidiendo la retención del agua y favoreciendo la concentración de sales. Sin embargo en los meses lluviosos la importancia no sólo radica en los procesos de foliación, floración, fructificación y producción de semillas sino también en los procesos de intemperización de la fracción mineral de los suelos procedentes de la transformación física, química y biológica tanto de la roca madre como la materia orgánica provenientes de los residuos en descomposición. Por otro lado, la alteración de los minerales es bajo tanto por la disponibilidad del agua como por el nulo lavado de los productos liberados (Valiente-Banuet 1991).

Las escasas lluvias hacen penetrar las sales hasta determinada profundidad, pero la intensa evaporación subsecuente provoca la ascenso del agua y su pérdida a la atmósfera. Este proceso conduce a la depositación de las sales en los niveles próximos a la superficie debido al transporte de los constituyentes disueltos algunas veces llegan a cementarse impidiendo un continuo desarrollo edafogénico de los horizontes (Ford, 1984).

Por lo que respecta al relieve heterogéneo que presenta en la mayor parte del área de estudio, provoca que en épocas de lluvias el agua pueda transportarse rápidamente y con la fuerza suficiente como para arrastrar de las partes más altas gran cantidad de sedimentos; pero de manera diferente en cada unidad edáfica esto dado por el tipo de vegetación que sostiene como su composición granulométrica siendo más acentuada la erosión hídrica no sólo a lo largo de las laderas donde el drenaje puede ser demasiado rápido por lo que deja al

descubierto una elevada pedregosidad evidenciada en su mayoría en toda el área en donde se presentan pendientes extremas.

Por otra parte, los sitios ubicados en las partes bajas, si bien reciben más agua y permanecen más tiempo en contacto con ella, la carga cationica que traen de la parte alta determina un pH relativamente alto (véase mapa de puntos de muestreo y anexo), con lo que las reacciones de alteración pueden o no ser más lentas aunado al continuo aporte de las aguas de escorrentía que depositan un material aluvial nuevo que entierra los suelos por lo que vuelven al punto de partida al material inicial sufriendo de este modo una evolución regresiva “rejuvenecimiento”.

Sin embargo a pesar del efecto señalado es normal que la alteración química sea mayor en las partes bajas y planas que en las partes altas donde llega a predominar la intemperización física de las rocas transformándolas en partículas sueltas y pequeñas. La temperatura por otra parte incide en la velocidad del proceso de intemperización de acuerdo a las reglas de Van't Of. la cual establece que la velocidad de las reacciones químicas se multiplican por dos o tres cada 10 °C de aumento de temperatura claro esta que la incidencia de la temperatura y la evaporación en el Valle están íntimamente relacionadas; con el incremento de la temperatura también se acelera la tasa de descomposición biológica de la materia orgánica y aumenta la cantidad de humedad que se evapora del suelo (Fitzpatrick,1984).

Por otra parte, el material parental formado principalmente de rocas sedimentarias, deja sentir su influencia en las propiedades de los suelos, sobre todo en aquellos considerados jóvenes, con escaso grado de diferenciación, donde muchas propiedades son heredadas de los materiales parentales, que se caracteriza por la mezcla de minerales primarios (silicatos) y materiales calcáreos, mismos que se combinan con la materia orgánica para formar compuestos conocidos como humatos de calcio, son precisamente los responsables de la coloración oscura del horizonte superficial de los Feozem y Leptosoles Rendzicos.

Desde la perspectiva morfo-edafológica, que considera de forma integral a los elementos del paisaje para explicar el origen, presencia y distribución de los suelos en una región dada, se pueden reconocer varias unidades morfo-edáficas, esto de acuerdo al balance que se establece entre la morfodinámica (cambios del relieve) y la edafogénesis (formación del suelo). Se reconoció la presencia tres unidades morfo-edáficas, la primera de ellas corresponde a sitios geomorfo y edáficamente inestables, que se ubican principalmente hacia el oriente del área de estudio y que se caracterizan por la presencia de relieves disectados de fuertes pendientes y largas, con estructuras de plegamientos constituidos por lutitas y calizas. La vegetación en ocasiones es interrumpida abruptamente por los movimientos de tierras, además su cobertura no alcanza a proteger bien la superficie del suelo. En estos lugares hay evidencia de reptación, colapasamiento y deslizamientos de tierras. Estas condiciones limitan los procesos de la formación del suelo, permitiendo sólo la presencia de Leptosoles líticos y Regosoles calcáricos.

Particularmente los Leptosoles líticos se reconocen por su escasa profundidad (< 15 cm), por sus propiedades mineralógicas heredadas del material parental y por su escaso desarrollo morfológico. A su vez los Regosoles se derivan principalmente de lutitas y se

distribuyen sobre pendientes inclinadas y con presencia de barrancas. Se caracterizan por ser de moderada profundidad y por tener una coloración clara en la mayor parte del perfil. Presentan bajos contenido de materia orgánica y de reacción alcalina. La textura es franco arcillosa para el horizonte superficial y franco arcillo limosa para el horizonte subsuperficial. De estructura variable que va de granular a poliédrica subangular moderadamente desarrollada, poliédrica angular y laminar desarrollada; de compactación ligera, con raíces de frecuentes a escasas; conforme va aumentando la profundidad hay presencia de intrusiones de roca de diferentes tamaños, la reacción a los carbonatos va desde ligera a muy violenta. Tanto Leptosoles como Regosoles presentan una vegetación de matorral crasicaule, destacando los géneros *Neobuxbaumia tetetzo* y *Cephalocereus columna-trajani*; sin embargo los que se ubican en el Cerro El Cutac, sostienen una vegetación de selva baja perennifolia con espinas laterales. Entre las principales limitantes que tienen estos suelos están: la elevada pedregosidad superficial, relieve accidentado, alta susceptibilidad a la erosión, formación de cárcavas, falta de agua, elevada inestabilidad con alto riesgo al colapsamiento y deslizamiento. En definitiva estos suelos no tienen un capacidad de uso agrícola, pecuaria, forestal y urbana

