



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**Facultad de Filosofía y Letras
COLEGIO DE GEOGRAFÍA**

**Geomorfología de la Sierra de Guadalupe
y riesgos naturales**

TESIS

para obtener el grado de

Licenciada en Geografía

Presenta

ARACELI SALINAS MONTES



**FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFÍA**

México, D.F.

1994

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**





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 está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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

A mis padres

A Andrés

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. José Lugo Hubp por su constante apoyo en la dirección de esta tesis. Al Dr. José Juan Zamorano O., al Dr. Ignacio Carlos Kunz B., al Mtro. Lorenzo Vázquez Selem y al Mtro. Jorge López Blanco por la revisión de la tesis y sus acertadas observaciones.

Al Lic. Jorge González Sánchez, a la Lic. Laura Luna y a mi amiga, la Lic. Josefina Hernández, por su valiosa ayuda en cuestiones de cómputo.

Muy especialmente al Ing. Federico Mooser por sus consejos y recomendaciones tanto en el campo como en gabinete. También a sus colaboradores ingenieros Arturo Montiel y Angel Zúñiga.

A la Dirección General de Asuntos del Personal Académico que financió el proyecto IN103891 "Impacto del vulcanismo en la evolución de la cuenca de México" del cual forma parte esta tesis.

A mis compañeros Arturo García, Maricarmen Cordero, Mayte Arizaga, Oscar Salas, Manuel Mah-eng y Patricia Ballesteros.

A Andrés del Angel por su apoyo y comprensión.

A mis padres y a mis hermanas por todo lo que han hecho por mí.

Y a todos aquellos que de alguna manera colaboraron para la realización de esta tesis.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS	3
LOCALIZACIÓN	3
HIDROLOGÍA	6
CLIMA	6
SUELO	7
VEGETACIÓN	10
CAPITULO II GEOLOGÍA	13
MARCO REGIONAL	13
ESTRATIGRAFÍA	15
GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	20
CAPITULO III GEOMORFOLOGÍA	31
MORFOMETRÍA	31
MAPA ALTIMÉTRICO	32
DENSIDAD DE DISECCIÓN	35
PROFUNDIDAD DE DISECCIÓN	38
MAPA DE PENDIENTES	40
ORDENES DE CORRIENTES	42
ENERGÍA DEL RELIEVE	45
MORFOTECTÓNICO	47
MORFOGÉNESIS	50
MORFODINÁMICA	53
EVOLUCIÓN DEL RELIEVE	58
CAPITULO IV EXPANSIÓN URBANA Y RIESGOS NATURALES	66
EXPANSIÓN URBANA	66
RIESGOS NATURALES	72
CAPITULO V CONCLUSIONES	79
BIBLIOGRAFÍA	81
CARTOGRAFÍA	85
APÉNDICE	86
ANEXO PERIODÍSTICO	98

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo forma parte de una serie de estudios geomorfológicos que se realizan sobre la cuenca de México, en el Instituto de Geografía de la UNAM.

La Sierra de Guadalupe es un área donde la coincidencia de los procesos geomorfológicos y sociales (en especial la urbanización), ha dado lugar a graves riesgos y por tanto, a la generación de daños materiales y humanos.

La sierra de origen volcánico y de edad Mioceno-Plioceno, constituida principalmente por lavas intermedias a ácidas, ha evolucionado durante millones de años por procesos tectónicos y erosivos. La actividad humana desde tiempos prehispánicos ha favorecido la erosión del suelo, la transformación gradual, total, del paisaje, creando condiciones más favorables para los peligros, como la caída de rocas e inundaciones, entre los principales.

Se ha producido una urbanización rápida, tanto de asentamientos legales como ilegales, siendo éstos últimos los que ocupan las zonas marginales y peligrosas, pero los fraccionamientos legales no necesariamente están exentos de peligros.

Los objetivos fundamentales del trabajo fueron:

- Un estudio geomorfológico que relacione el relieve con la estructura geológica, y explique la morfogénesis y dinámica exógena actual.
- Un estudio de riesgos, el cual se apoya en lo anterior.

El trabajo incluyó la interpretación de fotografías aéreas y mapas topográficos, consulta bibliográfica y trabajo de campo. Este último permitió, además de observaciones geológicas y geomorfológicas detalladas, identificar las zonas potenciales de riesgo por coincidencia de fenómenos naturales y asentamientos humanos. Esto es de especial importancia en la Sierra de Guadalupe en los últimos 20 años.

Existen pocos trabajos sobre el tema; de hecho los que se han realizado tienen un enfoque eminentemente geológico. Una orientación geomorfológica complementa los anteriores y se aplica a algo importante en nuestros días, como son los riesgos.

Los diversos métodos geomorfológicos permitieron obtener una rica información cuantitativa y cualitativa sobre el relieve de la zona estudiada. Los mapas geomorfológico y morfotectónico, concentran la parte medular de la investigación, son en sí la síntesis, mientras que el mapa de riesgos es la evaluación, la aplicación de la geomorfología en un problema concreto que son los riesgos.

Esta tesis se conforma de cinco capítulos.

En el primero se hace un breve descripción de las características geográficas de la zona en estudio: localización, hidrología, clima, suelo y vegetación.

En el segundo se analiza la geología de la sierra de manera individual y como parte del contexto de la cuenca de México.

El tercero muestra el estudio geomorfológico detallado, con un análisis morfométrico: mapas altimétrico, densidad y profundidad de disección, pendientes, ordenes de corrientes y energía del relieve; se presenta asimismo, un estudio morfotectónico y morfogenético y se considera la evolución de la Sierra de Guadalupe.

El cuarto trata de las aplicaciones que puede tener el estudio geomorfológico, a partir del análisis de la expansión de la mancha urbana, la cual, junto con el análisis de los procesos geomorfológicos dieron lugar al estudio de riesgos.

Por último en el capítulo cinco se hace una evaluación de la importancia del estudio realizado.

CAPÍTULO I

CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS

LOCALIZACIÓN

La Sierra de Guadalupe se localiza en la cuenca de México, en los límites entre el Distrito Federal y el Estado de México, entre los paralelos 19°37' y 19°29' de latitud norte y los meridianos 99°12' y 99°02' al oeste de Greenwich (Fig. 1).

La superficie, aproximadamente circular de la sierra es de 170 km², con diámetros de 16 km en dirección norte-sur y 17 km de este a oeste. Constituye un complejo volcánico con una altitud máxima de 3000 msnm, mientras que la base de sus laderas montañosas se encuentra a los 2300 msnm.

Por su ubicación al norte de la ciudad de México, en las dos últimas décadas ha sido alcanzada y rodeada por los asentamientos humanos, lo que representa una problemática ambiental y urbana muy importante.

La sierra esta dividida en los siguientes municipios, al sur, una porción de la delegación Gustavo A. Madero del Distrito Federal, el resto pertenece al Estado de México: al occidente el municipio de Tlalnepantla, mientras que al norte, los de Tultitlán, Coacalco y Ecatepec (Fig. 2).

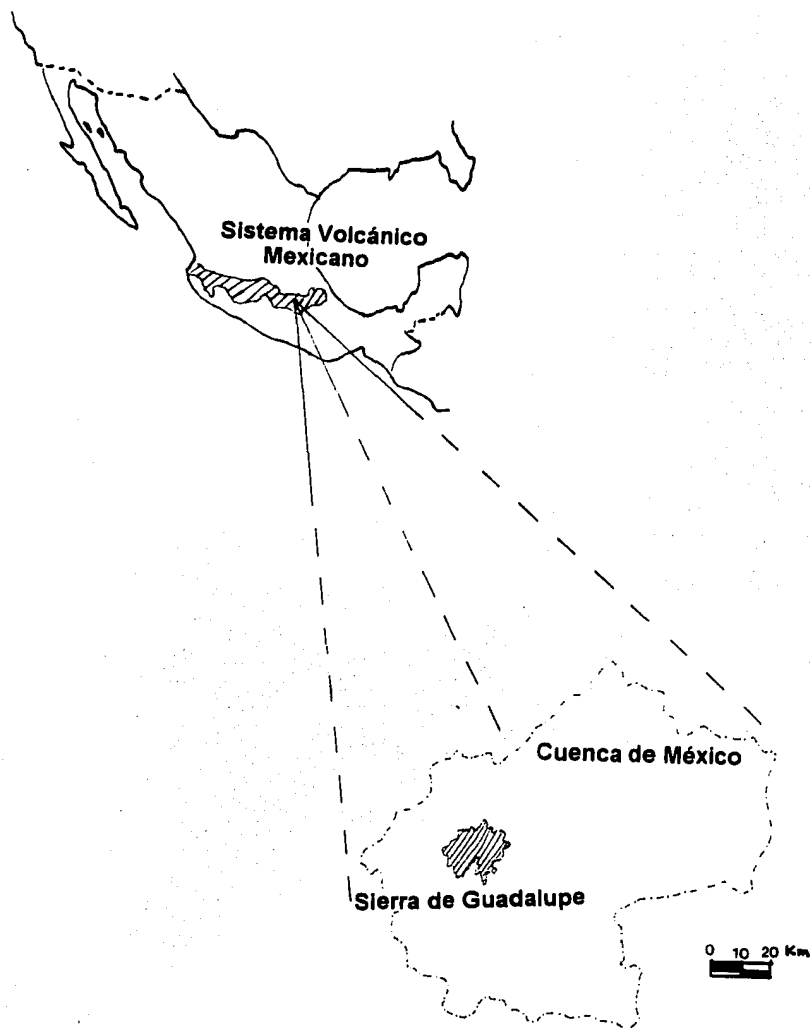


Fig. 1. Localización de la Sierra de Guadalupe.

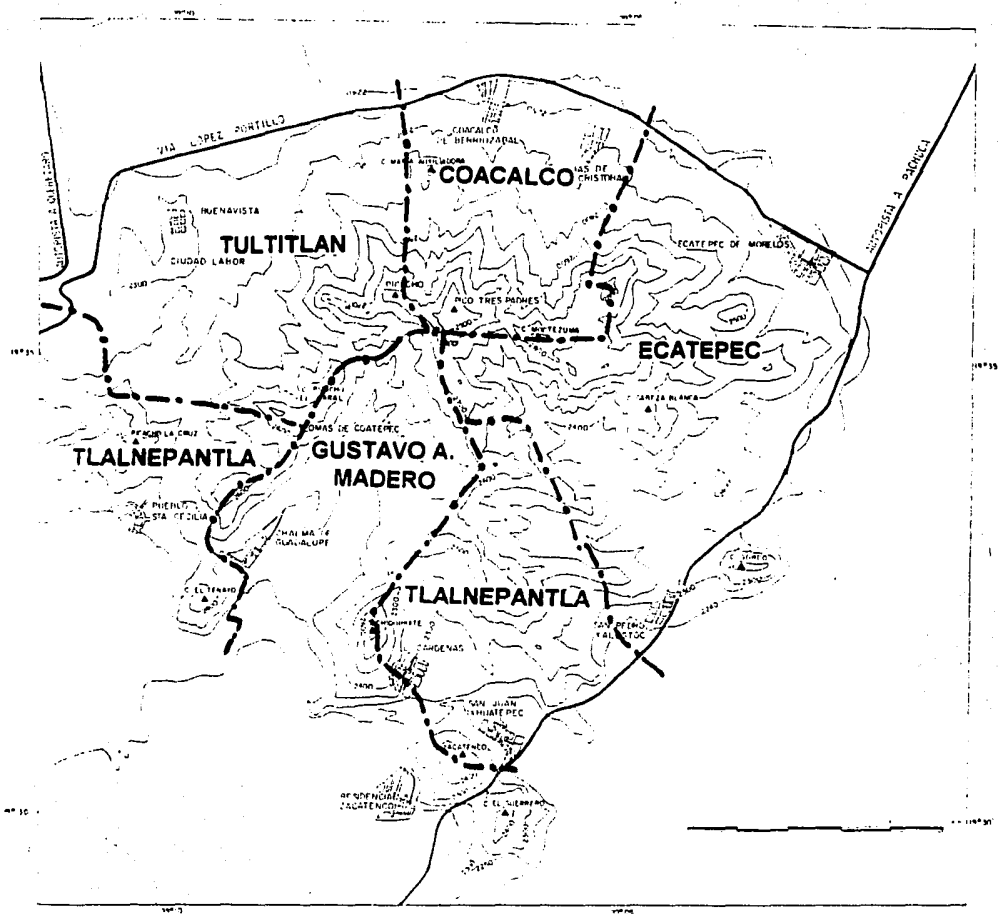


Fig. 2. División municipal de la Sierra de Guadalupe.

HIDROLOGÍA

En la Sierra de Guadalupe se encuentran cauces de poca longitud, en los cuales tienen lugar torrentes efímeros en la época de lluvias. mientras que el resto del año permanecen secos; se presentan cortando laderas de pendientes fuertes.

La mayoría de los cauces fluviales presentan un control estructural (fracturas y fallas), hecho que puede observarse a simple vista, en mapas y fotografías aéreas. Dicho control tienen expresión directa en el relieve, a partir de transectos rectos y cambios bruscos en la dirección de los escurrimientos.

La cuencas fluviales de la Sierra de Guadalupe, aunque de corta extensión pueden tener poderosos escurrimientos durante las lluvias torrenciales y originan inundaciones en su desembocadura en la planicie lacustre. Todo el sistema fluvial de la sierra es de límites precisos, ya que las desembocaduras son hacia la planicie lacustre. Se reconoce una cuenca de quinto orden, cuatro de cuarto orden (Fig. 11) y varias más menores. La infiltración es escasa, ya que el material rocoso es de poca permeabilidad y el piedemonte en gran parte urbanizado, favorecen el escurrimiento hacia la planicie de nivel de base.

CLIMA

Hay tres factores importantes que condicionan el clima de la Sierra de Guadalupe. En primer lugar, su continentalidad, originada por la lejanía de las masas oceánicas y por el aislamiento que todo el altiplano tiene por las sierras que lo delimitan.

En segundo lugar, se tiene la latitud de $19^{\circ} 33'$ que corresponde a un clima tropical, sin embargo, el tercer factor, la altitud general, provoca un clima templado, pero la altura relativa no es lo suficientemente significativa para favorecer variaciones de precipitación o temperatura importantes.

Precipitación

Según E. García (1988) la precipitación media anual en la estación Tlalnepantla es de 642.7 mm, lo que coincide por lo reportado en la Síntesis Geográfica del Estado de México de INEGI (1987) donde por el área de la sierra se extiende la isoyeta de 600 mm al oriente y la de 700 mm al poniente. Los meses más lluviosos son de junio a septiembre, con más de

100 mm de precipitación anual, mientras que los meses más secos son diciembre, enero y febrero con menos de 10 mm.

Temperatura

En cuanto a las temperaturas, E. García reporta una media de 15°C para la estación Tlalnepantla, situada en la parte baja de la sierra. INEGI (1987) por su parte establece entre 14 y 16°C para la mayor parte del área, y en algunas zonas altas, medias menores a los 14°C.

Mayo y junio son los meses más cálidos, con 17.3°C en promedio anual, mientras que enero es el mes más frío con 11.4.

Clasificación del clima

El resultado de los factores anteriores es un clima C(wo)(w) según la clasificación de Köppen modificada por E. García (1987), es decir, un clima templado con precipitaciones escasas en el verano con baja precipitación invernal menor a 5%. Es importante mencionar que la cercanía a la ciudad de México, y en particular a algunas zonas industriales, está provocando en apariencia, alteraciones climáticas como la elevación de las temperaturas medias además de altos niveles de contaminación.

SUELO

Los suelos que se encuentran en la Sierra de Guadalupe son derivados de material volcánico, mientras que otros son producto de la acumulación exógena en las partes bajas.

Entre los suelos producto del material volcánico tenemos:

LITOSOL. Son suelos someros, muy pedregosos, se caracterizan por una profundidad menor de 10 cm. en muchos casos son el resultado de la erosión antrópica.

En la Sierra de Guadalupe se localizan cubriendo las zonas más altas, así como a la mayoría de los domos.

FEOZEM. Son suelos fértiles ricos en materia orgánica, generalmente de color oscuro, se encuentran rodeando a la sierra, en contacto con litosoles; en algunas zonas también se presentan en la parte más alta, donde empieza la

planicie lacustre, excepto en la porción noreste de la sierra, donde encontramos en una pequeña localidad a los cambisoles.

CAMBISOLES. Son suelos jóvenes, poco desarrollados en el subsuelo, con una capa que parece más suelo-roca. Se localizan al noroeste de la sierra en una pequeña porción, en contacto con los litosoles, hasta llegar a la planicie lacustre en donde entran en contacto con los vertisoles.

Suelos producto del material acumulado en las partes bajas:

VERTISOLES. Son suelos muy arcillosos, de negros a grises, plásticos en estado húmedo y muy duros cuando están secos. Se localizan en la planicie lacustre; al norte están en contacto con el feozem, se extienden hacia el noroeste, y después se interrumpen para continuar en la fosa de Cuauhtepac.

OLONCHACK. Se caracterizan por un alto contenido de sales. Se localizan en la planicie lacustre en toda la porción oriental de la sierra, en contacto con el feozem.

La información de los tipos de suelos existentes en la zona estudiada se tomó de la carta elaborada por la SPP, escala 1:50 000, de 1979.

Con base en los recorridos de campo, se pudo observar que los suelos de la Sierra de Guadalupe tienen poco desarrollo, esto se debe a que desde la época prehispánica hubo tala, provocando así, la pérdida del suelo original por erosión, dando origen a los litosoles.

La roca aflorando en la superficie, dio lugar a la formación de un nuevo suelo, principalmente en materiales de acarreo en laderas, por lo que tiene un pobre desarrollo. (fotografía 1).

El litosol se reconoce en las partes altas, es muy pedregoso; consiste en bloques de origen volcánico.



Fotografía 1. Se observa la pérdida del suelo por erosión y afloran bloques de lava andesíticos.

VEGETACIÓN

Como consecuencia de las características climáticas, la vegetación de la zona en estudio, está constituida en su mayoría por arbustos y hierbas, las cuales se encuentran intercaladas con vegetación xerófila: nopales (*Opuntia spp*), magueyes (*Agave spp*) y cactáceas columnares, aunque en algunas zonas se observan eucaliptos, los cuales representan un porcentaje mínimo de la vegetación.

A partir de los 2600 msnm aproximadamente y hasta los 3000 msnm, en la parte más alta de la sierra y con orientación al norte donde existe mayor humedad se encuentra un bosque de encino, vestigio de la vegetación original (fotografía 2).

Como antes se mencionó, la sierra ha sufrido un proceso de deforestación considerable, por lo que se han tomado medidas para reforestar la zona con pino principalmente cubriendo sólo pequeños manchones de la sierra (fotografía 3).

Como se pudo observar la importancia de analizar los diferentes apartados del capítulo I radica en que mantienen estrecha relación con los riesgos existentes en la zona en estudio, por ejemplo la existencia de corrientes fluviales de alto orden, la vegetación xerófila predominante y el poco desarrollo de los suelos, crean condiciones favorables para la existencia de inundaciones, o bien, para que el retroceso de escarpes ocurra de manera más rápida.



Fotografía 2. Núcleo de la Sierra de Guadalupe, donde se encuentra un bosque de encino, vestigio de la vegetación original. También se observa la ladera norte con abundante vegetación.



Fotografía 3. La Sierra de Guadalupe ha sufrido un proceso de deforestación, por lo que se han tomado medidas para reforestar la zona, principalmente con pino, que constituyen sólo pequeños manchones.

CAPÍTULO II

GEOLOGÍA

MARCO REGIONAL

La cuenca de México, una altiplanicie lacustre a 2240 msnm, rodeada de montañas, se localiza en el Cinturón Volcánico Transmexicano, entre los meridianos 98° 15' y 99° 30' y los paralelos 19° 00' y 20° 15', con una superficie de 9600 km² aproximadamente.

Durante el Cretácico la mayor parte del actual territorio del país estuvo cubierta por mar lo que se ha determinado por la presencia de formaciones geológicas marinas de ese periodo en la superficie y el subsuelo, incluso bajo la ciudad de México a aproximadamente 2000 m de profundidad, de acuerdo con Vázquez y Jaimes (1989). A fines del mismo periodo se produjo una emersión general que convirtió los mares en tierra firme. Un buen registro se tiene también del Eoceno tardío, etapa de intensa erosión que se reconoce en los depósitos regionales de conglomerados, conocidos como *Balsas* al sur de la cuenca de México y *El Morro* al norte, también detectados en el subsuelo (Schlaepfer, 1968; Vázquez y Jaimes, 1989).

Mooser (1975) propuso una actividad en siete fases que formaron la cuenca de México. En la primera, de fines del Cretácico al Eoceno, se plegaron los sedimentos que constituyen la base.

En la segunda fase en el Oligoceno Medio, surgen los primeros complejos volcánicos al norte de la cuenca, con lavas de composición intermedia y ácida, con abundantes tobas e ignimbritas.

La tercera fase corresponde al Oligoceno Tardío, cuando surgen las estructuras dacíticas como El Peñón de los Baños, los cerros del Tigre y Zacatenco, este último hace 16 millones de años (Lozano, 1968).

La cuarta fase fue en el Mioceno y se originó el complejo principal de la Sierra de Guadalupe que se caracteriza por lavas de intermedias a ácidas. Se formaron grandes domos dacíticos, como los cerros Tenayo, Chiquihuite y Tepeyac, entre otros. También surgieron las llamadas Sierras Menores.

La quinta fase se inicia a fines del Mioceno y es cuando se forman las Sierras Mayores, las cuales fijan los límites de la cuenca al poniente y al oriente; a éstas pertenecen las sierras de las Cruces, Río Frio y Nevada, constituidas por lavas andesíticas y dacíticas con estructura porfírica. Este vulcanismo domina en el Terciario Tardío y perdura hasta el Cuaternario.

En la sexta fase se produce el vulcanismo plioleistocénico con andesitas basálticas.

La séptima fase es del vulcanismo del Cuaternario Tardío y se forma la Sierra Chichináutzin, que obstruye el antiguo desagüe al sur y da origen a la actual cuenca endorreica.

La cuenca de México, según Schlaepfer (1968), se ha dividido en varias subcuencas: la del Lago de Texcoco donde desaguan los ríos Tlalnepantla y Los Remedios, los cuales escurren hacia la Sierra de Guadalupe, otras subcuencas son las de los lagos de Xochimilco y Tláhuac.

Por otra parte, vemos que la cuenca contiene varios lagos someros como el de Texcoco, el de mayor extensión y con un nivel más bajo que los otros; el lago de Zumpango al noroeste, el lago de Chalco al sureste, en su mayor parte desecado.

La Sierra de Guadalupe se localiza al norte de la ciudad de México. Antiguamente estaba rodeada en su base por el Lago de Texcoco, sepultando el piedemonte, por lo que actualmente sólo pueden observarse las laderas montañosas de la sierra, la planicie lacustre y sólo en algunas zonas, un piedemonte estrecho.

ESTRATIGRAFÍA DE LA CUENCA DE MÉXICO

La estratigrafía de la Cuenca de México ha sido establecida por varios estudiosos, entre los que destacan Arellano (1953), Schlaepfer (1968), Mooser (1975) y Vázquez y Jaimes (1989). Con base en estos autores se presenta un resumen sobre el tema.

Originalmente, los estudios geológicos se hicieron en la superficie, pero el pozo Texcoco-1 de 1967 y otros cuatro pozos profundos de exploración de 1987, permitieron conocer más sobre el subsuelo de la Cuenca de México. En seguida se describe la estratigrafía propuesta, de acuerdo con las publicaciones antes mencionadas.

