

01059
lej. 1

FAC. FILOSOFIA Y LETRAS

U. N. A. M.

COLEGIO DE GEOGRAFIA

ESTUDIO GEOMORFOLOGICO DE LA ZONA DE TEPEJI
DEL RIO, HIDALGO, MEXICO

Tesis

Que para obtener el
Grado de Maestro en Geografía,
presenta:



FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
ESTUDIOS SUPERIORES

MEXICO, D.F.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1982



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis 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.

INTRODUCCION

El desarrollo de los estudios geomorfológicos en los últimos años ha tenido gran aplicación en diferentes disciplinas como la ingeniería civil, la ingeniería petrolera y minera y la edafología. En el campo de la ingeniería civil y en caso concreto, en la localización de vías terrestres, túneles, canales, ciudades, etc.

Por medio del análisis e interpretación de los procesos endo-exógenos se estudia el relieve en su origen y dinámica para su aprovechamiento actual y futuro.

En el presente trabajo se presentan los métodos geomorfológicos aplicados para el estudio de una pequeña porción (menos de 1,000 km²) del territorio mexicano; se analizan los eventos volcánicos que formaron las sierras del área en estudio, así como su disposición que refleja un antiguo patrón de zonas de debilidad de dirección NW-SE, E-W, (Terciario Superior), mientras que el volcanismo holocénico, se produjo cuando los materiales anteriores fueron afectados tectónicamente, por fallas profundas de dirección NE-SW, N-S, facilitando la salida de magmas basálticos que constituyen las formas del relieve más joven de esta área.

Se dan a conocer asimismo los resultados obtenidos en el transcurso de las investigaciones que realizó el autor, tanto en gabinete como en el campo. La zona elegi-

da - Tepejí del Río, México - queda comprendida en una amplia región que es objeto de estudio de un programa de investigación del Instituto de Geografía de la UNAM, donde fue desarrollado el presente trabajo.

La clasificación de las formas del relieve aquí expuestas, parte de la interpretación de éstas, como resultado de dos tipos de procesos: endógenos y exógenos, inseparables uno del otro. Pues estos últimos se presentan durante y después de las erupciones volcánicas, haciéndose más notables conforme pasa el tiempo. Simultáneamente, se produce el modelado del relieve, elemento que en parte puede considerarse un criterio útil para indicar la edad del relieve.

Es notable el desarrollo e importancia que los estudios geomorfológicos han tenido en los últimos años; sin embargo, en México apenas se están iniciando. La importancia y aportaciones de éstos, sobre todo en el apoyo a los estudios neotectónicos es muy grande; por ello, la necesidad de realizarlos en regiones tan significativas como el centro del país, donde se asientan las poblaciones más numerosas de México, mismas que enfrentan cantidad de problemas, como: escasez de agua, pérdida de suelos, abarancamientos, acarcabamientos, tierras malas y otros problemas son indispensables, ya que el conocimiento de éstos conduce hacia la evaluación del terreno de manera integral, y de utilidad práctica en la ordenación del espa-

cio mediante adecuado uso del suelo.

Derivado de esto y para realizar el estudio geomorfológico de la zona de Tepeji del Río, se plantean como objetivos fundamentales establecer:

- a) La morfología del relieve: la descripción de las formas del medio físico y su relación con la estructura geológica.
- b) El origen del relieve (morfogénesis).
- c) La historia de su desarrollo.
- d) Su dinámica actual y
- e) Las aplicaciones económicas.

I. GENERALIDADES

1. LOCALIZACION

El área en estudio que aquí se contempla, se circunscribe a la porción noreste del estado de México y al suroeste del estado de Hidalgo que corresponde a la hoja Tepeji del Río, de la cartografía de la Dirección General de Geografía del Territorio Nacional (antes DETENAL).

Es una zona de 937 km², superficie de la que el 40% corresponde al estado de Hidalgo y el 60% al estado de México.

Por sus características geomorfológicas se incluye dentro de la gran provincia morfotectónica del Sistema Volcánico Transversal. Los rasgos topográficos del área

en cuestión, se pueden considerar de dos tipos: a) Una parte montañosa que comprende las grandes estructuras volcánicas, situadas en el centro y suroeste de la hoja. b) Una porción de relieves bajos, que incluyen los valles de los ríos Tepeji y Coscomate. La gran planicie ondulada de la parte norte y finalmente, la zona de barrancos en el extremo sureste de la hoja.

El mayor porcentaje de los relieves bajos está ocupado por actividades agrícola-ganadera, muy importante para la población de aquí, misma que está distribuida de forma muy dispersa en el área de estudio, destacándose como poblados principales los siguientes: Tepeji del Río, Jilotepec de Abasolo, Chapa de Mota.

Los límites geográficos de la zona (Figura 1), están fijados por las coordenadas siguientes: $19^{\circ}45'$ y $20^{\circ}00'$ de latitud norte, $99^{\circ}20'$ y $99^{\circ}40'$ de longitud oeste.

2. ACCESIBILIDAD

El acceso a cualquiera de los sitios de interés dentro del área descrita es fácil, por lo que no hay dificultades para llevar a cabo los reconocimientos de campo y el trazo de secciones.

Se cuenta con una red muy completa de comunicaciones entre las poblaciones que conforman el paisaje humano de esta zona, cosa importante, porque permite el desplazamiento de una forma más fácil y rápida.



Las principales vías de acceso que atraviesan el área cartografiada son: la Autopista Federal México-Querétaro No. 57, como vía principal e importante; las carreteras estatales No. 10 Ixtlahuaca-Jilotepec, que se dirige de oeste a este; la estatal No. 13 Villa del Carbón-Jilotepec, de sur a norte. Además de confluir entre sí dichas carreteras, se complementan por una extensa y completa red de caminos vecinales, con direcciones muy distintas y de longitudes también variables, la mayoría de las vías está en buenas condiciones, otras están en peligro por la erosión.

3. MATERIALES Y METODOS DE ESTUDIO

La metodología aquí explicada considera los distintos tipos de morfología atendiendo a la interacción de procesos endógenos y exógenos, que nos van a permitir conocer la génesis, edad y evolución de dichas formas, así como analizar los distintos procesos geomorfológicos que se presentan en la zona. También se toma en cuenta el tipo y comportamiento de la litología, y las estructuras en que se presentan.

El material básico que se utilizó para este estudio consistió en juegos de fotografías aéreas escala 1:50,000 y 1:25,000, que cubren la Hoja Tepeji del Río (E14a18), de la cuadrícula usada por la Dirección General de Geografía del Territorio Nacional, escala 1:50,000. Con el

objeto de hacer el trabajo de fotointerpretación geológica y geomorfológica con sus respectivos mapas. Posteriormente se realizó un análisis morfodinámico y morfoestructural de dicha área.

Se utilizó la carta topográfica para la construcción de perfiles geomorfológicos, así como para determinar la profundidad de la disección del relieve. La carta geológica se tomó como apoyo, ya que después se hicieron algunas correcciones a la misma.

Finalmente, elaborado el fotomapa geomorfológico preliminar, se hizo la reinterpretación de las fotografías aéreas, con trabajo de campo para elaborar el mapa final.

4. ANTECEDENTES

Existen bastantes trabajos de carácter geológico-económico en áreas cercanas a la zona en estudio, sobre todo en su extremo oriental donde se localizan algunos distritos mineros de importancia.

De los trabajos regionales que cubren parcialmente la zona están los de Segerstrom (1961), quien sobre el suroeste del estado de Hidalgo, hace un estudio estratigráfico, en el que queda incluida la parte oriental del área en cuestión, y menciona las posibles correlaciones estratigráficas.

Fries (1962), establece la columna estratigráfica de la parte centro-meridional de México, uno de cuyos límites

septentrionales es la parte oriental de la zona neovolcánica y él supone que su actividad se inicia en el Plioceno, como resultado de un fallamiento tenue de tipo transcurrente, que cruza la corteza a lo largo de la fractura Clarión, definida por Menard. Asimismo, propone que se debe a la existencia de un cabalgamiento en dirección suroeste del territorio mexicano sobre la cuenca oceánica pacífica.

Mooser (1972), propone la existencia de dos importantes sistemas de fracturas NE y SW, respectivamente, así como su relación con el sistema de fracturas Clarión, como causantes de la Faja Volcánica Mexicana.

Demant (1976), del análisis geoquímico y petrológico de las rocas volcánicas de México, establece cuatro grandes provincias volcánicas, geográficamente localizadas, y cuya evolución es hasta cierto punto, distinta en el tiempo, sin embargo, éstas pueden ser simultáneas con una composición litológica parecida, sobre todo para el lapso Plio-Cuaternario, con excepción de la Sierra Madre Occidental. Esto hace pensar en un comportamiento geodinámico similar en México para ese tiempo, pero es problema todavía por investigar.

Algunos trabajos locales y precisamente con orientación geomorfológica, son las tesis de Oropeza (1976), Quero (1976), sobre porciones comprendidas en la Hoja Tepeji del Río.

Es conveniente aclarar que en este estudio no se pretende repetir algo ya hecho, tampoco corregirlo. Solamente se contemplan otros aspectos geomorfológicos y se analiza la estructura geológica con más detalle.

II MEDIO FISICO

1. OROGRAFIA

Con excepción de pequeños afloramientos de rocas sedimentarias en el extremo noreste del área cartografiada, en los alrededores de Santa María Ilucan, el porcentaje restante del relieve está constituido de rocas volcánicas y/o sus derivados.

Los aspectos morfológicos locales están representados en su mayor porcentaje por un relieve montañoso, después un relieve de planicies y valles. El primero corresponde a las estructuras volcánicas del Terciario Superior, destacándose los cerros Las Palomas, Ñote, Las Animas, Iglesia Vieja y El Castillo, entre otros. Todos parcialmente modelados por los procesos exógenos, mismos que se acentúan más en su vertiente oriental, donde se tiene una mayor densidad del drenaje y la disección es más profunda.

Del análisis de las fotografías aéreas se pueden reconocer los siguientes tipos de estructuras volcánicas:

a) Estructuras primarias, que son los grandes cerros antes mencionados. b) Volcanes terciarios, es decir, aquellos volcanes que se presentan aislados de los principales y son a su vez más pequeños.

Se presentan hasta tres conos juntos, localizados en el noroeste de la carta (ver hoja No. 4).

Por otra parte, existen conos erosionados, siendo éstos aquellos aparatos volcánicos que es difícil identificar como tales, pero que pueden cartografiarse y delimitarse por su estructura aún presente.

El relieve de aspecto nivelado, es en sí una planicie ondulada que comprende prácticamente toda la porción norte de la hoja, pasando gradualmente al valle del río Coscomate.

Después está la gran zona de barrancos en el extremo sureste de la hoja, cuya orografía, en parte, quizás se deba a fracturas pero sobre todo se detalla más adelante.

Todas las características hasta aquí descritas, ponen en evidencia ciertas intervenciones y/o cambios en el arreglo estructural que hace variar la fisiografía, no sólo de esta zona, sino de las adyacentes. Las formas montañosas, de Monte Bajo y Monte Alto limitan las cuencas de México y Tula en esta región.

Es notable como a partir de esta zona, tanto al norte como hacia el este, la fisiografía y rasgos geomorfológicos son distintos, lo que permite situar al área de estudio en el límite de tres provincias fisiográficas (geomorfológicas).

a) Sierra Madre Oriental, b) Sistema Volcánico Transversal, c) Altiplanicie Mexicana. Si bien es cierto que aún hay rasgos volcánicos más al norte y oriente de esta zona, es conocido que se trata de otro tipo de volcanis-

mo (Robin, 1976). Asimismo, se engloba en una provincia distinta (Demant, 1976). Anteriormente, Raisz (1964), prolonga más al norte de aquí, la última provincia, con lo que no está de acuerdo el autor.

2. HIDROGRAFIA

El arreglo hidrográfico de la región está caracterizado por redes de configuración radial, dendrítica y paralela, donde la mayor densidad corresponde a la primera y el ordenamiento espacial, tanto de ésta como de las otras redes, muestra los controles topográficos y lito-estructurales de las corrientes fluviales, ya que muchos de ellos se deslizan por fracturas, o bien, confluyen en otros que están controlados por tales rasgos.

Sin embargo, los escurrimientos, a pesar de dichas condiciones, han modelado de forma notoria la morfología de la zona de Tepeji.

El tipo de drenaje mencionado está integrado en dos grandes cuencas principales que son las cuencas de los ríos Coscomate y Tepeji, mismos que se inician en las elevaciones volcánicas del oeste de la hoja: cerros Las Palomas, Don Pancho, Xhidenxhi y Monte Bajo en el sur. Tienen como divisoria de aguas la Sierra de Jilotepec.

Asimismo, estas dos cuencas captan pequeñas sub-cuencas y pertenecen, a su vez, a la parte alta del río Tula, cuyo parteaguas occidental está en la porción oeste

del área de este trabajo.

Por otra parte, los cerros volcánicos de la parte sur de la Hoja Tapeji, forman el parteaguas noroccidental de la cuenca de México y sur del río Tula, a la que vierte sus aguas la primera en forma artificial.

Existe además, buena cantidad de almacenamientos de agua, que son alimentados por algunos de los escurrimientos ya indicados. El uso de los cuerpos de agua es en su mayor medida para fines agrícolas. En términos generales, se puede decir que, el arreglo hidrogfáfico de esta zona, está determinado por las características climáticas y la evolución de su modelado.

3. CLIMA, SUELO Y VEGETACION

Tiene gran importancia considerar las condiciones climatológicas que prevalecen en un determinado lugar de la tierra, ya que dichas condiciones tienen una influencia decisiva en la actividad de los procesos exógenos terrestres (procesos niveladores del relieve).

Pues si bien, es cierto que los efectos del clima no determinan en su totalidad estos procesos, sí condicionan en gran parte la rapidez de su desarrollo. Asimismo, el tipo de esculpido del relieve, depende del clima y es muy clara esta relación con la fisiografía resultante.

Precipitación y temperatura. La precipitación en la

zona de estudio se presenta en dos épocas, verano e invierno, siendo más importante la primera, pues aporta más del 90% de las lluvias, mientras que la segunda, aporta el resto. Esto explica por que el régimen pluviométrico es el de verano.

Como es normal, la precipitación y la temperatura están influidas por la orografía, tanto local como regional, ya que mientras las precipitaciones decrecen en forma general a partir de la Sierra Madre Oriental, hacia el oeste, las temperaturas aumentan, pero al llegar las masas de aire procedentes del Golfo de México a las partes elevadas de la Faja Neovolcánica, se dan cambios notables, pues la precipitación tiende a crecer de nuevo y la temperatura desciende, originándose cambios en los tipos de climas que llevan consigo cambios vegetacionales, edáficos e hidrológicos, causados por lluvias orográfico-convectivas.

La precipitación media del área es de 800 mm pero su distribución no es uniforme pues decrece de oeste a este, de 1,000 mm a 500 mm.

Por su parte, la temperatura decrece en sentido contrario de 18° C a 12° C, siendo la media de 16° C.

La relación de estos elementos y la topografía determinan que el clima cambie de húmedo a semiseco, y de acuerdo con la clasificación de climas de W. Köppen, modificada por García (1964), los climas del área son:

Templado intermedio por su humedad y régimen de lluvias de verano (Cw₁w b i). Templado, el más húmedo de los templados subhúmedos, lluvias en verano (Cw b i g). Cambian gradualmente a semiárido, el menos seco de los secos, templado por su temperatura, régimen de lluvias en verano (BS k ww' ig). (Ver Figura 2).

También como resultado de esas características climáticas, las asociaciones vegetales presentan un cambio de este a oeste, coadyuvando asimismo, en forma distinta, al desarrollo de los suelos, mismos que varían, tanto en la clase de suelo como en su espesor, y están más desarrollados en la zona montañosa del lado occidental, donde el clima es templado con asociación vegetal de encino, capulín y a veces pino. En el resto del área los suelos son muy delgados, sosteniendo una pequeña cobertura vegetal que en la sección oriental de la Hoja Tepeji es de matorral subinerte y pastizales.

Existen, asimismo, grandes sitios desprovistos de vegetación que han provocado la pérdida del suelo, acentuándose la erosión. Los suelos se han desarrollado a partir de material volcánico, presentándose procesos edafogénicos de podsolización en la parte oeste y de calcificación en la parte oriental.

CLIMAS

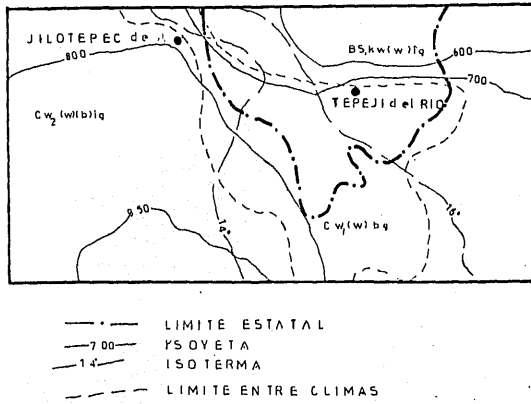


Fig. 2, REGIONALIZACION CLIMATICA
HOJA MEXICO, CLIMAS ESC 1:500 000 1970.

III GEOLOGIA

1. ESTRATIGRAFIA Y PETROGRAFIA

La secuencia de rocas que aflora dentro del área cartografiada, comprende el lapso del Cretácico Superior (Coniaciano), al Holoceno. Está representada por rocas sedimentarias marinas y depósitos continentales (volcano-clásticos) terciarios y cuaternarios.

La columna estratigráfica de la zona de estudio presenta varias interrupciones, como resultado de una historia geológica compleja que comprende el tiempo señalado.

Existen, por lo tanto, discordancias, lo mismo erosivas que angulares, en los límites de la Formación Mexcala y el Grupo Tarango.

Las rocas más antiguas que afloran al norte del área, son limolitas y lutitas interestratificadas y ligeramente filitizadas, de color gris claro, que intemperizan en amarillo. Corresponden éstas a la Formación Mexcala (Segers-trom, 1961) (ver Fig. N° 7).

Los nombres de las unidades litoestratigráficas Basalto Jilotepec, Basalto Pleistocénico y Pomicita Holocénica, son propuestos de manera informal por el autor. Asimismo, la restante litología del área aquí cartografiada, se trató de agrupar en formaciones ya existentes, y que por sus características podían quedar incluidas en aque-

llas formaciones.

De lo antes mencionado se destaca que son fundamentalmente los trabajos estratigráficos para el país, con la finalidad de uniformizar y eliminar nombres de formaciones cuando las características de las mismas lo permitan.