La segunda unidad morfo-edáfica reconocida corresponde a una zona de estabilidad, donde los procesos de formación del suelo ocurren lentamente y la geodinámica es leve, cuya influencia no llega a afectar considerablemente el perfil del suelo. Estos sitios se localizan en algunas terrazas aluviales y en la mayoría de las lomas y cerros aislados, donde la vegetación presenta un continuo y el suelo se encuentra más o menos protegido por la misma vegetación, presentan un patrón de drenaje paralelo y subparalelo. A pesar de las pendientes, la erosión es moderada y controlada, llegando a afectar sólo superficialmente al el suelo. Sin embargo aquí la perturbación edáfica está más vinculada con las actividades humanas que por los procesos naturales.

Particularmente en la zona de las terrazas, las unidades de suelo predominantes según García (2001), son Fluvisoles y Regosoles calcáricos. De acuerdo a su composición mineralógica y origen en ambos casos se reconocen dos Series de suelos; la primera de ellas es la Serie Zapotitlán (Z) que se distribuye en la mayoría de las terrazas aluviales (porción centro y norte de la cuenca). Los suelos de esta Serie se formaron de sedimentos fluviales muy ricos en carbonato de calcio, se distinguen por presentar: color gris, texturas entre franco arenosa, franca y franco arcillosa; con altos contenidos de carbonatos, de reacción alcalina con pH de 8.0 a 8.5; de pobres a moderados contenidos de materia orgánica. La otra Serie es la denominada Granjas (G) se distribuyen en el área de influencia del Sistema Fisiográfico Metzontla., los suelos de esta Serie se distinguen, principalmente, por tener importante cantidad de minerales de hierro (hematita), lo que hace que tengan colores pardo o pardo amarillento; de textura franco arenosa y franco arcillo arenosa, con moderados contenidos de carbonatos, y de pobres a moderados porcentajes de materia orgánica.

En general los suelos de las terrazas son muy profundos y con fuertes variaciones en sus propiedades. Los perfiles muestran discontinuidades en sus propiedades granulométricas, así como fluctuaciones irregulares en el contenido de materia orgánica y en el grosor de los horizontes, producto del continuo efecto de acumulación de sedimentos frescos que reciben

El principal uso tienen estos suelos es para la agricultura de temporal, ya que al ser profundos, de consistencia suave, de relieve plano y con escasas obstrucciones, su aptitud agrícola es comparativamente mayor con respecto a otros suelos del valle.

Asimismo, entre las dos unidades morfo-edáficas ya descritas, se presenta una tercera denominada como unidad penestable, donde hay toda una variabilidad de condiciones de estabilidad e inestabilidad, donde los fenómenos de la morfogénesis y la edafogénesis se dan al mismo tiempo en el mismo espacio. Esta zona penestable es la que mayor superficie ocupa, presentándose principalmente hacia la porción centro y oeste del área de estudio, rumbo hacia San Juan Raya.. Esta conformada por un conjunto de lomas, cerros, declives y mesas, con pendientes regulares, determinadas por distintos planos de plegamientos. Presentan un patrón de drenaje superficial de tipo dendrítico y paralelo, con erosión entre moderada y fuerte, favorecida por las actividades de ganadería de cabras y la recolección y explotación de especies silvestres.

Los suelos de esta zona penestable son una asociación de Feozem calcárico, Leptosoles rendzicos y líticos, ambos de origen residual formándose de rocas como lutitas y conglomerados de calizas. Se encuentran sobre formas como declives y mesas, son poco profundos, ricos en materia orgánica, de pH alcalino y con altos contenidos de carbonatos. Ambos presentan una morfología muy similar ya que tienen un horizonte mólico superficial de color pardo grisáceo oscuro, en seco, y pardo grisáceo muy oscuro, en húmedo; con texturas de francosas a franco arenosas, pH moderadamente alcalino, estructura poliédrica subangular y granular moderadamente desarrollada, con raíces finas y medianas abundantes, con espacio poroso muy fino y continuo de consistencia ligera a muy friable. Le subyace un horizonte C de color parduzco claro heredado de la roca madre, ligeramente compacto, con raíces escasas, de estructura poliédrica subangular moderadamente desarrollada. En la parte inferior del perfil se presenta un horizonte petrocálcico de color claro cementado. Tanto el Leptosol rendzico como el Feozem calcárico, son suelos genéticamente emparentados, la principal diferencia que los separa es la profundidad, siendo más profundos los Feozem. Sostienen vegetación de tipo matorral crasicaule e izotales, se les utiliza principalmente para fines pecuarios de ganado caprino. Los principales factores que limitan su uso son la falta de agua, las pendientes inclinadas y la escasa profundidad, presentan problemas de erosión por la apertura de veredas y el sobrepastoreo.