Empezaremos por hablar de las rocas más antiguas que se encuentran en el subsuelo de la Cuenca de México, a partir de los periodos geológicos correspondientes.

CRETÁCICO

Los pozos profundos de exploración en el sur de la Cuenca de México, terminaron en el sustrato sedimentario marino, a más de 2000 m de profundidad, donde se reconocieron tres formaciones, descritas en publicaciones sobre la geología de los estados de Morelos y Guerrero (Fries, 1956).

En la base del paquete rocoso se encuentra la Formación Morelos, consistente en gruesas capas de calizas y dolomías, cuya edad se considera de finales del Cretácico Temprano y principios del Tardío. Es una de las unidades litológicas características de la geología de México, expuesta en grandes territorios, además del mencionado. Al norte, en el estado de Hidalgo es conocida como El Doctor.

Sobre la anterior descansa la Formación Cuautla, también de calizas del Cretácico Tardío. Por encima se presenta la Formación Mexcala (Méndez, al norte de la Cuenca de México), consistente en capas alternadas de margas, lutitas y areniscas, un típico flysch.

TERCIARIO

El Paleoceno no se identificó en el subsuelo, en cambio, el Eoceno está representado por la Formación Balsas, definida por Fries (1956), en Morelos y Guerrero, con una edad del Eoceno Tardío al Oligoceno Temprano.

Consiste en un conglomerado de clastos de rocas sedimentarias y volcánicas que representan una formación de molassa de extensión regional.

En apariencia, las rocas más antiguas que afloran en la Cuenca de México son del Oligoceno y se reconocen en algunas localidades al sur, en Xochitepec y con mayor distribución en la Sierra de Pachuca.

El Mioceno está representado en varias localidades de la Cuenca de México y se considera que constituye la base de las Sierras de Las Cruces y Guadalupe, entre otras.

Las dataciones que se han hecho de rocas, proporcionan edades del Mioceno Medio al Tardío.

El Plioceno Inferior consiste en rocas extrusivas que forman parte de las sierras de Las Cruces, Zempoala, Río Frio, Guadalupe y Tepozotlán (Vázquez y Jaimes, 1989).

El Plioceno Tardío tiene su mejor expresión en la Sierra de Monte Alto (*op. cit.*), unidad denominada por los mismos autores, como Formación Otomi.

Otro conjunto de la misma edad es el llamado por (Segerstrom 1961, citado en Schlaepfer) Grupo San Juan, de la Sierra de Pachuca.

La Formación Las Cruces, definida por Schlaepfer (1968), sigue en la secuencia estratigráfica hacia arriba. Otras unidades son las formaciones Zempoala (Fries, 1956), Rioluta Navajas (Geyne 1965, citado en Schlaepfer) y los depósitos de piroclastos y clastos del Plioceno.

CUATERNARIO

El Cuaternario ha sido tratado con más precisión en los últimos 20 años (Vázquez y Jaimes, *op. cit.*) reconocen para la Cuenca de México las siguientes formaciones.

La Formación Llano Grande, propuesta para las rocas del volcán del mismo nombre, en la Sierra Nevada-Río Frio, se ha datado en 900 000 años. Se encuentra sobre otras vulcanitas del Oligoceno-Mioceno.

La Formación El Pino está constituida por las rocas volcánicas de los cerros La Estrella, El Pino, Chimalhuacán, Chiconautla, Gordo y otros afloramientos aislados. Es una proposición de los autores mencionados, a la que agregan la Traquita Guajolote, definida por (Geyne *et al.* 1963, citada en Schlaepfer). Le calculan una edad de 700,000 a 900,000 años. Se encuentra sobre rocas del Oligoceno Mioceno y Plioceno, además de la Llano Grande.

La Formación Tlálóc es de diversas rocas provenientes del volcán del mismo nombre. Se encuentra sobre otras del Mioceno Medio Tardío y del Plioceno Temprano, así como sobre las formaciones El Pino y Llano Grande. Proponen Vázquez y Jaimes (1989) una edad de 600,000 a 700,000 años.

La Formación Iztaccihuatl, al igual que la anterior fue propuesta por Schlaepfer (1968) y definida con más precisión por Vázquez y Jaimes (*op. cit.*). Descansa discordantemente sobre las formaciones Llano Grande y Tlálóc. Se le calcula una edad de 600,000 a 800,000 años.

La Formación Popocatepetl fue definida por (Carrasco 1985, citado en Schlaepfer) y corresponde al volcán del mismo nombre. Cubre parcialmente a la Formación Iztaccihuatl y se interdigita con la Chichináutzin. Se le considera del Pleistoceno Tardío- Holoceno.

La Formación Chichináutzin fue definida por Fries (1956) como grupo, pero estudios posteriores permitieron considerarla formación. Cubre una superficie muy amplia en el sur de la Cuenca de México y consiste en lavas y piroclastos. Por paleomagnetismo se tiene la evidencia de que su edad es menor a los 700,000 años, aunque hay numerosos volcanes de menos de 40,000 años, entre ellos el Xitle de 2,500 años aproximadamente.

El resto del Cuaternario es de depósitos aluviales y lacustres.

Cada autor hace el estudio de estos depósitos asignándoles un nombre diferente, como en el caso de la Formación Tarango, la que Arellano (1953) subdividió en tres: Tacubaya, Becerra y Noche Buena. Por su parte, Mooser (1975) la subdividió en dos: Tarango superior e inferior, mientras que Vázquez y Jaimes (1989) omiten el término de Formación Tarango.

En su última publicación (Mooser, 1992) plantea un orden diferente para la estratigrafía de la cuenca de México, esto surge con los estudios hechos a partir del sismo de 1985 cuando se realizó una exploración sísmica y se analizaron 26 sismogramas por parte de la Gerencia de Exploración de Pemex (Flores 1987, citado en Mooser, 1992) y fueron revisados por la Comisión Federal de Electricidad, en donde se reconocieron elementos de la secuencia sismoestratigráfica terciaria de la Ciudad de México.

Por lo anterior, la interpretación de la estratigrafía de la cuenca de México, hecha por Mooser en su último trabajo (1992), cambia con respecto a otras publicaciones. Un ejemplo de esto lo observamos en la nueva cronología para la Sierra de Guadalupe, de Mioceno a Plioceno.

La nueva estratigrafía que propone Mooser es la siguiente:

1. LAS ARCILLAS LACUSTRES SUPERFICIALES se encuentran interestratificadas con lavas basálticas y alcanzan espesores de 200 a 300 m. Edad Pleistoceno.

2. RELLENOS ALUVIALES que se encuentran sepultando una red de valles erosionados, con espesores de 300 a 400m. Edad Pleistoceno.

3. BASALTOS DEL PLEISTOCENO Y RECIENTE interestratificados con los depósitos lacustres (1) y los rellenos aluviales (2). Ejemplo son las Sierras de Santa Catarina y Chichinautzin para la cuenca de México. Edad Pleistoceno.

4. FORMACIÓN TARANGO consistente en tobas, flujos piroclásticos, lahares, depósitos fluviales, capas de pómez y suelos; los anteriores forman abanicos volcánicos que se extienden a los pies de las sierras que delimitan al oriente y poniente de la cuenca de México.

5. CUERPOS VOLCÁNICOS BASÁLTICO-ANDESÍTICO representados en el Cerro de la Estrella, el Peñón de los Baños, el cerro de Chimalhuacan y los cuerpos dómicos basálticos del sureste de la Sierra de Guadalupe.

6. SIERRAS PLIOCENICAS de origen volcánico, de las cuales son ejemplo las de Tepozotlán, Las Pitayas, Guadalupe y Patlachique.

7. SECUENCIA ESTRATIFICADA con grosores en el norte de 100 a 200 m. mismos que aumentan en el sur hasta 600 m. Los depósitos desaparecen debajo de la Sierra Chichinautzin y afloran en la del Tepozteco.

8. DEPÓSITOS LACUSTRES DEL PLIOCENO INFERIOR, consistentes en arcillas lacustres de consolidación avanzada, tienen espesores de 200 a 300 m.

9. VULCANITAS DEL MIOCENO: rocas lávicas, clásticas, y lacustres, generadas por las primeras erupciones volcánicas, en relación con el inicio de la subducción de la placa de Cocos. Se reconocen en las elevaciones de Barrientos, y el Tepeyac.

10. VULCANITAS DEL OLIGOCENO que afloran en pocos puntos de la cuenca, en el poniente, en la Sierra del Tigre en Atizapán de Zaragoza; en la Sierra de Tlaixpan (Texcoco), en el oriente. Ambas representan calderas falladas al NNW.

11. BASAMENTO SEDIMENTARIO MARINO, del Cretácico, sobre el que se apoya todo el paquete clástico y volcánico posterior, del Terciario.

GEOLOGÍA DE LA SIERRA DE GUADALUPE

TIPOS DE ROCAS

La litología de la Sierra de Guadalupe consiste en materiales que se encuentran de manera local, es decir, resulta difícil correlacionar estos con el resto de las formaciones geológicas que constituyen la cuenca de México.

Esto es porque se trata de una unidad volcánica independiente, con sus límites en la superficie, bien definidos. Durante el trabajo de campo se realizaron varias columnas estratigráficas.

Se pudo observar que en la porción meridional de la sierra predominan las lavas andesíticas, brechas volcánicas y depósitos de flujo piroclástico, y en menor grado, capas de materiales volcánicos más finos, como limos, arcillas y arenas, mientras que en el norte de la zona en estudio, predominan pómez, tobas, cenizas, y por supuesto, lavas andesíticas y dacíticas. También se encontró un depósito al parecer turba, la cual quizá corresponda a la antigua ribera lacustre.

La litología de la Sierra de Guadalupe se ilustra en una serie de columnas (ver apéndice) elaboradas en varios sectores de la estructura.

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Es importante ubicar a la Sierra de Guadalupe en un contexto regional, en este caso, la cuenca de México.

Las características estructurales de la misma han sido tratadas por varios autores, entre ellos Mooser (1975), quien considera que la cuenca debe su origen a procesos volcánicos y tectónicos a partir del Eoceno Tardío, mismos que se producen en gran escala, creadores del Cinturón Volcánico Transmexicano.

El vulcanismo está asociado con hundimientos tectónicos detectados en la cuenca de México. Antes de comprender la estructura de la cuenca de México hay que conocer los procesos que afectaron al sur de México en el Cenozoico Tardío: posteriormente, considerar los procesos que originaron al Cinturón Volcánico Transmexicano en donde se encuentra la cuenca de México con sus unidades diversas como la Sierra de Guadalupe.

En el Cuaternario surgieron fracturas relacionadas posiblemente con la subducción de la Placa de Cocos. También hubo movimientos de transcurrancia, los cuales llegan a medir varios kilómetros. La cuenca de México se sitúa en gran parte dentro de la zona de transcurrancias Mooser (1975).

En los años sesenta Mooser formuló un esquema tectónico que explicaba la formación de la cuenca como consecuencia de dos fracturas de gran magnitud, la más antigua en el norte, perteneciente al sistema Chapala-Acambay, y el otro, más reciente, en el sur, el fracturamiento Chichinautzin.

Pero en 1966 se comprobó que estas dos zonas de fracturamiento formaban solo una gran estructura del Cinturón Volcánico Transmexicano y con esto se infirió que los movimientos que rigieron la formación de la cuenca eran comunes a la formación del Cinturón Volcánico Transmexicano.

Tiempo después, mapeos geológicos revelaron la presencia de fallas dirigidas de SW a NE, las cuales afectaron a la cuenca de México, entre éstas se encontraron algunas de transcurrancia. Al parecer, los últimos movimientos horizontales ocurrieron hace 15 o 16 millones de años.

De acuerdo con otros trabajos de geología estructural realizados en la Sierra de Guadalupe se han obtenido los siguientes resultados:

Lozano (1968) considera dos sistemas de fractura. El primero, WNW-ESE, el cual pertenece al Eje Neovolcánico y posiblemente sea el que originó la Sierra de Guadalupe. El segundo, NE-SW es posterior a la formación de la Sierra de Guadalupe y el mejor definido, con una dirección NE30-45°, al que pertenecen las fallas Tenayuca y Chiquihuite.

Otra falla mapeada por Lozano, tiene una orientación casi E-W, la cual divide a la Sierra prácticamente en dos. (Fig. 3).

Para este autor, probablemente las fallas deben su origen a fuerzas verticales. La Sierra de Guadalupe pudo formarse en un foco volcánico, el cual tuvo emisiones de lavas y brechas, asociado a hundimientos, o posiblemente, las fracturas pertenecen al Eje Neovolcánico.

Considera también la probabilidad de que la Sierra fuera afectada al fin del Plioceno por un hundimiento que pudo extenderse al sur de la cuenca, lo cual no se manifiesta claramente debido al vulcanismo y al relleno del Pleistoceno.

De Cserna *et al.* (1988), citando a Mooser, hacen una descripción de la geología estructural de la Sierra de Guadalupe, donde reconocieron siete fallas, mismas que se explican a continuación.



Fig. 3. Principales fallas de la Sierra de Guadalupe según Lozano, 1968. 1. Tenayuca. 2. Chiquihuite. 3. Pico Tres Padres, con orientación casi E-W.

1. FALLA TENAYUCA. Se extiende desde "el Cerro de Tenayuca hasta el Picacho el Fraile. Desde este último punto se infiere su traza por su expresión topográfica. El rumbo de la falla es NE40 y su desarrollo longitudinal, es de unos 8 km. A lo largo de esta falla, el desplazamiento vertical aparente se manifiesta por la presencia de depósitos clásticos parecidos a la Formación Tarango en el bloque hundido suroriental contra rocas volcánicas en el bloque noroccidental, que Mooser y colaboradores (1975) consideraron como "grupo Guadalupe" del Mioceno superior".

2. FALLA CHIQUIHUIE. Se extiende desde "las cercanías de Ticomán hacia el noreste, con una trayectoria ligeramente convexa hacia el noroeste, a través de toda la sierra de Guadalupe hasta Guadalupe Victoria. Su tramo meridional, coextenso en el cerro Chiquihuite, tiene un rumbo NE20 por una distancia de unos 2 km. Desde este punto hacia el nororiente, su rumbo es NE40 con un desarrollo longitudinal de unos 12 km. A la altura de la cabecera de la Cañada de San Andrés, la Falla Chiquihuite tiene un ramal que se dirige hacia Ecatepec" (Fig. 4).

En 1975, Mooser y sus colaboradores consideraron a estas dos fallas, límites de la fosa tectónica de Cuautepec, mientras que las otras cinco fallas las localizaron entre las de Tenayuca y Chiquihuite.

En la última publicación de Mooser (1992), se muestra un mapa geológico con nuevos conceptos estructurales para la Sierra de Guadalupe (Fig. 5), donde resulta una división de la misma en tres porciones:

1. LA CALDERA DE ATIZAPÁN DE ZARAGOZA. Corresponde a un antiguo volcán colapsado, limita con la margen oeste de la fosa Mixuca orientada al SE.

2. LA PEQUEÑA SIERRA DE BARRIENTOS. Situada al oriente, está afectada por la fosa de Barrientos y se considera del Mioceno Tardío, orientada al ENE, corta al poniente a la caldera de Atizapán (al parecer del Oligoceno), mientras que al oriente se extiende debajo de la Sierra de Guadalupe (la cual Mooser (1992), considera del Plioceno Tardío). En la Sierra de Guadalupe afloran rocas del Mioceno, como las que constituyen el Cerro del Tepeyac al sur de la sierra,

3. LA ELEVADA SIERRA DE GUADALUPE. La sierra está afectada por la fosa de Cuautepec, que según Mooser (1992), se formó durante el emplazamiento de los domos Tenayuca y Chiquihuite y cesa su hundimiento antes de la aparición del domo Pico Tres Padres, llamado por Mooser Pico

del Aguila; también menciona la posibilidad de que la fosa se extienda al SSW hasta Contreras, al N y W del Ajusco.

De acuerdo con el mismo autor, la fosa de Barrientos contiene fallas y fracturas oblicuas, dirigidas al ESE, cuya formación fue posiblemente a fines del Mioceno y por otro lado, la Sierra de Guadalupe en su totalidad fue afectada en el Pleistoceno Temprano por fracturas dirigidas al E, y el Pico del Aguila muestra fallas escalonadas al N, las cuales pudimos identificar en campo.

Una vez revisados los trabajos sobre la geología estructural de la Sierra de Guadalupe, se presentan los resultados obtenidos en campo.

Durante el trabajo de campo se observó que la mayoría de las orientaciones, tanto de fallas como de fracturas, eran NE a SW, esto se debe a que este sistema es posterior a la formación de la sierra, como lo menciona Lozano (1968), y por lo tanto, es el mejor definido.

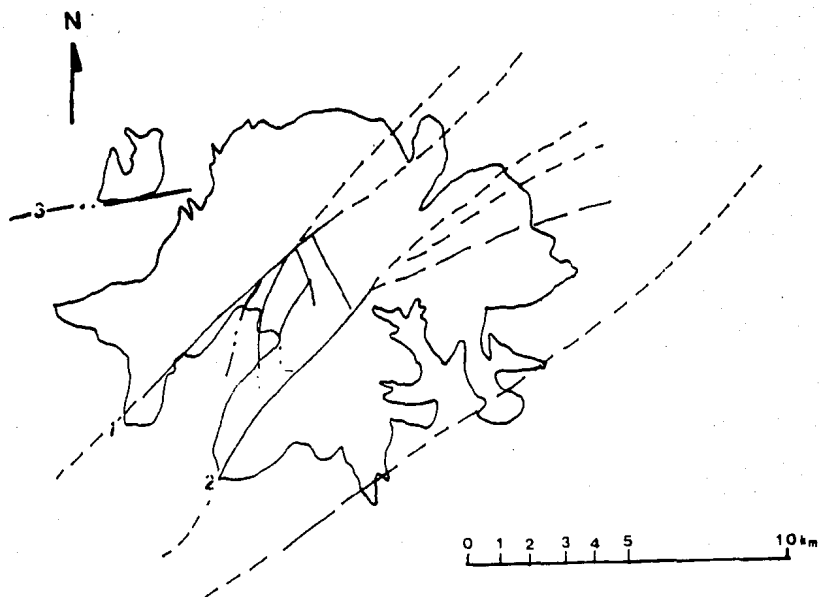


Fig. 4. Fallas encontradas por Mooser hasta 1988. 1. Tenayuca. 2. Chiquihuite. 3. Falla que delimita una parte de la Fosa de Barrientos.

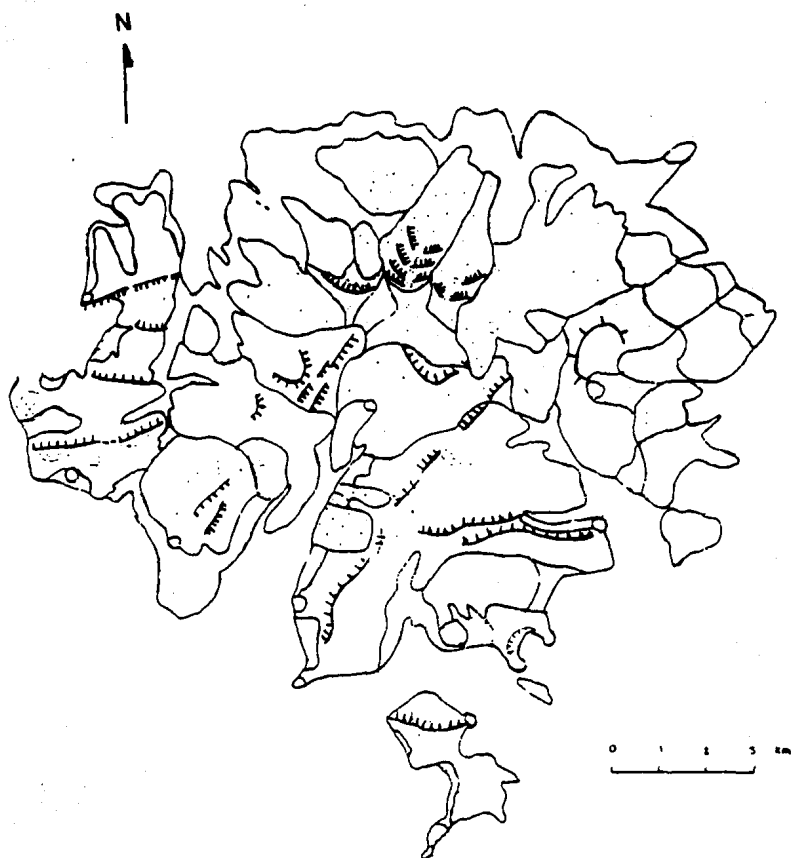


Fig. 5. Nuevas fallas encontradas por Mooser, 1992.



Domos.



Fallas.



Lineamientos geológicos

Fueron reconocidas las siguientes fallas con orientación NE a SW (Fig. 13).

LA FALLA TENAYUCA. Se localiza del lado E del domo Tenayo. Se puede observar en una cantera. Pertenecce a un sistema de fallas NE20 NE80. Se extiende a través de la población de Chalma de Guadalupe y hasta el Picacho El Jaral.

El escarpe de falla está constituido por lavas andesíticas muy duras, pero muy fracturadas, en alguna zona llega a medir aproximadamente 20 m de altura, con grandes abanicos en una pendiente de más de 30°.

En la parte W del domo, con la misma orientación se observó otra falla, la cual no parece ser de gran extensión ya que no hay evidencias en el relieve. Este escarpe es de aproximadamente 15 m de altura, de igual manera formado por lavas andesíticas muy fracturadas.

LA FALLA CHIQUIHUIE. Se expresa en un escarpe de lava en la ladera oriental del domo Chiquihuite. No se reconoce el espejo de falla debido al desgaste que ha tenido por la erosión.

En el lado oeste del mismo domo se localiza una de las fallas más importantes, paralela a la Tenayuca, mismas que constituyen los límites de la fosa de Cuauhtepac. La falla Chiquihuite atraviesa prácticamente toda la Sierra, inclinándose de manera notoria al NE hasta alcanzar el poblado de Ecatepec, donde pudimos observar algunas evidencias de la misma..

LA FALLA (O LINEAMIENTO) DEL PICO TRES PADRES. Es importante ya que divide a la Sierra de Guadalupe en dos partes de E a W. La porción sur es mas antigua, lo que se aprecia en la morfología. Durante los recorridos de campo se pudo observar la falla en algunas zonas, mientras que en otras se infirió en cartas y fotografía aéreas.

Esta falla forma la cabecera de la fosa de Cuauhtepac, atraviesa el Pico Tres Padres en el núcleo de la sierra y se extiende hasta el conjunto de los cuatro domos y Pico los Díaz.

Otra falla, con orientación casi E-W es la que se localiza en el volcán María Auxiliadora, el cual culminó con una actividad dómica. Aquí pudimos observar un plano de falla normal con un rumbo NW70, con estrías que son un indicador de actividad tectónica reciente. Se trata de un posible volcán poligenético, a cuyo desarrollo siguió la formación de una serie de fallas escalonadas con orientación E-W (fotografía 4).