Formación Mexcala

Segerstrom (1961) cartografió al norte de Tepeji del Río una unidad litoestratigráfica constituida de limolita gris, con espesores de 5 a 15 cm, interestratificada con lutitas de 4 a 5 cm de espesor y algunos estratos delgados de grauvacas y concreciones de pirita.

"Estas rocas son más gruesas y calcáreas hacia la parte oriental de esta zona, que las de la parte occidental" (Segerstrom, op. cit.).

La expresión fisiográfica de la Formación Mexcala-Méndez es de pequeña loma y valles consecuentes, debido a que son poco resistentes a la erosión, intemperiza en color amarillo ocre, características que tienen bastante semejanza con las descritas para la Formación Mexcala, en los estados de Morelos y Guerrero definida por Bhnenberger (1955).

Segerstrom (1961), infiere que se da aquí un cambio de facies desde la Formación Mexcala arenosa hasta la Formación Méndez margosa; y en donde no es posible marcar

con precisión el contacto entre dichas formaciones porque es muy gradual.

Fries (1960), indica que "la fuente de material de la Formación Mexcala pudo ser de capas carbonatadas, provocado por una interrupción en la depositación pues la zona estaba en proceso de levantamiento".

Al sur de México, donde aflora la Formación Mexcala, descansa ésta sobre la Formación Cuautla, ya sea sobre la facies de banco calcáreo o sobre la caliza clástica (Fries, 1960).

Dentro del área en estudio no aflora la base de la Formación Mexcala, por lo que se desconoce su relación estratigráfica infrayacente. Pero es posible que sea la Formación Soyatal.

No existe sitio en el que la Formación Mexcala esté cubierta por depósitos marinos y la próxima unidad litoestratigráfica suprayacente puede ser cualquiera de origen continental, como lo es en este caso el Grupo Tarango, que presenta una gran discordancia erosional, ya que después del depósito de la primera, se da el evento compresional que formó las estructuras de orientación noroeste, quedando expuestos a los agentes externos y a nuevas deformaciones.

La edad de la Formación Mexcala con base en microfósiles foraminíferos (*Globotruncana* y *Globigerina*), así como en fósiles de Amonites texanites, permitieron a Se-

gerstrom (1960), datarla del Coniaciano inferior al Maes-trichtiano, en la localidad tipo.

En el extremo noreste del área que describe el autor, la Formación Mexcala aflora con un espesor de unos 200 m, representada por limolitas, calcarenitas de color gris claro en estratos desde 3 cm hasta 80 cm de espesor, interestratificada con lutitas en estratos de 2 a 5 cm. En las primeras se presenta estructura laminar y fracturas rellenas de calcita, algunas concreciones de pirita.

Toda la secuencia intemperiza en amarillo, el echado varía constantemente, lo que obedece al fuerte proceso tectónico que afectó a esta zona y ocasionó una gran deformación interna en la Formación Mexcala, como pliegues en chevron y numerosas fallas, tanto normales como inversas (Figura 3, Lámina 1).

Sobreyaciendo en discordancia erosional a esta unidad litoestratigráfica, está en conglomerado fluvial, con estratificación cruzada; en seguida, una capa de suelo residual, en la Mesa Grande y Mesa la Campaña.

En otros sitios como en la Mesa el Lindero y la Cruz sobreyace a ceniza volcánica, depositada en un medio lacustre (Figura 9).

Correlación estratigráfica.- La Formación Mexcala ha sido cartografiada en un área bastante grande y por su posición estratigráfica o por sus semejanzas litológicas se han descrito otras formaciones con las que se le ha corre-

lacionado. Tal es el caso de la Formación Mal Paso en Hueta-
mo, Michoacán, y la Formación Escamela Superior en Puebla,
y en el noroeste de Oaxaca se le conoce como Marga Tilan-
tongo.

Formación Jalpa

Fries (1962), designó Andesita Jalpa a la unidad cons-
tituida de andesita, a veces interestratificada con la For-
mación Tarango, y aflora a 20 km al sureste de Pachuca (ran-
cho Santa Ana). Se propone aquí un nombre más general, ya
que esta unidad comprende rocas de composición andesítica
y riolítica, rocas que dentro del área del presente traba-
jo, están asociadas a tobas de composición intermedia a áci-
da.

Andesitas.- Las andesitas, físicamente constituyen las
grandes estructuras volcánicas intensamente fracturadas y
falladas, como resultado de la actividad neotectónica.

En forma general presentan una morfología bastante di-
secada, variando la profundidad y amplitud de los valles,
a causa de ser relieves que por su edad han sido modelados
por los agentes exógenos, por más tiempo que los relieves
de la parte norte de la carta.

Existen afloramientos de materiales andesíticos en dis-
tintos lugares: los hay sobre la carretera, Chapa de Mota-
Jilotepec cerca de la presa Danxho, en las inmediaciones de
la presa Taxhimay, y en la carretera que va a la presa La

Concepción a 6 km de Chapa de Mota, entre otros.

En casi todos estos sitios se observan flujos andesíticos de color gris claro y oscuro, que al intemperizar presentan tonos rojizos. En los afloramientos apreciamos un sistema de fracturas que afectan a las rocas cuya orientación es entre NE 30 y NE 60.

Litología y petrografía.- Esta unidad consta de andesita típica, de textura porfídica, de color gris claro, con fenocristales de plagioclasa e hiperstena, visibles en el ejemplar de mano, en una matriz afanítica. También se presentan facies de lava de igual composición con textura afanítica.

Petrográficamente esta unidad está formada por rocas que contienen piroxenos y hornblenda. En sección delgada se observan grandes fenocristales subhedrales de plagioclasa (oligoclasa y andesina), en los ferromagnesianos predominan los piroxenos.

La textura es porfídica con una matriz afanítica, que a veces es merocristalina de grano fino, donde apreciamos una distribución más o menos igual de piroxenos y anfíboles.

Como alteración llega a presentarse, ocasionalmente, propilitización, ya que se observan minerales de hierro, calcita y quizás epidota; en pequeñas proporciones anfíboles con resorción magmática, es decir, la transformación del mineral en pequeños granos de plagioclasa y magnetita,

donde se aprecian fracturas que contienen calcita (Láminas 2 y 3).

Relaciones estratigráficas.- Considerando el tipo de rocas que integran esta unidad, su expresión fisiográfica y sobre todo, su posición estratigráfica, subyaciendo o interdigitada con el Grupo Tarango, se estima una edad Plioceno Medio (Fries, 1961). Por su posición estratigráfica se correlaciona con la Formación Las Cruces del Plioceno Medio-Superior según Schlaepfer (1968). Por la forma cónica de su estructura volcánica y la litología que los constituye, se estima que estos materiales fueron emitidos a través de conductos centrales mixtos.

Riolitas.- Estas rocas constituyen la mayor parte de las Sierras de Las Masas y Las Palomas. Al igual que en el caso anterior, éstas se asocian con tobas de composición ácida. Su morfología es en parte parecida a los relieves andesíticos, pero en la porción alta de la Sierra de Las Masas, constituyen vestigios de antiguos derrames de corta longitud; el modelado de éstos, por las corrientes fluviales, es muy grande y la profundidad de la disección es notoria. Los afloramientos de la roca riolítica están en la parte media de la Sierra Las Masas, presentándose como manifestaciones de poca fluidez (ver hoja N° 1).

Litología.- La roca es una riolita de textura porfídica, con matriz afanítica vítrea de color rojizo, con fenocristales de cuarzo, plagioclasa y feldespatos, micas

escasas o ausentes en el ejemplar de mano.

Estas rocas están afectadas por un sistema de fracturas semejante al que afecta a las rocas andesíticas con orientación NE 70 NE 20.

Relaciones estratigráficas.- En función de su expresión fisiográfica, posición estratigráfica y tipo de rocas que integran esta unidad, que sobreyacen a rocas intrusivas hipabisales, además de asociarse con las tobas de carácter ácido depositadas en las partes bajas de los cerros, es posible que sean del Plioceno Medio-Superior y que además correspondan a una emisión posterior y final a la erupción del material tobáceo que en parte les sobreyacen. Inferiéndose además que los materiales tobáceos se produjeron en estas estructuras volcánicas.

Grupo Tarango

A una secuencia de tobas, aglomerados, grava volcánica de origen fluvial, y capas delgadas de pómez, Bryan (1948), le da el nombre de Formación Tarango.

Posteriormente, otros autores (Mooser, 1962; Fries, 1960), emplean este nombre para describir secuencias litológicas, en parte parecidas a las descritas por Bryan, pero sin aclarar todavía del todo las relaciones estratigráficas, así como las características litológicas internas de dicha formación.

Considerando y comparando lo descrito por dichos auto-

res en áreas como la Cuenca de México, con los rasgos litológicos de la zona en cuestión, se opta por designarlo Grupo Tarango en lugar de formación, ya que se presentan rasgos muy notables dentro de las diferentes litologías que se han incluido bajo ese nombre. Pero sin delimitar aún las unidades que puedan constituir dicho grupo. Y es seguro que los fenómenos que lo originaron fueron semejantes y repetitivos, además de tener una amplia distribución geográfica.

Dentro de la hoja Tepeji, la secuencia piroclástica que se incluye en el Grupo Tarango es material tobáceo que aflora en varios puntos, estando mejor representado en la zona de barrancos que se ubica en la parte sureste de la hoja, en las inmediaciones de Tepeji del Río y Chapa de Mota. Hay también materiales depositados en un medio lacustre en la parte norte de esta área.

Son pues tobas arenosas, cuya textura gradualmente es más fina en dirección oeste-este. Contiene grandes y pequeños granos de pómez y vidrio, en algunos sitios estas tobas son algo líticas, en las que se presentan restos de basaltos y otras rocas similares a las tobas, que en sección delgada aparecen bien conservadas.

Sobre éstas hay un grueso espesor de arena tobácea de grano fino depositada en un medio lacustre, en el que se alternan capas delgadas de ceniza y polvo volcánico que intemperiza en color amarillo, y que por su textura y forma del depósito debió depositarse en forma de lluvia en un medio lacustre.

Sobreyaciendo a estas cenizas y de manera irregular, existen conglomerados aluviales de cantos redondeados y subredondeados de tamaño variable: los hay hasta de 40 cm de diámetro y en ocasiones de más. Dichos conglomerados se concentran en la parte este y sur de la hoja de trabajo.

Morfológicamente todos estos materiales forman grandes lomas de piedemonte, un caso claro es la planicie del extremo sureste de la carta con numerosos barrancos cuya fisonomía es un gran abanico aluvial, donde se presentan depósitos tanto gravitacionales como fluviales en su parte superior (ver hoja n° 1).

Litológicamente consisten de toba, con presencia de pómez, depósitos lacustres y fluviales, los primeros no muestran indicios claros de estratificación; esto es más notable en los dos últimos y en los depósitos fluviales de la parte superior, se ve diastratificación, observable en los poblados de La Cañada y San Ignacio Nopala, entre otros. Intemperizan en color amarillo claro y blanco, ocasionalmente se ven en tono café.

En sección delgada se observa una textura porfídica con fenocristales de cuarzo, plagioclasa, biotita y quizás piroxenos, en una matriz de vidrio sin orientación alguna y donde el material no está cementado (láminas 4, 5).

En la Hoja Tepeji son cuatro los miembros que pueden separarse:

a) Ceniza volcánica o toba arcillosa, que aflora a 4 km de la cortina de la presa Taxhimay, y desde ahí hasta el norte de Tepeji del Río. En ciertas partes está cubierta por suelo o por toba, es un material de color blanco que intemperiza en verde claro. Es probable que sea una ceniza volcánica depositada en un medio lacustre, que una vez alterada produce bentonita, material usado para producir cemento. Su espesor llega a ser de 20 m al este de la Mesa La Cruz.

b) Tobas de grano fino y medio con fragmentos de pómez, vidrio de tamaño pequeño y cuarzo, visibles en el ejemplar de mano, alcanza un espesor de unos 60 m en la zona de barrancos, disminuyendo hacia Tepeji del Río. En los valles de las presas Danxho y la Concepción el espesor de la capa de toba es muy delgado.

c) Capas lacustres. Integradas por sedimentos volcánicos de grano medio a fino, cuyas características de depósito (estratos horizontales, estratificación gradada), indican la existencia de un antiguo ambiente de depósito lacustre, cuya extensión dentro del área de estudio fue grande y queda ubicada en su porción oriental, limitada al oeste por la Sierra de Jilotepec.

Consiste de repeticiones de capas de arena volcánica en espesor promedio de 200 cm, con estratos de ceniza volcánica depositadas también en un medio lacustre y potentes depósitos de cauce. El espesor de toda la secuencia es de

aproximadamente 50 m. El color en que intemperizan las capas lacustres es variado pero en general amarillo y café.

En la población de Santa María Atzacapotzalco, existen estratos de color oscuro con gran contenido de materia orgánica, lo que muestra que en esa parte la zona lacustre por su humedad contenía mucha vegetación.

Comparando la posición de los estratos en los cortes de la carretera, se aprecia que el depósito era de W-E. Es decir, la parte más profunda del lago estaba hacia el NE de la población antes citada, y las condiciones paleoclimáticas debieron ser subhúmedas.

Este paquete sobreyace en su mayor parte a la litología del inciso (a), y localmente a las tobas anteriores.

d) Depósitos de conglomerados, estos están bastante erosionados pero se conservan pequeños indicios en la parte oriental, donde se aprecia la gran potencia que alcanzaron. En la vertiente sur de la Sierra de Jilotepec todavía conservan gran tamaño. Estos depósitos sobreyacen a las secuencias ya descritas.

Relaciones estratigráficas. Toda esta secuencia está sobreyaciendo a la Andesita Jalpa, aunque quizás en algunos sitios se interdigitan, pero todas las relaciones estratigráficas encontradas en el campo son sobreyacientes. En forma de discordancia erosional le subyace la Formación Mexcala en el valle del río Coscomate, en la Mesa La Cruz.

Como no se han encontrado fósiles en estos sedimentos,

su edad precisa no se tiene, pero por su posición estratigráfica, y por su correlación con otras unidades como son la Formación Atotonilco y Formación Cuernavaca, que se le asemejan en litología y equivalencia en tiempo (Fries, 1961), se le atribuye la edad del Plioceno Superior al Pleistoceno inferior.

Origen. Por el tipo de material es posible suponer etapas de actividad volcánica explosiva con emisiones de diferentes materiales de composición similar y es casi seguro que estas tobas y cenizas volcánicas se originaron en los volcanes de las Sierras de Las Mesas y Las Palomas en emisiones repetitivas. Los conglomerados podrán corresponder a lahares de estos mismos.

Basalto Pleistoceno

Segerstrom (1961), ya consideró estos derrames basálticos que están en la parte noreste de la Hoja Tepeji, y sobreyacen a los materiales del Grupo Tarango. Son derrames lávicos de estructura vesicular, textura porfídica en matriz afanítica, fenocristales de plagioclasa y augita en la muestra de mano.

La roca es de color oscuro, presenta fracturas de dirección NE 50, sus características morfológicas son de conos ligeramente redondeados y disecados por la erosión, sobre todo en donde hay influencia de fracturas.

Relaciones estratigráficas y edad. Por la posición es-

tratigráfica en que se encuentra se puede indicar que la edad es pleistocénica, ya que sobreyacen al Grupo Tarango.

Por otra parte, el modelado que presenta, y comparado con otros cuerpos volcánicos aún más antiguos, permite indicar que es relativamente joven.

Pomicita Holocénica

Bloomfield (1974), cartografió dos secuencias de material pomítico en el Nevado de Toluca, volcán de tipo compuesto cuya última manifestación fue hace unos 11,600 años que él denominó Pomicita Toluca Superior.

La emisión consistió en explosiones violentas, arrojando pómez que se extendió en un área de 1,170 km². En la parte centro-norte del área que comprende este trabajo aflora un material en espesor de 10 m aproximadamente, en el que su parte superior es semejante al que constituye la Pomicita Toluca Superior, en el Km 80 de la carretera a Querétaro. Es un paquete formado de polvo pomítico y cantidad de vidrio de distintos tamaños, el de la parte superior es de unos 2 cm y en su parte inferior los hay de 5 cm.

Considerando que este paquete de material piroclástico no presenta indicios de erosión, y por el parecido que su parte superior tiene con la Pomicita Toluca Superior, así como por su posición estratigráfica, se ha con-

siderado correlacionarla con esta última. Pero quizás ésta corresponda a manifestaciones volcánicas menos alejadas a la zona, pero equivalentes en el tiempo? Aspectos que habrá que comprobar posteriormente.

La edad de la Pomicitá Toluca Superior fue establecida por medio de K, Ar, en 11,600 años (Bloomfield, 1974).

La Pomicitá Holocénica subyace concordantemente a la unidad litoestratigráfica basalto Jilotepec.

Basalto Jilotepec

Esta unidad se encuentra constituida de derrames de basalto, brecha y flujos escoriáceos de la misma composición y hasta ahora no ha sido descrita en trabajo geológicos.

A diferencia de las unidades anteriormente descritas en ésta, se presentan los aparatos volcánicos bastante bien conservados, con un desarrollo incipiente de la red fluvial, debido a que se trata de volcanes jóvenes.

Por la morfología que distingue a los flujos de estas lavas y sus aparatos, se pueden comparar con las coladas pertenecientes a los volcanes tipo escudo y cubre un área aproximada de 100 km².

Los conos están bien conservados, presentándose sólo en las partes bajas de los mismos, rasgos incipientes de drenaje que va configurando con carácter radial, mismo que ha profundizado más hacia el resto de la planicie for-

mada por los flujos de lava.

Esta secuencia basáltica aflora en toda la porción norte del área cartografiada, con excepción de una pequeña franja en la parte noreste de la misma y está cubierta en partes por piroclastos de la misma composición.

Litología y petrografía.- La lava es de color gris oscuro; las capas de escoria volcánica se presentan en las partes cercanas a los cuerpos volcánicos, extendiéndose un poco hacia la presa Danxho. La capa escoriácea se compone desde fragmentos pequeños hasta bloques de más de un metro, en una matriz de ceniza y algo de vidrio, todo de color rojo.

Los espesores de esta unidad son desde 150 cm hasta 10 m, ya que el espesor es menor a medida que se aleja del centro eruptivo.

El basalto es porfídico con matriz afanítica, fenocristales de plagioclasa y augita, visibles en el ejemplar de mano, las coladas son del tipo pahoehoe siendo más vesiculares en su porción superior, subyaciendo a capas de suelo de unos 80 cm de espesor, derivado de material piroclástico.

La unidad consiste de basalto de augita, olivino, algo de hornblenda, fenocristales de plagioclasa; tiene estructura vesicular, disminuyendo la densidad de vesículas con la profundidad.