VIII. CONCLUSIONES

La heterogeneidad edáfica encontrada en el área de estudio se debe a la dinámica pedogenética pasada y actual en la cuenca, y que se expresa en la morfología que muestran los suelos. Esto determina la formación de superficies con suelos residuales y zonas aluviales, ubicadas en los fondos de la cuencas formadas de la erosión y depositación de grandes volúmenes de material sedimentario. Los suelos del área de estudio son en mayor proporción jóvenes, de origen calcáreo y de profundidad variable. Por otra parte, se observó una gran correlación entre los suelos presentes, y la dinámica los paisajes, el material geológico y las condiciones climáticas que prevalece, Los paisajes penestables son los que mayor superficie ocupan dentro del área estudiada. Aquí se presenta una fuerte variabilidad de condiciones de estabilidad e inestabilidad, donde los fenómenos de la morfogénesis y la edafogénesis ocurren simultáneamente.

La relación entre la dinámica geomorfológica y la de los procesos formadores de los suelos, determinan que los Regosoles y Leptosoles líticos sean las unidades dominantes, ubicándose en sitios inestables principalmente en geoformas de cerros, lomas, laderas con pendientes fuertes y escarpadas lo que limita el desarrollo de estos suelos. Por otra parte las unidades de suelo con mayor grado de desarrollo morfológico son Feozem calcárico y Leptosol rendzico, ambas se caracterizan por presentar un horizonte genético de tipo mólico, que se presentan en sitios con mayor estabilidad. Por último los Fluvisoles se localizan en las orillas de los escurrimientos primarios con relieves casi planos que permiten servir como receptáculos de materiales frescos a intervalos regulares.

Respecto a las características geoquímicas de los suelos, se puede decir que en su mayoría son de carácter calcáreo, de reacción alcalina y donde el complejo de intercambio esta dominado por el calcio y magnesio. Cabe destacar en algunos casos la riqueza de materia orgánica, determinada, por las condiciones microtopográficas que favorecen su acumulación o bien por la formación de complejos entre el humus y carbonatos lo que favorece su estabilidad y duración.

El principal proceso degradativo observado en el área estudiada es la erosión hídrica, en sus modalidades laminar, en canales, cárcavas, columnar y remontante, que se manifiesta principalmente en los paisajes inestables, y que es favorecida por las prácticas de deforestación, el sobrepastoreo. También hacia el oeste de la zona se observan fenómenos de movimientos de tierra como son reptación, deslizamientos y soliflujión, lo que pone de manifiesto la gran actividad de la geodinámica de esta zona.

Respecto al uso del suelo, en su mayor parte esta ocupado por vegetación natural donde predominan el matorral crasicauale, el espinoso y el isotal. La agricultura de temporal es mínima dada la baja aptitud de los suelos que son delgados, pedregosos y muy erosionados.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera, H.N. 1970. Suelos de las zonas áridas de Tehuacán, Puebla y sus relaciones con las Cactáceas Suculentas Mexicanas 15:51-63 p.
- Alencaster., G. 1956. Pelecípodos y gasterópodos del Cretácico Inferior de la región de San Juan Raya-Zapotitlán, Edo. de Puebla: Inst. Geología UNAM. Paleontología Mexicana (2-47).
- Barrera, C. C. 2001. Descripción y Regionalización fisiográfica del Valle de Zapotitlán, Puebla. Tesis de licenciatura . FES-IZTACALA. UNAM. México.
- Bould, S.W., Hole. F. D y MaCracken., R. J. 1981. Génesis y clasificación de suelos. 1edición, Ed. Trillas, México.
- Buckman, H. O. y Brady. N. L. 1985. Naturaleza y propiedades de suelos. 1edición. Ed. UTEHA. México.
- Buitrón B. 1970. Equinoides del Cretácico inferior de la región de San Juan Raya Zapotitlán, Puebla, UNAM, Instituto de geología. México
- Buitrón B. y Barceló-Duarte J. 1980. Nereidos (molusco-gastropoda) del Cretácico Inferior de la región de San Juan Raya. Pue, UNAM, Inst. de Geología revista, Vol. 4, No. 4.
- Burckhardt., C. 1930. Etude Synthetique sur le Mesozoique mexicain: Mem. Soc. Paleont. Suisse, V. 49-58.
- Calderón-García, A. 1956. Bosquejo geológico de la región de San Juan Raya Puebla: México, D. F., Cong. Geol. Internacional.
- Cline, M.G. 1949. Basic principles of soil clasificación. Soil. Sci. 67:81-91.
- Ortiz,S.C.A. y H.E. Cuanalo de la C. 1978. Metodología del levantamiento Fisiográfico. Colegio de postgraduados. Chapingo. México.
- Cuanalo de la Cerda H.E. 1981. Manual para la descripción de perfiles de suelo en el campo. Segunda edición. Centro de Edafología. Colegio de posgraduados. UACH. México.
- Cuanalo de la Cerda H.E. 1989. Manual de descripción de perfiles de suelo en campo. UACH. Méx.
- Dávila A., Villaseñor R., Medina L., Ramírez R., Salinas T., Sánchez-Ken J. y Tenorio L. 1993. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Listado florístico de México, Ins. de Biol. UNAM. México. D. F.
- Estrada, V. 1986. Ácaros del suelo de dos zonas del Valle de Tehuacán, Puebla. Tesis de licenciatura. ENEP-IZTACALA. UNAM. México.