Perteneciente a éste sistema E-W, observamos una serie de fracturas y fallas que muchas veces se encuentran formando pequeñas fosas tectónicas, o bien, dividiendo secciones de la sierra, como la falla que separa a los cerros Zacatenco, Vicente Guerrero, Gachupines y al Tepeyac, del resto de la sierra. Dicha falla pudo detectarse al estudiar los mapas morfométricos ya que en ésta zona los valores cambian notablemente: lo mismo ocurre con la falla que pasa por el derrame de lava donde se encuentra la población de Ciudad Labor, aislada del resto de la sierra, y viene a formar uno de los flancos de la fosa de Barrientos definida por Mooser (1992), a la cual le asigna una edad miocénica. Las fallas antes mencionadas tienen una orientación E-W, misma que también se presenta en los domos de lavas andesíticas, con fallas radiales normales, con planos de fallas verticales E-W. Las E-W son las más jóvenes de la cuenca de México, posteriores a la formación de los domos, como los cerros Gordo, Gachupines, Tenayo, etc. (fig. 13).

Es importante mencionar que la actividad volcánica de la Sierra de Guadalupe es principalmente tipo dómica y por tanto los aparatos volcánicos de composición intermedia a ácida, son en general estructuras dómicas que se dividen en principales (las cuales corresponden a los domos de mayor tamaño) y secundarios, siendo estos últimos de dimensiones más pequeñas, pero mantienen una estrecha relación en cuanto a su formación con los primeros, ya que al parecer se formaron en una misma etapa de actividad, a través de fracturas que originaron las crestas de lava (fotografía 5).

Según Milanovsky, (en Belousov, 1979), la alineación de domos, "intrusiones fisurales, consisten en un grupo de cuerpos intrusivos que coinciden con las grietas de la corteza terrestre".

A lo largo de estas fracturas encontramos estructuras dómicas de diferentes tamaños, lo cual posiblemente esté relacionado con el ensanchamiento de las grietas, con la cantidad de magma existente en la cámara y con la movilidad del magma.

La estructura interna de los domos permite inferir el movimiento que tuvo el magma durante su ascenso (Fig. 6). Como por ejemplo, en la grietas que "surgen durante el proceso de solidificación y reducción del volumen de la intrusión" (*ibid*).

"Las grietas de enfriamiento separan la roca intrusiva en disyunciones" (*ibid*).

Lo anterior pudo observarse en la zona en estudio, ya que los domos presentan una serie de fallas normales distribuidas en forma radial.



Fotografía 4. Una de las fallas observadas en el María Auxiliadora, pertenecientes a la orientación E-W.



Fotografía 5. Domo secundario, en el que se pueden observar las lavas que indican la dirección y enfriamiento de la lava. Corresponde al domo de la figura 6.

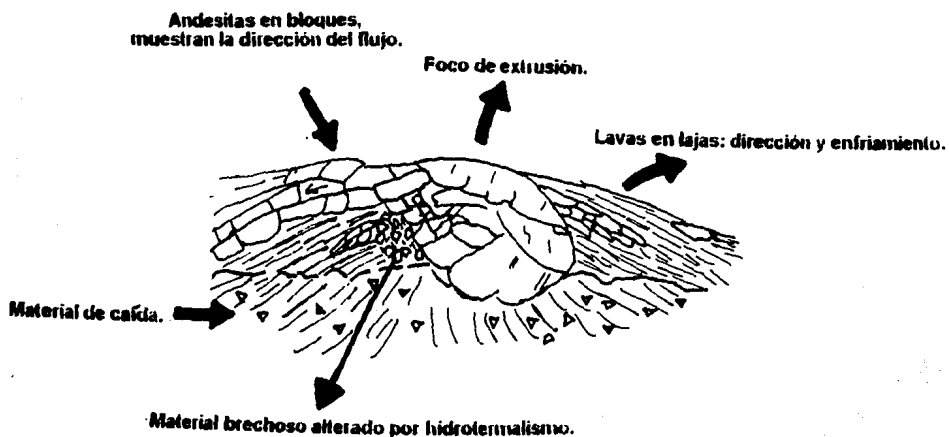


Fig. 6. Esquema de un domo que forma parte de una cresta de lava.

CAPÍTULO III

GEOMORFOLOGÍA

MORFOMETRÍA

Los estudios del relieve terrestre pueden realizarse con diversos métodos, entre los cuales están los morfométricos, morfogenéticos, morfoestructurales y varios más, mismos que se resumen en mapas temáticos.

La morfometría estudia mediante un análisis cuantitativo el relieve terrestre. La realización de mapas morfométricos es importante porque son un medio para un mejor conocimiento del mismo.

Por otra parte, hay que seleccionar el tipo de mapas morfométricos a realizar, de acuerdo con los objetivos del trabajo.

En el caso de la zona estudiada, lo importante fue analizar la influencia de los procesos endógenos y exógenos (sobre todo la dinámica de éstos últimos) y su relación con la geología de la zona, así como para un análisis de los riesgos naturales. Se elaboraron los siguientes mapas morfométricos:

- Altimétrico
- Densidad de disección
- Profundidad de disección
- Energía del relieve
- Ordenes de corrientes
- Pendientes

MAPA ALTIMÉTRICO

Expresa de manera clara e inmediata, el relieve de una zona determinada.

La metodología que se utilizó en la elaboración de éste mapa, fue primero, definir las alturas máximas y mínimas de la carta topográfica; luego se establecieron intervalos de 10 m para la zona de la planicie lacustre. El siguiente intervalo fue de 50 m para la parte baja de las laderas montañosas. En adelante, se utilizaron intervalos de 100 m (de 2300 a 2600 msnm) para las partes medias de las laderas montañosas, y de los 2600 a los 3000 msnm, cada 200 m correspondientes a las laderas y cimas altas.

Utilizando los intervalos antes mencionados, se hace resaltar el relieve y se aprecia con apariencia tridimensional.

El mapa altimétrico permite reconocer las siguientes unidades del relieve (Fig. 7):

1. La planicie lacustre, de los 2240 a los 2250 msnm. Esta zona rodea la Sierra de Guadalupe excepto por el occidente, donde encontramos pequeños lomeríos aislados que forman parte de la Sierra de Monte Alto. De los 2250 a los 2300 msnm se extiende la planicie inclinada de piedemonte, la que de igual forma, rodea a toda la sierra, excepto en el NW, donde se encuentra la población de Ciudad Labor, asentada en la planicie lacustre. Entre las poblaciones más importantes (fig. 9), ubicadas en ésta zona, encontramos a Residencial Zacatenco, al sur de la sierra, al costado oeste del volcán Zacatenco; a San Juan Ixhuatepec, San Pedro Xalostoc, en la fosa de Cuauhtepéc se encuentra el poblado de Chalma de Guadalupe; en el norte, las poblaciones de Ciudad Labor, Coacalco de Berriozábal, Lomas de San Cristóbal y Ecatepec de Morelos.

2. Las laderas de poca altitud, montañosas y de piedemonte se reconocen de los 2300 a los 2400 msnm. Entre la primeras están las de los cerros: Gordo, Zacatenco y Vicente Guerrero, así como todo el derrame de lava en el que se ubican las poblaciones de Ciudad Labor y Buenavista.

3. Laderas montañosas. Abarcan de los 2400 hasta más de los 3000 msnm. Esta es una de las unidades más extensas, donde se ubican todos los aparatos volcánicos, así como las coladas y crestas de lava. Los principales cerros localizados en ésta zona son: Tenayo, Chiquihuite, Gordo y el Pico Tres Padres, los cuales se clasificaron como estructuras dómicas. Esta última

elevación, constituida por dos domos, forma el núcleo de la Sierra de Guadalupe y alcanza una altura de más de 3000 msnm. Entre los volcanes más importantes se encuentran: Maria Auxiliadora, Zacatenco y Vicente Guerrero, también encontramos alineaciones de domos, formando crestas de lava, como la que se observa en el lado occidental del volcán Picacho, a una altitud de más de 2700 msnm, con cuatro domos.

Parte de éstas laderas montañosas se encuentran aisladas del resto de la sierra, como es el caso del volcán Picacho La Cruz.

DENSIDAD DE DISECCIÓN

En el mapa de densidad de disección se pueden observar las distintas concentraciones de corrientes fluviales que existen en una determinada superficie. En este caso se utilizó para su elaboración una red de cuadros, cada uno de los cuales corresponde a de 1 km^2 de terreno..

La importancia del mapa de densidad de disección radica en que permite reconocer las zonas con mayor o menor grado de erosión fluvial y a la primera corresponden los valores altos, mientras que los bajos a la segunda.

La densidad de la red fluvial está intimamente ligada a varios factores: la litología, pendiente, clima, suelo, cubierta vegetal, densidad de fractura en el sustrato rocoso y la permeabilidad.

Para la elaboración de éste mapa se aplicó el método recomendado por Lugo Hupb (1988), de la manera siguiente:

-Sobre un mapa topográfico escala 1:20 000 se marcó de forma detallada toda la red fluvial.

-Posteriormente se reticuló toda el área en estudio, en cuadros de 1 km^2 .

-Se midió la longitud total de los cauces en cada cuadro con un curvimetro. El valor obtenido se anotó en el centro del cuadro.

-Se hizo una interpolación para obtener valores complementarios y se unieron después con isolíneas (Fig. 8).

Los valores más altos, de más de 7.0 km/km^2 abarcan una zona muy pequeña, la parte alta de la fosa de Cuauhtepac, y se deben a que se encuentran en la cabecera de la cuenca de captación más grande que hay en la Sierra de Guadalupe, muy fracturada, con abundantes corrientes fluviales de corta longitud.

En seguida, rodeando al valor más alto antes mencionado, se encuentran con isolíneas paralelas, el resto de los valores. Los más altos pertenecen a la zona de los domos que forman el Pico Tres Padres y el volcán El Picacho, y la cabecera de la cañada de San Andrés.

Entre los factores que condicionan la densidad de disección, esta el alto grado de fracturamiento.

Los valores de 5.0 a 6.0 km/km², ocupan una zona mucho más extensa que la anterior y corresponden a las elevaciones del Picacho el Jaral, y el Moctezuma.

De igual manera que el caso anterior, se presenta el control litológico y estructural, que junto con las pendientes, condiciona los valores de densidad de disección.

Los valores de 4.0 a 5.0 km/km² abarcan una zona mucho más extensa que las antes mencionadas.

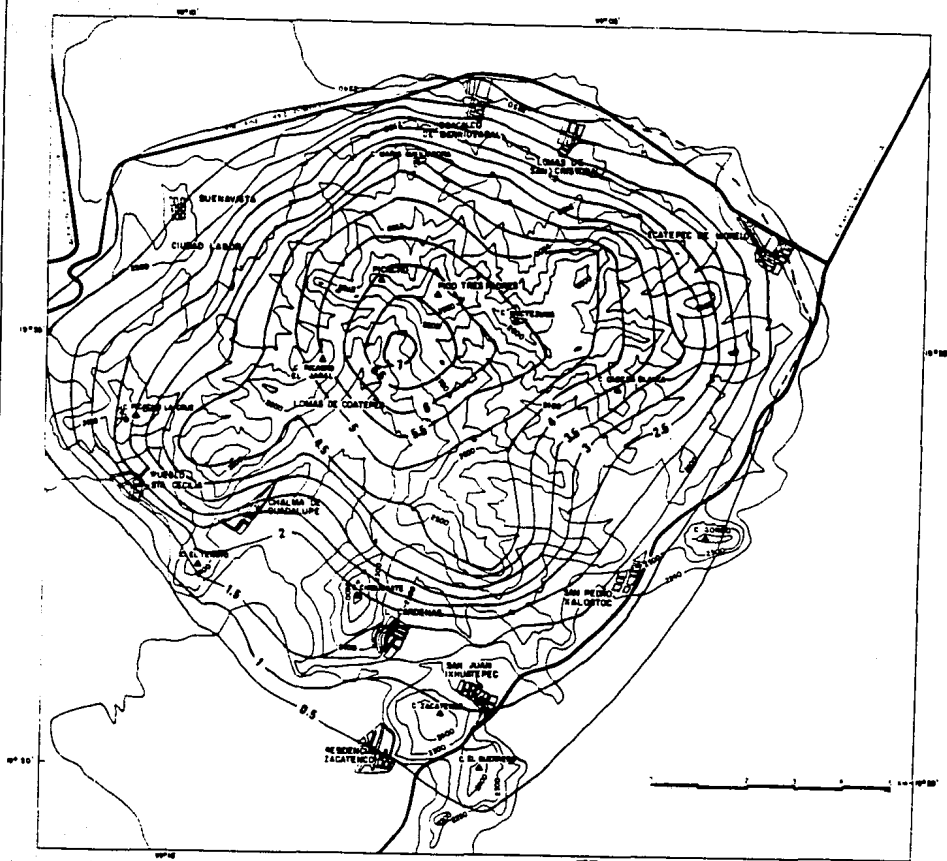
Los valores de 3.0 a 4.0 km/km² abarcan las laderas montañosas, el Picacho La Cruz, la parte media y baja de la fosa de Cuauhtepac, el puerto que se forma entre el cerro El Chiquihuite y el resto de la sierra, la parte baja de la cañada de San Andrés, así como las laderas de algunos domos.

Los valores de 2.0 a 3.0 km/km² corresponden a las laderas montañosas, así como al escaso piedemonte: al sur abarcan las laderas del Tenayo y la parte baja del domo del Chiquihuite.

Los valores de 1.0 a 2.0 km/km² abarcan un área considerable y se reconocen en la desembocadura de la mayoría de las cuencas fluviales, y en la parte alta de la planicie lacustre.

Por último, los valores más bajos, de 0 a 1.0 km/km², se ubican la parte baja de la planicie lacustre.

Una vez analizados los intervalos anteriores nos percatamos que el grado de fracturamiento, la pendiente y la litología condicionaron la distribución de los datos anteriores.



SIERRA DE GUADALUPE MAPA DE DENSIDAD DE DISECCION

—|— Valores de longitud de cauces en Km/Km²

—2300— Curvas de nivel

COLEGIO DE GEOGRAFIA
TESIS PROFESIONAL
ARACELI SALINAS MONTES

Fig. 8.

PROFUNDIDAD DE DISECCIÓN

Este mapa muestra el efecto de la erosión vertical realizado por las corrientes fluviales. Proceso que depende de la litología, la presencia de fallas y fracturas, las pendientes del terreno, las diferencias altitudinales y el caudal.

Para su elaboración se siguieron los siguientes pasos:

- En el mapa topográfico se marcaron detalladamente las corrientes fluviales.

- Se trazó una cuadrícula de superficies equivalentes a 1 km/km^2 .

- Se obtuvo el valor máximo de profundidad de disección en cada cuadrante (Fig. 9).

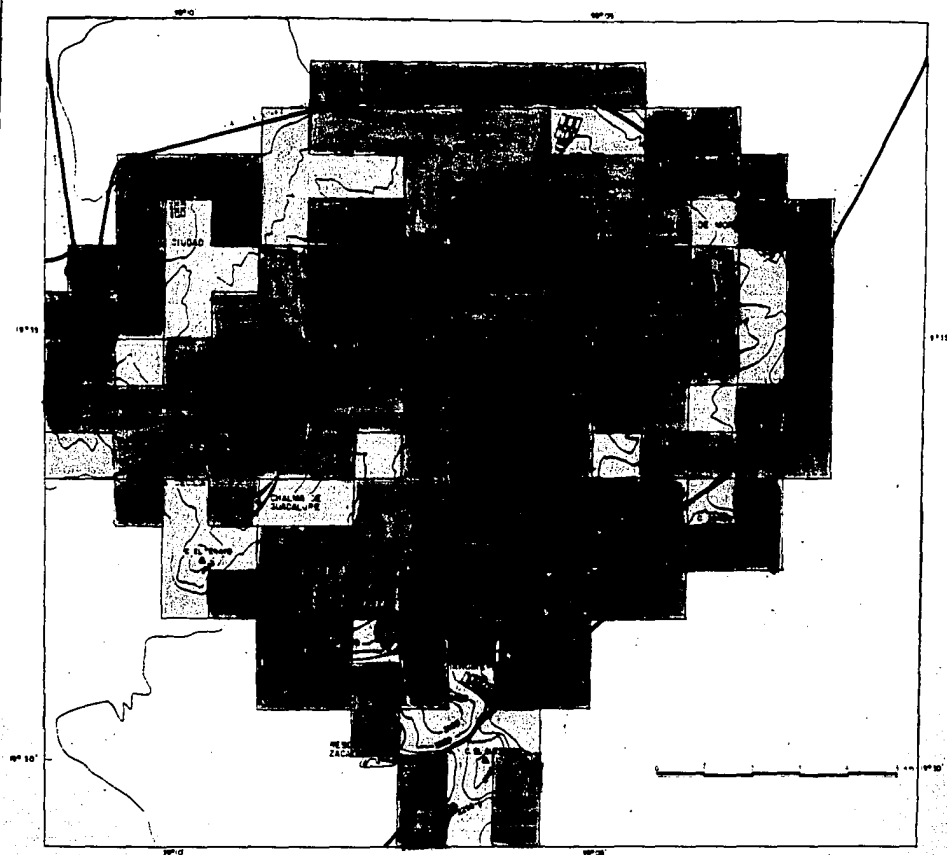
De acuerdo con los resultados obtenidos, se definieron seis rangos, de cero el mínimo y hasta de más de 200m

Los valores más altos ($>200 \text{ m}$) se localizan en la parte media de la cañada de San Andrés y en la de Boca Barranca donde encontramos la presencia de una falla. Estas zonas corresponden a litologías que presentan menos resistencia a la erosión, lo que se complementa con la pendiente de 15 a 30° ; el caudal de las corrientes fluviales y la escasa vegetación.

Los valores de $100\text{-}200 \text{ m}$ y $40\text{-}100 \text{ m}$ se localizan en volcanes y domos del cuerpo principal de la Sierra de Guadalupe, así como en las laderas montañosas.

La concentración de valores altos en esta zona se debe muy probablemente, al grado de fractura, más que a la composición litológica.

Las zonas con valores bajos (menos de 40 m) se encuentran generalmente, rodeando a la Sierra de Guadalupe. Algunos rangos de valores como el de $20\text{-}40 \text{ m}$ y $<20 \text{ m}$ se reconocen en cerros como el Tenayo, parte del Chiquihuite, Zacatenco, Vicente Guerrero, Gachupines, Gordo y en el derrame de lava del noroeste de la sierra. Los valores corresponden a una zona más antigua y a una altitud mucho menor, posible explicación de la concentración de valores bajos.



SIERRA DE GUADALUPE MAPA DE PROFUNDIDAD DE DISECCION

Valores (m) máximos de profundidad vertical por erosión en superficies de 1 Km²



COLEGIO DE GEOGRAFIA
 TESIS PROFESIONAL
 ARACELI SALINAS MONTES

Fig. 9.

MAPA DE PENDIENTES

Este mapa permite a simple vista reconocer las diferentes inclinaciones del terreno y la relación de las mismas con el desarrollo de procesos erosivos.

La elaboración "consiste en transformar las distancias entre curvas de nivel en valores de pendiente" Lugo (1988). Para lograr esto se lleva a cabo el siguiente método: La pendiente resulta de la división de una distancia vertical, entre otra horizontal. Así, se pueden establecer los valores en mm de distancia entre dos curvas de nivel para una inclinación en grados, con un valor constante de distancia vertical.

Los rangos de pendiente representados en el mapa se definen de acuerdo con el objetivo del trabajo, con las características del relieve, la escala y con la equidistancia de las curvas de nivel (Fig. 10).

El mapa se elaboró con rangos correspondientes a formas del relieve:

1. 0° - 0.5° Planicie lacustre y planicie inclinada de piedemonte, hasta los 2260 msnm
2. 0.5° - 1.5° Planicie inclinada de piedemonte de 2260 a 2280 msnm
3. 1.5° - 3.0° Planicie inclinada de piedemonte de 2260 a 2280 msnm
4. 3.0° - 6.0° Planicie de piedemonte entre los 2280 y 2300 msnm
5. 6.0° - 15° Laderas montañosas.
6. 15° - 30° Laderas montañosas.
7. $>30^{\circ}$ Laderas montañosas.

En la parte central de la sierra se presentan los valores más altos, de 15 a 30° , al igual que en las laderas montañosas y en general en todas las elevaciones. Esto es importante, ya que son las zonas propensas a procesos como derrumbes y desprendimiento de rocas (caída libre) e inundaciones.

Conforme los valores descienden, se presentan otros procesos, como inundaciones por crecidas del caudal o por desembocadura de corrientes.



SIERRA DE GUADALUPE MAPA DE PENDIENTES

VALORES EN GRADOS

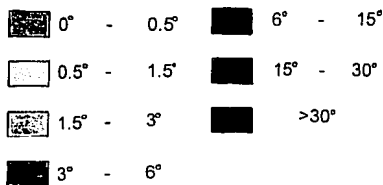


Fig. 10.

COLEGIO DE GEOGRAFIA
TESIS PROFESIONAL
ARACELI SALINAS MONTES

ÓRDENES DE CORRIENTES

La importancia de este mapa radica en que "Los órdenes de corrientes son reflejo de un proceso evolutivo" Lugo (1988). Es decir, las corrientes de primero y segundo orden son las más jóvenes, mientras las corrientes con un orden más alto son mucho más antiguas y generalmente están relacionadas con la existencia de fallas y fracturas.

Para la elaboración de este mapa se tomó como base la carta topográfica de la zona, sobre la cual se marcaron los diferentes órdenes (que en este caso fueron cinco), de acuerdo con el método de Strahler asignando un símbolo distinto a cada uno.

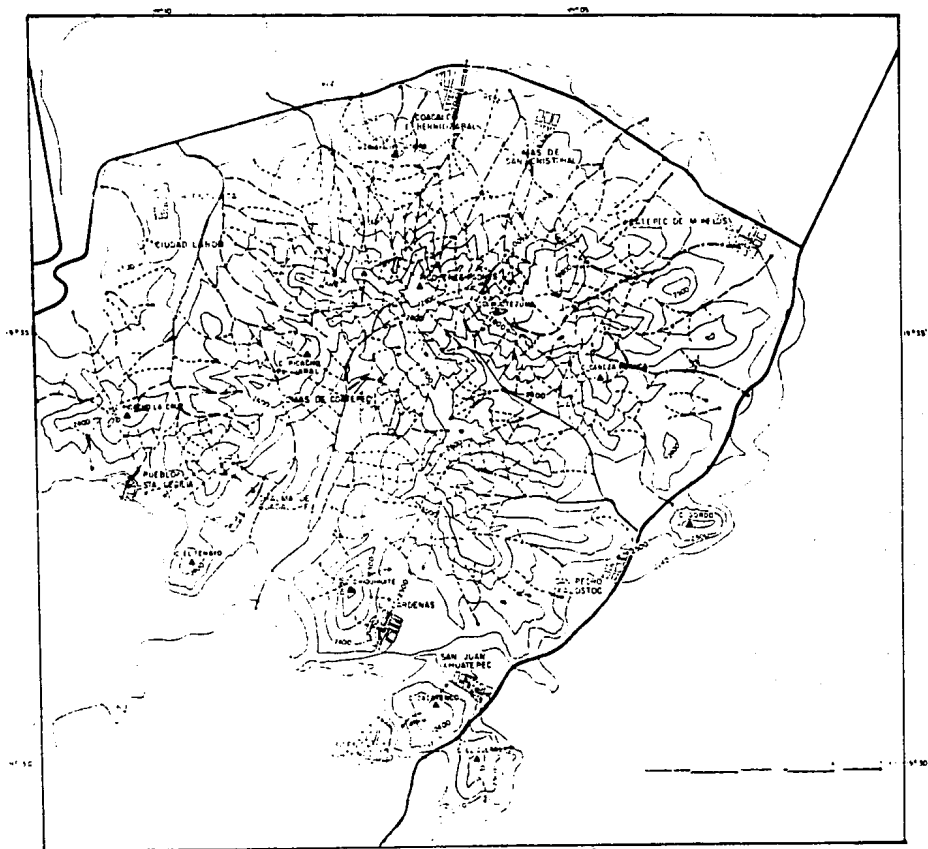
El método consiste en "clasificar como corrientes de primer orden (el más bajo) a aquellas que no reciben afluentes: la unión de dos corrientes de primer orden origina una de segundo orden: dos de segundo forman una de tercero" Lugo (1989) (Fig. 11).