La roca de esta unidad, observada al microscopio,

muestra fenocristales de augita y olivino en una matriz vítrea de color café; se ven microlitos de andesina. Las plagioclasas abundantes son oligoclasa y labrador, en fenocristales subhedrales (Láminas 6, 7).

Relaciones estratigráficas y edad.- Las rocas de la unidad litoestratigráfica Jilotepec, sobreyacen en forma concordante a la Pomicitá Holocénica misma que se correlaciona con la Pomicitá Toluca Superior datada en 11,600 años por Bloomfield (1974). En razón de eso, y por su expresión fisiográfica muy parecida al basalto Tenango, datado por Bloomfield (1973), la edad de la unidad Basalto Jilotepec sería del Holoceno.

Depósitos Aluviales del Cuaternario

Son materiales derivados de los relieves superiores afectados por los procesos exógenos y son depositados en los fondos angostos de los valles de los ríos, consisten en arenas y materiales clásticos de espesores variables (ver hoja No. 1).

Rocas intrusivas

Este grupo está representado aquí por rocas de carácter ácido de textura porfídica, de grano grueso y muy alteradas, afloran en la Sierra de Las Masas, en su parte oriental, a 500 m de Chapa de Mota sobre la carretera a

Villa del Carbón, y por el lado oeste frente a la presa La Concepción. Considerando que la litología y los rasgos morfológicos de la Sierra de Las Palomas son muy semejantes a los de la Sierra Las Masas, se infiere que posiblemente este material intrusivo afecte también a esa estructura, pues no se encontró afloramientos de estas rocas en ella.

Los afloramientos son masivos, bastante alterados por el intemperismo químico y físico y están afectados por diaclasas de dirección NE. Se trata pues de una roca intrusiva de poca profundidad (somera), con tendencia ácida de textura porfídica hipidiomórfica en una matriz de color café; los fenocristales de plagioclasa sódica y feldespato potásico, constituyen más del 50% de la matriz, y con tamaño de hasta 5 mm.

Todo el material está muy epidotizado y sustituye a la plagioclasa y a los minerales máficos, de los que seguramente la biotita es el principal. Raramente se ve cuarzo, y debido a que los ferromagnesianos están muy alterados no es posible apreciar cual es el que predomina sobre los demás.

Con los datos aquí expuestos es difícil dar un nombre exacto al tipo de roca analizada, pues se carece de una sección delgada de las muestras, pero se pretende cartografiar a detalle esta zona en un trabajo posterior. Es posible que se trate de un pórfido riolítico, pero aquí só-

lo se designa como pórfido félsico epidotizado.

Relaciones estratigráficas.- Estas rocas están subyaciendo a derrames riolíticos en la Sierra Las Masas, desconociéndose su posición en la Sierra de Las Palomas. Las partes en que aflora es donde las rocas suprayacentes han sido erosionadas.

Se piensa que el emplazamiento de estas rocas es en forma de troncos radiales, pero habrá que comprobarlo con estudios de mayor detalle. Por otra parte, existe una caldera en la Sierra de Las Palomas situada frente a la presa La Concepción. En tal estructura se aprecia un pequeño domo cuya composición química es también de tendencia ácida.

La edad de estas rocas debe ser casi simultánea a los derrames riolíticos del Plioceno Superior.

Algo importante también es que esta litología no se había reportado hasta ahora en trabajos geológicos, quizás porque no aflora en grandes superficies. Pero por fotointerpretación y trabajo de campo es posible cartografiarla dentro de la zona, aunque no totalmente, lógicamente se requiere más detalle todavía para cartografiar bien estos intrusivos someros.

2. TECTONICA

Para poder entender las características tectónicas de esta zona, es necesario relacionarlas, en parte, con los

acontecimientos tectónico-volcánicos que determinaron y originaron el Sistema Volcánico Transversal. En esta región han actuado los procesos endógenos con gran intensidad durante el Neógeno, dando como resultado a través de la actividad ígnea, las grandes formas del relieve volcánico de esta unidad morfotectónica.

Los rasgos estructurales locales más notables son las fracturas con rumbo NE-SW, N-S; en parte similares a los de la Faja Neovolcánica. Pero los rasgos locales quizás surgieron en el Terciario Superior y continuó la actividad hasta el Holoceno.

En el Sistema Volcánico Transversal los lineamientos son predominantemente NW-SE, NE-SW, W-E. Este último en la parte de Chapala, por la orientación de los lineamientos se puede indicar que tales rasgos derivan del choque de las placas Farallón y Americana.

Por otra parte, se puede decir, en función de la distribución, rumbo y densidad de los lineamientos, obtenidos por Guerra-Peña (1975), que éstos surgieron de esfuerzos orogénicos regionales desarrollados en una etapa postorogénica, en la que la estructura regional experimenta movimientos de ajuste (fracturas) como ciclos de estabilidad (descanso) que se deben, en esencia, a esfuerzos de tensión y levantamiento, dando paso libre a las lavas.

Esto parte de la condición de que a partir de los geosinclinales se originen montañas debido a su plegamien-

to, y que deben estar asociadas con partes frágiles de la litosfera (Mattauer, 1976). El geosinclinal de México se plegó durante la Orogenia Laramide de fines del Cretácico. Posteriormente a este evento, la corteza terrestre presenta dichos descansos, produciéndose así las zonas de debilidad que favorecen el desarrollo del volcanismo en distintas etapas.

Observaciones importantes, en parte, complementan los planteamientos de Atwater (1970), Demant (1976), que indican que el volcanismo oligo-miocénico de tipo calcoalcalino, ligado a la fase comprensiva desarrollada a lo largo de la costa del Pacífico Oriental es producto del choque entre las placas Farallón y Americana.

Después de una etapa de supuesta quietud, los efectos tectónicos se presentan de nuevo, ahora asociados al choque de las placas Americana y Cocos. La Faja Neovolcánica adopta así su forma zigzagueante, que es esencialmente una respuesta al choque de dichas placas, ya que cuando éstas son sometidas a compresión, deben ser justamente las partes de debilidad las que se deformen, creando por consiguiente, fracturas y fallas, pues dicha subducción debe ser diferente en cada punto, además de afectar a rasgos ya preexistentes dejados por el choque de las placas Farallón y Americana (ver Fig. 4).

Esta nueva actividad tectónica según Fries (1960), motivó fallas casi verticales que dieron lugar a derrames

basálticos, y la erupción de estos materiales bloqueó las cuencas de algunos ríos, originándose cambios en su dirección o bien cuencas cerradas.

Por otro lado, estos mismos movimientos crearon una serie de fosas tectónicas que se distribuyen de manera irregular con dirección E-W, el área de Tepeji del Río quedó situada en los límites NW de la cuenca de México, contribuyendo al cierre de la última. Por su parte, el río Tepeji labró su salida hacia el oriente de esta área, colaborando con su caudal a la salida del río Tula, cuenca que también quedó cerrada.

3. GEOLOGIA HISTORICA

El primer evento registrado en la región es el depósito de materiales sedimentarios, arena, arcilla y limos, que constituyen la Formación Mexcala, depositados en medios marinos de baja energía.

Fries (1960), indica que en el Cenomaniano Tardío se presentan ligeros levantamientos en la parte central de México, seguidos de una sumersión, posiblemente desde el Turoniano hasta el Maestrichtiano, tiempo durante el cual se depositan capas de calcarenita, calcilutitas interestratificadas con lutitas, materiales aportados de la parte occidental de México que se levantaba.

No existe una datación exacta del cese de la depo-

situación de esta formación, pero con base en los datos paleontológicos se estima que fue en el Maestrichtiano Temprano, en que se levantó definitivamente.

Los poderosos movimientos orogénicos que se suscitaron a fines del Cretácico y principios del Terciario, como resultado del choque de las placas Americana y Farrallón (Demant, 1975), afectaron sólo al material sedimentario marino que hoy aparece plegado formando la Sierra Madre Oriental.

Después del levantamiento y transcurrido cierto tiempo, los agentes exógenos en su continuo trabajo modificaron las características físicas de dicha región. La deformación intensa de las rocas cretácicas sucedió quizás durante el Eoceno, pues en esta región fue intensa la actividad y se prolongó hasta el Plioceno (ver Fig. 5).

El drenaje era probablemente exorreico, después se presentan movimientos de reajuste (Tafrogénesis) que los transforman en endorreicos con el consiguiente desarrollo de lagos.

Después del intenso plegamiento de principios del Terciario, se originan esfuerzos tensionales, formándose zonas de debilidad, y a través de ellas, la actividad volcánica hizo sentir su acción invadiendo con sus productos algunos sitios. Los materiales se manifestaron en repetidas ocasiones, acentuándose a partir del

Terciario al Cuaternario (lapso más conocido).

En el área que cubre este trabajo, la actividad volcánica se inició en el Plioceno Medio, con la extrusión de materiales andesíticos y riolíticos que constituyen la Sierra de Monte Bajo rocas volcánicas más antiguas de esta zona.

A fines del Plioceno se da una reactivación de las fallas del Sistema Volcánico Transversal, y en el área en cuestión surgen por tal evento fracturas de dirección NE-SW, N-S, permitiendo la salida del material volcánico en efusiones simultáneas de andesitas que forman las sierras que limitan la cuenca del México y forman cuencas cerradas con régimen lacustre.

"Después de las extrusiones volcánicas del Plioceno medio se presentan variaciones climáticas, húmedo-áridas, que favorecen la erosión del relieve volcánico produciéndose los materiales que constituyen el Grupo Tarango, depositados en amplios valles por agentes fluviales (Fries, 1960)".

Estos materiales, en parte se interdigitan con las rocas andesíticas anteriores debido a que se dieron antes de que terminara la actividad volcánica.

En el Pleistoceno se produjo la extravasación de rocas volcánicas sobre el Grupo Tarango mismas que se aprecian hoy algo modificadas por la erosión.

Ya en tiempos holocénicos, cuando los materiales an-

desíticos fueron fracturados, ahora por fallas profundas de dirección NE-SW, N-S (Demant, 1975), que seguramente llegan al manto superior y facilitan la salida del magma basáltico subcortical por varios puntos, se formó la Faja Neovolcánica, derivándose de aquí el basalto de la unidad Jilotepec que está bastante conservado.

Los depósitos aluviales y clásticos lacustres del Cuaternario derivan de los relieves superiores constituidos por la litología ya descrita, que afectados por procesos exógenos han originado depósitos aluviales y proluviales en los angostos fondos de los valles de los ríos y las faldas de los cerros.

IV. GEOMORFOLOGIA

El estudio de las formas de la superficie de la Tierra puede tener objetivos distintos y éstos pueden ser una descripción del paisaje contemplado como algo estático (fisiografía), o bien, su aspecto dinámico (geomorfológico).

Por lo anterior, las formas topográficas pueden también analizarse genéticamente, lo que significa ya el estudio geomorfológico.

Se puede decir que la geomorfología es el estudio de las formas del relieve desde el punto de vista de su génesis, evolución, edad y morfología. Asimismo, se apoya en varias disciplinas para poder explicar mejor el relieve. Como señala Guerra-Peña (1980): "el activo trabajo que una serie de agentes - que Walther Penck (1927), denominó endógenos, productores de levantamientos y hundimientos y exógenos, destinados a destruir esas formas originales - llevan a cabo de un modo ininterrumpido y extraordinariamente eficaz, modelando continuamente las formas que integran la topografía, considerando tal paisaje en su aspecto dinámico".

1. MORFOLOGIA

Los rasgos más sobresalientes de la hoja Tepeji son:

a) Una zona montañosa que se ubica en el centro y suroeste de la carta con una orientación SW-NE, con una longitud de unos 30 km, y comprende aproximadamente el 50% de la superficie de la hoja.

Está integrada por numerosos volcanes andesíticos y riolíticos, que como resultado de su actividad efusiva y del tipo de material que los constituyen, forman un relieve montañoso de bastante altura, con una altitud media de 2,700 m.s.n.m. Los puntos más altos están en la Sierra Las Palomas y corresponden a los cerros La Virgen y Las Palomas con 3,350 y 3,340 m.s.n.m., respectivamente.

Su morfología está determinada por las acumulaciones volcánicas y los procesos exógenos que las han modelado de distinta forma, y que ocasionan en algunos sitios cambios en la pendiente del relieve montañoso, al mismo tiempo que se incrementa la cantidad de valles erosivos, algunos más profundos que otros, como se verá después.

Las pendientes dentro de la zona montañosa, son fuertes, atenuándose a medida que se pasa gradualmente a las partes planas y en ocasiones el cambio de pendiente es muy brusco de la montaña a la planicie.

b) Una planicie acumulativa, situada en el norte de la carta, representando aproximadamente el 25% del área con una orografía ondulada de pendiente débil, des-

cendiendo suavemente hacia el lado oriental. En la superficie de esta planicie se delimitan perfectamente dos coladas de lava, cuyos bordes están redondeados y cubiertos en algunos sitios por suelos volcánicos. La parte oriental de la planicie presenta un aspecto topográfico de mesas de rocas basálticas coronando a rocas sedimentarias de débil resistencia a la erosión y tobas, en Las Mesas se presentan bruscas rupturas de la pendiente, de débil a fuerte, propiciado por las fracturas que las afectan.

La altitud media de toda esta planicie es de 2,400 m.s.n.m., siendo la mayor elevación el cono volcánico de Xhidenxhi, con 2,800 m.s.n.m. La configuración de la red fluvial es paralela y con dirección W-E, es incipiente por su profundidad, salvo en la cañada que limita a esta planicie en su extremo sur, con una longitud de 4 km y una profundidad promedio de 40 m.

c) Una amplia zona de piedemonte, constituida prácticamente de depósitos proluviales, bastante disecados por barrancos de diferente profundidad y longitud. Comprende el 20% de la superficie de la carta y tiene una altitud de 2,350 m.s.n.m. La topografía aquí, está caracterizada por una planicie muy disecada tanto en su extremo sur como en el este de la hoja, por barrancos cuya profundidad va desde 5 m hasta más de 80 m.

Los valles aluviales de los ríos Tepeji y Coscomate

tienen una dirección SW-NE, W-E, respectivamente; la amplitud de dichos valles es aproximadamente de 400 m y su topografía suave se ve interrumpida por pequeñas terrazas, sobre todo en el río Coscomate, cerca de la población de San Lucas Teacalco.

La diferencia de elevaciones de estos valles con la planicie de piedemonte es de 100 m; dicha planicie termina en forma abrupta, dando paso inmediato al valle del río Tepeji, mientras que hacia el río Coscomate el paso es gradual, esto es, la pendiente desciende en forma más suave hacia este río. Los valles están a una altitud de 2,100 m.s.n.m.

2. MORFOGENESIS

Como ya se explicó antes, el campo volcánico de esta zona forma parte de la Faja Volcánica Mexicana, y el volcanismo aquí es de edad Plioceno Tardío-Holoceno, al que corresponde la mayor parte del relieve del área.

Si la Faja Neovolcánica Mexicana se compone de varios estratovolcanes andesíticos mayores y miles de volcanes monogenéticos pequeños de andesitas basálticas, de edad Oligoceno-Holoceno, ligados a fracturas N-S, W-E, respectivamente (según K. Bloomfield, 1975), en el área aquí analizada tal volcanismo está también representado por ese tipo de erupciones, como se verá más adelante.

En la zona aquí cartografiada se pueden reconocer

las siguientes formas del relieve:

a) Las pertenecientes a los Sistemas Volcánicos del Plioceno Superior-Cuaternario.

b) Planicie transicional de piedemonte de origen deluvial y proluvial.

c) Valles intermontañosos y valle acumulativo de nivel de base local. Dichas formas guardan una relación estrecha en el tiempo y en el espacio.

En el tiempo, las erupciones volcánicas se sucedieron unas a otras con espacios relativamente cortos. Eso impidió que en algunos sitios se formaran superficies de erosión, o al menos son muy tenues por la resistencia de las rocas a los fenómenos erosivos que no eran del todo intensos (en la zona).

En el espacio, porque en el área aquí descrita dichos materiales presentan una distribución marcada y se correlacionan con su evolución en el tiempo, sobre todo por su morfología.

La descripción de dichas unidades en este análisis geomorfológico se inicia a partir de la clasificación genética del relieve y se reconocen aquí los siguientes tipos principales del mismo.

I Relieve Endógeno

1) Volcánico-Acumulativo

a) Coladas de lava

b) Conos volcánicos

II Relieve Endógeno Modelado

2) Volcánico-Denudatorio

III Relieve Exógeno

3) Erosivo

4) Denudatorio

5) Relieve Acumulativo-Erosivo

6) Acumulativo a) aluvial

b) deluvial

c) proluvial

Esta clasificación parte de la concepción de la formación del relieve a partir de dos tipos de procesos íntimamente relacionados: los endógenos y los exógenos. En la superficie terrestre se encuentran formas originadas por uno u otro proceso, aunque mejor dicho, uno dominando sobre el otro. En el caso del relieve endógeno, las formas resultantes pueden ser originadas por movimientos tectónicos que dan lugar a plegamientos o rupturas de las rocas, o bien, a formas magmáticas de origen intrusivo o extrusivos.

Cuando las formas pertenecientes al relieve endógeno han sido modeladas en grado considerable por la erosión, pasan a la categoría del relieve endógeno-modelado. Donde quedan comprendidos principalmente los tipos de relieve tectónico-denudatorio y volcánico-denudatorio.

En la categoría de relieve exógeno se agrupan a to-

dos las formas originadas por la erosión (barrancos, valles, circos) y por la acumulación (conos de deyección, mantos deluviales, llanuras aluviales, etc.).

Todo lo anterior no significa que la superficie terrestre la contemplemos a partir de porciones aisladas sin relación entre sí como se ha mencionado ya antes, su comprensión sólo es posible analizando los factores de tiempo y espacio.

En el análisis del relieve consideramos tres elementos inseparables: agente, proceso y forma. En el primer caso tenemos el sustantivo (agua, viento, hielo, etc.); en el segundo, la acción por medio de la cual se manifiestan: intemperismo, erosión y acumulación y finalmente, en el tercero, las formas resultantes (terrazas, barrancos, etc.). Aunque se ejemplificó en la categoría exógena, es también válida esta clasificación para la categoría endógena. Sin embargo, la definición de los agentes, en este caso, es algo mucho más compleja.

1) Relieve volcánico-acumulativo.- Se incluyen aquí a las formas del relieve originadas por procesos endógenos, mismos que a través de la actividad volcánica dan lugar a una serie de formas del relieve muy variadas. Se contemplan los volcanes que no han sido transformados sustancialmente por los procesos exógenos, de tal manera que conservan su forma original.