FAO-UNESCO. 1975. Soil Map of the World 1:5,000,000. Vol. II, North America. Unesco, Paris, France.

FAO-UNESCO. 1994. World Reference Base for Soil Resources. International Soil Reference and Information Centre. Rome, Italy.

Félix, J. y Lenk, H. 1891. Uebersicht uber die geologischen verhaltnisse mexicanischen states puebla. Palaentographica.37(117-139).

✓ Fitzpatrick, E. A. 1978. Introducción a la génesis del suelo, 1ª ed. Publicaciones cultural, México.

Fitzpatrick, E. 1984. Suelos: su formación clasificación y distribución, CECSA., México.

Flores, V. y Jerez, P. 1988. Conservación en México: Síntesis sobre vertebrados terrestres, vegetación y uso de suelo, Instituto de Investigación Sobre Recursos Bióticos, Facultad de Ciencias. UNAM. México. D. F.

Fuentes, A. 1972. Regiones Naturales del Estado de Puebla. Instituto de Geología, UNAM. México D. F.

García, E. 1973. Modificaciones al sistema de Clasificación de Koppen, Instituto de Geografía. UNAM. México.

García, M. M. 2001. Mapeo y caracterización de las terrazas aluviales del Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla. Tesis de licenciatura FES-IZTACALA. UNAM. México.

Hodgson, M. 1987. Muestreo y conservación de suelos. Reverte. México.

INEGI. 1987. Síntesis Geográfica Nomenclátor y Anexo Cartográfico del estado de Puebla. México. D. F.

INEGI. 1884. Carta Topográfica. Tehuacán, puebla. E14B75. Escala 1:50,000.

INEGI. 1983. Carta Edafológica Orizaba. E 14-6. Escala 1:250,000

INE-SEMARNAP. 1997. Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán. Puebla. México D. F.

INIREB. 1979. Estudio preliminar al establecimiento de un Jardín Botánico y un Vivero de Cactáceas en Tehuacán, Puebla. INE-SEMARNAP. México. 215pp.

International Society of Soil Science, International Soil Reference and information Centre and Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1994. World Reference Base for Soil Resources. Roma.

Lugo, H. J. y Córdova, C. 1992. Regionalización Geomorfológica de la República Mexicana. Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía. Num. 25, México, D.F. 25-41p.

Medina S. J. 2000. Determinación del vigor y del estado reproductivo de *Stenocereus stellatus* (cactace) a lo largo de una crono secuencia edáfica en un abanico aluvial en Coxcatlán, Valle de Tehuacan. Tesis de licenciatura ENEP-IZTACALA. UNAM. México.

Muñoz I. D., Mendoza C. A., López G. F. Y Soler A. A. 2000. Manual de métodos de análisis de suelos. ENEP-IZTACALA. UNAM. México.

Neri, G. D. 2000. Caracterización hidrológica de la subcuenca baja del Río Zapotitlán, Puebla. Tesis de licenciatura ENEP-IZTACALA. UNAM. México

Oliveros, G. O. 2000. Descripción estructural de las comunidades vegetales en las terrazas fluviales del río El Salado en el Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla. Tesis de licenciatura ENEP-IZTACALA. UNAM. México

Ortiz, Solorio C.A. y Cuanalo de la Cerda, H.E. 1981. Introducción a el levantamiento de suelos. Colegio de Posgraduados Chapingo. México.

Osorio B., Valiente-Banuet A., Dávila P., Medina R. 1996. Tipos de vegetación y diversidad beta en el Valle de Zapotitlán de las Salinas, Pue. Bol. Soc. Bot. México. 59:35-58.

Provenció E. y Carabias J. 1992. El enfoque del desarrollo sustentable, una nota introductoria. Facultad de Ciencias. UNAM. Vol XXIII. No. 91.

Ramírez H. 1996. Contribución al conocimiento de la flora medicinal de Zapotitlán de las Salinas. Puebla. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México. D. F.

Rzedowsky J. 1988. Vegetación de México. Edit. Limusa. México. D. F.

Sandoval B. 1992. Levantamiento edafológico semidetallado en el Municipio de Metztlán, Hgo. Tesis de Licenciatura. ENEP-Iztacala. UNAM. México. D. F.

Sánchez, V. 1992. El uso de sensores remotos para la cuantificación de erosión de zonas áridas y semiáridas. Tesis de Licenciatura. ENEP-Iztacala. UNAM. México. D. F.

SARH. 1978. Instructivo para el aprovechamiento de cartas agrológicas y estudios agro económicos. Dirección general de aprovechamiento hidráulico, Departamento de suelos. México.

SEDESOL. 1993. Memoria técnica y metodológica para el ordenamiento ecológico. Dirección General de Planeación Ecológica General del Territorio Nacional. México.5-10pp.

Sec.de Gob.. 1988. Los municipios de Puebla en: Enciclopedia de los municipios de México Puebla. México D. F.

SEDUE. 1989. Información básica sobre las áreas naturales protegidas de México. Fac. de Cien. UNAM. México.

Valiente-Banuet, A. 1990. Los desiertoS de México. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural. 41:83-84.