En la zona en estudio resultó una corriente del quinto orden, la cual se localiza en la desembocadura de la cañada de San Andrés y causa serias inundaciones en la carretera México-Pachuca y en la vía Morelos.

Las corrientes de cuarto orden se ubican alrededor de la Sierra de Guadalupe, las cuales coinciden con fallas y fracturas. Son de importancia porque causan inundaciones.

Las corrientes de primero y segundo orden se encuentran principalmente en las laderas montañosas y sobre todo, las de primer orden son numerosas y de corta longitud.

Las corrientes fluviales presentan un control estructural (fotografía 6). La orientación N-S la podemos observar de manera muy clara al norte de la sierra, por medio de la red fluvial. En la parte oeste del Pico Tres Padres hay una alineación de cuatro domos. Al norte de éstos se observó como el cauce de los ríos formaban una línea recta casi perfecta, lo mismo ocurría al norte del Picacho, el Pico Tres Padres, el Moctezuma y el Pico Los Díaz cuyos cauces son indicadores de fallas en esta dirección.



SIERRA DE GUADALUPE MAPA DE ORDENES DE CORRIENTES

Elaborado con el metodo de Strahler

Orden

- 1 (dotted line)
- 2 - - - - (dashed line)
- 3 — — — (long dashed line)
- 4 — — — (solid line)
- 5 ——— (thick solid line)

COLEGIO DE GEOGRAFIA
 TESIS PROFESIONAL
 ARACELI SALINAS MONTES

Fig. 11



Fotografía 6. Se puede observar de manera clara el control estructural que presenta la red fluvial.

ENERGÍA DEL RELIEVE

El mapa de energía del relieve expresa la intensidad relativa de la actividad endógena en relación con la exógena (Lugo, 1988).

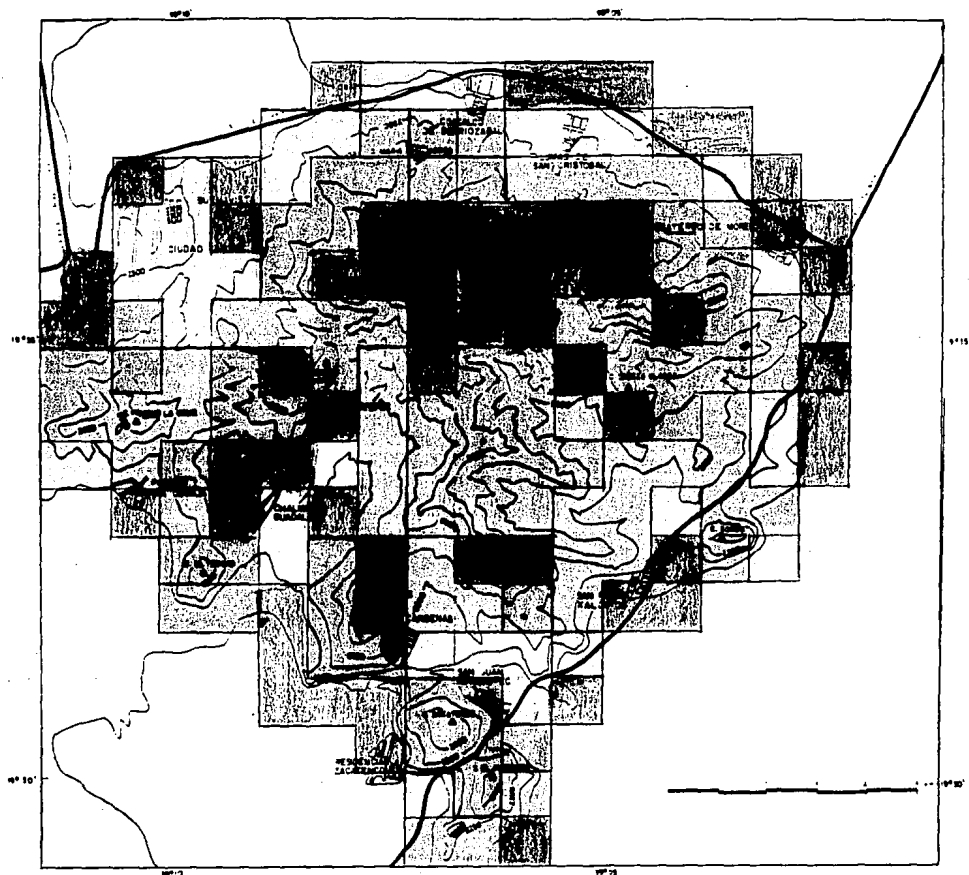
Para la elaboración de este mapa se construyó una malla, igual que para los mapas de densidad y profundidad de disección.

En cada cuadro se obtuvo la diferencia entre valor máximo y mínimo de altitud. Posteriormente se definieron siete rangos de valores, el menor, de menos de 20 m y el mayor, superior a 400 m.

Cada uno de los rangos se diferenció con un color determinado (Fig. 12).

Los valores más altos, mayores de 400 m, se localizaron en el núcleo de la sierra en el Pico Tres Padres, en el Moctezuma y en el costado oriental del domo Chiquihuite.

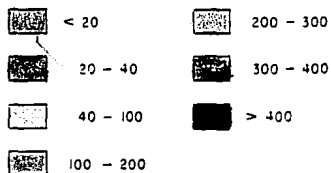
En general, podemos decir que predominan los valores altos, lo cual posiblemente tenga su origen en la gran actividad tectónica que hubo en la sierra, mientras que los valores bajos, de menos de 20 m a 100 m, se localizan rodeándola y muchas veces lo vemos en la desembocadura de algunas cuencas, lo cual se debe a que en éstas zonas la diferencia de altura es mínima.



SIERRA DE GUADALUPE

Fig. 12. MAPA DE ENERGIA DEL RELIEVE

Valores (m) maximos de diferencia altitudinal en superficies de 1 Km²



COLEGIO DE GEOGRAFIA
TESIS PROFESIONAL
ARACELI SALINAS MONTES

MORFOTECTÓNICO

En el mapa morfotectónico quedaron representadas estructuras originadas por la actividad endógena que formó a la Sierra de Guadalupe.

La información contenida en el mapa es resultado del análisis geomorfológico general hecho en gabinete y campo, así como de consulta bibliográfica. Esta se sintetiza a continuación (Fig. 13).

1. Domos principales, los cuales representan una actividad volcánica de tipo central, en el interior y periferia de la Sierra.
2. Domos secundarios que se originaron subordinados a los principales.
3. Volcanes. Consisten en edificios erosionados de antiguos estratovolcanes.
4. Las crestas de lava formadas por el ascenso de magma a lo largo de una fractura.
5. Las depresiones controladas por fracturas son originadas por procesos volcánicos y tectónicos, posteriormente modeladas por la erosión.
6. Las fallas determinadas por otros autores se representaron por una línea continua. También fueron reconocidas en campo.
7. Las fallas inferidas por rasgos geomorfológicos son las que se infieren por su expresión en el relieve.
8. Fallas reconocidas en campo, no establecidas en otras publicaciones.
9. Divisoria de cresta.

Tanto los domos principales, como los secundarios, se encuentran constituidos por lavas andesíticas y afallados en forma radial. Los principales se encuentran en general, alrededor de la sierra y se les subordinan los secundarios, los cuales se encuentran en mayor cantidad y son de una magnitud más pequeña. Entre los domos principales se encuentran: Pico Tres Padres, Chiquihuite, Tenayo, Gachupines, etc. Los domos secundarios se reconocieron alineados, formando crestas de lava, por ejemplo, la alineación de los cuatro domos del lado occidental del Picacho.

Los volcanes se presentan en menor número que los domos y son de diferentes tamaños.

La composición de éstos es en general, de lavas andesíticas y brechas volcánicas, así como de materiales piroclásticos: pómez, cenizas, tobas, etc. Los conos volcánicos tuvieron una actividad explosiva y muchos culminaron con una actividad efusiva y extrusiva, es decir, con la formación de un domo. Entre los volcanes principales encontramos: Picacho, Moctezuma, Pico los Díaz, Jaral, Zacatenco y Vicente Guerrero.

En cuanto a las crestas de lava, están controladas por fallas por las cuales se produce el ascenso del magma. Es importante ubicarlas ya que nos dan idea del relieve original de la sierra y de cómo han actuado los agentes erosivos. Lo mismo ocurriría con la divisoria de cretas, en estrecha relación con las primeras.

Las depresiones tectónicas se encuentran controladas por fallas y fracturas, pero también se originan por procesos volcánicos, al ocurrir el ascenso del magma. Se piensa que las depresiones tectónicas se originaron posteriormente al núcleo de la sierra. Las de mayor magnitud se localizan al sur, entre las que destacan la fosa de Cuauhtepac, controlada por las fallas más importantes, antes mencionadas.

La fosa tectónica donde se localiza la población de Lázaro Cárdenas en su porción occidental y oriental, se delimita por fallas que fueron reconocidas en campo.

La fosa que se localiza en la cañada de San Andrés, está delimitada por dos crestas de lava, una donde se encuentra el domo Cabeza Blanca y otra en el Cuauhtepac.

Al norte, en la fosa más grande se localizan las poblaciones de Buenavista y Ciudad Labor, de origen probablemente tectónico.

En el mapa morfotectónico se clasificaron las fallas en tres tipos:

1. Las fallas reconocidas por otros autores, como Lozano (1968), Mooser (1975), De Cserna (1988) Mooser (1992), y la carta geológica de Cetenal.
2. Las fallas inferidas por rasgos geomorfológicos: valles fluviales casi rectos, cambio brusco de la dirección de las corrientes fluviales en ángulo recto y diferencia brusca de altitudes, para lo cual fue de gran importancia la carta topográfica.
3. Las fallas reconocidas en campo, no registradas por otros autores.

Se puede apreciar que este mapa muestra cuál fue la actividad tectónica en la zona objeto de estudio, la cual tiene una relación muy estrecha con los procesos exógenos, los que se encargan de nivelar la superficie terrestre por medio de la erosión y la acumulación.

MORFOGÉNESIS

La morfogénesis se refiere al estudio del relieve terrestre en cualquier escala diferenciando las formas del mismo en función de su origen (Lugo, 1988).

Para poder realizar una clasificación de las formas del relieve de la sierra se utilizó el siguiente método:

- Fotointerpretación de la zona de estudio con líneas de vuelo escala 1:15 000 de 1991.
- Realización y análisis en conjunto de los mapas morfométricos.
- Salidas de campo para el reconocimiento directo de las formas y así poder verificar la información obtenida en gabinete y detectar los procesos a detalle, no observados en gabinete.
- La información antes descrita se cartografió, con base en una clasificación de las formas de acuerdo con su origen y geometría, de lo cual resultó el mapa geomorfológico.

De acuerdo con lo anterior, se estableció la siguiente clasificación del relieve (Fig. 14).

RELIEVE ENDÓGENO (VOLCÁNICO)

Este tipo de relieve ha sido originado por erupciones de tipo central o lineal, en esta última el magma asciende a través de una falla o fractura, formando así las crestas de lava, constituidas por una serie de pequeños domos.

1. Domos volcánicos principales. Están constituidos por lavas andesíticas y dacíticas y en menor proporción por material piroclástico: cenizas, pómez y depósitos de flujo. Son de edad Mioceno a Cuaternario (Plioceno temprano, de acuerdo con Mooser 1992).

Es importante mencionar que la formación de los domos se produjo por una actividad volcánica explosiva a la que siguió una extrusiva, culminación del proceso.

Entre los domos principales se encuentra el Pico Tres Padres, que constituye en el núcleo de la sierra, con más de 3000 msnm, con dos

elevaciones principales, las cuales se encuentran separadas por una posible falla.

Otros son: Tenayo, Chiquihuite, Gachupines, Tepeyac, Gordo, ubicados el noreste de la sierra.

2. Los domos volcánicos secundarios se relacionan genéticamente con los anteriores. Están constituidos de lavas andesíticas y dacíticas y su edad es Mioceno-Cuaternario.

3. Los volcanes compuestos se encuentran constituidos por lavas andesíticas y dacíticas, y material piroclástico: cenizas, pómez y depósitos de flujo. Estos volcanes son producto de una actividad explosiva de tipo central. Su edad es de Mioceno a Cuaternario.

En la sierra se encuentran los siguientes volcanes de este tipo: Maria Auxiliadora, Picacho, Moctezuma, Los Díaz, Jaral, La Cruz, Tlayacampa, el situado en las cercanías de Chalma de Guadalupe, Zacatenco y Vicente Guerrero.

4. Divisoria de aguas principal, es la línea que une los puntos más altos de la zona, y por lo tanto, la menos erosionada. En su mayor parte en una superficie nivelada, con anchura de 20-100 m.

5. Laderas de lava de forma convexa. Son aquellas que se encuentran sin disección sustancial, originadas por extrusiones magmáticas y por derrames que alcanzan muy poca extensión, algunos cientos de metros; su composición es andesítica y dacítica y su edad, Mioceno a Cuaternario.

6. Las mesas de lava se originan por extrusiones magmáticas a través de fallas o fracturas, como es el caso de la mesa de lava andesítica donde se encuentra Ciudad Labor. Puede originarse por la acumulación de lava rellenando una depresión. Su edad es Mioceno a Plioceno.

RELIEVE ENDÓGENO-EXÓGENO (ENDÓGENO MODELADO).

Se refiere a las formas del relieve debidas al volcanismo, modificada posteriormente por erosión o acumulación.

1. La planicie de piedemonte, entre los 2280 y 2300 msnm, está constituida principalmente por material volcánico (lavas y tefra), la edad es Plioceno a Cuaternario.

2. Planicie inclinada de piedemonte, entre 2260 y 2280 msnm, constituida principalmente por lavas, localmente por depósitos de cenizas y arroyos (proluviación). Edad, Plioceno a Cuaternario.

3. Laderas de forma cóncava y rectilíneas, son debidas al modelado de las laderas convexas originales. Edad Cuaternario.

4. La planicie inclinada de piedemonte, entre los 2250 y 2260 msnm, se formó por acumulación volcánica de proclastos, sedimentos fluviales y lacustres. Su edad es del Cuaternario.

5. Las laderas superiores de piedemonte, con modelado sustancial por la erosión y la acumulación. Edad Cuaternario.

Retomando lo anterior, podemos concluir que la Sierra de Guadalupe está constituida en su mayor parte por rocas intermedias (andesíticas y dacíticas) y que constituyen una de las formaciones más antiguas de la cuenca de México ya que directamente descansan sobre las rocas sedimentarias, del Cretácico en su mayor parte.

La actividad volcánica se inició en el Mioceno, etapa en la que se formó una parte del complejo volcánico y terminó su actividad en el Pleistoceno (Mooser, 1992).

Dicho complejo volcánico contiene un núcleo, formado por el Pico Tres Padres, del cual se desprenden una serie de coladas y crestas de lava, éstas últimas constituidas por un conjunto de domos secundarios.

Los conos volcánicos, así como los domos, principales y secundarios, han sido atacados de manera considerable por la erosión, pero dada las características litológicas de la sierra, no se han desarrollado barrancos de una profundidad considerable, por lo que los aparatos volcánicos dan una idea del relieve original de la zona en estudio.

MORFODINÁMICA

La morfodinámica se refiere al estudio de los procesos que actúan hoy en día en el relieve terrestre y para la zona en estudio son esencialmente aquellos que se deben a diversos agentes: corrientes fluviales, viento, caída de material por gravedad, cambios de temperatura, etc.

En el mapa geomorfológico se permite apreciar los cambios que se están produciendo en el relieve (Fig. 14).

Este tipo de estudio tiene aplicaciones diversas y para la zona correspondiente, es en relación de los procesos con los asentamientos humanos.

El estudio morfodinámico abarca la erosión y la acumulación.

El método utilizado para la elaboración del mapa fue el siguiente:

1. Fotointerpretación del área en estudio, con líneas de vuelo escala 1:15 000, de 1991.
2. Análisis de cartas topográficas.
3. Recorridos de campo.

Este estudio se resume en lo siguiente:

RELIEVE EXÓGENO

Este tipo de relieve se debe a la erosión fluvial que da origen a las siguientes formas:

1. Valles erosivos de fondo estrecho y laderas empinadas, con acumulación escasa y temporal en el cauce, y erosión vertical y lateral.

Algunos valles presentan intensa actividad erosiva debido a la pendiente de las laderas de 15 a más de 30°. En los valles más profundos se produce caída de rocas por gravedad.

2. Los circos de erosión en su mayoría están formados en laderas de lava, presentan un crecimiento actual muy lento hacia las divisorias. Se originan principalmente por erosión remontante y por corrientes pequeñas

Los circos que se presentan en la zona objeto de estudio muestran una actividad erosiva escasa y en muchos casos, mínima.

3. Planicie lacustre de la cuenca de México, situada entre los 2240-2250 msnm, de edad holocénica en la porción superior, se debe a

acumulaciones lacustres. Sobre ésta se asienta el conjunto volcánico estudiado.

4. Formas antrópicas son las grandes excavaciones a cielo abierto y terrazas (fotografía 7).

Ademas de las formas indicadas anteriormente, existen elementos del relieve activos que en este trabajo se representan de manera puntual:

1. Escarpes debidos a procesos gravitacionales mismos que se producen en la zona de estudio debido a las pendientes mayores a los 30°.

La litología de los escarpes es de rocas volcánicas de composición intermedia a ácida, muy fracturadas, lo que también contribuye al retroceso de los mismos.

2. Terrazas fluviales las cuales se originan por procesos de erosión y acumulación de los rios.

Las dos terrazas fluviales encontradas en la Sierra de Guadalupe se localizan poco más arriba de la desembocadura de la cañada de San Andrés. La primera de éstas tiene una altura observable de 6 m; el material es grueso, característico de desembocadura: hay cantos hasta de 60 cm envueltos en una matriz arcillosa. La segunda terraza es muy similar, pero con 3 m de grosor observable y una intercalación entre dos depósitos de lavas, con un plano de fractura horizontal de 90°.

A lo largo de la misma cañada, se encuentra del lado izquierdo, el arroyo El Aguila, en el cual se observa un gabión construido por la Secretaria de Recursos Hidráulicos en 1976; juega un papel muy importante en la disminución del riesgo por inundación (fotografía 8).

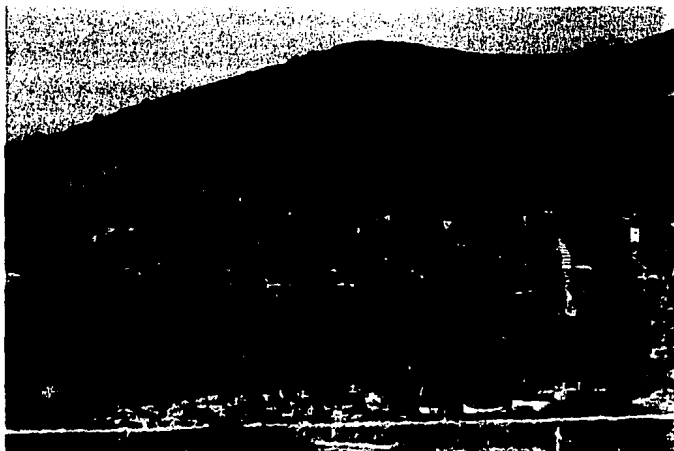
Se tomaron algunas medidas: la altura del dique, hacia la cuenca de captación, 3.31 m; la altura del dique del extremo de la desembocadura, 5.14 m. La diferencia entre ambas es de 1.83 m de grosor del material acumulado de 1976 a 1993, de lo que resulta un promedio de 11 cm por año. Del lado izquierdo de la misma cañada se encuentra otro gabión en la desembocadura del arroyo La Guiñada, construido en 1976 por la misma dependencia gubernamental. Hacia la cuenca de captación, la altura fue de 3.65 m, mientras fue de 4.35 m, al lado opuesto, lo que indica que hay una acumulación de sedimentos de 10 cm por año, en promedio.

Los datos anteriores dan idea de la cantidad de material que pueden acarrear las corrientes fluviales, y por lo tanto, de la erosión en el área en estudio.

3. Canteras. Son las grandes excavaciones a cielo abierto realizadas por la acción del hombre (fotografía 9).

Como en otro apartado se mencionó, la litología del área en estudio es volcánica y de composición intermedia a ácida, donde hay numerosas canteras para la extracción de material utilizado para la construcción.

De los materiales extraídos, están a la venta: grava, arena, tepojal y tepetate, entre otros. En la mayoría de los casos son utilizados para la mampostería y fachadas de los inmuebles de la ciudad de México (fotografía 10).



Fotografía 7. En el panteón Jardines del Recuerdo se observan una serie de terrazas artificiales como una medida para prevenir el deslave de la ladera.



Fotografía 8. En el arroyo El Aguila se observa un gabión, el cual juega un papel importante en la disminución del riesgo por inundación.



Fotografía 9. Canteras. Excavaciones a cielo abierto, realizadas por la acción del hombre.



Fotografía 10. Materiales extraídos de las canteras, son utilizados para la construcción.

EVOLUCIÓN DEL RELIEVE

En este capítulo se tratará de explicar la formación de la Sierra de Guadalupe. Esto se apoya en el trabajo geomorfológico realizado en gabinete y campo y en lo publicado por otros autores.

Lozano (1968) explicó el proceso de la formación de la sierra de la siguiente manera (Fig. 15): primero surgieron las elevaciones localizadas al occidente de la fosa de Cuauhtepac, entre ellas el Panal (1); posteriormente se formaron al occidente de la sierra las elevaciones de Santa Cecilia y Talayapa (2), al oriente los cerros Jagüey, Colombo, De la Santa Cruz, Calvario, Tupetlac, Juanalco (3) (considerados por nosotros como los más jóvenes), y otros que forman los domos situados al noreste de la sierra. Posteriormente se formaron los cerros del Risco y Calavera, luego el Petlacatl y el Cuahuatl (5). Siguió los volcanes Picacho y El Córdova, los cuales, según Lozano, constituyen un estratovolcán (6); poco después, los cerros Guerrero y Santa Isabel (7), mismos que fueron afectados por fallas con una orientación predominante de N30 a 45E. A finales del Mioceno y principios del Plioceno surgen los domos del Tianguillo, Tenayo, Chiquihuite, Gordo y Ticomán (8). Una vez terminada la actividad volcánica, se depositó en la sierra el material de la Formación Tarango, el cual provenía de otros volcanes y fue transportado por el viento. Este autor apoyó su información en fotografías aéreas y recorridos de campo.