De acuerdo con Belousov (1974), es de considerarse

que las particularidades morfológicas y estructurales de las construcciones volcánicas dependen de muchos factores como la composición del material magmático eruptado (determinando su viscosidad y fluidez), de las condiciones tectónicas (fisura o conducto central), del ambiente paleogeográfico (relieve, clima). En esta unidad geomorfológica se pueden delimitar las siguientes formas.

Conos volcánicos.- Compuestos esencialmente de piroclastos. Cubren manifestaciones iniciales de lava, y son 12 los conos ubicados en la porción norte de la hoja Tepeji en un área de 30 km² aproximadamente. Es notable su alineamiento de S-N, el que coincide con el patrón general de la zona. Esto indica que tal emplazamiento está controlado tectónicamente.

Inmediatamente después de la propia estructura del cono volcánico se extienden amplias laderas de pendiente suave de 3°, las que en ciertos sitios se pueden delimitar por cambios rápidos en la pendiente, pero su extrema juventud y la poca inclinación no ha favorecido la acción de los agentes exógenos de manera significativa.

Coladas de lava.- Debido a que son estructuras muy jóvenes, seguramente holocénicas, se han podido delimitar dos de ellas, ambas están cubiertas por materiales piroclásticos, pues hay sitios donde están aflorando como causa de ser depósitos originales o porque la erosión las ha descubierto (ver hoja N° 2); las primeras son (a) Coladas

de lava de clara expresión, con una superficie de roca fresca y las márgenes del derrame, como las de flujo, están bien marcadas y preservadas, y las segundas (b) coladas de lava de rasgos semejantes a la anterior, pero de menor dimensión que aquella, y con un espesor mayor de piroclastos mismos que han favorecido el desarrollo de un suelo fértil.

El suelo que existe en las dos coladas anteriores es cultivado intensamente. El aspecto morfológico de las lavas manifiesta una fluidez, emplazándose en flujos delgados, el modelado erosivo que llega a presentarse es de barrancos incipientes en toda la unidad.

2.- Relieve volcánico-denidatorio.- Se refiere a formas de origen también volcánico, pero incluidas en una categoría intermedia endo-exógena porque el material ígneo está bastante afectado por los procesos exógenos, que le han imprimido otro modelado; siendo el agente principal de la nivelación, el de las aguas superficiales, que en parte son controladas por la acción de la gravedad y por las fracturas.

Los rasgos más conspicuos de la zona en estudio son los conos volcánicos que deben relacionarse con fracturas profundas de la corteza terrestre, aunque dichas líneas estén sepultadas por los productos extrusivos.

Además como se puede ver en la hoja N° 4, como casi todos los volcanes aparecen concentrados en un área del

centro de la hoja, con dirección NE-SW, SE-NW, y de acuerdo con Araña (1974), los cuerpos andesíticos nos indican la existencia de fallas profundas, pero más someras que las de los basaltos, y en relación directa a la fluidez de sus lavas, constituyen estructuras volcánicas de mayor elevación.

Quedan entonces incluidas en este apartado las formas volcánicas que han perdido su expresión original, debido a los procesos denudatorios y erosivos. Es decir, las laderas montañosas disecadas por valles erosivos, a causa de que, tanto la longitud, formas y profundidad de dichos valles presentan variaciones dentro de los mismos y asimismo, se efectúan dos procesos modeladores principales, dentro y a lo largo de los valles. Estos procesos son la erosión y la acumulación.

De esta manera se originan los relieves siguientes:

3) **Relieve erosivo.**- Se han considerado aquí las formas que deben su origen a la acción de las corrientes fluviales, y son aquellas de los valles erosivos ya citados. En el presente estudio se les ha clasificado también en función de su profundidad, misma que varía tanto zonalmente como en la longitud de los valles.

Son cuatro las categorías reconocibles y son las siguientes:

a) Barrancos incipientes.- Son aquellos cuya profundidad es menor de 5 m y quedan comprendidos prácticamente

en la cabecera de muchos valles, por tanto, son incipientes en un tramo muy pequeño de la ladera. Su acción erosiva es aún débil.

b) Barrancos de hasta 20 m de profundidad.- Este tipo, en su mayoría, corresponde a corrientes subsecuentes y afluentes más desarrollados en diferentes altitudes de las estructuras montañosas, pues su desarrollo no es específico de un sitio determinado del relieve. Su configuración es radial en la parte montañosa, característica de este tipo de relieve.

Su actividad erosiva es significativa sobre todo en temporadas de lluvia, desarrollándose el proceso de erosión vertical y remontante con profundización del barranco y poca ampliación del mismo.

c) Barrancos de 20 m a 80 m de profundidad.- En su mayoría están representados por los cauces principales, así como por numerosos afluentes, en los que la erosión vertical ha sido muy favorecida, y se presenta en un grado diverso de intensidad, pero también se alterna con la erosión lateral. Su origen, en parte es controlado por formas disyuntivas.

d) Barrancos mayores de 80 m de profundidad.- Este tipo de barrancos se localiza en toda la parte central y sur de la zona en cuestión, cortando los materiales volcánicos, y en parte los depósitos de piedemonte.

Las orientaciones de los barrancos presentan varia-

ciones, por ejemplo, muchos son rectilíneos, semicirculares, otros muy irregulares. En todos los casos sus laderas son abruptas y sus fondos estrechos, realizando una intensa actividad erosiva en sus cauces. Siguen profundizándose pero se presenta también la erosión lateral en muchos casos. Tanto la configuración, como la orientación y profundización, están determinadas, al igual que en los tres tipos de barrancos anteriores, por fenómenos tectónicos. Su presencia señala indirectamente un relieve más antiguo (ver hoja N° 3).

A reseña de que después se detallará más sobre lo anterior, hay que destacar las características geométricas de las pendientes de las laderas para esta categoría de barrancos, en la que se intercalan formas cóncavas y rectas, como resultado de la relación entre movimientos tectónicos y erosivos.

De una manera estimativa se puede decir que existe un dominio notable de las formas cóncavas y convexas, siendo menor el de las rectas. Las laderas convexas se asocian casi siempre a las tres primeras categorías de barranchos, mientras que las cóncavas a la última.

Las pendientes rectas se asocian a los tipos señalados en los incisos b, c y d. Esto como consecuencia de fenómenos tectónicos principalmente.

4.- Relieve denudatorio. Comprende las áreas en las que predominan los procesos gravitacionales, corrimiento de tierra, remoción de materiales, debido a escurrimientos

y escorrentías. Como resultado de ello se han desarrollado dos formas elementales:

Circos y escarpes de denudación; cuya distribución geográfica en la zona es muy grande, sobre todo la primera.

Circos.- Se forman en las cabeceras de las corrientes, sitios en que es y ha sido fuerte la erosión de tipo regresivo, y donde como resultado de este tipo de erosión, sus cabeceras tienden a coalescer. De esta manera amplían el valle, que adquiere una forma de anfiteatro. Se da así una combinación de procesos erosivos de las escorrentías, deslizamientos y remoción de los materiales de manera intensa en la cabecera del circo, que evoluciona según sea la intensidad de éstos, ya que normalmente las pendientes en que se desarrollan éstos, es mayor de 30%. Este elemento es importante, pues influye en la ampliación y coalescencia de los valles misma que en la zona en cuestión ha formado "calderas" de erosión (unión de varios estos valles). Término propuesto por Ollier (1974).

Escarpes.- Se desarrollan a partir de corrimientos de tierra, que ponen al descubierto el sustrato rocoso, mismo que constituye las paredes casi verticales. Estas retroceden gradualmente por el desprendimiento del material no consolidado, influido por la presencia de agua subterránea y su pendiente pronunciante (Fig. 6 a, b).

Este escarpe puede ser originado por fracturas, o

bien porque aflora el material rocoso, mismo que impide que continúe la erosión remontante, pero persisten los procesos denudatorios de gravedad (ver hoja N° 2).

5.- Relieve acumulativo-erosivo.- Bajo este término se incluyen aquí a las formas del relieve constituidas de materiales volcánicos y volcano-clásticos de origen deluvial, proluvial y coluvial, que al depositarse forman una planicie transicional de piedemonte, en la que se presenta ahora un proceso erosivo. La secuencia acumulativa fue: depósito de material tobáceo de granó fino a grueso, después se depositan sedimentos clásticos en forma de relleno de angostos y pequeños valles, originados en rocas más antiguas y depositadas por corrientes superficiales en forma de abanicos aluviales.

Por otra parte, la abundancia de depósitos clásticos en diversos niveles y sitios de esta zona, en forma de arena tobácea, brecha, conglomerados, indican varias etapas de depósito continental, con incremento de acarreo fluvial y etapas de volcanismo activo, sobre todo de tipo explosivo. Ya que se presentan en algunas partes espesores de unos 4 m de polvo volcánico, así como otros depósitos llevados por corrientes a medios lacustre someros.

Toda la unidad de piedemonte es ahora modelada por procesos erosivos denudatorios, mismos que han desarrollado una gran cantidad de barrancos en una red densa, y se han incluido en las categorías anteriormente descritas.

La configuración del drenaje de los barrancos es de tipo paralela y enrejada.

De la clasificación de los tipos de barrancos antes mencionados predominan aquí las categorías señaladas en los incisos c y d; y en ellos la actividad de los procesos erosivos ha desarrollado valles asimétricos, sobre todo en la parte sur de la hoja Tepeji los que posteriormente se analizarán.

6.- Relieve acumulativo.- Incluye a los relieves más jóvenes, originados por los procesos de la acumulación de tipo aluvial y parcialmente deluvial.

Dentro del área en cuestión este relieve ocupa espacios pequeños pero significativos en lo que se refiere a su evolución, por lo que es importante su cartografía.

Planicies aluviales.- Las formas características de este relieve están representadas aquí por los fondos de los valles de amplitud moderada y de longitud variable. Los sedimentos depositados por las corrientes fluviales en su cauce y márgenes llegan a formar terrazas fluviales muy importantes en la morfotectónica, requiere que sea analizado e interpretado como un elemento más del relieve.

La distribución de estas formas se aprecia en la hoja N° 2, observándose incluso, las pequeñas áreas situadas entre la parte montañosa, donde desde luego ha adquirido menor dimensión el proceso.

Mantos deluviales. - Este tipo de relieve se forma por las acumulaciones de sedimentos que transportan los escurrimientos y escorrentías de corta extensión y son depositados en la base de las montañas.

Conos proluviales. - Morfología originada por la acumulación de los sedimentos transportados por los torrentes, mismos que al salir al valle principal donde termina su curso y donde la pendiente del torrente ha disminuido bruscamente, la velocidad del agua disminuye, mostrándose incapaz de transportar los materiales arrastrados hasta ahí, pues requieren una gran energía, los depósitos en forma de abanicos aluviales.

3. MORFODINAMICA

Son varios los fenómenos que frecuentemente afectan a un área determinada, montañosa o no, ellos pueden ser fases de reajuste distensivo, previas a su peniplanación, lo que produce una variedad de morfoestructuras, hecho significativo que induce al estudio de su dinámica.

Derivado de la importancia del papel que juegan los movimientos verticales, así como los horizontales, y su influencia en la formación del relieve terrestre, es vital estudiarlos a través del análisis geomorfológico, para entender mejor dichos movimientos y su relación con la superficie. Aceptando que tales movimientos se analizan me-

por cuanto más jóvenes son, entonces se hacen imperantes los estudios geomorfológicos.

Evolutivamente, el relieve debió estar determinado por las condiciones siguientes:

La interacción entre los procesos volcánicos y erosivos en esta área son muy notables, ya que se alternan eventos volcánicos que en parte condicionan los medios lacustres de la parte oriental del área de estudio.

Las estructuras iniciales son los plegamientos cretácicos que durante parte del Terciario condicionaron un relieve tectónico-denudatorio, en que predominan superficies divisorias y laderas erosivas. Tal relieve debió prolongarse hasta el sur de México, ya que se ven condiciones semejantes. Es decir, este relieve estructuralmente es el mismo y sufre un modelado, determinado por fracturas y una fuerte erosión.

El impacto de estos procesos en el área que se analiza, se presenta en valles muy estrechos y la charnela de los pliegues ha sido erosionada, formándose una superficie de erosión sobre la que se acumulan rocas volcánicas pliocénicas y cuaternarias (ver Fig. 9).

Se sabe muy bien que las formas volcánicas se caracterizan por su gran variedad, así como por sus dimensiones. Esto vinculado naturalmente a las diferentes condiciones de formación de las rocas ígneas. Se distinguen aquí dos procesos que conducen a la formación de los gru-

pos de rocas magmáticas y los relieves por ellas constituidos.

1) Extrusivo

a) efusivo

b) explosivo

2) Intrusivo

Hay que indicar que la separación dentro del punto 1 depende de las características químicas del magma, principalmente su acidez.

La variación de efusivo a explosivo se da cuando un magma es más ácido, y por lo tanto es más viscoso; el tipo explosivo con predominio de productos de actividad explosiva. Se explica esto por la existencia en el magma ácido de un contenido inicial muy considerable de componentes volátiles, que al disminuir la presión se separan de la masa fundida con un carácter explosivo.

Dentro del área que comprende el presente trabajo existen los tres tipos de composición química fundamental de las rocas ígneas, mismas que fueron determinadas a partir del análisis petrográfico y por las características estructurales.

Es aceptado como regla que, las lavas básicas de basalto son demasiado fluidas debido a su alta temperatura y composición. Las lavas intermedias poseen menor movilidad, mientras que las lavas ácidas son de mayor viscosidad y de mínima movilidad. Siendo por tanto, estas últimas

las que con más frecuencia forman los cuerpos intrusivos que se solidifican dentro del cuerpo del volcán, formando los cuellos volcánicos (necks).

En la zona de Tepeji la distribución de dichas lavas y productos piroclásticos se reconocen en serie, tanto en el tiempo como en el espacio, variando hasta cierto punto en sus formas resultantes.

Considerando la variable tiempo, están en principio las erupciones piroclásticas de carácter ash fall (lluvia), tal actividad fue seguida de erupciones del tipo efusivo, con las que seguramente se alternaron nuevas etapas explosivas, cuyos materiales piroclásticos logran presentar indicios de desplazamiento rasante, proceso conocido como ash flow.

La acumulación de los materiales lávicos y piroclásticos cubren una gran extensión, las rocas ácidas están constituyendo parte de las Sierras Las Masas y Las Palomas, en su parte centro-sur, donde es notable la corta longitud que alcanzaron sus derrames por ser muy viscosas. Se originó aquí parte del material piroclástico que forma la gran planicie de piedemonte, ubicada en la parte sur de la hoja Tepeji, así como en las inmediaciones de Tepeji del Río.

La vertiente norte de la Sierra de Las Palomas está compuesta de lavas andesíticas, que se asocian con las de la Sierra de Jilotepec y cubren una gran extensión debido

a su viscosidad original.

Forman estructuras orográficas altas, ya que los derrames son cortos, y de acuerdo con Nicholls y Ringwood (1973), quienes a partir de fases experimentales dedujeron que, el magma en su ascenso sufre fraccionación, en una de las etapas, y en zonas más superficiales por separación de piroxenos y anfíboles de un magma basáltico se originan rocas con mayor contenido de sílice (andesita, dacita, riolita), ubicadas dentro de la serie calcoalcalina, lo que puede explicar por que existen juntas las rocas andesíticas y riolíticas en las Sierras Las Palomas y Las Masas.

Por otra parte, las manifestaciones eruptivas se prolongaron en el tiempo debido a que no todos los volcanes surgieron al mismo tiempo, sino en etapas sucesivas, ya que se aprecia, como cada nuevo volcán va cubriendo en parte a las formas asociadas. Esto es más palpable en la Sierra Las Masas, en la que se intercalan materiales andesíticos, tobás, y en otros sitios riolitas. Así la estructura vieja va siendo cubierta por materiales más jóvenes, al mismo tiempo que el proceso erosivo se ve seguidamente interrumpido. Actualmente este proceso está muy desarrollado, como resultado de la edad del relieve, las formas disyuntivas, y en parte la influencia humana.

También se tiene la presencia de rocas intrusivas de poca profundidad (hipabísales), que deben asociarse a la

extrusión de la lava ácida y a materiales piroclásticos.

Por lo que respecta a los derrames de basalto que se originaron por verdaderas corrientes de lava, misma que se deslizó pendiente abajo y con velocidad variable, ya que ésta depende de varias causas, considerándose como principales: la fluidez, la pendiente del terreno y el enfriamiento, de los que además depende el carácter de la colada que permita denominarla pahoehoe o aa. Los basaltos de la hoja Tepeji son del tipo pahoehoe, con poco contenido de gas manifestado por pequeñas vesículas.

El relieve en que se presentan estas rocas es una planicie ondulada que indica la topografía preexistente, constituida seguramente por depósitos piroclásticos.

Las disyunciones del basalto creadas por el enfriamiento son con frecuencia verticales lo que posteriormente permite que el material por efecto de gravedad se desprenda en bloques.

Las características químicas de estas lavas se asocian a la tectónica de tipo distensivo del Plio-Cuaternario (Demant, 1975), y deben corresponder a fracturas profundas que llegan a la parte superior del manto. Por todo lo antes expuesto, y de acuerdo con Belousov (1974), se manifiesta que existe una relación estrecha entre la composición del magma, los conductos de salida del material, la intensidad y duración de la erupción y las condiciones físico-geográfica en que transcurre el proceso

volcánico, y que de ello dependen las estructuras resultantes, y su distribución.

En el área que aquí se analiza existen conos volcánicos aislados y otros agrupados que forman la región montañosa. Por tal caso, el volcanismo de esta zona es de tipo central, ligado al de tipo fisura, aunque es cierto que la generación de magmas no tendría ninguna manifestación externa sin la existencia de conductos apropiados para su salida.

Así las fracturas (fisuras), por donde circulan los fluidos hasta la superficie, es seguro que se abren como resultado de los esfuerzos tensionales en la litosfera, sobre todo en su base. Estas fracturas además de facilitar el ascenso de los magmas, se ensanchan cada vez más a medida que el material magmático llena los espacios vacíos y aumenta la presión de elementos volátiles (Araña et al., 1974).

Finalmente el magma llega a la superficie y como no es solamente una fractura, entonces lo más común es que se creen erupciones de tipo central alineadas sobre una fisura principal, misma que después quedará cubierta por los materiales ígneos. Por otra parte, no necesariamente todos los aparatos volcánicos tienen que estar bien alineados, pues las fracturas son numerosas.

En conclusión, el volcanismo de la región de la hoja Tepeji es de tipo central con una orientación SW-NE, N-S,

y W-E (ver hoja N° 4).