Valiente-Banuet, A.1991.Dinámica del establecimiento de cactáceas: Patrones generales y consecuencias de los procesos de facilitación por plantas nodrizas en desiertos. Tesis Doctoral UACH y del CCH-Centro de Ecología. UNAM.

Villaseñor, J. Dávila, P. y Chiang, F. 1990. Fitogeografía del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Bol. Soc. Bot. Mex. 50:135-149.

Zavala, H. 1982. Estudio ecológico en el valle semiárido de Zapotitlán. Puebla. Biótica 1:88-117.

ANEXO

PERFILES REPRESENTATIVOS

DATOS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL PERFIL A5BIS

LOCALIZACIÓN: 18°19'27.56" N, 97°26'15.84" W

CLIMA: Seco estepario Bsohw" (e)g

GEOLOGIA: Calizas de la formación de Zapotitlán

TOPOFORMA: Loma

RELIEVE: Inclinado

PENDIENTE: Moderado 8%

USO DEL SUELO O TIPO DE VEGETACIÓN: Matorral espinoso

LIMITANTES: Erosión

CLASIFICACIÓN FAO/ 1994: Regosol calcárico

ZONA ECOLÓGICA: Trópico seco

DIVISIÓN: Sierra madre del sur

PROVINCIA: Sierras centrales de Oaxaca

SISTEMA: Zapotitlán

FACETA: Lomerio

Hor.	Prof.	Color Seco	Color Húmedo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural	D. Aparente (Kg/m ³)	D. Real (Kg/m ³)	Porosidad (%)
A	0-12	10YR8/3 pardo muy palido	10YR6/4 caf. amar. claro	56	26	18	FA	1.27	2.38	46.63
C1	12-21	10YR8/3 pardo muy palido	10YR6/3 pardo palido	72	18	10	FA	1.2	2.14	43.92
C2	21-67	10YR8/2 pardo muy palido	10YR7/3 pardo muy palido	62	22	16	FA	1.22	2.33	47.63
C3	67-100	10YR8/3 pardo muy palido	10YR7/3 pardo muy palido	52	18	30	FRA	1.17	2.25	48.0

Hor.	Prof.	PH (1:2.5)	Mat. Org. (%)	C.I.C.T. cmol (+) Kg ⁻¹	Ca cmol (+) Kg ⁻¹	Mg cmol (+) Kg ⁻¹	K cmol (+) Kg ⁻¹
A	0-12	8.63	1.36	19.21	12.54	3.55	2.82
C1	12-21	8.73	0.67	16.26	10.32	3.99	3.07
C2	21-67	9.85	0.17	11.40	6.21	3.44	2.69
C3	67-100	9.42	0.13	13.90	4.44	3.99	3.07

Elaboró Aarón Rivas Reyes.

DATOS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL PERFIL A13

LOCALIZACIÓN: 18°30'24.24" N, 97°28'09.60" W
 CLIMA: Seco estepario Bshw" (e)g
 GEOLOGIA: Calizas
 TOPOFORMA: Cerro
 RELIEVE: Inclinado
 PENDIENTE: Fuerte 16%
 USO DEL SUELO O TIPO DE VEGETACIÓN: Izotal
 LIMITANTES: Erosión, pedregosidad
 CLASIFICACIÓN FAO/ 1994: Regosol calcárico

ZONA ECOLÓGICA: Trópico seco
 DIVISIÓN: Sierra Madre del Sur
 PROVINCIA: Sierras centrales de Oaxaca
 SISTEMA: Zapotitlán
 FACETA: Ladera

Hor.	Prof.	Color Seco	Color Húmedo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural	D. Aparente (Kg/m ³)	D. Real (Kg/m ³)	Porosidad (%)
A	0-26	10YR7/3 pardo muy pálido	10YR8/4 pardo muy pálido	38	30	32	FR	1.08	2.35	54.04
C1	26-42	5Y8/2 blanco	5Y7/3 amarillo pálido	30	42	28	FR	1.12	2.64	57.57
CB?	42-77	10YR8/3 pardo muy pálido	10YR8/4 pardo muy pálido	18	36	46	R	1.27	2.66	52.25
B	77-100	5Y8/4	5Y6/4	20	30	50	R	1.27	2.48	48.79

Hor.	Prof.	PH (1:2.5)	Mat. Org. (%)	C.I.C.T. cmol (+) Kg ⁻¹	Ca cmol (+) Kg ⁻¹	Mg cmol (+) Kg ⁻¹	K cmol (+) Kg ⁻¹	CO ₃ (%)
A	026	8.95	1.38	23.47	15.09	8.21	1.66	58.15
C1	26-42	9.01	1.18	25.04	12.65	9.54	1.79	65.0
CB?	42-77	8.70	0.53	22.47	12.21	7.10	1.53	62.94
B	77-100	8.83	0.32	23.70	9.99	8.21	2.3	39.0

Elaboró Aarón Rivas Reyes.