Mooser, después del sismo de 1985, realizó un nuevo mapa geológico que abarca la cuenca de México. En este estudio, publicado en 1992, describe lo que él llama la estructura compleja de la sierra y explica en orden cronológico como se formó, de occidente a oriente:

1. Fosa de Barrientos, del Mioceno tardío dirigida al ENE, la cual no afecta a la Sierra de Guadalupe por ser ésta del Plioceno tardío.
2. Caldera de Cuauhtepac, del Plioceno temprano, sobre la cual surgieron una serie de domos dacíticos.
3. La Fosa de Cuauhtepac.
4. Domos sur de la sierra, que surgieron a partir de la formación de la fosa de Cuauhtepac.
5. Formación del complejo cóncavo del Pico del Aguila, nombrado en el mapa de INEGI Pico Tres Padres, el cual no es afectado por la Fosa de Cuauhtepac, pero sí por las fracturas dirigidas de este a oeste en la porción norte de éste complejo, donde se revelan fallas escalonadas al norte.

Durante el trabajo de campo y de gabinete fue posible reconocer distintas etapas de formación de la sierra. La morfología fue un indicador importante ya que se pudieron interpretar a grandes rasgos, las etapas de desarrollo de la Sierra de Guadalupe. Los perfiles realizados (Fig. 16) nos permitieron tener una idea más clara de como fueron surgiendo las diferentes estructuras de la sierra, al irse sobreponiendo unas sobre otras: de igual forma fueron un apoyo importante al dejar ver de manera más clara las fallas existentes, sobre todo para entender el fallamiento E-W al norte de la sierra, con un escalonamiento hacia la planicie lacustre (Fig. 17). Mientras que en la otra sección (Fig. 18) se pudo observar claramente como el núcleo de la Sierra de Guadalupe se sobrepone a la Caldera de Cuauhtepac.

A continuación se presenta una fotografía aérea en donde se reconocen los siguientes rasgos (Fig. 19):

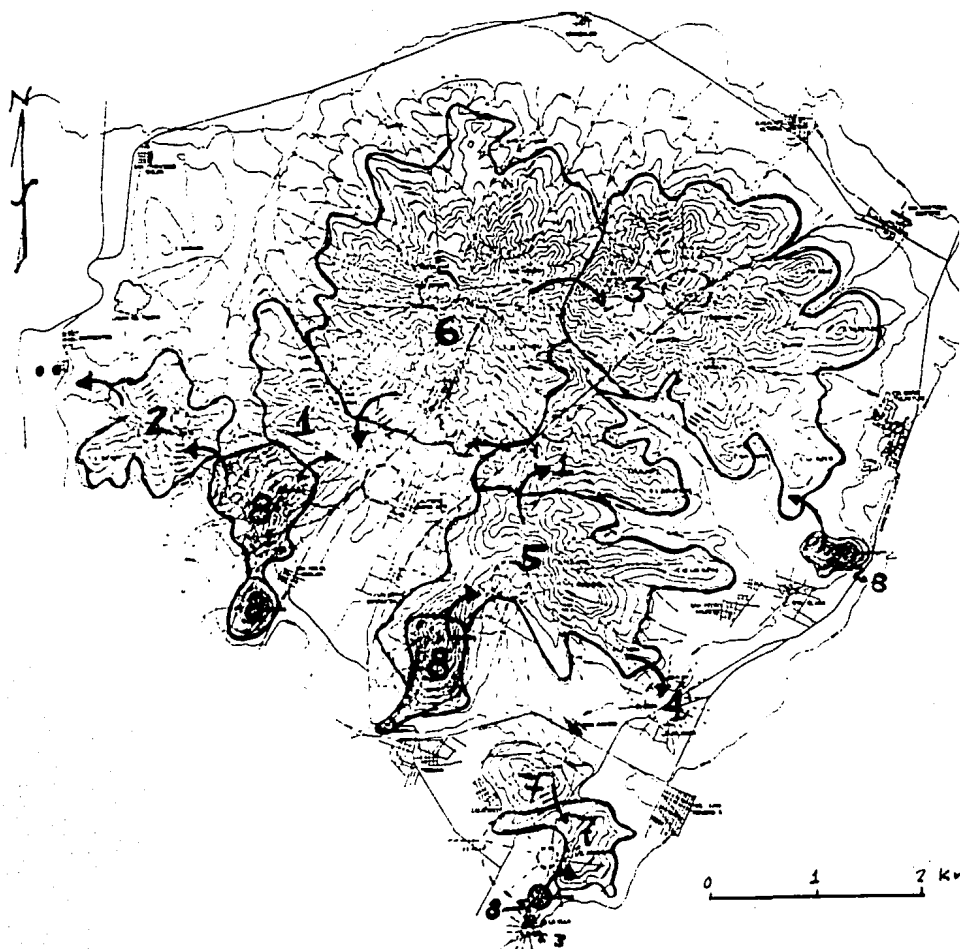
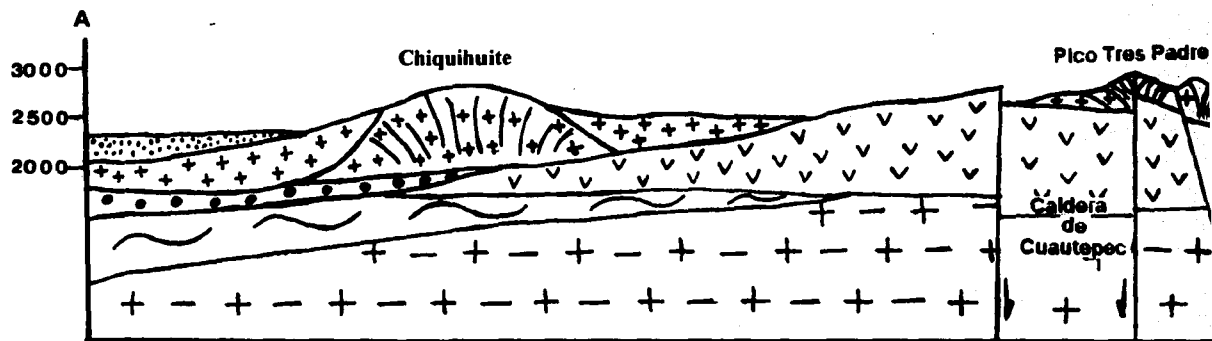


Fig. 15. Evolución de la Sierra de Guadalupe según Lozano, 1968. Las flechas indican la sobreposición de unos cuerpos sobre otros.

Fig. 17.

PERFIL 1



ESCALA GRAFICA HORIZONTAL Y VERT

LEYENDA



Pleistoceno



Tobas del pleistoceno



Plioceno superior



Plioceno inferior

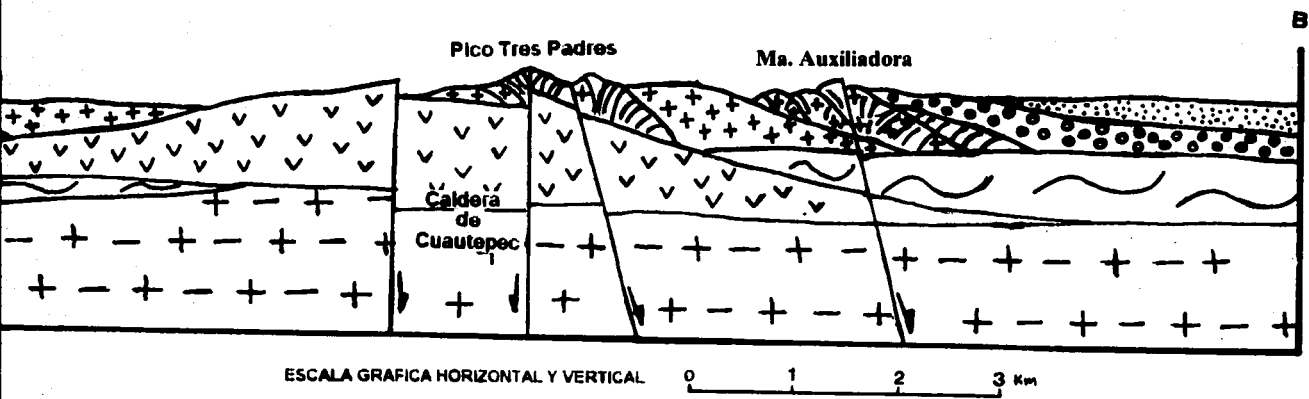


Plioceno inferior

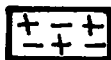


Arcillas lacustres del Plioc

PERFIL 1



Plioceno inferior



Mioceno



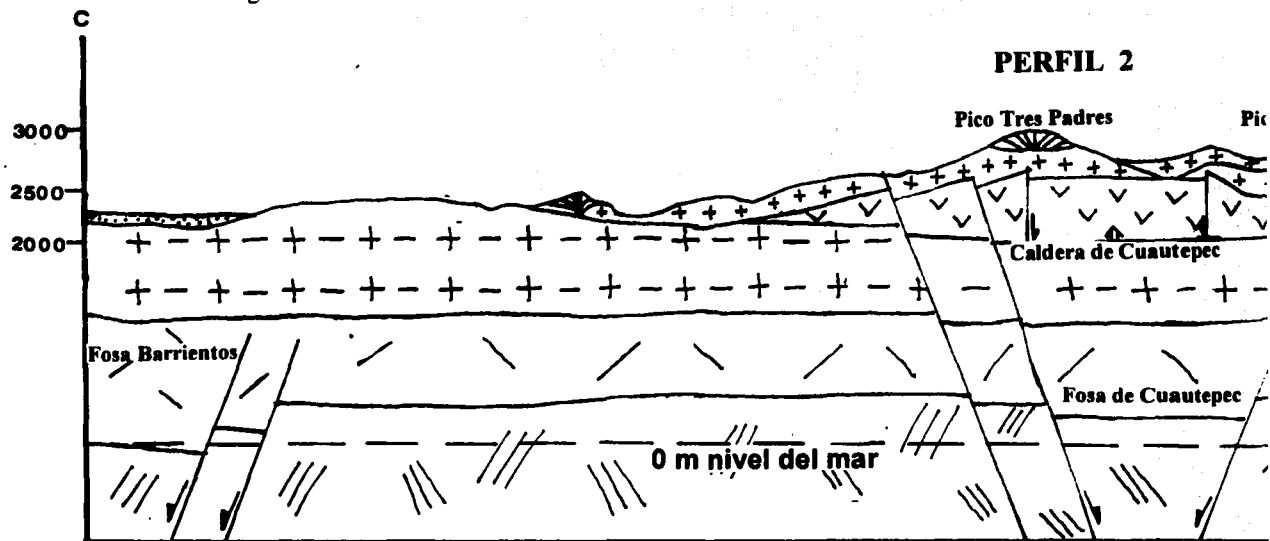
Plioceno inferior



Arcillas lacustres del Plioceno Inferior

Araceli Salinas Montes.

Fig. 18.



ESCALA GRAFICA HORIZONTAL Y VERTIC

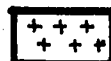
LEYENDA



Pleistoceno



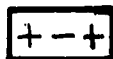
Tobas del pleistoceno



Plioceno superior



Plioceno inferior

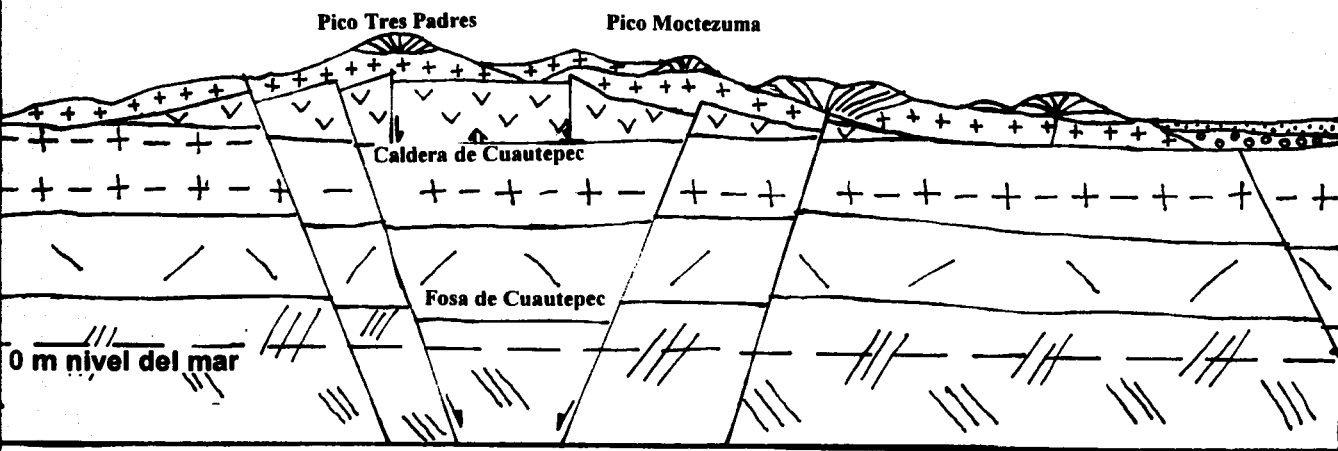


Mioceno



Oligoceno

PERFIL 2



ESCALA GRAFICA HORIZONTAL Y VERTICAL

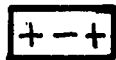
0 1 2 3 km



Plioceno inferior



Cretácico



Mioceno



Oligoceno

Araceli Salinas Montes.

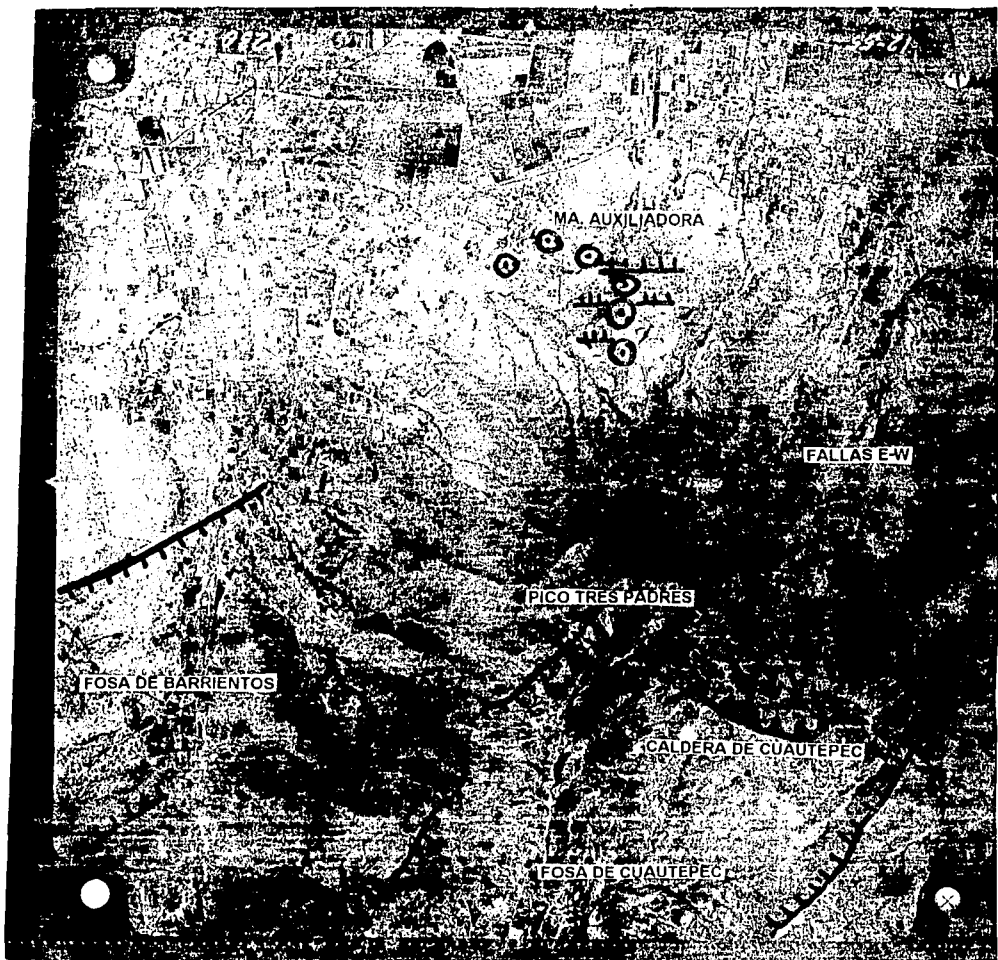


Fig. 19. Fotografía aérea del núcleo de la
Sierra de Guadalupe

0 1 2 Km

LEYENDA



Domos



Caldera



Fallas



Derrame de lava



Lineamientos

1. La Fosa de Barrientos, que se puede observar, no continúa hacia el núcleo de la sierra sino que se pierde en la planicie aluvial.

2. La Caldera de Cuautepec, donde las lavas del Pico Tres Padres la rellenan, indicando, a la vez, juventud de éste.

3. Domos al sur de la sierra, como el del Tepeyac.

4. Fosa de Cuautepec la cual se extiende más al norte que la caldera de Cuautepec e indica que ésta última es mucho más antigua.

5. Pico Tres Padres, donde se manifiesta el sistema de fractura E-W. Un ejemplo muy claro es el plano de falla encontrado en el cerro María Auxiliadora con la orientación antes mencionada.

6. Se tienen, por último, los domos del noreste de la sierra que no son afectados por éste último sistema de fractura y si tomamos en cuenta que conservan su forma, podemos considerarlos como la parte más joven de la Sierra de Guadalupe.

CAPÍTULO IV

EXPANSIÓN URBANA Y RIESGOS NATURALES

Cuando hablamos de riesgos naturales nos referimos a la posibilidad de accidente, resultado de procesos naturales. Se requiere de dos elementos para la existencia de un riesgo: un proceso natural cuyas características o consecuencias puedan resultar peligrosas y la presencia de un asentamiento humano o una obra de infraestructura que se vean afectadas por aquél.

EXPANSIÓN URBANA

La ciudad de México es una de las más grandes del mundo y desde hace varios siglos ha sido el centro político y económico del país, por lo que ha concentrado una buena parte de la población y de la economía nacional.

En la zona de la Sierra de Guadalupe se han dado dos tipos de crecimiento urbano respecto a la ciudad de México. El primero, como consecuencia de la expansión de los asentamientos locales, proceso que se inicia desde la época prehispánica, y al que llamaremos crecimiento autónomo, y el segundo, que se refiere al alcance y ocupación de la Sierra de Guadalupe por la mancha urbana de la ciudad de México, lo cual es un proceso más reciente, ya que se presenta desde la década de los años 50 del presente siglo.

URBANIZACIÓN DE LA SIERRA DE GUADALUPE

Crecimiento autónomo.

La primera fase de crecimiento urbano en la zona de la Sierra de Guadalupe se da desde la época prehispánica por el desarrollo de los poblados locales.

Recuérdese que las riberas de los lagos ya estaban notablemente ocupadas por pueblo de lengua náhuatl para la llegada de los aztecas en el siglo XIII (Bataillon, 1979 p. 10) y que asentamientos como

Tenayuca, Xaltocan, Azcapotzalco y Coatlinchan, se originaron en antiguos grupos nómadas aculturados por el contacto de los agricultores del sureste de la cuenca (Lombardo. 1988 p. 45).

Uno de los antecedentes más remotos es la cultura de Zacatenco que floreció entre los años 100 a.C. y 100 d.C. y para el siglo V Ticomán (García Peralta. p. 276, 1988), ambos en el sur de la Sierra de Guadalupe.

Otros antecedentes prehispánicos son: El Tepeyac, que más que poblado fue un centro ceremonial, donde posteriormente, se construiría el santuario de Nuestra Señora de Guadalupe en 1531, es precisamente hacia el Tepeyac donde comunicaba la calzada norte de Tenochtitlán (Orozco y Berra. 1980, p. 27) lo que favorecería el crecimiento de la zona.

Ixhuatépctl, actualmente San Juan Ixhuatepec, es el pueblo donde Netzahualcōyotl construyó la importante obra hidráulica del albaradón viejo de los indios (*ibid.*).

Se podrían citar muchos casos más, pues durante la época prehispánica hubo complejos patrones de ocupación de la zona y, sobre todo, muy variantes (véase Sanders *et al.*, 1979), cuya explicación escapa a los objetivos de este trabajo.

Para este estudio es relevante saber que se dio una ocupación muy remota, tanto de pequeños poblados como de grandes villas nucleares, quizá mayores a 1000 habitantes (*ibid.* p. 56) que se localizaron fundamentalmente en el piedemonte bajo de la Sierra de Guadalupe. También es importante citar que los patrones de ocupación se modificaron notablemente durante la época prehispánica, es decir, no hubo estabilidad (*ibid.*, p. 112). Sin embargo, algunos de los asentamientos como Ecatepec, Coatitlán, Xalostoc, Tenayuca y Cuauhtepctl, permanecerían para el inicio de la época colonial y serían evangelizados e incorporados a los asentamientos coloniales, favoreciendo un crecimiento que llegaría hasta nuestros días, consecuencia de la cercanía a la ciudad de México, hasta convertirse en barrios, colonias y cabeceras municipales de la actual Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

Durante el México independiente no hubo grandes cambios en la zona, a pesar de que durante el porfiriato se inició la expansión de la ciudad de México. De hecho el crecimiento de los poblados que circundaban la Sierra de Guadalupe se mantuvo moderado hasta la década de los años 50 del presente siglo.

Crecimiento de la mancha urbana de la Ciudad de México.

Este proceso se ha clasificado en tres etapas principales, con base en la cartografía existente.

Primera etapa

Para la década de los años 50 cambia radicalmente la forma de urbanización de la zona de la Sierra de Guadalupe, que dejará de depender del crecimiento de los propios centros para dar lugar a la aproximación de la mancha urbana de la ciudad de México (Fig. 20).

La aproximación de la mancha se dio principalmente por el desarrollo de importantes zonas industriales como Vallejo (desde los años 40) por el sur; por el sureste Xalostoc y Santa Clara; y por el suroeste la zona industrial de Tlalnepantla. Este desarrollo industrial estuvo acompañado de colonias populares.

Segunda etapa

Durante el periodo de 1956 a 1970 la mancha urbana de la ciudad de México ocupa todo el sur de la Sierra de Guadalupe sin llegar, salvo excepciones, al piedemonte. Destacan las extensiones hacia el noroeste y el noreste siguiendo las carreteras hacia Querétaro y Pachuca respectivamente. Con estas extensiones se unen a la mancha urbana los antiguos centros de crecimiento del oriente, poniente y sur de la sierra, quedando aislados solo los que se encuentran a lo largo de la carretera Lechería-Ecatepec (actualmente vía López Portillo) en el norte de la sierra. Entre estos centros destacan Buenavista, Lomas de San Cristóbal y Coacalco.

La industria siguió siendo el principal promotor del crecimiento urbano en la zona, a lo largo de las carreteras a Querétaro y Pachuca. Hacia el final de esta etapa se inició, lo que pocos años después sería el principal factor de crecimiento, los fraccionamientos dirigidos a clases medias y

medias bajas. entre los que destacan Villa de las Flores al norte de la Sierra, Ciudad Azteca al oriente. Ciudad Labor al norponiente.

También debe señalarse la existencia de colonias populares, algunas producto de urbanizaciones ilegales otras producto de la expansión y proletarización de antiguos poblados. Ya existían las colonias que rodean al cerro Tenayo, ya se había ocupado gran parte de la zona baja de Cuauhtepac al oeste del cerro Chiquihuite, pero aún se conservaban zonas agrícolas entre Cuauhtepac y Chalma de Guadalupe, en donde actualmente se ubica el reclusorio Norte. Hacia 1970 se inició la formación de la colonia popular Lázaro Cárdenas al oriente del cerro Chiquihuite, en el sur de la sierra. Otras colonias populares que existían para fin de esta etapa (1970) son Barrientos y El Olivo, al oeste de la Sierra de Guadalupe.