En el extremo suroeste de la región aquí analizada existe una depresión volcano-tectónica, originada posiblemente por colapso gravitacional, debido al vaciado parcial del foco magmático.

En ambos lados del perfil (Figura 8), se pueden ver las fallas normales y en uno de los lados el volcán que indica la reactivación de la estructura. La expresión fisiográfica de este volcán manifiesta que tuvo actividad de carácter explosivo, teniendo el labio del lado norte destruido. Se aprecia claramente que durante la erupción del material piroclástico hubo vientos de dirección este-oeste que desplazaron dicho material hacia el lado oeste de la estructura.

Se aprecia además, en la fotografía aérea la existencia de un cuello volcánico en su labio sur, en forma de dique y un pequeño domo en el centro. El centro de la caldera se observa cargado hacia la ladera oeste, mientras que en la oriental la depresión está abierta por donde es transportado el material de denudación.

Podemos entender la creación del relieve por la interacción de la actividad interna creadora (volcánica) y la extensa niveladora (denudación y acumulación). Por ello, la diversidad de factores que influyen en los procesos exógenos hace que el modelado de un cuerpo volcánico sea distinto, dependiendo además de la estructura y

composición del material, por lo que dificulta tomar como índice válido el modelado del volcán para indicar su edad.

Algo notable de las rocas volcánicas es su débil resistencia al intemperismo químico, por ejemplo, el basalto. La corteza de intemperismo se desarrolla con rapidez culminando con la formación del suelo, que por lo común, formado de rocas ígneas a excepción de las ácidas, es fértil. El relieve que aquí se estudia ha producido suelos de gran espesor en la parte montañosa, pues en las áreas planas es delgado, salvo el de la parte norte que se ha desarrollado a partir de materiales piroclásticos básicos y es muy fértil.

El modelado de los conos volcánicos se ha dado de manera distinta, en función de su edad, de la estructura geológica y de los agentes externos. Así, se tiene que los conos escoriáceos holocénicos, están prácticamente intactos. Su constitución litológica demasiado permeable es lo que impide la formación de surcos y con esto la acción erosiva, ya que las precipitaciones pluviales se infiltran en su mayor parte. Así el volcán conserva su forma cónica, sin rasgos de erosión. Una situación parecida existe en la planicie basáltica cubierta por piroclastos, en donde la infiltración es mayor, y como resultado se presenta en algunos sitios un microrrelieve de su fusión.

Donde las coladas de lava cubrieron sedimentos más deleznablese se ha formado un relieve invertido, como sucede

en las Mesas Lindero, Grande, La Campana, Santa María Atzacapotzaltongo.

Por otra parte, en las estructuras volcánicas de las Sierras Las Masas, Las Palomas y Jilotepec, el drenaje de tipo radial está muy desarrollado y ha esculpido de forma distinta los valles, como resultado de la resistencia de la litología a la erosión.

Una gran cantidad de escurrimientos de este relieve indican estar relacionados a disyunciones tectónicas, mismas que modeladas por los agentes exógenos han definido una morfometría distinta en los valles o complican la red del drenaje a radial-enrejada (ver hoja N° 3).

El drenaje es importante además, en condiciones montañosas donde las lluvias tienen un control climático vertical. El cauce adquiere entonces un mayor caudal, aumentando la capacidad erosiva de las corrientes. Se producen así, capturas y grandes acarreos de material detrítico que se deposita en el piedemonte. Independientemente de cual sea el volumen de caudal que tenga el cauce, y si es perenne o no, el valle siempre se está modelando, pues los procesos exógenos siempre están presentes, actuando a veces más la erosión vertical que la lateral y viceversa.

En el área montañosa de que se ocupa el autor, la erosión vertical es el patrón dominante, causa de más para que las cabeceras de los ríos estén avanzando constantemente (erosión regresiva).

Conforme sigue el modelado de las cabeceras, en éstas se desarrollan escarpes de forma circular o semicircular producidos principalmente por procesos denudatorios y erosivos, que se ven favorecidos por la inestabilidad litológica y por diaclasas.

C. Ollier (1972), indica que la alternancia de capas resistentes y no resistentes con cierta pendiente, son favorables para el desarrollo de este tipo de valles. Es notable la cantidad de circos de denudación existentes aquí, unos de mayor dimensión que otros. Esto debe atribuirse al control litológico y estructural, ya que este último ha determinado que por medio de la erosión remon- tante, los valles verticales se amplíen formando lo que Ollier (1972), llama "calderas de erosión" coalescencia de dos o más cabeceras, como sucede al lado sur de la Sierra Las Masas y sur de la Sierra de Jilotepec.

Lo importante es que todo este relieve está afectado por barrancos activos, que conforme se alejan de la cabecera son más profundos. Al mismo tiempo, cambian la convexidad de las laderas divisorias por la concavidad del área fluvial de los barrancos, como resultado de afloramientos de roca o fenómenos disyuntivos, en los que actúan procesos gravitacionales (ver hoja N° 3).

Otro aspecto a destacar es que dentro de los circos denudatorios así como en varios barrancos, hay sitios en los que ya existen capturas de subcuencas, y en otros es-

tá por suceder tal fenómeno, lo que da idea del avance e intensidad erosiva. Algunos sitios de captura son: Puerto Siete Caminos, entre los cerros Juan Julián y La Virgen, Puerto El León, entre los cerros Las Masas y Los Idolos, Puerto Barajas, entre los cerros Castillo e Iglesia Vieja, por citar algunos ejemplos (ver hoja N° 2).

Debido al desarrollo que tuvo el relieve montañoso por la actividad volcánica, se produjo un incremento de la erosión, que motivó el depósito de gruesos paquetes de conglomerados, formando mantos deluviales y proluviales. Todos estos sedimentos constituyen una gran planicie de piedemonte, en la que como ya se indicó anteriormente la repetición de las secuencias de depósito se presentan en la parte este de la carta y en las inmediaciones de Chapa de Mota.

Las características texturales de los materiales indican que la dirección del depósito fue de SW a NE.

Por otra parte, la existencia de gruesos conglomerados deluviales y aluviales en la vertiente sureste de la Sierra de Jilotepec, muestra la presencia de depósitos de dos grandes avenidas que formaron los conos de deyección constituidos por tales materiales.

Esas avenidas seguramente surgen de grandes erupciones volcánicas acompañadas de agua y coinciden además, con precipitaciones pluviales. El espesor de los depósitos conglomeráticos es de unos 20 m y actualmente sufren un

reinicio en la erosión, lo que ha provocado la casi total desaparición de los conglomerados que fueron depositados en la parte oriental de la Sierra de Jilotepec, contrariamente a lo que pasa con los conos que se formaron en la vertiente sur de la misma Sierra, en donde se presenta una disección más joven, es decir, las cabeceras de los barrancos apenas han avanzado por la erosión remon- tante y estos conos se encuentran en la fase de destruc- ción, pues los de la parte oriental de la Sierra de Jilo- tepec ya están erosionados.

Lo anterior indica que las condiciones climáticas han sido más severas en la parte oriental, asimismo, que los materiales que sobreyacían fueron menos resistentes, erosionándose más rápidamente que los que subyacen a los de la parte sur. Quizás también se dio un basculamiento tectónico con la parte de levantamiento en el lado orien- tal, lo que originó la profundización de los barrancos y la casi desaparición de los conos de deyección.

Algo también sobresaliente, es que en todo el lado este de la hoja Tepeji se observan indicios de la exis- tencia de medios lacustres, que en la porción sur de la misma tales rasgos desaparecen, 1.5 km aproximadamente al sur de la población de Quelites. Si comparamos los rasgos de las dos últimas zonas con los de las áreas descritas por Byan (1948), se puede decir que el clima de aquí no ha variado mucho, cuando menos desde el Pleistoceno Tar-

dfo.

Las áreas de piedemonte de la parte oeste de la Sierra de Jilotepec; lado este de la Sierra Las Palomas, lado norte de la Sierra Las Masas, presentan problemas muy serios de erosión provocados totalmente por la actividad humana, al desforestar el monte para fines agrícolas, sin llevar a cabo ninguna práctica de conservación de suelos y como resultado se tiene la pérdida del mismo y el incremento de la erosión, que se manifiesta por medio de regueros y surcos ya bastante desarrollados.

Algo todavía más importante a destacar de la zona del piedemonte en el área que comprende la parte sur de la hoja Tepeji, es la formación de una planicie de origen deluvial y proluvial en forma de abanico aluvial; en la que existen barrancos y afluentes de los mismos muy profundos y otros que se inician. Se presenta además, una inversión de los procesos acumulativo a erosivo, seguramente joven, pero debido a la inconsistencia del material se ha desarrollado mucho.

Cabe hacer notar que en varias partes de la carta aquí analizada se presenta una asimetría en los barrancos, es decir, existe una ladera más vertical que otra, como en las inmediaciones de Tepeji del Río, en el río Coscomate. Pero, en la zona de barrancos del sur de la carta es donde la densidad de barrancos asimétricos es mayor, el drenaje es enrejado y dendrítico.

La poca experiencia en geomorfología fluvial, la falta de experimentación, así como el poco tiempo de vigilar el proceso en campo, no permitió dar una solución del todo convincente a la causa de tal asimetría, sin embargo, con base en datos de campo, análisis en fotografías aéreas y del análisis de bibliografía se puede explicar por los planteamientos siguientes:

1) El drenaje, después del emplazamiento de las Sierras de Jilotepec, Monte Bajo y Las Masas, delimitaban un valle cuya cuenca drenaba hacia el noreste o bien al este. El sistema antiguo de fracturas que afectó a estas sierras fue de dirección NW-SE, W-E.

Eventos volcánicos posteriores, en las Sierras de Las Masas y Monte Bajo, de donde se originó la mayor parte de tobas y sedimentos volcánico-clásticos, deluviales y proluviales, que constituyen este relieve de piedemonte, junto con un nuevo y más importante sistema de fracturas de dirección NE-SW, W-E, determinaron el nuevo control del drenaje. Pero por existir un nivel de base original hacia el centro de la planicie (vallé), además, de que el material suprayacente se constituye de depósitos poco resistentes, contrariamente a los subyacentes, entonces la erosión se produce hacia un costado del barranco,

2) La formación del posible graben hoy ocupado por la presa Taxhimay y una falla en la falda sur de la Sierra de Jilotepec, fungen como nivel de base al que vierten sus

aguas los barrancos de dirección NE 20 y NE 25, y confluyen en un sistema de fracturas de dirección NE 60 y NE 80, mismo que desvía los cauces anteriores en su parte final; además esas fracturas sin movimiento presentan una inclinación con orientación al NW, coincidiendo con la parte asimétrica de los barrancos.

Deduciendo, podría admitirse que el sistema de fracturas principal de dirección NE 20 a NE 80, está controlando el escurrimiento, pero debido a la existencia de materiales resistentes subyaciendo a los poco resistentes, estos últimos fueron afectados por movimientos tectónicos locales de levantamiento donde las fracturas determinan bloques que ascienden en forma escalonada e inclinada, cosa que provoca que el río se desplace hacia el lado que se hunde, es decir, con un levantamiento relativamente menor, en el que se dan fuertes procesos gravitacionales.

A este factor lo debe complementar otro de carácter climático y es que las laderas tienen una orientación sensiblemente al NW, NE y SE, situación que determina que las laderas que se orientan hacia el NW, reciban menor insolaración y en parte, la inclinación del rayo solar sea distinta, por lo que tiene una pérdida menor de calor, más humedad, menos heladas y por tanto, más vegetación. Este hecho provoca una menor frecuencia en corrimientos de tierra, coadyuvando por lo tanto, a tal asimetría (ver fig. 10).

La zona acumulativa más importante se ubica en los

valles de los ríos Coscomate y Tepeji. En el primer caso, el valle se desarrolla por una fractura de dirección W-E, en el segundo confluye a una fosa tectónica, que es donde se asienta la presa Requena. En ambos casos se han desarrollado terrazas acumulativas que indican cambios en el nivel de base de los ríos.

Las terrazas se forman en ambos lados de los ríos pero con más frecuencia aparecen en la rivera norte.

Las terrazas varían en amplitud y su espesor es de unos 200 cm, la amplitud y disposición de ellas indica la alternancia de levantamientos tectónicos, con grandes espaciamientos, lo que permite que haya una erosión lateral, cosa que no sucede en las cercanías de Santa María Ilucan donde éstas son de poca amplitud y pequeño espesor, indicando actividad neotectónica (ver fig. 12).

En el valle del río Tepeji predomina la erosión lateral por lo que el cauce sigue ampliándose y presenta terrazas muy amplias y de poco espesor, todas aprovechadas por la agricultura.

APLICACIONES ECONOMICAS

Son diferentes las facetas que pueden interesar de una región volcánica, como su vigilancia para la predicción de una futura actividad, energía geotérmica, aguas termales, etc.

Pero en este estudio lo que se pretende hacer destacar son los aspectos puramente económicos, de los que se puede indicar lo siguiente:

Todo tipo de rocas existentes aquí son útiles para distintos fines, siendo común el de la construcción, ya que tanto las rocas andesíticas basálticas y riolíticas son utilizadas en el ramo de la ingeniería civil, en la construcción de carreteras, canales y otros.

Habría que discriminar el tipo de obra y su ubicación, para elegir el sitio propicio del bando de materiales, por ejemplo, las lomas del norte de la población de Tepeji del Río son buenos bancos de arena y conglomerados, que triturados producen grava.

Materiales de uso específico como el caso de tobas y pómez, son abundantes aquí, sobre todo el primero, y que puede usarse para fabricación de abrasivos, aislantes de ruido en la construcción, en el proceso de lavado químico (filtración) y muy importantes para la producción de cemento, etc. Los basaltos, se pueden aprovechar para la obtención de fibras de vidrio.

Los suelos existentes en el área estudiada son en su mayor parte de origen volcánico y aluvial, y considerando la alta fertilidad que caracteriza a éstos, y sobre todo los primeros, se puede inferir su valor económico. Por ejemplo, los suelos del distrito de riego de Jilotepec, los suelos de los valles de los ríos Coscomate Tepeji.

Naturalmente, la fertilidad no es igual en todas partes, ya que hay suelos que se derivan de materiales más ácidos, o su lixiviación ha sido diferente dando como resultado un débil desarrollo del suelo. Este es el caso de la zona de barrancos al sur de la presa Taxhimay y en la parte occidental del poblado Tepeji del Río en que además de ser delgados se encuentran afectados por la erosión.

Por otra parte, sería necesario incorporar la presa Danxho a la producción de energía hidroeléctrica, ya que reúne todas las condiciones para ello. Dicha energía podría consumirse en el centro industrial de Tepeji del Río.

Finalmente, otro aspecto fundamental de este estudio se refiere a los recursos hídricos de la zona.

Derivado de las excelentes propiedades hidrogeológicas que caracterizan a los materiales volcánicos, como los existentes aquí (fracturas, porosidad), puede decirse que son grandes las posibilidades de acuíferos subterráneos.

El comportamiento hidrológico de las formaciones litoestratigráficas del área de estudio, se estimó tomando en cuenta las características permeables que para la litología de la cuencia de México determinó Loera (1963), pues las características estratigráficas y estructurales reportadas para estas últimas son muy parecidas a las del área del presente trabajo. Además que de parte

de las mismas se correlacionan en tiempo geológico, aunque quizás las formaciones que describe el autor poseen un grado de alteración distinto en comparación con las de la cuenca de México; caso que haría variar la permeabilidad.

Las formaciones se han reunido aquí en tres grupos de acuerdo con el "grado" de su permeabilidad.

Permeabilidad buena. Se contempla aquí a las rocas basálticas y materiales cineríticos cuaternarios, que tanto por su porosidad son muy permeables además de estar afectados por fracturas, los abanicos aluviales ubicados al norte de la presa Danxho y los depósitos aluviales, mismos que son factibles de almacenar agua.

Permeabilidad media. Se incluye aquí a los materiales andesíticos y riolíticos del Terciario Medio-Superior, que por su edad la alteración que poseen sensiblemente hace descender su permeabilidad. Además de ser por naturaleza menos permeables que los materiales anteriores, pero dado que están muy fracturados su permeabilidad posiblemente aumenta, los conos de deyección ubicados al oeste de la presa Taxhimay.

Permeabilidad baja. Pertenecen a este grupo los depósitos del Grupo Tarango del Terciario Superior constituidos por tobas, depósitos lacustres y tobas arcillosas, en las que su grado de compactación y su densa red hidrológica son indicios de su baja permeabilidad.

Aunque como ya se indicó antes, gran parte de los ba-

rancos desarrollados en este material y sobre todo en la porción sureste del área aquí analizada, se han originado por efectos tectónicos, por lo que es posible que su permeabilidad sea mayor.

El nivel de las estructuras impermeables quizás está muy profundo eso es debido precisamente, al alto grado de fracturas que poseen dichas rocas, su alta porosidad y secuencia estratigráfica; por lo que habrá que determinar el comportamiento de las fracturas.

Si observamos el volumen de escurrimiento superficial anual, se ve que éste es bajo, a pesar de que es una zona con precipitación regular, 800 mm además de existir manantiales, eso se debe a que existe una gran infiltración, lo que se apoya en la existencia de pocos cauces de agua sobre todo en las áreas constituidas por rocas basálticas y andesíticas.

Las condiciones climáticas de la mayor parte del área aquí cartografiada, no presentan problemas de alta evaporación y transpiración pues es una zona húmeda, salvo en la parte oriental, donde el clima es más seco, la evaporatranspiración aumenta sin que esto impida la suficiente recarga a los mantos acuíferos.

De esto se concluye que es necesario realizar un estudio puramente geohidrológico para determinar la geometría y volumen de los cuerpos acuíferos y su ubicación. Mismos que posiblemente sean bastante grandes dadas las

condiciones lito-estructurales de esta región.

El volumen de agua extraíble podría ser destinado al "monstruo negro" que es la ciudad de México, o bien a poblaciones vecinas que carecen de este invaluable líquido.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De la información aquí expuesta y analizada se puede concluir lo siguiente:

Derivado de la importancia, o del papel que los movimientos verticales y horizontales tienen para la formación del relieve terrestre, es necesario estudiarlos a través del análisis geomorfológico, aceptando que tales movimientos pueden estudiarse mejor cuanto más jóvenes son, por lo que es imperante realizar estudios morfogenéticos.