DATOS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL PERFIL A8

LOCALIZACIÓN: 18°20'30.28" N, 97°26'52.20" W

CLIMA: Seco estepario Bshw" (e)g

GEOLOGIA: Lutitas, lutitas metamórficas de la formación Zapotitlán

TOPOFORMA: Cerro

RELIEVE: Muy inclinado

PENDIENTE: Muy fuerte 25%

USO DEL SUELO O TIPO DE VEGETACIÓN: Matorral espinoso

LIMITANTES: Erosión, cárcavas y pedregosidad

CLASIFICACIÓN FAO/ 1994: Regosol calcárico

ZONA ECOLÓGICA: Trópico seco

DIVISIÓN: Sierra Madre del Sur

PROVINCIA: Sierras Centrales de Oaxaca

SISTEMA: Zapotitlán

FACETA: Ladera

Hor.	Prof.	Color Seco	Color Húmedo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural	D. Aparente (Kg/m ³)	D. Real (Kg/m ³)	Porosidad (%)
A	0-30	10YR8/2 caf. muy palido	10YR6/3 pardo palido	34	28	38	FR	1.2	2.55	60
2C11	30-86	5Y7/3 amarillo palido	5Y5/3 pardo rojiso	12	50	38	FRL	1.33	2.5	46.8
2C12	86-114	5Y7/2 amarillo	5Y6/2 gris rosado	14	54	32	FRL	1.29	2.6	50.3

Hor.	Prof.	PH (1:2.5)	Mat. Org. (%)	C.I.C.T. Cmol (+) Kg ⁻¹	Ca cmol (+) Kg ⁻¹	Mg cmol (+) Kg ⁻¹	K cmol (+) Kg ⁻¹
A	0-30	8.85	1.19	20.93	12.76	3.92	1.92
2C11	30-86	9.59	0.34	14.25	3.04	6.2	2.30
2C12	86-114	9.66	0.13	14.82	7.61	3.0	3.20

Elaboró Aarón Rivas Reyes.

DATOS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL PERFIL A6

LOCALIZACIÓN: 18°19' 54.88 N, 97°26' 5.50" W
 CLIMA: Seco estepario Bshw" (e)g
 GEOLOGIA: Sedimentarias de la formación Zapotitlán
 TOPOFORMA: Lomerio
 RELIEVE: Inclinado
 PENDIENTE: Moderada 13%
 USO DEL SUELO O TIPO DE VEGETACIÓN: Matorral espinoso
 LIMITANTES: Pendiente, pedregosidad
 CLASIFICACIÓN FAO/ 1994: Feozem calcárico

ZONA ECOLÓGICA: Trópico seco
 DIVISIÓN: Sierra Madre del Sur
 PROVINCIA: Sierras Centrales de Oaxaca
 SISTEMA: Zapotitlán
 FACETA: Ladera

Hor.	Prof.	Color Seco	Color Húmedo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural	D. Aparente (Kg/m ³)	D. Real (Kg/m ³)	Porosidad (%)
A	0-19	10YR5/2 pardo grisáceo	10YR4/2 caf. gri. oscuro	52	22	26	FRA	0.93	2.22	58.29
C	19-47	10YR6/2 gris par. claro	10YR5/4 pardo amarillento	42	22	36	FR	0.93	2.46	62.19
R	47-R									

Hor.	Prof.	PH (1:2.5)	Mat. Org. (%)	C.I.C.T. cmol (+) Kg ⁻¹	Ca cmol (+) Kg ⁻¹	Mg cmol (+) Kg ⁻¹	K cmol (+) Kg ⁻¹	CO ₃ (%)
A	0-19	8.62	3.79	30.89	19.09	5.32	2.56	35.57
C	19-47	8.30	1.41	23.08	17.53	1.55	1.79	62.94
R	47-R							

Elaboró Aarón Rivas Reyes.

DATOS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL PERFIL A34

LOCALIZACIÓN: 18°22'48.74" N, 97°30'23.82" W

CLIMA: Seco estepario Bsohw" (e)g

GEOLOGIA: Calizas, conglomerados de la formación Cipiapa

TOPOFORMA: Ladera

RELIEVE: Ondulado

PENDIENTE: 2-6%

USO DEL SUELO O TIPO DE VEGETACIÓN: Palmar

LIMITANTES: Fuerte erosión

CLASIFICACIÓN FAO/ 1994: Feozem calcárico

ZONA ECOLÓGICA: Trópico seco

DIVISIÓN: Sierra Madre del Sur

PROVINCIA: Sierras Centrales de Oaxaca

SISTEMA: Zapotitlán

FACETA: Ladera

Hor.	Prof.	Color Seco	Color Húmedo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural	D. Aparente (Kg/m ³)	D. Real (Kg/m ³)	Porosidad (%)
A	0-48	10YR 5/1	10YR 3/1	56	22	22	FRA	0.86	2.23	61.43
C1	48-97	10YR 4/1	10YR 2/1	56	24	20	FRA	0.85	2.02	57.92
C2	97-125	10YR 6/1	10YR 4/1	48	26	26	FRA	0.89	1.93	53.88

Hor.	Prof.	PH (1 : 2.5)	Mat. Org. (%)	C.I.C.T. cmol (+) Kg ⁻¹	Ca cmol (+) Kg ⁻¹	Mg cmol (+) Kg ⁻¹	K cmol (+) Kg ⁻¹	CO ₃ (%)
A	0-48	8.57	4.27	27.93	17.90	7.61	4.10	57.93
C1	48-97	8.45	3.55	29.60	14.09	11.61	2.56	49.56
C2	97-125	8.54	1.27	24.48	13.90	5.71	5.7	49.56

Elaboró Aarón Rivas Reyes.