Tercera etapa

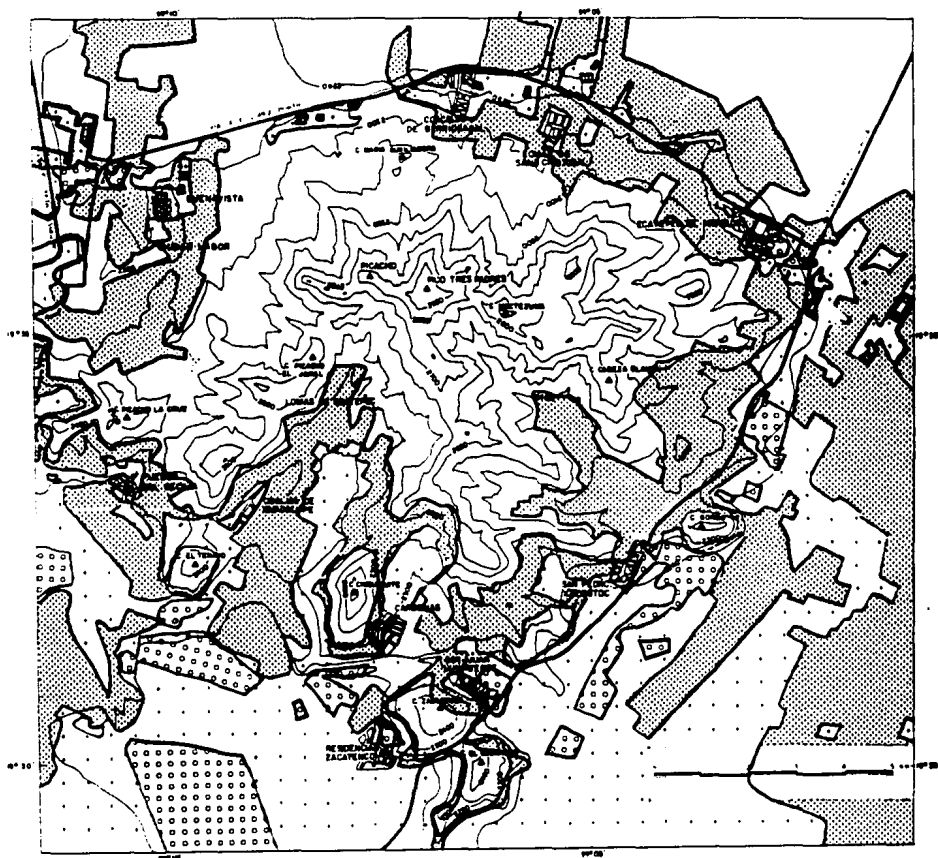
Se trata de la etapa de saturación del crecimiento urbano en la zona de la Sierra de Guadalupe. Se terminan de ocupar todas la zonas bajas con excepción de algunas del noroeste y se coloniza de forma masiva la mayor parte de las laderas bajas montañosas en donde se localizan muchos de los riesgos naturales.

En la mayor parte de las zonas bajas continuó el desarrollo de fraccionamientos unifamiliares planeados, mientras las laderas bajas montañosas han sido ocupadas por población de escasos recursos. Esta distinción es importante no sólo por la forma de ocupación, sino por el tipo de riesgo que enfrenta cada una de ellas y la población afectada por estos riesgos.

Mientras en las zonas bajas el principal problema es el de las inundaciones que afectan fraccionamientos de clase media, con consecuencias básicamente materiales, en las laderas bajas montañosas se presentan los problemas de derrumbes e inundaciones por crecidas del caudal que afectan a población de escasos recursos, cuyas construcciones no cumplen las características mínimas de seguridad, sobre todo en términos de cimentación y calidad estructural, y de los materiales de la construcción, lo que las hace más susceptibles a los eventos naturales.

El Estado está consciente de los riesgos de éstas zonas y en varias ocasiones ha tratado de detener el proceso de ocupación de las laderas e incluso de revertirlo a través de los reacomodos. La zonificación del uso

del suelo junto a la expropiación de terrenos en la Sierra de Guadalupe, han sido utilizados para evitar el crecimiento e incluso para la construcción de una barda llamada ecológica.



SIERRA DE GUADALUPE MAPA DE EXPANSION URBANA

Etapas



HASTA 1956



1956 - 1970



1970 - 1992

COLEGIO DE GEOGRAFIA
TESIS PROFESIONAL
ARACELI SALINAS MONTES

Fig. 20.

RIESGOS NATURALES

El estudio de los riesgos naturales en la zona estudiada se sintetizó en un mapa sobre el tema, y se realizó a partir del geomorfológico y del de expansión de la mancha urbana y con información periodística; asimismo, durante el trabajo de campo se dio una especial importancia a los procesos naturales que representan riesgos, como los siguientes:

1. Desprendimiento de rocas.
2. Inundaciones.
3. Agrietamiento.

Los anteriores están condicionados por las distintas formas del relieve, como los escarpes, laderas con fuerte pendiente, planicie lacustre y cauce fluvial

Los riesgos son naturales, influenciados por el clima (sobre todo de junio a septiembre), cuando los procesos se aceleran notablemente: la constitución litológica, planos de falla donde se originan los escarpes, fracturas que condicionan la red fluvial y descenso del nivel de las aguas subterráneas que provocan el agrietamiento en partes de la planicie.

La influencia antrópica se manifiesta en la tala, la urbanización, incluso en laderas de pendiente de más de 30°, las minas a cielo abierto (canteras) y la modificación del perfil de las laderas (terrazas).

A continuación se explicará cada uno de los riesgos existentes en la zona en estudio (Fig. 21).

1. El desprendimiento de rocas se presenta en los escarpes y en las cabeceras activas. Se produce en los planos de falla y en los afloramientos de lava, donde la roca se encuentra muy fracturada, lo que favorece la erosión diferencial; también los taludes de vías de comunicación, constituidos por rocas alteradas y material no consolidado.

Si a lo antes mencionado agregamos que en época de lluvias los escarpes tienen un retroceso más activo y que la población muchas veces se asienta sobre y al pie de éstos, resulta un verdadero riesgo (fotografía 11). También en las minas a cielo abierto (canteras) hay escarpes antrópicos.

2. Inundaciones. El riesgo causado por este proceso, podemos dividirlo en cuatro tipos, de acuerdo con la zona donde se presenten.

A) En los cauces más estrechos de la parte alta de las cuencas de captación, cuando se producen lluvias torrenciales el caudal baja a gran velocidad y si a ésto agregamos que la mancha urbana en varias partes ha llegado hasta ésta zona, resulta un riesgo.

B) En la parte media de la cuenca de captación, donde se produce el desborde de los arroyos, lo que origina inundaciones en las márgenes, con frecuencia urbanizados.

C) Las inundaciones por desembocadura de los arroyos en la zona totalmente urbanizada (fotografía 12).

D) Inundaciones por estancamiento, las cuales ocurren en la planicie lacustre urbanizada. Esta zona está casi totalmente poblada y entre los principales asentamientos destacan los municipios de Tultitlán, Coacalco y Ecatepec. Durante el trabajo de campo se pudo observar que el estancamiento de agua alcanza aproximadamente 20 cm.

3. Agrietamiento del terreno. Se origina en la planicie lacustre debido a la compactación diferencial del suelo por el descenso de las aguas subterráneas. Este fenómeno origina daños a las vías de comunicación y casas.

Como puede observarse en el mapa de riesgos existe una relación muy estrecha entre los fenómenos naturales y los fenómenos sociales. Es decir, "los fenómenos naturales que originan catástrofes no son aislados, forman parte del contexto geográfico, ya que los fenómenos mantienen vínculos funcionales de interacción con la superficie terrestre y por lo tanto no se desligan de éste contexto"(Ortiz Pérez y Oropeza Orozco 1992).

Se definieron una serie de localidades donde existen peligros diversos. A continuación se describen los identificados en el campo (Fig. 21).

1. Un afloramiento de rocas de un domo cortado para extracción de material, forma una pared vertical de unos 20 m, donde se han producido desprendimientos de bloques de 4-7 cm, hasta 1-2 m, provenientes de la parte superior de la pared, más fracturada e intemperizada que la base. Predominan fisuras verticales que delimitan bloques que caen gradualmente, fenómeno favorecido por las vibraciones de los vehículos pesados que

frecuentemente pasan: la cantera dejó de explotarse hace tiempo y la zona ha sido urbanizada, con casas y una calle en la base de la pared rocosa (fotografía 13).

2. Escarpes de material poco consolidado, en retroceso, lo que se aprecia por las pequeñas hondonadas del escarpe: la población se localiza en la base de éste.

3. Cresta constituida por tres domos, en la cual se presentan escarpes de poca altura, de material andesítico. El riesgo se debe a la construcción de casas al pie del escarpe.

4. Escarpe de material de flujo piroclástico, de 20 m de altura. Se encuentra en retroceso, muestra un tubo de escape de gases; en la base de éste se asienta la población. En línea recta a este escarpe se localiza una calle, lo que propició la formación de un barranco; para evitar la erosión la gente lo rellena con costales y entierran llantas cortadas por la mitad; dicha calle se convierte en cauce en época de lluvias.

5. Una porción del arroyo El Aguila representa un riesgo por las crecidas que puede tener el caudal. Por esto en la desembocadura se construyó un dique para el control de avenidas.

6. Sobre la avenida San Andrés hay una terraza fluvial, el escarpe mira a la calle; el material es muy frágil y sobre el mismo se han hecho construcciones que están en peligro por la posible erosión de la terraza.

7. La cañada Boca Barranca se encuentra totalmente urbanizada hasta el talveg, lo cual representa un alto riesgo si tomamos en cuenta que la desembocadura es muy grande y las construcciones son de material muy frágil: cartón y laminas de asbesto.

8. Detrás de la población Chalima de Guadalupe se localiza un volcán con un escarpe de aproximadamente 20 m de altura y al pie de éste se encuentra una serie de conos detriticos en una superficie de aproximadamente 30° de inclinación, lo que representa un riesgo. Aquí se ha construido recientemente una barda llamada ecológica, para evitar que siga avanzando la urbanización. Esta hace también la función de retener el material de acarreo por escorrentía de la ladera.

9. En el domo Tenayo hay escarpes en las laderas oriental y occidental, con procesos activos de caída de rocas. Es importante mencionar que la mancha urbana llega al pie del escarpe.

10. En el domo Gachupines hay una cantera de composición andesítica, alterada. La roca es dura pero fácilmente se desprende en lajas que forman bloques de aproximadamente unos 4 m mientras que en la parte alta de la cantera se reconocen numerosas fisuras.

11. En el panteón Jardines del Recuerdo se realizaron una serie de terrazas con el fin de evitar deslaves.
12. Arroyo que puede desbordarse durante una crecida, inundando la zona urbana contigua.
13. Se presentan inundaciones por crecidas de los arroyos.
14. Inundaciones que afectan a la población.
- Punto 15. Se observó un corte de ceniza de 2 m de grosor aproximadamente, material deleznable. Hay construcciones sobre esta capa inestable.
16. Zona de riesgo por inundaciones.
17. Planicie lacustre donde el agua se estanca y llega a subir unos 20 cm. Zona totalmente urbanizada.
18. Zona de grietas formadas por hundimientos de aproximadamente 27 cm (en julio de 1993), esto se debe a la extracción de agua y compactación del material arcilloso. Además, el pavimento y suelos compactos, evitan la infiltración.
19. Caída de rocas en el domo Chiquihuite, en un escarpe de lava, con una gran cantidad de fisuras verticales y horizontales, que favorecen el desprendimiento de material. La zona totalmente urbanizada en una ladera de más de 30°. Muchas calles no están pavimentadas y se convierten en arroyos durante las lluvias.
- Otra información sobre daños ocurridos en los últimos cinco años se obtuvo de informes de periódicos:
20. En la zona de Ecatepec y Coacalco los valles se encuentran tapizados de caseríos. 20 de septiembre de 1992.
21. En la fosa de Cuautepec, en una población llamada La Forestal, el río se desbordó afectando casas en la calle principal "Lucha Reyes" y en parte de otra, "Jorge Negrete" el 12 de septiembre de 1992.
22. En el cerro Chiquihuite ocurrió un desgajamiento debido a las intensas lluvias el 10 de julio de 1991.
23. Se produjeron inundaciones en la vía Morelos, donde el agua alcanzó hasta 1 m de altura, el 27 de junio de 1991.
24. Hubo inundaciones en la vía López Portillo, donde el agua alcanzó aproximadamente 80 cm, misma fecha.
25. Inundaciones en el circuito de Coacalco.
26. Inundaciones en las zonas bajas de Ecatepec, el 26 de junio de 1991.
27. Inundaciones en la vía Carlos Hank González, 25 de junio de 1991.
28. Desgajamiento de terraplenes en Cuautepec Barrio Bajo, el 21 de junio de 1990.

29. Inundaciones en Santa Cecilia, Ceylán y Tenayuca el 22 de septiembre de 1987.

30. En la colonia La Presa, como consecuencia de tormentas, diez de sus principales calles se convirtieron en ríos y arrastraron toneladas de lodo y roca. 29 de mayo de 1987.

31. Caída de rocas en el Chiquihuite. Un torrente alcanzó una velocidad de entre setenta y ochenta km por hora y ocasionó el derrumbe de cinco casas y arrastró quince vehículos.

32. Desgajamiento por lluvias del cerro Zacatenco, a la altura del km 14 de la carretera México-Pachuca. 3 de agosto de 1993.

33. Inundaciones de hasta 30 y 50 cm en Ecatepec, Coacalco y Tultitlán.



Fotografía 11. Escarpe de flujo piroclástico, al pie de éste encontramos a los asentamientos humanos, lo cual resulta un verdadero riesgo



Fotografía 12. Fosa de Cuauhtepac, la cual se encuentra totalmente urbanizada y en la que desemboca una corriente montañosa.



Fotografía 13. Afloramiento de rocas donde se han producido desprendimientos de bloques de hasta 2 m. Existen fisuras verticales que junto con las vibraciones de vehículos pesados que circulan por ahí favorecen el riesgo.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

El relieve de la Sierra de Guadalupe se debe fundamentalmente a los procesos volcánicos y tectónico-volcánicos que le dieron origen. La erosión, aunque ha modelado este relieve, no lo ha hecho en un grado significativo, de manera que cambie la geometría original de volcanes, domos y fosas. El modelado consiste en la formación de valles rectilíneos (los principales), a lo largo de fracturas y de una erosión planar que ha movido las capas superiores de material piroclástico, así como la mayor parte de los suelos. Esto último es característico de tiempos históricos (prehispánicos) y se debe a la tala.

Además de los valles erosivos, las depresiones anchas, de forma de herradura, son formas características del relieve de la Sierra de Guadalupe. Estas últimas parecen ser contemporáneas de la formación de los domos mayores que constituyen el núcleo. La erosión y la acumulación han ejercido un modelado que ha acentuado la expresión de las estructuras geológicas en el relieve. Esto se aprecia en escarpes alineados en las partes frontales de los domos mayores, en las crestas marginales a las fosas y en el ancho y profundidad de éstas últimas.

Las rocas constituyentes de la Sierra de Guadalupe son en general duras y compactas, no están afectadas en alto grado por el intemperismo. Sin embargo, en localidades pequeñas se aprecia una gran alteración.

Las estructuras principales de la Sierra de Guadalupe la constituyen los domos de la parte más alta (3000 m), con los que se asocian crestas de lava de longitud considerable, algunas desprendidas en lo que parece ser fueron colapsos contemporáneos con el volcanismo. Es el núcleo de la sierra, con el que se asocian otros domos y volcanes menores. La segunda estructura en la fosa de Cuauhtpec, orientada al NNE.

Sobre los riesgos, los mayores y en aumento son las inundaciones, principalmente en las cuencas de orden más alto, donde es posible una fuerte captación de agua. Sin embargo, es de considerar que para que se produzcan inundaciones catastróficas se requiere de precipitaciones torrenciales concentradas en la parte media-alta de una cuenca y de la presencia de material que puede ser transportado. El primer requisito puede cumplirse aunque en etapas prolongada de 10 a 30 años. El segundo no se cumple

debido a la erosión de los suelos que ha predominado en tiempos históricos y a la roca dura que domina.

El proceso de urbanización ha tenido un intenso desarrollo en los últimos 25 años, construyéndose zonas habitacionales en las partes bajas de las zonas montañosas; y por lo tanto desencadenando procesos erosivos como los gravitacionales.

BIBLIOGRAFÍA.

- *AGUAYO CAMARGO, J.E. y S. MARÍN CÓRDOVA** (1989). Evolución geológica de la cuenca de México. En: *Tópicos geológicos de la cuenca de México*; 25-44. SMMS. México.
- ARELLANO, A.R.V.** (1953). Estratigrafía de la cuenca de México. *Mem.Congr.Cient.Mex*; 3: 172-186. México.
- BATAILLON, C. y H. RIVIÈRE** (1979). *La ciudad de México*. Ed. SEP-Diana. México.
- BELOUSOV, V.V.** (1979). *Geología estructural*. Ed. Mir. Moscú.
- *BRYAN, K.** (1948). Los suelos complejos y fósiles de la altiplanicie de México en relación con los cambios climáticos. *Bol.Soc.Cieol.Mex.*; 12: 1-20. México.
- CAMPA UGANDA, M.F.** (1965). *Análisis petrográfico de la sierra de Guadalupe*. Tesis. Ing. Geólogo. ESIA. IPN. México. (inédita)
- CSERNA, Zoltan de; Mauricio DE LA FUENTE DUCH; Miguel PALACIOS NIETO; Leonardo TRIAY; Luis Miguel MITRE SALAZAR; Reynaldo MOTA PALOMINO** (1988). *Estructura geológica, gravimetría, sismicidad y relaciones neotectónicas regionales de la cuenca de México*. Boletín del Instituto de Geología. no. 104. UNAM. México.
- *COQUE, R.** (1984). *Geomorfología*. Alianza. Madrid.
- *CORDERO, M.** (1992). *El origen y evolución del relieve en la delegación Álvaro Obregón*. Tesis, Lic. en Geografía. Facultad de Filosofía y Letras. UNAM. México.
- *DACKOMBE, R.V. y V. GARDINER** (1983). *Geomorphological field manual*. George Allen and Unwin Publishers. Londres.

DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL (1975). *Memoria de las obras del sistema de drenaje profundo del Distrito Federal*; tomo 1. DDF. México.

***DERRAU, M.** (1983). *Geomorfología*. Ariel. Barcelona.

FRIES, C. (1956). Bosquejo geológico de la región entre México, D.F. y Taxco, Gro. *XX Congreso geológico Internacional*, excursiones A-4 y C-2. México. (citado en Schlaepfer, 1968).

GARCÍA MIRANDA, E. (1978). *Apuntes de Climatología*. Edición privada. México.

GARCÍA PERALTA (1988). Delegación Gustavo A. Madero. En: *Atlas de la ciudad de México*; fascículo 8. Ed. Plaza y Valdés. México.

***GARCÍA ROMERO, A.** (1993). *Análisis geomorfológico de la distribución de riesgos naturales en la delegación Cuajimalpa de Morelos, Distrito Federal*. Tesis. Lic. en Geografía. Facultad de Filosofía y Letras, UNAM. México.

***GONZÁLEZ SÁNCHEZ, J.** (s/f). *Crecimiento de la ciudad de México*. México. (inédito)

INEGI (1987). *Síntesis Geográfica del Estado de México*. México.

INEGI (1990). *Edatología*. Guías para la interpretación cartográfica. México.

LOMBARDO, S. (1988). El códice Xolótl. Fundación de México Tenochtitlán. En: *Atlas de la ciudad de México*; fascículo 3. Ed. Plaza y Valdés. México.

LOZANO BARRASA, L. (1868). *Geología de la Sierra de Guadalupe*. Tesis. Ing. Geólogo. ESIA. IPN. México.

***LUGO HUBP, J.I.** (1984). *Geomorfología del sur de la cuenca de México*. Serie Varia, t. 1., no. 8. Instituto de Geografía, UNAM. México.

- LUGO HUBP, J.I.** (1988). *Elementos de geomorfología aplicada (métodos cartográficos)*. Instituto de Geografía, UNAM. México.
- LUGO HUBP, J.I.** (1989). *Diccionario geomorfológico con equivalentes de los términos más comunes en alemán, francés, inglés y ruso*. Instituto de Geografía, UNAM. México.
- *LUGO HUBP, J.I.** (1990). Mapa geomorfológico del occidente de la cuenca de México. *Boletín del Instituto de Geografía*; 21: 1-19. UNAM. México.
- MOOSER, F.** (1975). Historia geológica de la cuenca de México. *Memoria de las obras del sistema de drenaje profundo*. DDF. México.
- MOOSER, F.** (1988). Geología de la Cuenca de México. En: *Atlas de la Ciudad de México*; 23-26. DDF y El Colegio de México. México.
- MOOSER, F.; A. MONTIEL y A. ZÚÑIGA** (1992). Nuevo mapa geológico del sur-poniente del valle de México. En: *Simpósio "Experiencias geotécnicas en la zona poniente del valle de México"*; 5-16". SMMS. México.
- MOOSER, F. y C. MOLINA** (s/f). *Nuevo Modelo Hidrogeológico para la cuenca de México*. México. (inédito)
- ORDÓÑEZ, E.** (1895). Las rocas eruptivas del suroeste de la cuenca de México. *Boletín del Instituto de Geología*; 2: 5-46. México.
- OROZCO y BERRA, M.** (1980). *Historia de la ciudad de México desde su fundación hasta 1854*. Ed. SEP-Diana. México.
- ORTÍZ, M.A. y O. OROPEZA** (1992). Consideraciones críticas sobre la investigación geográfica de los desastres de origen natural. *Geografía y Desarrollo*; 3(7): 2-8. UNAM. México.
- SANDERS, William T.; Jeffrey R. PARSONS y Robert S. SANTLEY** (1979). *The Basin of Mexico. Ecological Processes in the Evolution of a Civilization*. Academic Press. Nueva York.

SCHLAEPFER, C. (1968). Resumen de la geología de la hoja México, Distrito Federal y los estados de México y Morelos. *Hoja México* 14 Qh (5), Esc. 1:100 000. Instituto de Geología, UNAM. México .

***SEGERSTROM, K.** (1956). Estratigrafía entre México, D.F. y Zimapan, Hgo. *XX Congr. Geol. Int.* Excursión A-14 y C-6. México.

***VÁZQUEZ, E. y R. JAIMES** (1989). Geología de la cuenca de México. En: *Tópicos geológicos de la cuenca de México*; 1-24. SMMS. México.

*** Bibliografía consultada.**

CARTOGRAFÍA

Secretaría de la Defensa Nacional. *Hoja Cuautitlán*, 14 Q-h(39), escala 1:25 000, México, 1955.

Secretaría de la Defensa Nacional. *Hoja Coacalco*, 14 Q h(40), escala 1:25 000, México, 1955.

Secretaría de la Defensa Nacional. *Hoja Ecatepec Morelos*, 14 Q-h(56), escala 1:25 000, México, 1957.

Secretaría de la Defensa Nacional. *Hoja Tlalnepantla*, 14 Q-h(55), escala 1:25 000, México, 1956.

Sistema de Información Geográfica. S. A. SIGSA. *Carta Urbana Politécnico*, escala 1:20 000, México, 1986.

Sistema de Información Geográfica. S. A. SIGSA. *Carta Urbana Azcapotzalco*, escala 1:20 000, México, 1986.