Evolutivamente, el relieve debió estar determinado por la interacción de los procesos volcánicos y erosivos que en esta zona son muy notables, ya que se observa como los eventos volcánicos condicionan la existencia de medios lacustres al formarse cuencias endorreicas. Dentro del área de estudio, el medio lacustre ocupó la porción centro-oriental. Donde el espesor de sedimentos acumulados con estratificación gradada, indica además, repetidas emisiones volcánicas de tipo explosivo, depo-

sitadas tanto por los cauces como en forma de lluvia en aguas con poca turbulencia; interrumpidas ocasionalmente por grandes avenidas originadas por fuertes precipitaciones.

Los lineamientos analizados aquí, están declarados como elementos tectónicos-disyuntivos, sin diferenciar entre grietas originadas por resistencia a la deformación, diaclasas producto de enfriamiento, etc. Estos dos últimos elementos hay todavía quienes los consideran como rasgos de ruptura sin desplazamiento, en realidad, hablar de este tipo de estructuras sin desplazamiento de sus alas no es posible, ya que siempre existe un movimiento aunque sea pequeño, y forma una apertura en sus bordes para uno y otro lado. Pero no son cartografiables en escalas pequeñas o medianas.

Por otra parte, tales rasgos, producto del enfriamiento o de la resistencia a la deformación, son de corta extensión y de forma irregular y no se presentan con cierta homogeneidad en las rocas.

Lo importante a considerar aquí es que el estudio de estos lineamientos es necesario, ya que influyen bastante en la estabilidad de taludes, en la construcción de embalses y en la existencia y alimentación de los cuerpos acuíferos, etc.

Como el relieve es el resultado de la interacción de fuerzas endógenas y exógenas su grado de modelado, con

diferente intensidad por los últimos, en función de otros parámetros, es a veces poco exacto relacionarlo con la edad del relieve. Pero en algunos casos como el aquí expuesto, la conservación del relieve y su correlación con otras estructuras volcánicas ya fechadas, indican una edad del Plioceno al Holoceno.

Estimativamente, casi el 50% del relieve está supe-
ditado a fracturas, casos notables son la zona de barran-
cos del sur de la hoja en cuestión, el valle del río Cos-
comate, la Sierra de Jilotepec.

De este modo se sugiere: En virtud de que existen
áreas con una erosión bastante desarrollada y causada por
desforestación realizada con fines agrícolas y/o para
construcciones humanas, es urgente iniciar prácticas con-
servacionistas, que en principio controlen los procesos,
y después reincorporen esas áreas a fines forestales o
agrícolas, de preferencia al primero.

La vertiente oriental de la Sierra de Las Masas,
donde los barrancos son de acción vertical, se ven favo-
recidos por desforestación realizada para trazar una lí-
nea de alta energía, dándose a lo largo de ésta, fuertes
problemas erosivos, mismos que perjudican y es seguro,
acortarán la duración de la carretera que comunica a Cha-
pa de Mota con Villa del Carbón, afectando también a la
propia línea de alta energía.

Las prácticas conservacionistas son urgentes, ya que

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

se está perdiendo bastante suelo, aparte de la cantidad de azolve que se produce en las presas. Dichas prácticas de conservación serían series de terrazas escalonadas con vegetación.

Sería factible realizar prospección minera en las estructuras andesíticas y ácidas del centro y suroeste de la carta respectivamente ya que es posible que existan gangas de cobre, o bien, sulfuros de procesos metasomáticos.

Iniciar una evaluación de las diferentes micas y óxidos que transportados por escurrimientos procedentes de la Sierra Las Masas forman placeres, así como otros minerales asociados, cuya fuente de suministro es quizás las rocas ácidas hipabisales de esta sierra.

Es casi segura la existencia de mantos acuíferos de importancia económica, pero su determinación y explotación requiere iniciar el estudio del comportamiento de las aguas subterráneas para determinar las áreas óptimas para la extracción y sus cantidades.

En la zona de barrancos del sur de la hoja convendría construir bordos en cada cauce, con el fin de retener sedimentos, cosa que prolongaría la vida de la presa Taxhimay, además de que con el tiempo, dichos sedimentos podrán ser utilizados en la agricultura.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está comprendido dentro del programa de investigación "Estudios Geomorfológicos en la Porción Centro Oriental del Sistema Volcánico Transversal", que se desarrolla en el Departamento de Geografía Física del Instituto de Geografía de la U.N.A.M.

Me es grato manifestar mis reconocimientos y gratitud a cuantos me asistieron con sus aportaciones y sugerencias.

En principio, al Dr. José Lugo H., Director de esta tesis, por su valiosa asistencia y ayuda durante el desarrollo de la misma, tanto en las visitas de campo como en las revisiones del manuscrito. Al M. en C. Mario A. Ortiz P., que me sugirió realizar este estudio y sus comentarios críticos previos al manuscrito.

A la Dra. Raquel Guzmán por su revisión y sugerencias al manuscrito.

Al Dr. José C. Guerrero, Director del Instituto de Geología, quien siempre me brindó su apoyo y todas las facilidades necesarias para la realización de esta tesis.

Al Dr. Luis Silva, por sus valiosas aportaciones y sugerencias y por su ayuda en el aspecto petrográfico.

A la Sra. Rebeca Romano que tan gentilmente transcribió el manuscrito.

B I B L I O G R A F I A

- Araña-Saavedra, V., López-Ruiz, J., 1974, Volcanismo. Ed. Istmo, Colegio Universitario Madrid, 481 p., ilustraciones.
- Atwater, T., 1970, Implications of plate tectonic for the Cenozoic tectonic evolution of western-North America: Geol. Soc. Am., Bull. 81, n. 12, p. 3513-3536.
- Aubouin, J., 1965, Geosynclines development in geotectonics. 1. Elseviers pub. Co. Amsterdam.
- Bloomfield, K., Valastro, S., 1974, Late Pleistocene eruptive history of Nevado de Toluca: Volcano Central Mexico; Geol. Soc. Am. Bull. 85, n. 6, p. 901-906.
- Bloomfield, K., 1975, A late Quaternary Monogenetic volcano field in central Mexico: Geol. Rundschau, Bull. 64, n. 2, p. 476-497.
- 1973, The age and significance of the Tenango Basalt Central Mexico: Bull. Volcanology, v. 37, p. 586-595.
- Cserna, Z. de, 1963, Backbone of the America: Am. Assoc. Petrol. Geol. Mem. 2, p. 113.
- Demant, A., 1975, Fases del volcanismo en México: una síntesis en relación con la evolución geodinámica desde el Cretácico: Rev. Inst. Geol. UNAM, n. 1, p. 70-82, México.

- Demant, A. et al., 1976, El Eje Neovolcánico Transmexicano: Exc. 4, III Congr. Latinoamericano de Geol. Inst. Geol. UNAM, México.
- Derruau, M., 1980, Geomorfología: Ed. Ariel. México, 442 p.
- Dickinson, R. W., 1968, Circum-pacific andesite types: Jour. Geoph. Research, v. 73, n. 6, p. 2261-2269.
- Fries, C. Jr., 1960, Geología del Estado de Morelos y de partes adyacentes de México y Guerrero, región central meridional de México: Bol. Inst. Geol. UNAM. n. 60, México.
- Guerra-Peña, F., 1980, Fotogeología: Ed. UNAM, México, 335 p., ilustraciones.
- Gasca, D. A., 1977, La cuenca lacustre plio-pleistocénica de Tula-Zumpango: Inf. n. 2, Inst. Nal. Antropología Hist. México, 85 p.
- Jain, V. E., 1980, Geotectónica general: Pte. 1, Ed. Mir. Moscú, 357 p.
- Kirk, B., 1948, Los suelos complejos y fósiles de la altiplanicie de México en relación a los cambios climáticos:
- Kostenko, P., 1975, Geomorfología Estructural: Inst. Geografía, México.
- Kuno, H., 1966, Lateral variations of basalt magma types across continental margin and Island arcs: Bull. Volcanology, v. 29, p. 195-221.
- Loera, F. R., 1963, Infiltración Artificial en la cuenca del Valle de México: S.R.H., Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México. Of. de Estudios Especiales

- López-Ramos, E., 1980, Geología de México: Ed. Escolar, t. I-II, México.
- Lugo, H. J., 1980, Los procesos morfogenéticos y el relieve de la zona de Texcoco, Edo. de México: VIII Congr. Nal. Geogr. Mem. T. 1, p. 70-79, Toluca, México.
- Longwell, R. Ch., Flint, F. R., 1979, Geología Física: Ed. Limusa, México. 545 p.
- Mattauer, M., 1976, Las deformaciones de los materiales de la corteza terrestre: Ed. Omega, Barcelona.
- Mooser, F., 1972, The Mexican Volcanic Belt: Structure and Tectonic: Geof. Internacional, Bol. 12(2), p. 55-70, México.
- Mooser, F. et al., 1975, Memorias de las obras del sistema de drenaje profundo del Distrito Federal: Depto. del D.F., México.
- Ollier, C., 1972, Volcanoes: The mit press, London. 177 p
- Oropeza, O.O., 1976, Análisis de los procesos geomorfológicos en la cuenca alta del río Tepeji, Hgo.: Tesis, UNAM.
- Ortiz, P.M.A., 1980, Algunos aspectos sobre el comportamiento de interfluvios asimétricos en depósitos volcánico-clásticos: VIII Congr. Nal. Geogr. Mem. T. 1, p. 54-62, Toluca, México.
- Quero, G.Y., 1976, Geomorfología de la cuenca del río La Bufa, Edo. de México: Tesis, UNAM.

- Robin, C. et al., 1974, Les trapps de l'est Mexicain: Coexistence de séries alcalines et tholéitiques; caracteres diferenciels entre le volcanisme des plaines et celui des plateaux: C. R. Acad. Sci. T. 278, p. 2413-2416, France.
- Segerstrom, K., 1961, Geología del sureste del Estado de Hidalgo y del noroeste del Estado de México: Bol. Asoc. Mex. Geol. Petrol., v. XIII, n. 3 y 4, p. 147-169.
- Thornbury, D. W., 1959, Principios de Geomorfología: Ed. Kappelux.
- S. DAVIS, N., Wiest, R., 1971, Hidrogeología: Ed. Ariel, México.
- Uyeda, S., 1980, La nueva concepción de la Tierra: Ed. Blume, Barcelona.
- Velousov, V. V., 1974, Geología Estructural: Ed. Mir. Moscú.
- Viers, G., 1974, Geomorfología: Ed. Oikos-tau, Barcelona.
- Worcester, P., 1961, Textbook of Geomorphology: Ed. Van. Nostrand. Co. Toronto.
- Segerstrom, K., 1956, Geología a lo largo de la carretera México, Pachuca, Zimapán, Hidalgo. Distritos mineros, Pachuca-Real del Monte, Zimapán, Hidalgo: Exc. A-3, C-a, Inst. Geología, UNAM. XX Congr. Geol. Internacional.

Cartografía

Fries, C. Jr., 1962, Carta geológica de México; serie
1:100,000. Hoja Pachuca, Inst. Geol. UNAM.

Schlaepfer, J.C., 1968, Carta geológica de México; serie
1:100,000, Hoja México, Inst. Geol. UNAM.

Hojas topográfica y geológica escala 1:50,000 E-14-A-18.
Tepeji del Río. Ed. DETENAL, 1a. imp. 1975.

C O N T E N I D O

	Página
INTRODUCCION	1
I. GENERALIDADES	3
1. Localización	3
2. Accesibilidad	4
3. Materiales y Métodos de estudio	5
4. Antecedentes	6
II. MEDIO FISICO	9
1. Orografía	9
2. Hidrografía	11
3. Clima, suelo y vegetación	12
III. GEOLOGIA	15
1. Estratigrafía y Petrografía	15
2. Tectónica	33
3. Geología Histórica	36
IV. GEOMORFOLOGIA	40
1. Morfología	40
2. Morfogénesis	43
3. Morfodinámica	55
APLICACIONES ECONOMICAS	71
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	76
AGRADECIMIENTOS	80
BIBLIOGRAFIA	81
INDICE GENERAL	86

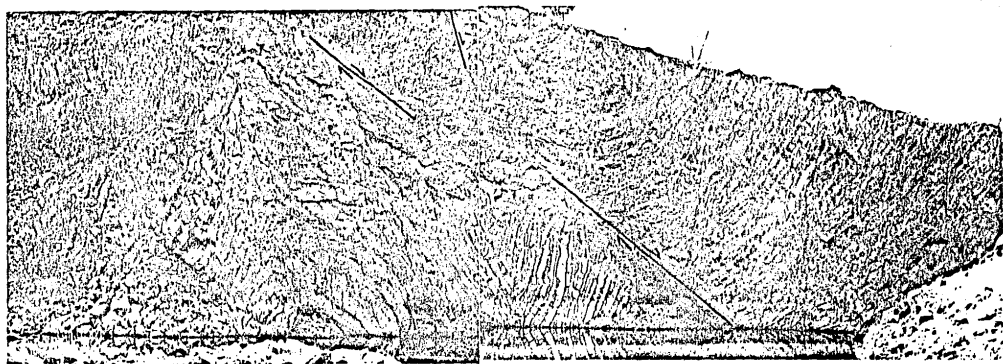


Figura 3.- Cantera El Sauz. Fotografía que muestra las condiciones estructurales de la Formación Mexcala en el arroyo El Sauz. Véanse llamativos pliegues en chevron, afectados por fallas normales y la superficie de erosión de la misma.

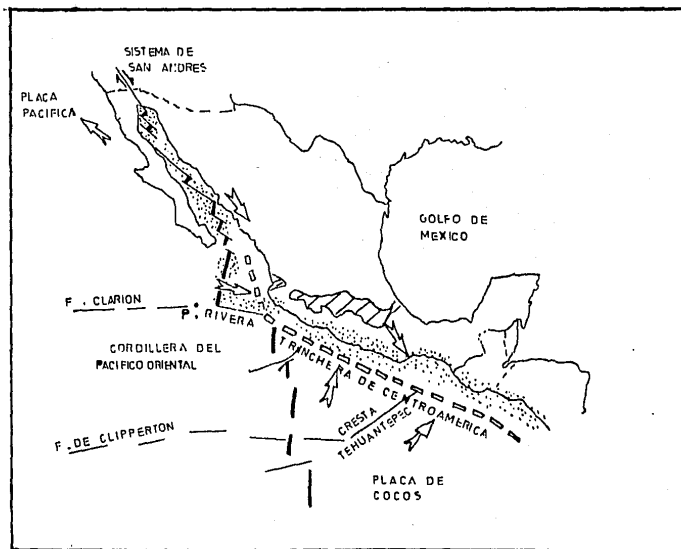


Fig. 4 ELEMENTOS TECTONICOS ACTUALES EN LA MARGEN DEL PACIFICO
 LOCALIZACION DEL SISTEMA VOLCANICO TRANSVERSAL.
 LOS PUNTOS INDICAN AREAS SISMICAS
 MOVIMIENTO DE LAS PLACAS SEGUN ATWATER. T.1970.

(a)



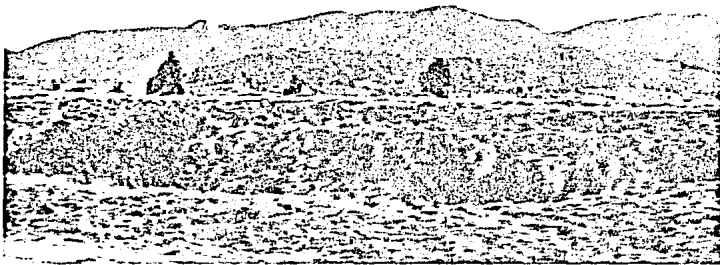
Figura 5a.- Un aspecto más las condiciones estructurales de la Formación Mexcala al norte de Santa María Ilucan. Véanse los pliegues recostados prácticamente horizontales.

Figura 5b.- Otro pliegue recostado cabalgando dentro de la misma formación.

(b)



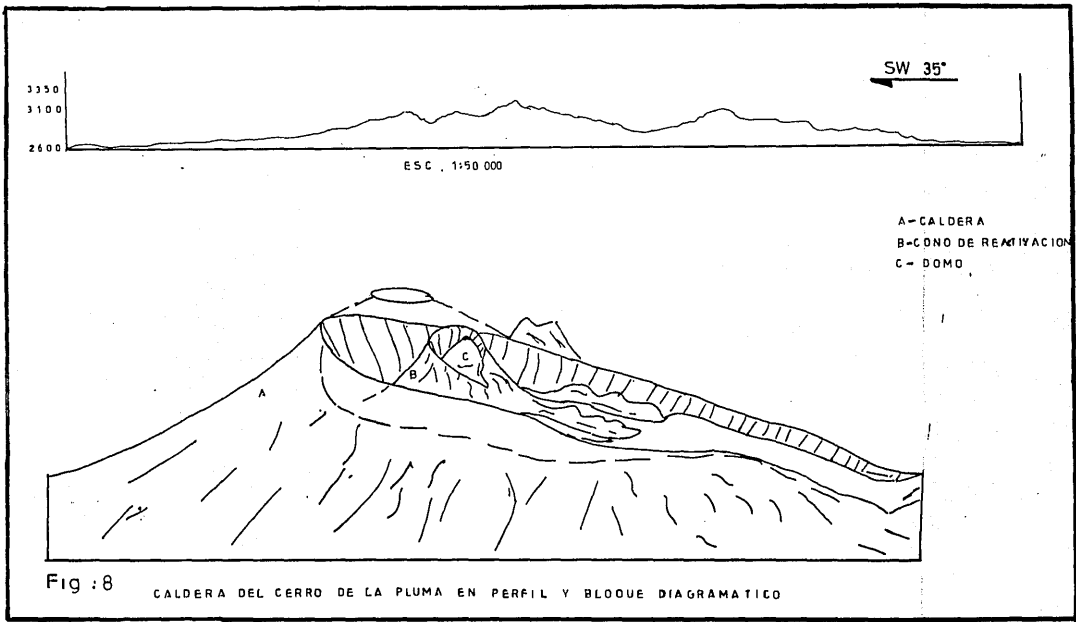
(a)



(b)

Figura 6a.- Circo de denudación en el cerro Los Baños (parte sur de la Sierra de Jilotepec), en la fotografía se aprecian zonas desforestadas.

Figura 6b.- Transición entre relieve volcánico-denudatorio y el acumulativo-erosivo, apreciándose en primer plano, zona afectada por barrancos y en el fondo un escarpe de denudación.