DATOS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL PERFIL A27

LOCALIZACIÓN: 18°20'51.50" N, 97° 32'25.33" W
 CLIMA: Seco estepario Bshw" (e)g
 GEOLOGIA: Calizas de la formación Agua de Burro
 TOPOFORMA: Cerro Yolotepec
 RELIEVE: Inclinado
 PENDIENTE: Escarpado 40%
 USO DEL SUELO O TIPO DE VEGETACIÓN: Matorral crasicaule
 LIMITANTES: Pendiente, erosión
 CLASIFICACIÓN FAO/ 1994: Feozem calcárico

ZONA ECOLÓGICA: Trópico seco
 DIVISIÓN: Sierra Madre del Sur
 PROVINCIA: Sierras Centrales de Oaxaca
 SISTEMA: Zapotitlán
 FACETA: Ladera cóncava

Hor.	Prof.	Color Seco	Color Húmedo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural	D. Aparente (Kg/m ³)	D. Real (Kg/m ³)	Porosidad (%)
A	0-36	2.5Y5/2	2.5Y3/2	30	34	36	FR	1.01	2.07	51.20
C1	36-53	5Y 7/3	5Y5/2	18	46	36	FRL	1.02	2.22	54.05
C21	53-79	5Y 7/2	5Y5/3	24	36	40	FR	1.11	2.24	50.44
C22	79-95	5Y 6/2	5Y5/2	22	34	44	R	1.12	2.32	51.72
C23	95-110	5Y 7/2	5Y6/2	22	38	40	FR	1.12	2.41	53.52

Hor.	Prof.	PH (1 : 2.5)	Mat. Org. (%)	C.I.C.T. cmol (+) Kg ⁻¹	Ca cmol (+) Kg ⁻¹	Mg cmol (+) Kg ⁻¹	K cmol (+) Kg ⁻¹
A	0-36	6.99	2.25	20.49	12.96	4.05	2.82
C1	36-53	6.77	1.72	20.13	12.96	6.48	1.53
C21	53-79	6.57	2.24	16.43	9.39	6.48	1.4
C22	79-95	6.86	0.07	17.23	12.15	5.18	1.79
C23	95-110	6.87	1.38	15.53	10.36	5.50	1.53

Elaboró Aarón Rivas Reyes.

DATOS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL PERFIL A33

LOCALIZACIÓN: 18°20'15.0" N 97°29'46.72" W

CLIMA: Seco estepario Bsohw" (e)g

GEOLOGIA: Lutitas sedimentarias clásticas

TOPOFORMA: Lomerío

RELIEVE: Ligeramente ondulado

PENDIENTE: 2-6%

USO DEL SUELO O TIPO DE VEGETACIÓN: Matorral crasicaule

LIMITANTES: Suelos someros pedregosos

CLASIFICACIÓN FAO/ 1994 : Leptosol rendzico

ZONA ECOLÓGICA: Trópico seco

DIVISIÓN: Sierra Madre del Sur

PROVINCIA: Sierras Centrales de Oaxaca

SISTEMA: Zapotitlán

FACETA: Ladera

Hor.	Prof.	Color Seco	Color Húmedo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural	D. Aparente (Kg/m ³)	D. Real (Kg/m ³)	Porosidad (%)
A	0-27	10YR 4/1	10YR 3/2	46	32	22	F	1.0	2.26	55.75

Hor.	Prof.	PH (1:2.5)	Mat. Org. (%)	C.I.C.T. cmol (+) Kg ⁻¹	Ca cmol (+) Kg ⁻¹	Mg cmol (+) Kg ⁻¹	K cmol (+) Kg ⁻¹	CO ₃ (%)
A	0-27	8.34	4.57	28.94	20.95	3.9	2.82	36.69

Elaboró Aarón Rivas Reyes.

DATOS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL PERFIL A19

LOCALIZACIÓN: 18°21'35.85" N, 97°28'26.92" W

CLIMA: Seco estepario Bshw" (e)g

GEOLOGIA: Calizas

TOPOFORMA: Cerro

RELIEVE: Inclinado

PENDIENTE: 6-13%

USO DEL SUELO O TIPO DE VEGETACIÓN: Sucesión

LIMITANTES: Suelos someros, pedregosidad, erosión

CLASIFICACIÓN FAO/ 1994: Leptosol rendzico

ZONA ECOLÓGICA: Trópico seco

DIVISIÓN: Sierra Madre del Sur

PROVINCIA: Sierras Centrales de Oaxaca

SISTEMA: Zapotitlán

FACETA: Ladera

Hor.	Prof.	Color Seco	Color Húmedo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural	D. Aparente (Kg/m ³)	D. Real (Kg/m ³)	Porosidad (%)
A	0-10	10YR5/2 pardo grisáceo	10YR3/2 caf.gris muy osc.	60	26	14	FA	1.0	2.34	57.26
C	10-29	10YR6/2 caf.gris muy osc.	10YR4/3 pardo oscuro	58	26	16	FA	0.98	2.38	58.82

Hor.	Prof.	PH (1:2.5)	Mat. Org. (%)	C.I.C.T. cmol (+) Kg ⁻¹	Ca cmol (+) Kg ⁻¹	Mg cmol (+) Kg ⁻¹	K cmol (+) Kg ⁻¹	CO ₃ (%)
A	0-10	8.29	4.16	27.04	18.87	4.10	2.05	52.0
C	10-29	8.34	2.17	24.30	16.80	5.21	1.5	67.05

Elaboró Aarón Rivas Reyes.