Sistema de Información Geográfica. S. A. SIGSA. *Carta Urbana Villa de la Flores*, escala 1:20 000, México, 1986. Sistema de Información Geográfica. S. A. SIGSA. *Carta Urbana Villa Nicolás Romero*, escala 1:20 000, México, 1986.

Secretaría de Programación y Presupuesto. DETENAL. *Hoja Ciudad de México E-14-A-39*, escala 1:50 000, México, 1982.

Secretaría de Programación y Presupuesto. CETENAL. *Hoja Cuautitlán E-14-A-29*, escala 1:50 000, México, 1979.

APÉNDICE

DESCRIPCIÓN DE COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS

COLUMNA 1.

Tiene un grosor observable de 2.30 m. Las capas. se describen de arriba hacia abajo.

1. Cortando a la capa de material limo-arcilloso, se encuentran grietas de compresión rellenas de calcedonia, las cuales atraviesan toda la columna.
2. Capa de pómez, la cual se encuentra cortando la capa anterior.
3. Material muy fino limo-arenoso de color café. 1.50 m de grosor.
4. Capa de aproximadamente 35 cm de andesita muy alterada, de color crema y en la superficie gris, los detritos están bien clasificados, de 1 a 3 cm.
5. Capa de aproximadamente 2.30 m de material limo-arcilloso, muy compacto y con abundantes minerales de color negro, posiblemente homblenda.
6. Material fino, arcilloso, de color café en condiciones de humedad.
7. Suelo de aproximadamente 20 cm, de un material muy fino que forma pequeñas bandas. Las capas que forman esta columna se encuentran en posición vertical..

COLUMNA 2.

De 5 m de grosor.

1. 3 m de material de composición areno-arcillosa, color gris-rosa en superficie y café al fresco; contiene numerosos pórfidos de color rojo con abundantes cristales blancos, ambos con mucha alteración.
2. 0.5 a 20 cm de material bien clasificado areno-arcilloso; predominan las arenas de color blanco.
3. Material de 80 cm de grosor, aparentemente piroclástico.
4. Capa de más de 1 m de un depósito de flujo lodoso, con bloques de andesita que van de 2.5 a 7 cm en promedio.

El corte fue observado en la planicie de piedemonte. En general, contiene fragmentos angulosos con clasificación regular, 2.5 a 6 cm, predominan sobre la matriz.

COLUMNA 3.

De aproximadamente 60 m de grosor.

1. Lavas andesíticas de aproximadamente 20 m de grosor.
2. Depósito de flujo piroclástico de aproximadamente 20 m, constituido por bloques angulosos mal clasificados de aproximadamente 1 m de diámetro, cementados en una matriz, de color gris, con una textura de arena media a gruesa. En una zona el depósito está muy bien clasificado, en otras, regular, con bloques de 0.5 a 3.0 cm de color blanco grisáceo.
3. Bloques de lavas andesíticas, en una capa con un grosor de 10 m aproximadamente, los bloques son de 0.5 a 1 m de diámetro.
4. Capa de cenizas con un grosor indefinido.

COLUMNA 4.

De aproximadamente 6 m. (fotografía 14).

1. Material de acarreo, en una capa de aproximadamente 2 m de grosor. Al parecer, corresponde a una antigua desembocadura de cauce, que puede observarse de manera clara en la figura 3. El material es grueso, de 3 a 60-70 cm, en una matriz lodosa y clasificación media. En general, el material es muy frágil y por las condiciones antes descritas se considera una terraza fluvial.
2. Capa de aproximadamente 2 m de grosor de lavas andesíticas, bandeadas y de color oscuro.
3. La última capa en la porción inferior de la columna es semejante a la capa número 1.

COLUMNA 5.

De aproximadamente 7 m de grosor.

1. Depósito de flujo piroclástico con detritos color gris y rojos, de tamaños de 1 a 20 cm.
2. De 10 cm de grosor, lavas andesíticas.

COLUMNA 6.

De aproximadamente 2.25 m de grosor (fotografía 15).

1. Suelo de 20 cm de grosor, correspondiente a un litosol con material de acarreo.

2. Depósito de cauce de aproximadamente 70 cm de grosor, constituido por material subredondeado con clasificación media. Los materiales de acarreo son de tamaños de 1 a 20 cm. Se trata posiblemente de la desembocadura de un barranco.
3. Un metro de material piroclástico removido (subredondeado), areno-arcilloso de color oscuro.
4. Aproximadamente 10 cm de material arcilloso.
5. Capa de aproximadamente 1 m de grosor de acumulaciones volcánicas muy alteradas, de color amarillo, contienen pómez.

COLUMNA 7. Corte en un domo de lavas andesíticas (fotografía 16).

1. Capa de 30 cm de grosor constituida de pómez color amarilla.
2. Capa de 30 cm de brecha volcánica de color rosa.
3. Lavas andesíticas de grosor de poco más de 1.50 m. color rojizo. afectada por fallas con brecha.

COLUMNA 8.

De 15 m de grosor observable. formada por una sola capa, de piroclastos, areno-arcillosos de color amarillo, con pequeños fragmentos de pómez de 0.5 a 2.0 cm (fotografía 17).

COLUMNA 9.

De 12 m de grosor.

1. Brecha de falla con algunos pórfidos de aproximadamente 9 m de altura.
2. Dique de aproximadamente 9 m de altura, intrusionando al material antes mencionado. Presenta mucha alteración con grandes fragmentos de lava.
3. En la base de la columna, con un grosor de aproximadamente 3 m, encontramos lavas andesíticas de color gris y rojo, tipo pórfidos, muy alterados.

COLUMNA 10. De 3.0 m de grosor.

1. 2 m de lavas andesíticas muy compactas, con cristales de cuarzo y feldespatos.
2. Depósito de flujo piroclástico de 2.0 m de grosor. Contiene pequeños fragmentos de pómez y líticos de andesita.

COLUMNA 11.

De 4.0 m de grosor.

1. 15 cm de suelo de material arcilloso.
2. 85 cm de lavas andesíticas.
3. 2.25 m de depósito de flujo piroclástico, el material que lo forma es fino, de fragmentos de menos de 1 cm. bien consolidado.
4. Pómez de 10 a 60 cm de grosor. entre el material piroclástico y el depósito de lahar.
5. 2.25 m de depósito de lahar, el cual contiene detritos angulosos de 10 a 15 cm, en una matriz areno-arcillosa.
6. Capa de aproximadamente 75 cm de grosor. de material fino de pómez y ceniza volcánica.
7. Capa de 1 cm de cenizas muy finas. las cuales descansan sobre el depósito de lahar.

COLUMNA 12.

De aproximadamente 6.70 m de grosor.

1. Aproximadamente 50 cm de suelo.
2. 1 m de materiales finos de pómez y ceniza volcánica.
3. 4 m de toba masiva.
4. Capa de 1 m de toba pumítica de material muy fino.
5. Entre las capas 2 y 3 se encuentra otra muy pequeña, de 1 cm de caliche. Entre las capas 3 y 4 se presenta otra de caliche, de 2 cm.

COLUMNA 13. 11.70 m de grosor..

1. 2 m de lavas andesíticas muy compactas.
2. 2.5 m de pómez en granos.
3. Capa de tobas de 6 m de grosor.
4. Lavas andesíticas de 1.50m de grosor

COLUMNA 14.

De 5 m de grosor. (fotografía 18).

1. 1.5 m de grosor de lavas andesíticas.
2. 1.5 m de pómez
3. Suelo negro tipo turba, con un grosor de 1 m.

4. 2 m de tobas.

COLUMNA 15.

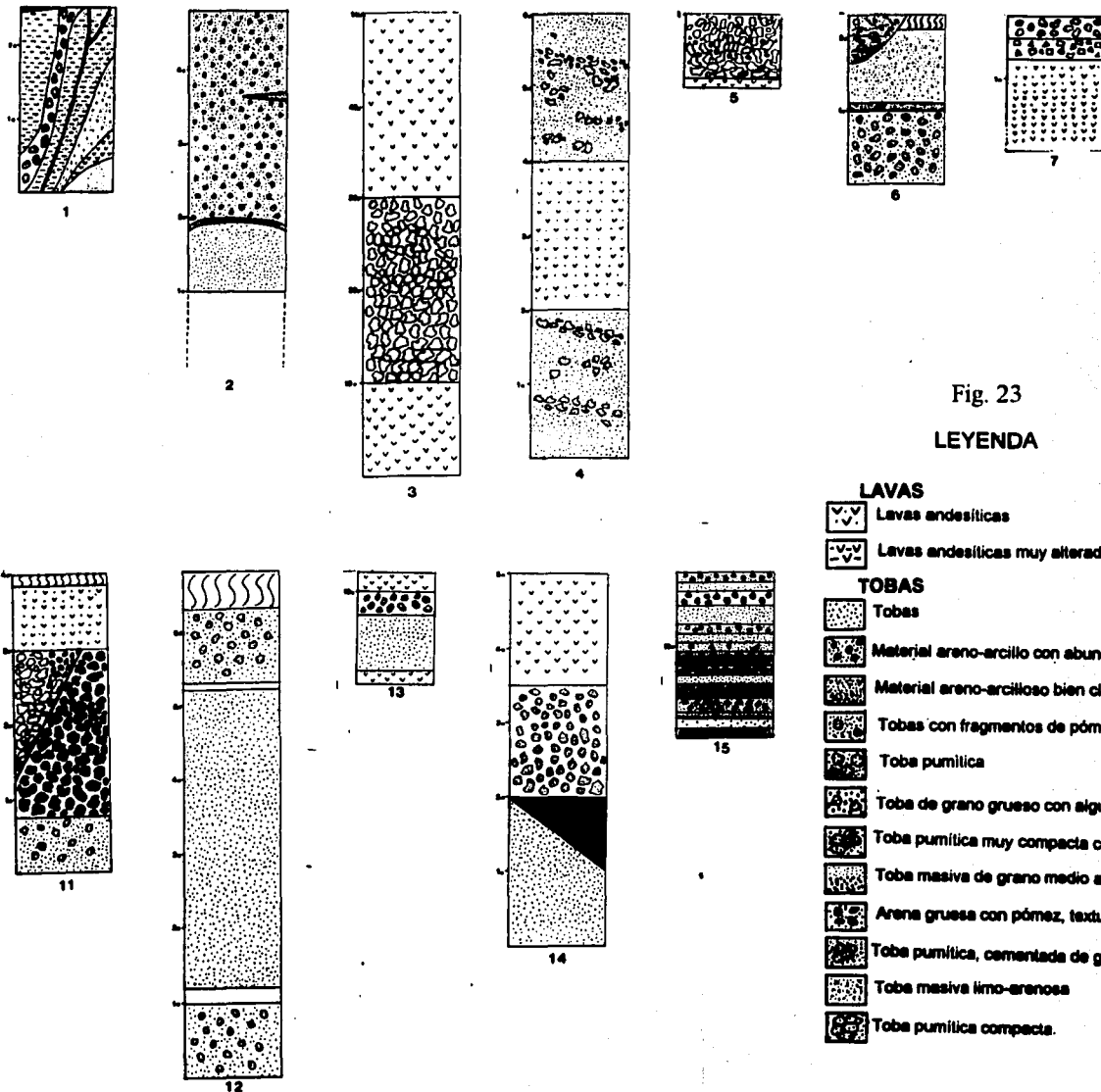
De 17. 50 m de grosor.(fotografía 19).

1. 1 m de grosor, de toba de grano grueso con pómez, bien soldada.
2. 1 m de toba arenosa.
3. 1.5 m de pómez, con granos de 2.5 mm, con ejes mayores de 1.5 cm, color amarillo con bandas ocre y minerales oscuros.
4. 2 m de toba masiva, de textura arenosa, color rosa grisáceo.
5. 1m de toba pumítica con predominio de pómez de granos gruesos, menores de 3 mm con arena volcánica color gris-amarillo, bien soldados.
6. 0.5 m de toba soldada, de color gris-rosa, con clastos redondeados de hasta 3 mm.
7. 1 m de toba masiva de grano grueso (arena), soldada, con pómez escasa.
8. 0.5 m de toba de grano grueso (arena) con pómez de menos de 1 cm en matriz tobácea.
9. 0.5 m de pómez amarilla con granos de menos de 1 cm, muy deleznable.
10. 0.5 m de toba pumítica compacta, con granos de pómez de hasta 5 mm, con piroclastos limo-arenosos, de color amarillo pardo. El grano es de 4 a 5 mm.
11. 0.5 m de pómez y ceniza de color ocre, de grano grueso, menor de 1 cm.
12. 0.5 m de ceniza de color rosa.
13. 1 m de toba masiva de grano medio a grueso, de color amarillo.
14. 0.5 m de ceniza de color rosa pálido.
15. Capa de 0.5 m de arena gruesa con pómez, de textura vitrea, color café claro.
16. 0.5 m de toba pumítica cementada, de grano fino y arena gruesa, compactada y color café.
17. 1.5 m de pómez fina de granos de hasta 1 cm, bien cementada.
18. 0.5 m de toba masiva arenosa, color café claro al fresco.
19. 5 cm de caliche, duro y compacto.
20. 1 m de toba masiva limo-arenosa.
21. 1 m de toba pumítica color rosa, compacta.

Una vez descritas la columnas anteriores (Figs. 22 y 23) se puede observar que básicamente predominan las acumulaciones de tobas así como de depósitos de pómez, los cuales son indicadores de una gran actividad explosiva asociada con lavas ácidas, lo mismo ocurre con los depósitos de

cenizas que se asocian al mismo tipo de actividad y básicamente la diferencia con los anteriores se encuentra en el tamaño de las partículas, de las cuales encontramos grosores de hasta más de 4 m.

Es importante mencionar que los materiales antes mencionados se localizan generalmente debajo de las lavas andesíticas, lo cual nos indicaría que la actividad volcánica de la Sierra de Guadalupe culminó con una actividad efusiva.



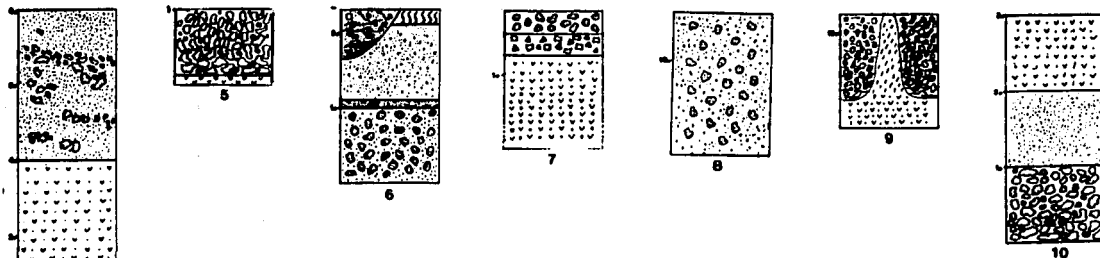


Fig. 23

COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS

LEYENDA

LAVAS

- Lavas andesíticas
- Lavas andesíticas muy alteradas

TOBAS

- Tobas
- Material areno-arcillo con abundantes pórfidos
- Material areno-arcilloso bien clasificado
- Tobas con fragmentos de pómez
- Toba pumítica
- Toba de grano grueso con algunas pómez bien soldada
- Toba pumítica muy compacta con piroclastos limo-arenosos
- Toba masiva de grano medio a grueso
- Arena gruesa con pómez, textura vítrea
- Toba pumítica, cementada de grano fino y arena gruesa compacta
- Toba masiva limo-arenosa
- Toba pumítica compacta.

CENIZAS

- Cenizas
- Capa de material fino limo-arcilloso
- Capa de material limo-arcilloso con minerales de color negro posiblemente homblenda

POMEZ

- Pómez

MATERIAL PIROCLASTICO

- Flujo piroclástico
- Flujo piroclástico con pómez

SIN CLASIFICAR

- Depósito (material de acarreo)
- Paleocauce con material subredondeado clase media
- Brecha volcánica
- Brecha de metamórfica
- Lahar
- Caliche
- Turba



Fotografía 14 (perfil 4). Material de acarreo 1, al parecer corresponde a una terraza fluvial, de material en general muy frágil





Fotografía 15 (perfil 6). Constituido por acumulaciones volcánicas. 1. toba pumítica; 2. cenizas; 3. capa de material fino limo-arcilloso; 4. suelo.



Vista a detalle de la fotografía 4



Fotografía 16 (perfil 7). Corte en un domo de lavas 1. lavas andesíticas; 2. brecha volcánica; 3. pómez.

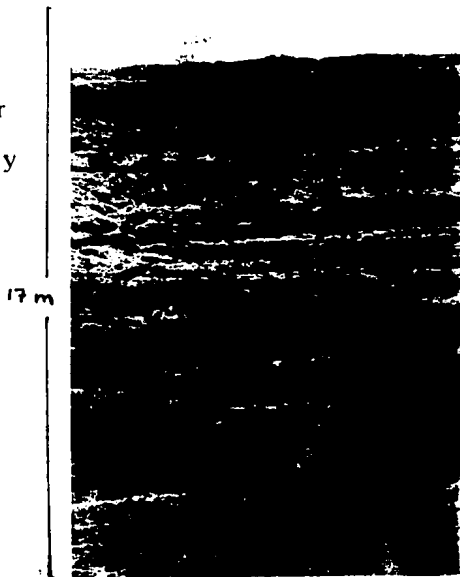


Fotografía 17 (perfil 8). Cantera con piroclastos areno-arcillosos de 15 m de grosor



Fotografía 18 (perfil 14). Se observa un suelo tipo turba. 1, talud de escombros; 2, toba masiva de textura media a gruesa; 3, turba; 4, pómez.

Fotografía 19 (perfil 15). Constituida por material piroclástico entre los que encontramos principalmente tobas, pómez y cenizas.

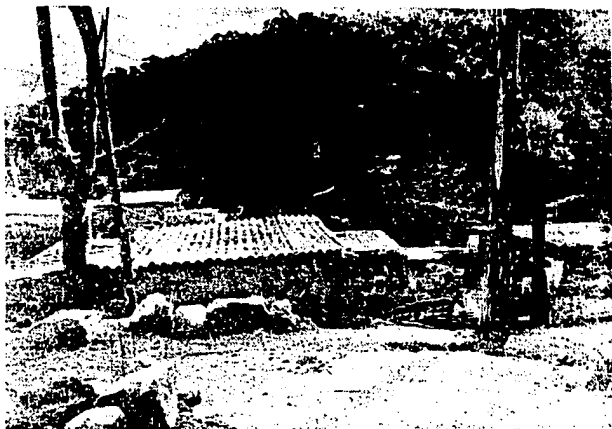


Media Sierra de Guadalupe, Afectada por Talas, Caseríos, Basureros y Desechos

La zona que quedó libre de vivienda, en La Forestal, muestra el bosque con residuos de lo que fueron bardas de tabique ligero, un camino de tierra agreste impenetrable con lluvias del que parte un río que se desborda sobre el caserío de la calle "principal" o Lucha Reyes, parte de Jorge Negrete.

12-IX-1992

21



HASTA AQUÍ llegó la invasión, la tala en la Sierra de Guadalupe. El plan del regente cuenta con fondos del Banco Interamericano de Desarrollo y da sus primeros frutos al "limpiar" de viviendas las primeras 3.5 hectáreas. (Foto de Mayolo)



EN LA FORESTAL, las últimas invasiones marcaron la "frontera" de la mancha urbana en la Sierra de Guadalupe. La orden del regente se cumple y el compromiso del rescate ecológico está en plena marcha.

Perecen Tres Personas al Desgajarse el Cerro del Chiquihuite en la GAM

ALFONSO MILLARES G.

La torrencial lluvia que se abatía ayer sobre la capital de México y su área conurbada, ocasionó el deslizamiento de un cerro en la delegación Gustavo A. Madero, con saldo de tres personas muertas, entre ellas dos menores de edad, así como dos lesionadas, decenas de colonias inundadas, caos vial, congestionamiento del drenaje y el agua alcanza niveles de hasta casi un metro de altura en zonas muy conflictivas.

De acuerdo con informes proporcionados por elementos de la Cruz Roja, el derrumbe ocurrió a las ocho horas de hoy, en el cerro El Chiquihuite, localizado en la colonia Tlalisco, Cuahutepc Barrio Alto, en la mencionada delegación,

donde quedaron sin vida los cuerpos de las menores Isela y Elsa Flores Márquez, así como el de un desconocido de aproximadamente 33 años de edad.

Hasta el cierre de esta edición, el H. Cuerpo de Bomberos, así como los diferentes grupos de socorro, continuaban con las labores de rescate en busca de más víctimas, pues se estima que en el deslizamiento pudieron haber resultado más personas afectadas.

Tan solo en esa demarcación se vieron muy afectadas colonias como Aguila de Guadalupe, Teonan, Lindavista, Martín Carrera, Guadalupe Tepeyac, Industrial Magdalena, de las Salinas, Santa Rosa, Progreso Nacional, Cuahutepc Barrio Alto y Bajo, entre otras, donde el agua alcanzó alturas de hasta un metro y donde resultaron

afectadas más de 50 casas.

La estación Saavedra del H. Cuerpo de Bomberos envió tres unidades con 15 de personal, en tanto que de la delegación de Azcapotzalco salieron otras cuatro para apoyar a los trabajos debido a la crítica situación que prevalecía en el lugar.

Asimismo, la Secretaría General de Protección y Vialidad informó de las dos personas que también resultaron lesionadas por el deslizamiento, sin embargo debido a lo grave de su estado no se logró conocer su identidad por lo que hasta el momento se encuentran hospitalizadas en la Cruz Roja de Polanco, en calidad de desconocidos.

Asimismo en Ecatepec, estado de México también se registraron severas inundaciones donde el agua alcanzó hasta casi un metro de altura. 10-VII-91



Vecinos rescatan pertenencias de sus hogares, luego del desgajamiento del cerro El Chiquihuite ■ Foto: Guillermo Sologuren

Desgajamiento Cuautepec Barrio Bajo

Perece un Menor al ser Aplastada su Vivienda

JORGE ESPINOSA

Los torrenciales aguaceros de las últimas 24 horas en el Distrito Federal, provocaron el desgajamiento de terrapienes de un cerro en Cuautepec Barrio Bajo. Así como encharcamientos por casi todos los rumbos de la ciudad. El derrumbe ocasionó la muerte de un pequeño, al aplastar la vivienda en que habitaba.

A las 17 horas, en las calles Brecha y Continental, colonia Tiapenco, donde se ubica el cerro, parte de este comenzó a derrumbarse, causando a'arma enter los habitantes de la zona

21-VI-1990

28

Once Muertos por la Granizada de Anoche

- ★ 25 Desaparecidos en La Presa
- ★ Derrumbes y Corte de Servicios
- ★ Deslave en el Cerro Chiquihuite

Por RAFAEL MEDINA, JACINTO NOE y LUCIANO TAPIA

Por lo menos once muertos —según datos de la Cruz Roja y Escuadrón de Rescate— a consecuencia de un deslizamiento de tierra en el cerro del Chiquihuite, en el estado de México; derrumbes de viviendas, fábricas, estacionamientos y mercados públicos en diferentes delegaciones políticas del Distrito Federal; caos del tránsito por inundaciones que obstruyeron vías rápidas —Viaducto, Periférico y ejes viales—; suspensión de energía eléctrica, accidentes automovilísticos, interrupción en el transporte público y líneas telefónicas dañadas a consecuencia de postes derribados, así como la suspensión momentánea de maniobras en el Aeropuerto, es el resultado del meteoro que azotó anoche, durante casi dos horas, a esta ciudad y a la zona de Tlalnepantla.