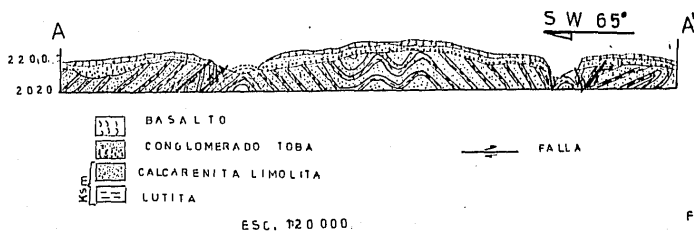


Fig:9
SECCION EN LA
FORMACION MEXCALA

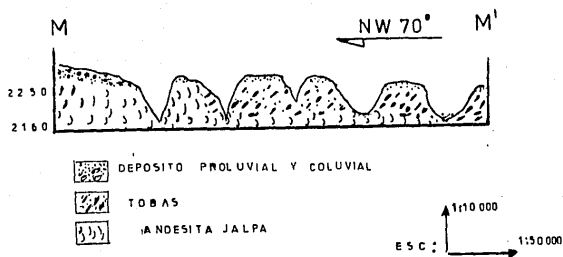


Fig:10
SECCION EN LA ZONA DE
BARRANCOS

Ver hoja, n°. 1

(A)



(B)

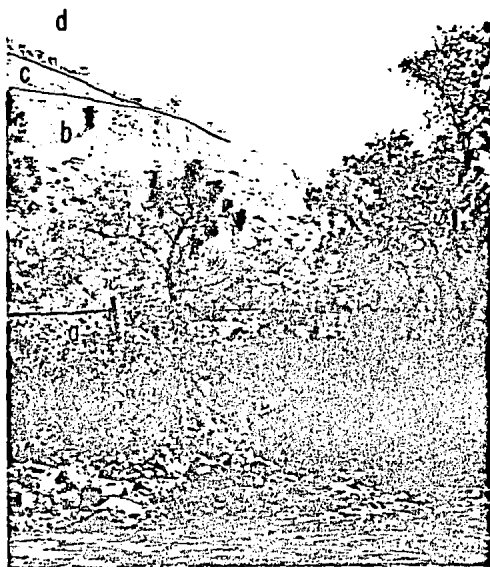


Figura 12.

Fotografía del río Coscomate, entre las Mesas La Cruz y Grande.

A) Se aprecian tres terrazas, las dos superiores son erosivas, la tercera cuyo espesor se ve mejor en la fotografía (B), es acumulativa. En esta misma fotografía se ven las relaciones estratigráficas de la Formación Mexcala que aquí aparece como una cantera. a) Terraza acumulativa, b) Formación Mexcala, c) Grupo Tarango, d) Basalto Pleistocénico.



Lámina 1.- Muestra de la Formación Mexcala, colectada en la Mesa Grande. Obsérvese la textura de arena de grano fino cementada por CO_3Ca la parte sombreada contiene impurezas (óxidos), productos de alteración química. (320)

(2)



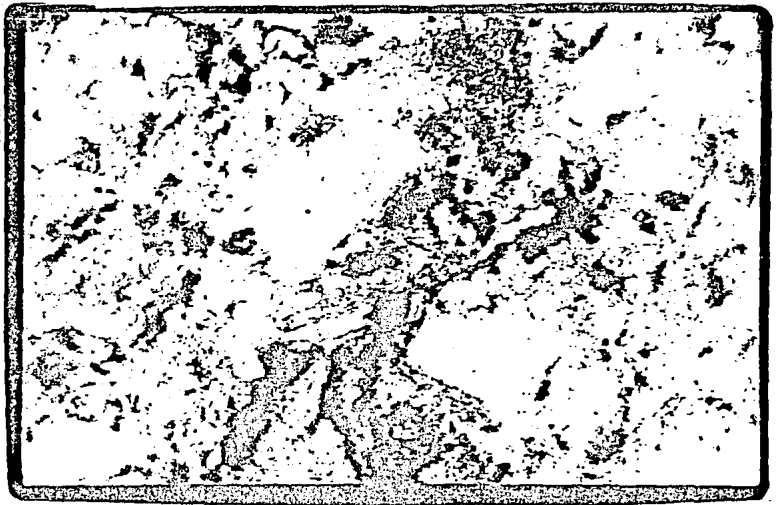
(3)



Lámina 2.- Muestra colectada en la presa Taxhimay, grandes fenocristales de plagioclasa con cierto alineamiento en una matriz afanítica; los piroxenos y anfíboles no se aprecia claramente. (#0)

Lámina 3.- Muestra colectada en la presa Danxho, en la parte inferior izquierda se aprecian fenocristales subhedrales de piroxeno, los restantes corresponden a plagioclasa y las áreas oscuras al bálsamo. Amplificación 40 x. Roca andesita.

(4)



(5)

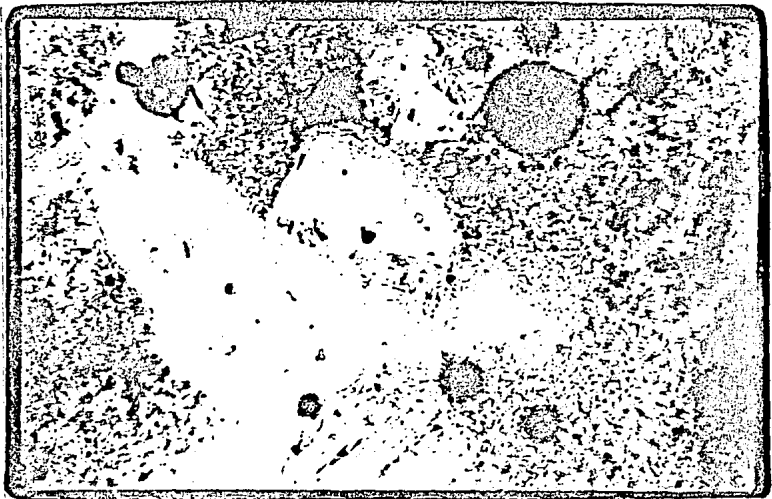


Lámina 4.- Muestra colectada al NE de Santiago Tlautla. Acercamiento de la ceniza volcánica depositada en un medio lacustre; se aprecian los fenocristales de plagioclasa en la matriz vítrica (40 x).

Lámina 5.- Muestra colectada a 500 m de Chapa de Mota. Toba ácida en la que se observa el arreglo que hay dentro de la matriz vítrica y fenocristales de cuarzo y plagioclasa.(80)

(6)



(7)

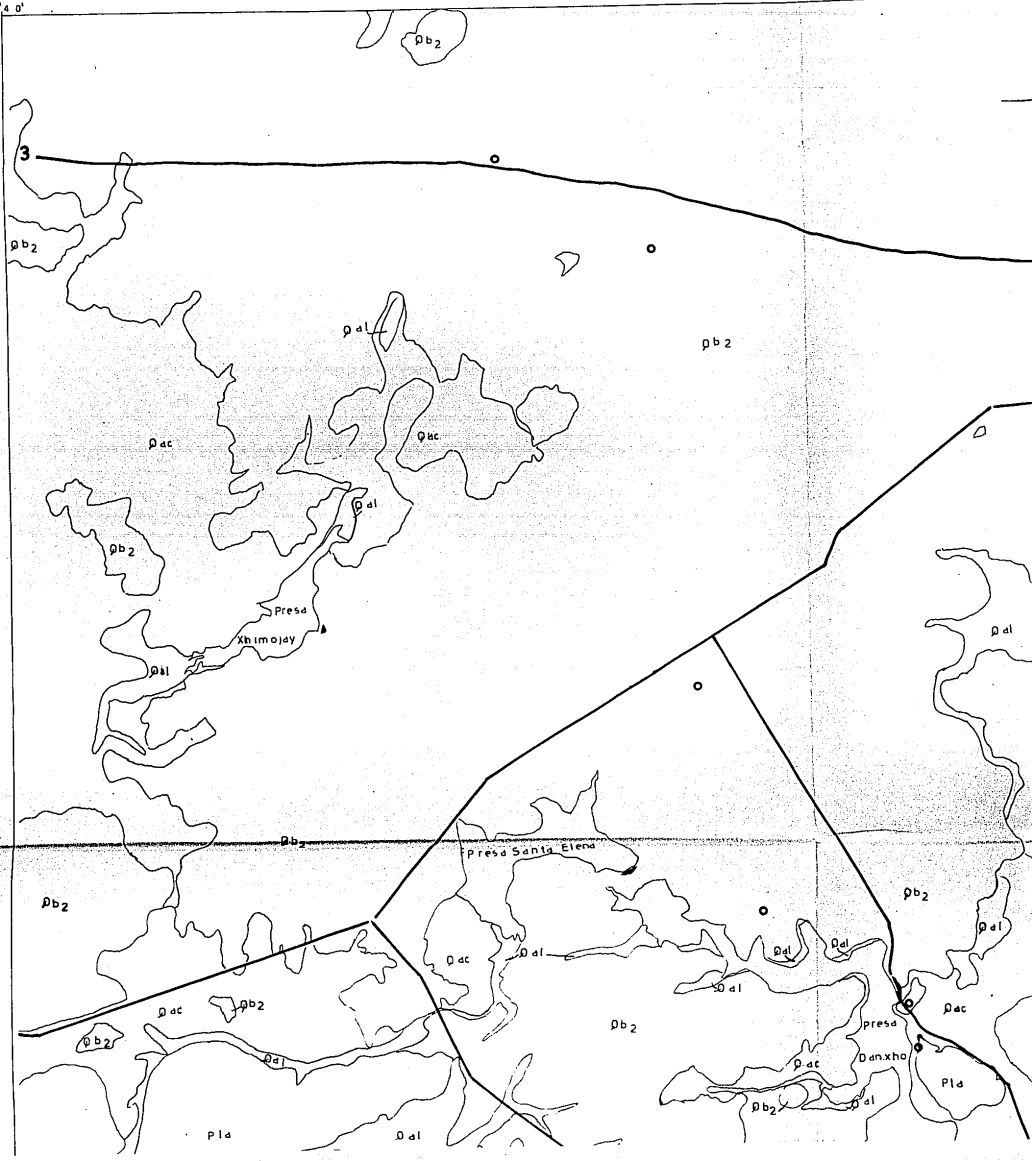


Láminas 6 y 7.- Dos ejemplos de basalto Holocénico. Muestras colectadas la primera, en la cañada del río Coscomate y la segunda, en el poblado de Canaleja. (80)

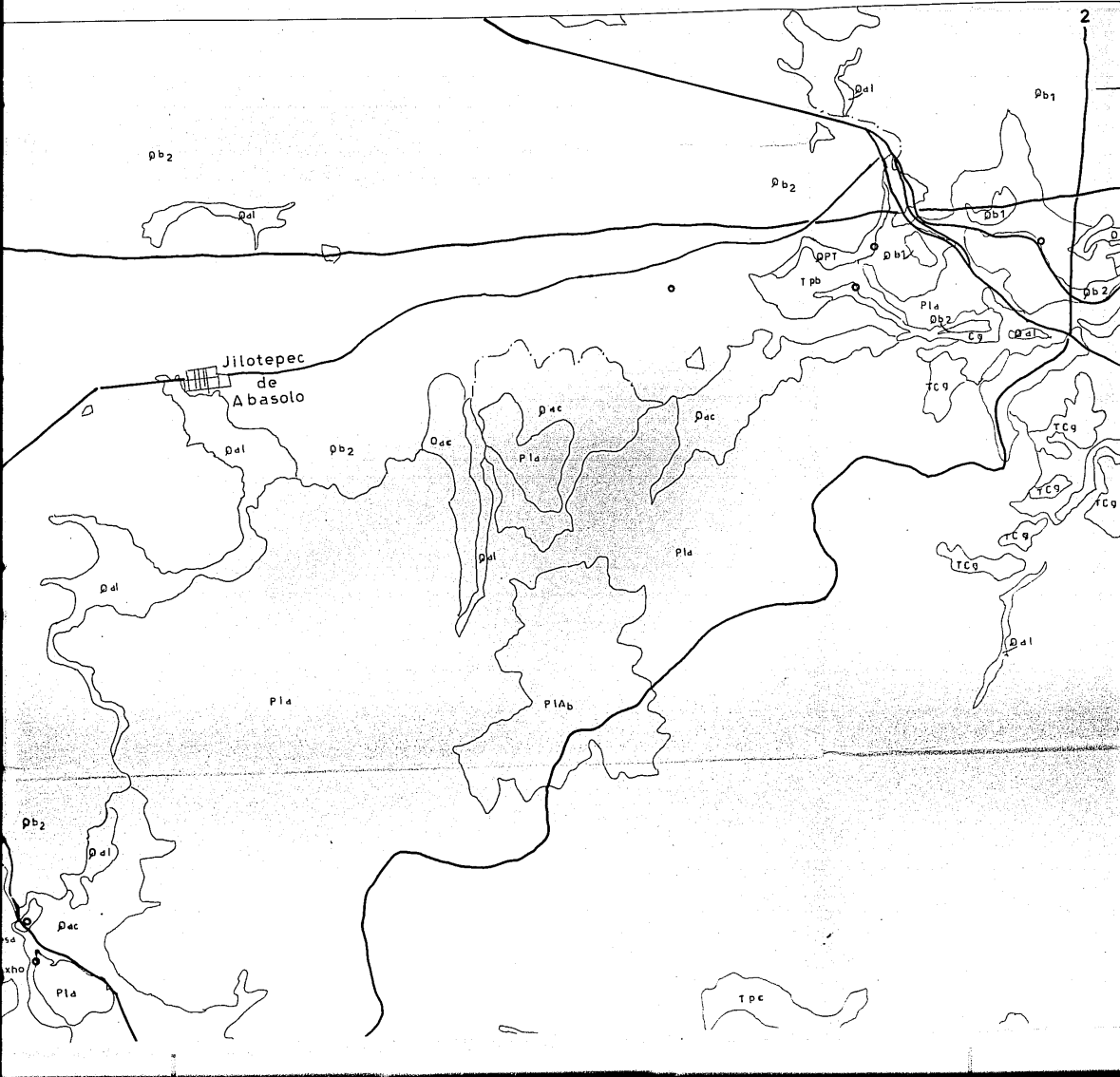
La amplificación permite observar alargados fenocristales de plagioclasa, en tonos oscuros aparecen augita y olivino. (20)

→
Continua 1

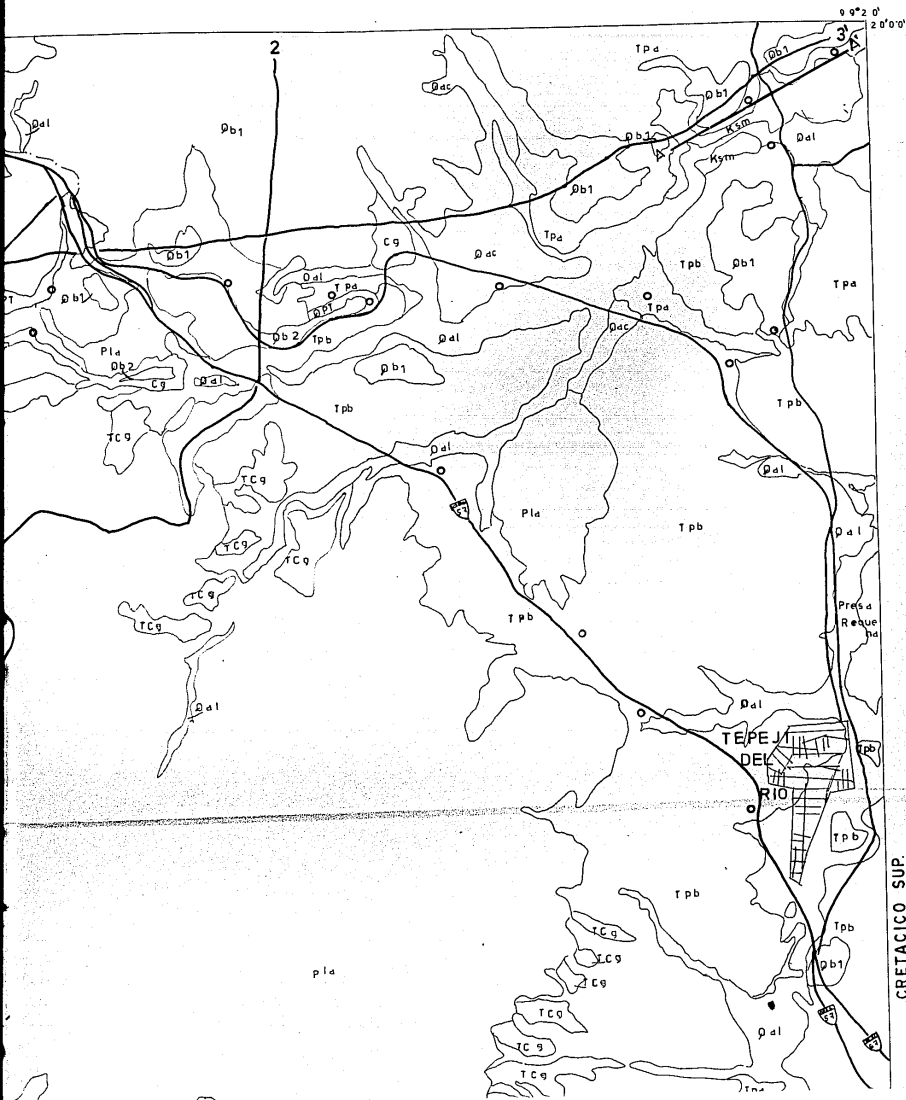
9 4' 0"
20 00



-->
Continua 2



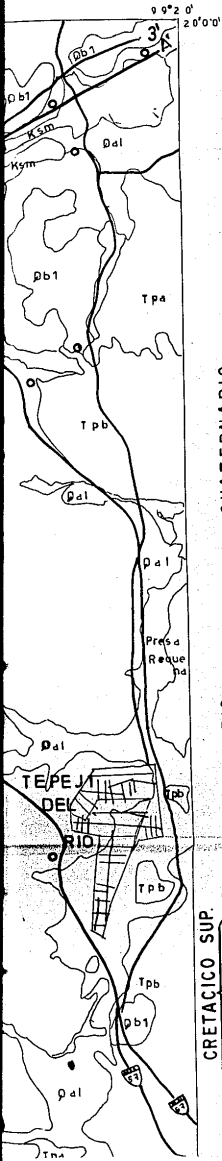
Continúa 3



LEY GEOLO

CUATERNARIO	Qal	Aluvi6n y ma	
	Qac	Dep6sitos Vo	
	Qb ₂	Basalto ho	
	QPT	Pom6z Toluc	
	Qb ₁	Basalto Plei	
PLEISTOCENO HOLOCENO			
	SUPERIOR	Tp	Grupo Taran
TERCIARIO			
	PLIOCENO	Pl _a	Andesita (J
		Pl _A _b	Brecha volc
MEDIO	Pl _r	Volc6nico d	
CRETACICO SUP.			
	Maestrich tiano Coniaciano	Ksm	Fm. Mexcal Lutita, limol
		ROCAS	
	Pl F	Porfido fe	