DATOS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL PERFIL A17

LOCALIZACIÓN: 18°20'0.032" N, 97°28'20.79" W

CLIMA: Seco estepario Bsohw" (e)g

GEOLOGIA: Rocas sedimentarias

TOPOFORMA: Cerro

RELIEVE: Ligeramente ondulado

PENDIENTE: Suave 2-6%

USO DEL SUELO O TIPO DE VEGETACIÓN: Matorral crasicale, espinoso.

LIMITANTES: Suelo somero, pedregosidad

CLASIFICACIÓN FAO/ 1994: Leptosol rendzico.

ZONA ECOLÓGICA: Trópico seco

DIVISIÓN: Sierra Madre del Sur

PROVINCIA: Sierras Centrales de Oaxaca

SISTEMA: Zapotitlán

FACETA: Cima

Hor.	Prof.	Color Seco	Color Húmedo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural	D. Aparente (Kg/m ³)	D. Real (Kg/m ³)	Porosidad (%)
A	0-15	10YR5/2 pardo grisáceo	10YR3/3 pardo oscuro	56	14	30	FRA	1.12	2.00	44.0

Hor.	Prof.	PH (1:2.5)	Mat. Org. (%)	C.I.C.T. cmol (+) Kg ⁻¹	Ca cmol (+) Kg ⁻¹	Mg cmol (+) Kg ⁻¹	K cmol (+) Kg ⁻¹	CO ₃ (%)
A	0-15	8.39	5.52	20.09	13.76	3.99	1.79	43.13

Elaboró Aarón Rivas Reyes.

DATOS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL PERFIL A29

LOCALIZACIÓN: 18°19'16.08" N, 97° 32'10.42" W

CLIMA: Seco estepario Bshw" (e)g

GEOLOGIA: Material sedimentario antiguo

TOPOFORMA: Loma

RELIEVE: Ondulado

PENDIENTE: Muy fuerte 15%

USO DEL SUELO O TIPO DE VEGETACIÓN: Matorral espinoso

LIMITANTES: Encostramiento superficial, erosión.

CLASIFICACIÓN FAO/ 1994: Fluvisol calcarico

ZONA ECOLÓGICA: Trópico seco

DIVISIÓN: Sierra Madre del Sur

PROVINCIA: Sierras centrales de Oaxaca

SISTEMA: Zapotitlán

FACETA: Declive

Hor.	Prof.	Color Seco	Color Húmedo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural	D. aparente (Kg/m ³)	D. Real (Kg/m ³)	Porosidad (%)
A11	0-7	10YR5/2	10YR5/3	22	58	20	FL	0.99	2.33	57.51
A12	7-20	2.5Y5/2	2.5Y4/3	30	44	26	F	0.99	2.41	58.92
2A	20-40	10YR5/2	10YR3/3	50	24	26	FRA	1.03	2.43	57.61
3C1	40-74	10YR8/2	10YR6/4	80	14	6	AF	1.13	2.43	53.34
3C2	74-120	10YR7/3	10YR6/4	86	10	4	AF	1.17	2.23	47.53

Hor.	Prof.	PH (1 : 2.5)	Mat. Org. (%)	C.I.C.T. cmol (+) Kg ⁻¹	Ca cmol (+) Kg ⁻¹	Mg cmol (+) Kg ⁻¹	K cmol (+) Kg ⁻¹
A11	0-7	8.33	1.38	21.88	15.23	4.9	4.61
A12	7-20	7.71	1.72	21.43	23.04	4.1	3.84
2 ^a	20-40	7.45	0.29	20.37	28.94	3.6	4.35
3C1	40-74	8.55	1.18	21.10	19.04	7.6	5.51
3C2	74-120	8.07	0.47	20.02	17.71	4.9	3.20

Elaboró Aarón Rivas Reyes.

18°25' N



18°12' N
97°39' W

97°24' W

SIMBOLOGÍA

- Carr-125
- Terracería
- Poblado
- ▲ Cerro

UNIDAD FAO 1994	CLAVE	SUPERFICIE (Ha)	%
FLUVISOLCALCARICO	FLc	71.7	0.93
LEPTOSOL RENZICO	LPk	24.15	0.31
REGOSOLCALCARICO	RGc	126.76	1.65
SUBTOTAL=		222.61	2.89
ASOCIACIONES FAO 1994			
REGOSOLCALCARICO + LEPTOSOL LITICO	RGc+LPq	4826.73	63.15
FEOZEM CALCARICO + LEPTOSOL RENZICO	PHc+LPk	2501.21	32.72
SUBTOTAL=		7327.94	95.87
OTROS			
POBLADO	■	66.74	0.87
EROSION	■	25.75	0.33
SUBTOTAL=		92.49	1.2
TOTAL=		7642.8719	99.96



UNAM FES Iztacala
UBIPRO
Lab. Edafología
Julio - 2002.

0 10 Km

1 : 250,000

PROYECCIÓN UTM



LEVANTAMIENTO EDAFOLOGICO SEMIDETALLADO DE LA
PORCIÓN NORTE DEL VALLE DE ZAPOTITLÁN, PUEBLA