Con base en informes recabados por nuestros reporteros en el Estado de México, en Tlalnepantla, Manuel Lino Ramos, Luis Arturo Ramírez y Luciano Tapia, un torrente que alcanzó una velocidad de entre setenta y ochenta kilómetros por hora y que descendió del cerro del Chiquihuite después de la tormenta que

29-V-1987

30

14-A EXCELSIOR Viernes 29 de Mayo de 1987

Once Muertos por la Granizada de Anoche

Severo de la primera pluma

se abatió sobre esta región, dejó once personas muertas — hasta las 23 horas — y unas 25 figuraban como "desaparecidas".

La misma corriente ocasionó el derrumbe de cinco casas y arrastró los vehículos en el oriente de este municipio.

Daniel Reyes, secretario del Consejo de la Cruz Roja de La Presa, informó que la intensa lluvia provocó terror entre la población de la colonia La Presa.

En la Cruz Roja de la colonia La Presa, se encontraban, además de las personas fallecidas, otras seis heridas, todas mujeres, que fueron arrastradas por el torrente. Los nombres de ellas son: Isabel Rodríguez, de 19 años de edad; Margarita Hernández, de 33; Guillermina Acosta, de 23; Margarita Espinosa, de 30; Josefina Moral, de nueve años y Alejandra Sánchez, de 18 años de edad. Una mujer

más fue llevada a la Cruz Roja de Polanco.

Según informó el secretario del Consejo de la Cruz Roja de La Presa, vecinos del lugar buscaban anoche a sus familiares entre los escombros de varias viviendas derrumbadas.

Personal de la Cruz Roja de Tlalnepantla, de Ecatepec y del Distrito Federal, bomberos y personal de seguridad pública laboraban sobre los escombros que dejó el embate del agua y en donde se presumía había más cuerpos.

En toda la zona se encontraban escombros, lodo, objetos, muebles. El agua, que no bajaba de nivel, bloqueó incluso la avenida La Presa, principal vía de acceso al lugar, lo que impedía la llegada de más ayuda.

Por su parte, el Departamento del Distrito Federal, informó de encharcamientos en el norte y centro de la ciudad. También dijo a conocer que techos de viviendas de cartón y lámina se

vinieron abajo por el peso del granizo y que hubo inundaciones en diversos puntos de la ciudad, pero que éstos fueron momentáneos.

Diversas dependencias del gobierno capitalino, por instrucciones del regente Ramón Aguirre, movilizaron de inmediato para atender las zonas afectadas por la copiosa precipitación pluvial, y más de seis mil trabajadores se aprestaron a desalojar las aguas encharcadas, mientras que la Dirección de Acción Social se abocó a proporcionar cobertores, calentadores, alimentos y láminas a las personas que más resintieron el fenómeno.

29-V-1987

30



TREMENDO congestionamiento de tránsito fue provocado al desgajarse un cerro a la altura del kilómetro 14 de la carretera México-Pachuca. Las lluvias reblandecieron el talud. (Foto de Francisco León)

3-VIII-1987

■ Vehículos atrapados y congestionamientos

Continúan las inundaciones en Ecatepec, Coacalco y Tultitlán

■ De 30 a 50 centímetros de altura, el nivel del agua

Ana Salazar, corresponsal, Ecatepec, Méx., 2 de septiembre □ La intensa precipitación pluvial de hoy, que inició al filo de las 18:00, provocó inundaciones de 30 y 50 centímetros de altura en los municipios de Ecatepec, Coacalco y Tultitlán, reportó la Dirección de Protección Civil.

Según los informes, en Ecatepec las colonias afectadas fueron Altavilla, Valle de Anahuac, San Pedro Xalostoc, Popular Xalostoc y la Vía Morelos, que fueron inundadas sin el drenaje y alcantarillado necesarios para el desalojo de las aguas.

Esta situación ha provocado que por segundo día el agua pluvial se acumule y que los vehículos queden atrapados en los encharcamientos. La larga fila de automóviles y transportes colectivos se formó desde Ciudad Azteca hasta el entronque con la autopista México-Pachuca.

En Ciudad Cuauhtémoc el agua pluvial y

las aguas negras que brotaban de las alcantarillas penetraron por lo menos en 100 casas, según dijo Policía y Tránsito.

En Tultitlán se anegó la Vía López Portillo, donde desde ayer por la noche persiste la acumulación de aguas negras y pluviales con niveles que rebasan las banquetas y que originaron congestionamientos desde temprana hora. Después de las 6:30 de hoy, cuando terminó la lluvia, se paralizó el tránsito y quedaron atrapados al menos un centenar de vehículos en un tramo de dos kilómetros sobre esta vialidad, a la altura de Tultitlán.

En Coacalco los fraccionamientos Bosques del Valle, primera y segunda sección, los niveles de agua alcanzaron hasta 30 centímetros en sus vialidades principales y calles aledañas. El drenaje insuficiente ha provocado las anegaciones desde hace una década, fecha en que fue construida esta zona habitacional y donde residen aproximadamente tres mil familias.

3-IX-1993

33

Los números se localizan en el mapa de riesgos (Fig. 21).



.. .. .
dacíticas), en menor proporción con material piroclástico (cenizas, pómez y depósitos de flujo). Edad Mioceno a Cuaternario.

SIERRA D

MAPA GE

19° 36'

19° 34'



U	O	O	U
O	O	O	O

ISLA DE GUADALUPE

MAPA GEOMORFOLOGICO





7. Planicie de piedemonte, entre los 2280 y 2300 msnm, constituida principalmente por material volcánico (lavas y tefes) Edad Plioceno

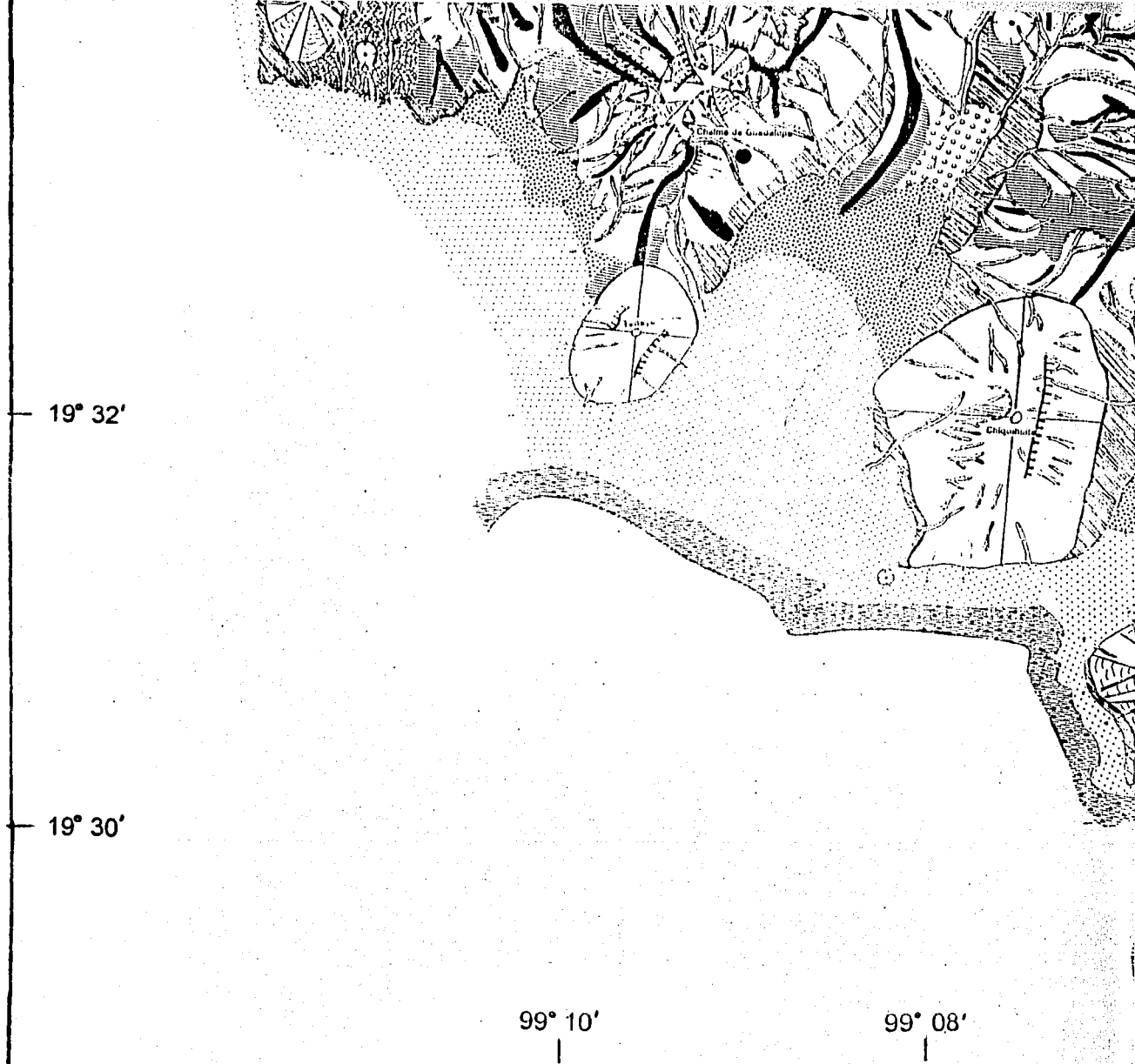
ADALUPE

OLOGICO



19° 36' —

19° 34' —



LEYENDA

RELIEVE ENDOGENO (VOLCANICO)

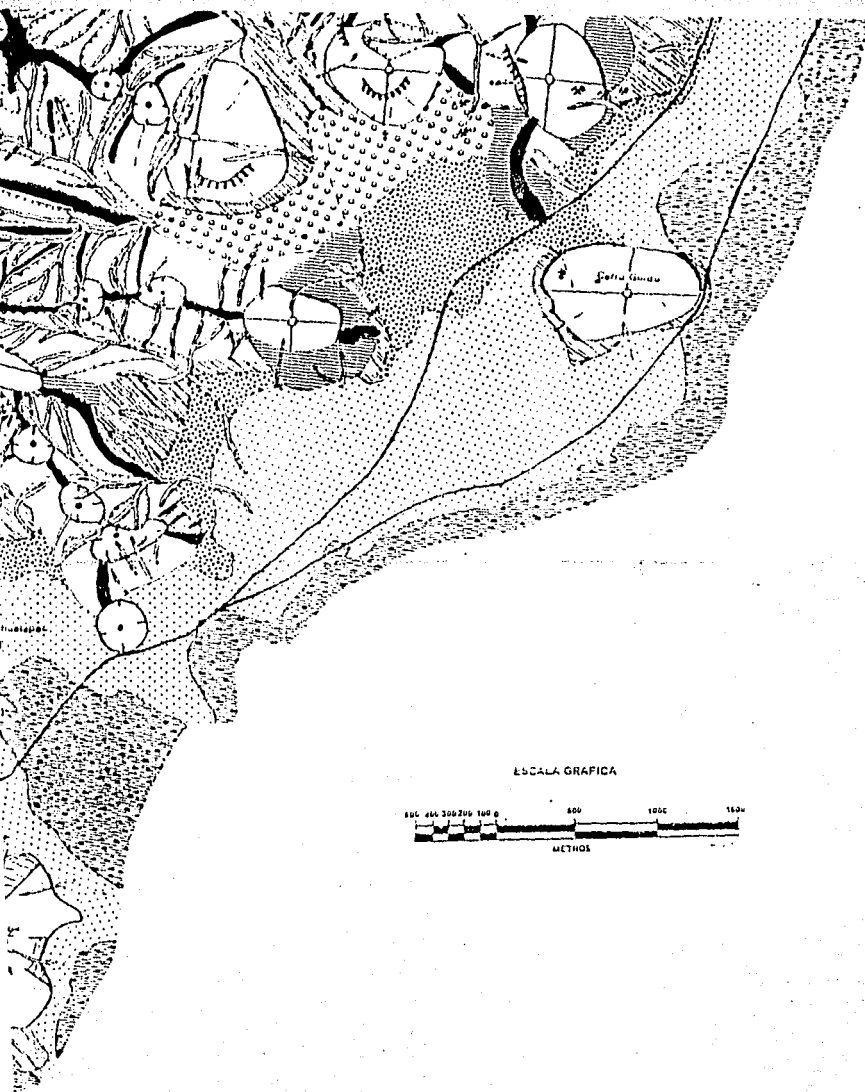
1. Domo volcánicos principales constituidos de lavas (andesíticas y



RELIEVE ENDOGENO-EXOGENO

Formas del relieve debidas al volcanismo y a erosión o acumulaci
posteriores.

lavas (andesiticas y



19° 32' —

19° 30' —

99° 04'

° 06'

RELIEVE ENDOGENO-EXOGENO

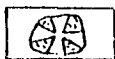
Formas del relieve debidas al volcanismo y a erosión o acumulación posteriores.



1. **Domo volcánico primario**, en menor proporción con material proclástico (cenizas, pómez y depósitos de flujo). Edad Mioceno a Cuaternario.



2. **Domo volcánicos secundarios**, se relacionan genéticamente con los anteriores y surgieron a lo largo de fracturas en una misma etapa de actividad. En su composición predominan las lavas.



3. **Volcanes compuestos**, Constituidos de lavas (andesitas y dacitas) y material proclástico (ceniza, pómez y depósitos de flujo). Edad Mioceno a Cuaternario.



4. **Laderas de lava de forma convexa**. De composición andesítica y dacítica, sin disección sustancial, originadas por extrusiones magmáticas y por derrames que alcanzan muy poca extensión (cientos de metros). Edad Mioceno a Cuaternario.

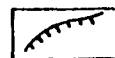


5. **Mesas de lava**. Constituidas de andesitas y dacitas. Se deben a una acumulación de lava relleno de una depresión. Edad Mioceno a Plioceno.

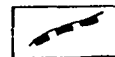


6. **Divisoria de aguas principal**.

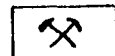
ELEMENTOS DEL RELIEVE REPRESENTADOS DE MANERA PUNTUAL O LINEAL



16. **Escarpes**.



17. **Terrazas fluviales**.



18. **Canteras**.

Fig. 14

piroclástico (cenizas, pómez y bloques).

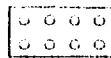
Se relacionan genéticamente con los lavas de una misma etapa de actividad.

Lavas (andecíticas y dacíticas) y lavas de flujo. Edad Mioceno a Plioceno.

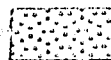
Imposición andesítica y dacítica, extrusiones magmáticas y porción (cientos de metros). Edad Plioceno a Cuaternario.

Lavas y dacitas. Se deben a una actividad. Edad Mioceno a Plioceno.

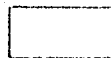
LOS DE MANERA PUNTUAL O



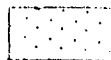
7. Planicie de piedemonte, entre los 2280 y 2300 msnm, principalmente por material volcánico (lavas y tefra). Edad Plioceno a Cuaternario.



8. Planicie inclinada de piedemonte, entre 2260 y 2280 msnm, principalmente por lavas y tefra, localmente por depósitos de desmoronamiento de arroyos (proluviación). Edad Plioceno a Cuaternario.



9. Laderas de forma concava y rectilíneas, debidas al modelado de las laderas convexas originales. Edad Cuaternario.

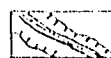


10. Planicie inclinada de piedemonte, entre los 2260 y 2240 msnm, por acumulación volcánica (piroclastos, sedimentos fluviales y lacustres). Edad Cuaternario.

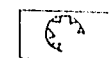


11. Laderas superiores de piedemonte con modelado sustancial y por la acumulación. Edad Cuaternario.

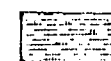
RELIEVE EXOGENO



12. Valles erosivos de fondo estrecho y laderas empinadas, con poca actividad escasa y temporal en el cauce y erosión vertical y lateral. Edad Cuaternario.



13. Circo de erosión. Generalmente formados en laderas de crecimiento actual muy lento hacia las divisorias. Edad Cuaternario.

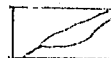


14. Planicie lacustre de la cuenca de México, hasta los 2200 msnm, edad Holocénica en la porción superior, sobre la que se encuentra el conjunto volcánico estudiado. Edad Cuaternario.

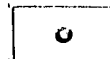


15. Formas antrópicas: grandes excavaciones a cielo abierto y terrazas.

SIMBOLOS COMPLEMENTARIOS

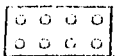


19. Vías de comunicación principales.



20. Poblaciones principales.

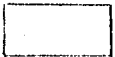
COLEGIO
TESIS
ARACELI SA



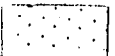
7. Planicie de piedemonte, entre los 2280 y 2300 msnm, constituida principalmente por material volcánico (lavas y tefra) Edad Plioceno a Cuaternario.



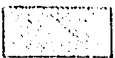
8. Planicie inclinada de piedemonte, entre 2260 y 2280 msnm, constituida principalmente por lavas y tefra, localmente por depósitos de desembocadura de arroyos (proluvién). Edad Plioceno a Cuaternario.



9. Laderas de forma cóncava y rectilíneas, debidas al modelado de las laderas convexas originales. Edad Cuaternario.

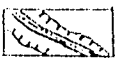


10. Planicie inclinada de piedemonte, entre los 2260 y 2240 msnm formada por acumulación volcánica (piroclastos, sedimentos fluviales y lacustres). Edad Cuaternario.



11. Laderas superiores de piedemonte con modelado sustancial y por la erosión y la acumulación. Edad Cuaternario.

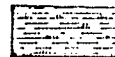
RELIEVE EXOGENO



12. Valles erosivos de fondo estrecho y laderas empujadas, con acumulación escasa y temporal en el cauce y erosión vertical y lateral. Edad Cuaternario.



13. Circos de erosión. Generalmente formados en laderas de lava, con crecimiento actual muy lento hacia las divisorias. Edad Cuaternario.

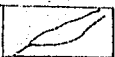


14. Planicie lacustre de la cuenca de México, hasta los 2240-2250 msnm. edad Holocénica en la porción superior, sobre la que se asienta el conjunto volcánico estudiado. Edad Cuaternario.



15. Formas antrópicas: grandes excavaciones a cielo abierto y terrazas.

SIMBOLOS COMPLEMENTARIOS



19. Vías de comunicación principales.



20. Poblaciones principales.

COLEGIO DE GEOGRAFIA
TESIS PROFESIONAL
ARACELI SALINAS MONTES

SIERRA MAP.

— 19° 36'



SIERRA DE GUADALUPE

MAPA DE RIESGOS



GUADALUPE

RIESGOS

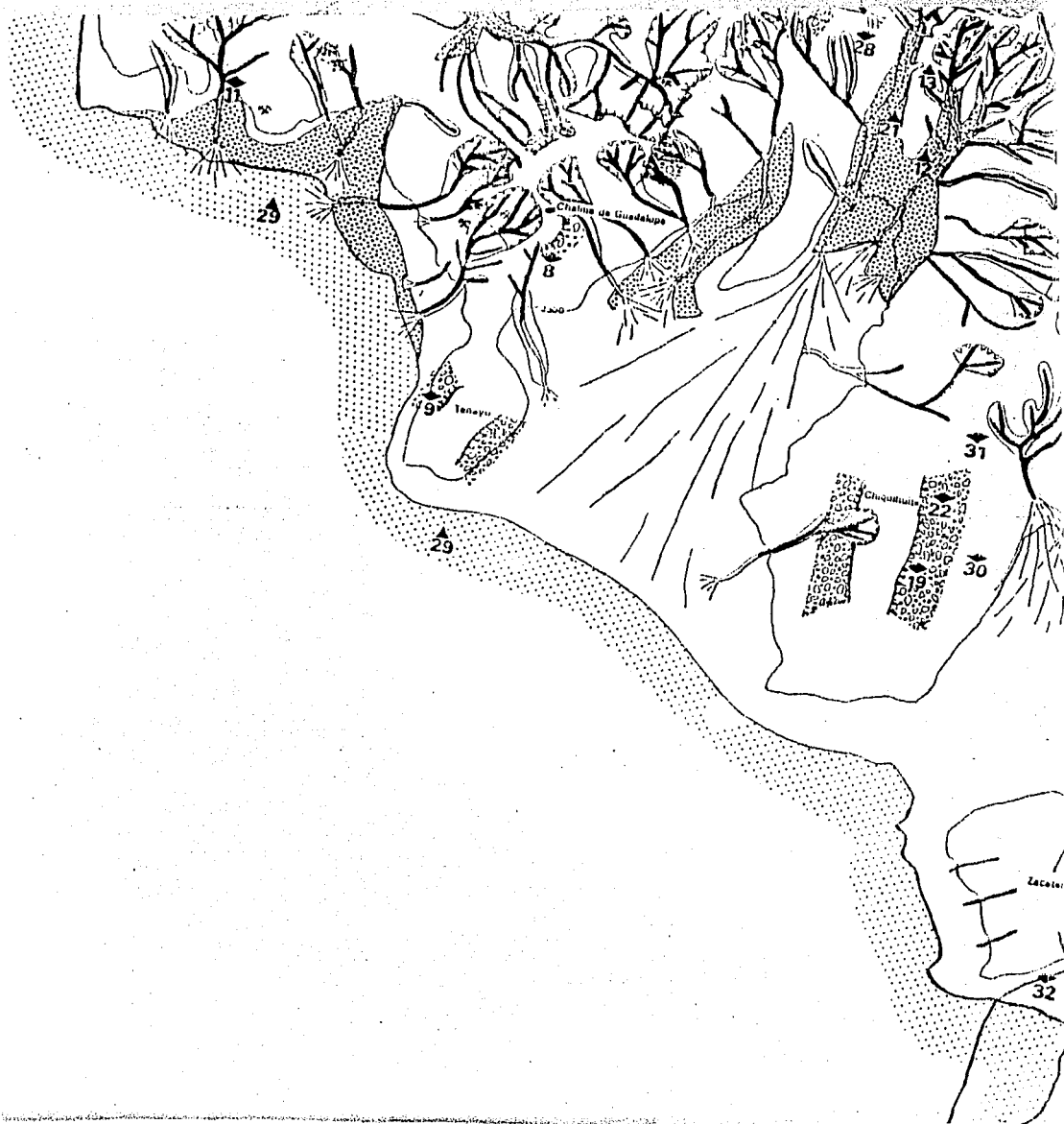


19° 36' —

19° 34'

19° 32'

19° 30'



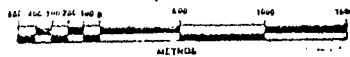




19° 34'

19° 32'

ESCALA GRAFICA



19° 30'

99° 10'

99° 00'

LEYENDA



CAIDA DE ROCAS (DESLAVES).



CABECERAS ACTIVAS.

INUNDACIONES.



Por corrientes torrenciales



Por crecida de los arroyos temporales



Por desembocadura de corrientes



Por estancamiento de agua en la planicie lacustre

Fig. 21.



99° 08'

99° 06'

99° 04'

RIESGOS REPRESENTADOS DE MANERA PUNTUAL

Con base en los trabajos de campo y recortes periodísticos.

DAÑOS (1987-1993)

▲ Inundaciones

■ Grietas

▼ Deslaves

COLEGIO DE
TESIS PR
ARACELI SALIN

le lacustre

99°06'

99°04'

REPRESENTADOS DE MANERA PUNTUAL

en los trabajos de campo y recortes periodísticos.

1987-1993)

iones

s

COLEGIO DE GEOGRAFIA
TESIS PROFESIONAL
ARACELI SALINAS MONTES