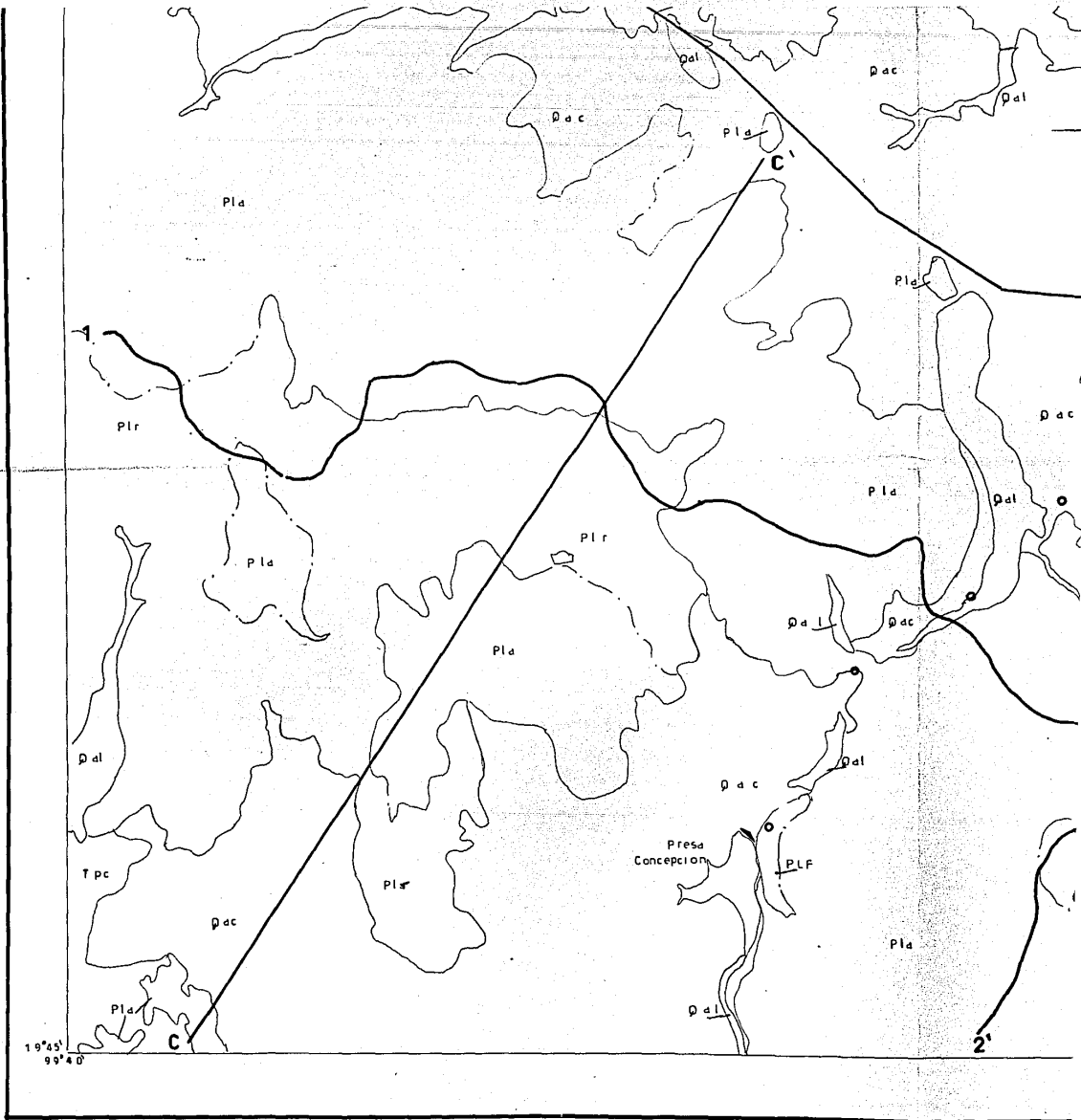
LEYENDA GEOLOGIA



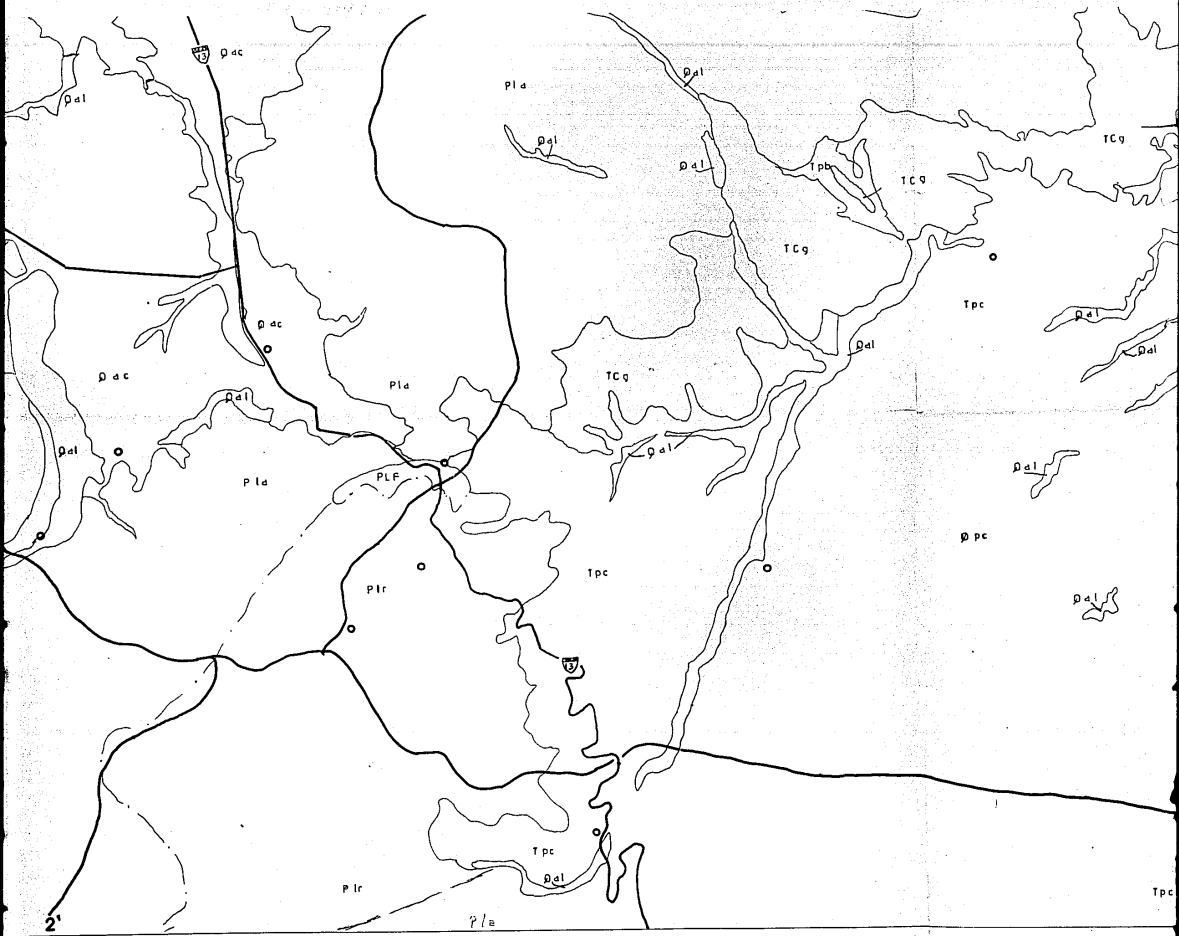
CUATERNARIO	PLEISTOCENO HOLOCENO	Qa1	Aluvión y materiales clásticos	
		Qac	Depósitos Volcano -Clásticos, deluviales y proluviales	
		Qb2	Basalto holocénico (Jilotepec)	
		QPT	Poméz Toluca Superior	
		Qb1	Basalto Pleistoceno Superior	
TERCIARIO	SUPERIOR	Tpa	Depósito lacustre, Ceniza volcánica (arcilla bentónica)	
		Tp	Grupo Tarango	
		Tpb	Alternancia de cenizas volcánicas depositadas en un medio lacustre, con depósitos piroclásticos finos en un medio lacustre, conglomerados y depósitos de cauce	
	MIO	PLIOCENO	Tpc	Tobas y tobas pomíficas con depósito proluviales y coluviales
			TcG	Conglomerados
			Pla	Andesita (Jalpa)
			PlAb	Brecha volcánica
CRETACICO SUP.	Maestrichiano Coniaciano	Plr	Volcánico ácido (riolitas-dacitas)	
		Ksm	Fm. Mexcala Mendez, Lutita, limolita y calcarenita interestratificadas	
		ROCAS INTRUSIVAS		
		PIF	Pórfido félsico	

→
Continua

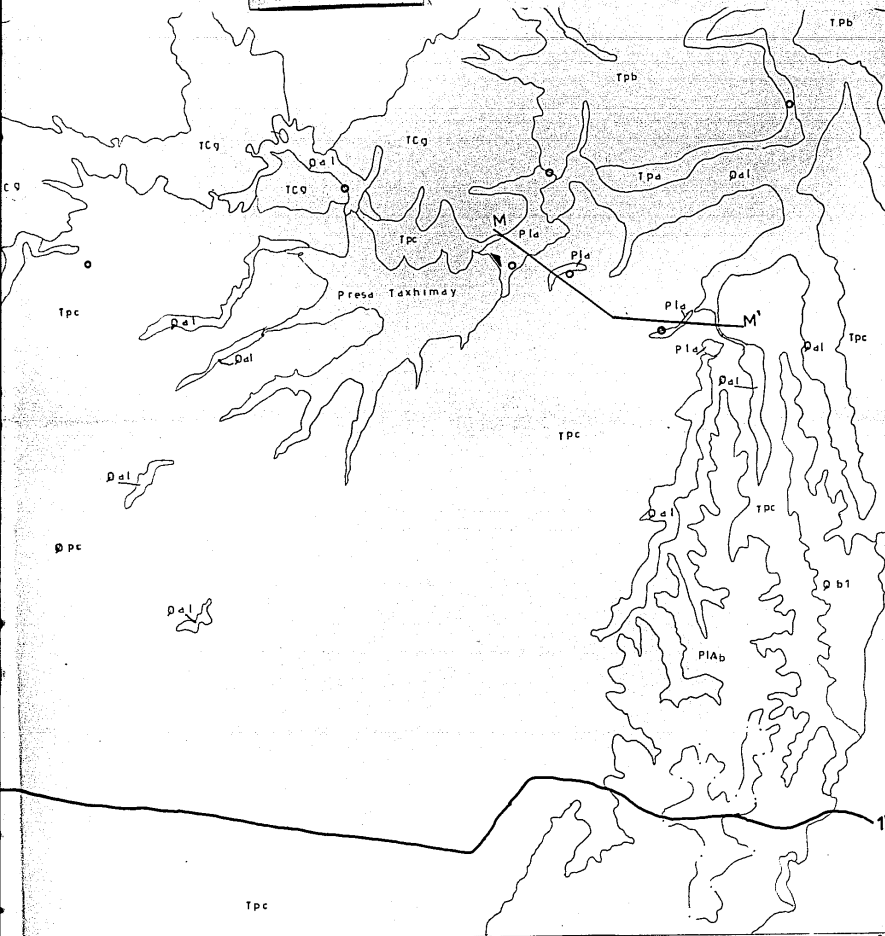
5



-->
Continua 6



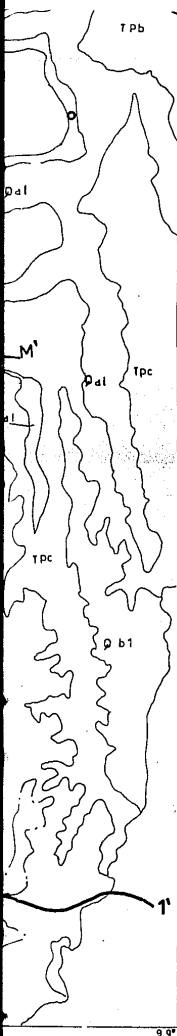
-->
Continúa ?












- A — A' — Contacto
- 1 — 1' — Sección
- Perfil geológico
- Área Urbana
- Carreteras
- Cuota
- Estatal
- Presa
- Bordo

ESCALA:

COLEGIO DE
Tesis de
GEOMORFOLOGÍA
Rafael H.
Hoja No. 1



-  Contacto geológico
-  Sección geológica
-  Perfil geológico-geomorfológico
-  Area Urbana
-  Carreteras pavimentadas
-  Cuota
-  Estatal
-  Presa
-  Bordo

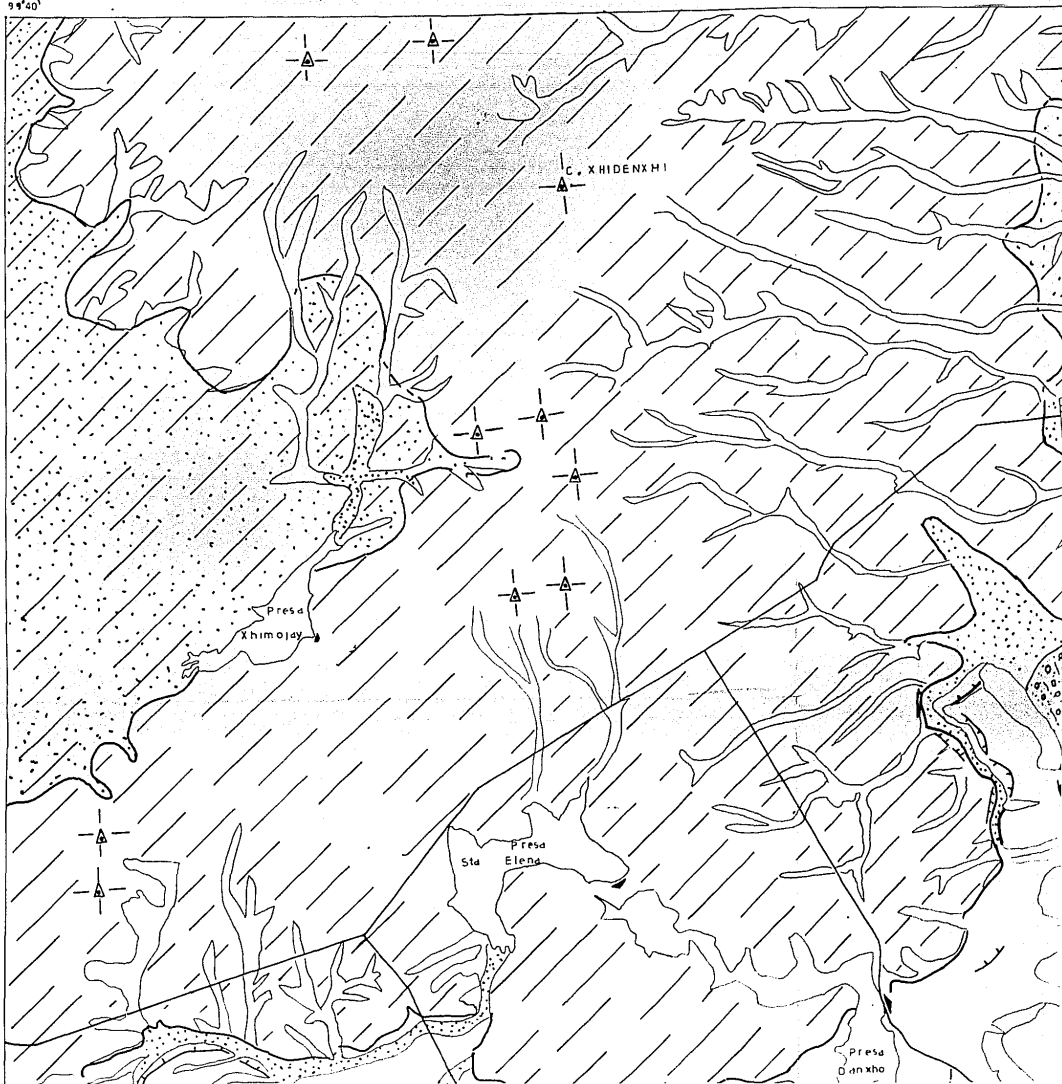
o sitio de muestra

ESCALA: 1 50000

COLEGIO DE GEOGRAFIA UNAM
Tesis de maestría
GEOMORFOLOGIA DE LA HOJA TEPEJI DE RIO
Rafael Huizar
Hoja No. 1 **1982**

-->
Continua 1

20° 00' 19° 40'



Continúa 2



Pres
Danahó

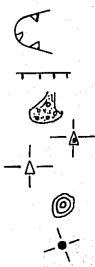
-->
Continua 3

99° 20' 20" 00"

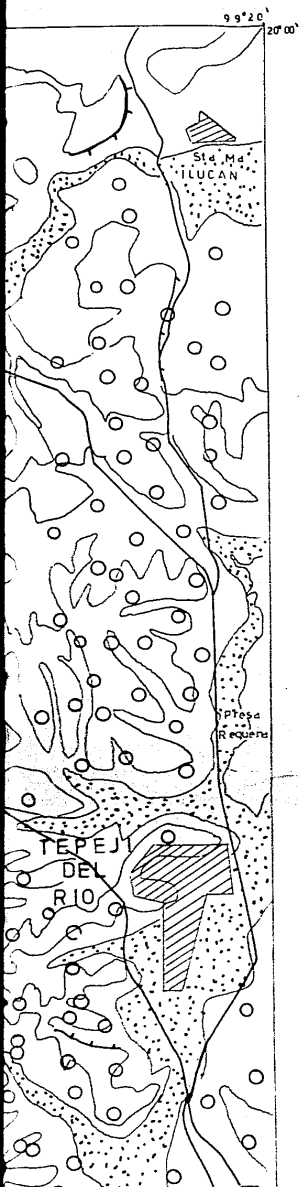


CAR

E










--->
Continúa



CARTA GEOMORFOLOGICA

LEYENDA

ELEMENTOS Y FORMAS DEL RELIEVE

-  CIRCO DE DENUDACION
-  ESCARPE
-  CONO DE DEYECCION
-  VOLCAN DE ESCORIA
-  VOLCAN ANDESITICO
-  VOLCAN CUBIERTO
-  DOMO VOLCANICO

TIPOS DE RELIEVE



VOLCANICO—ACUMULATIVO

a) colada de lava de clara expresión

b) colada de lava ligeramente cubierta



VOLCANICO—DENUDATORIO



ACUMULATIVO—EROSIVO



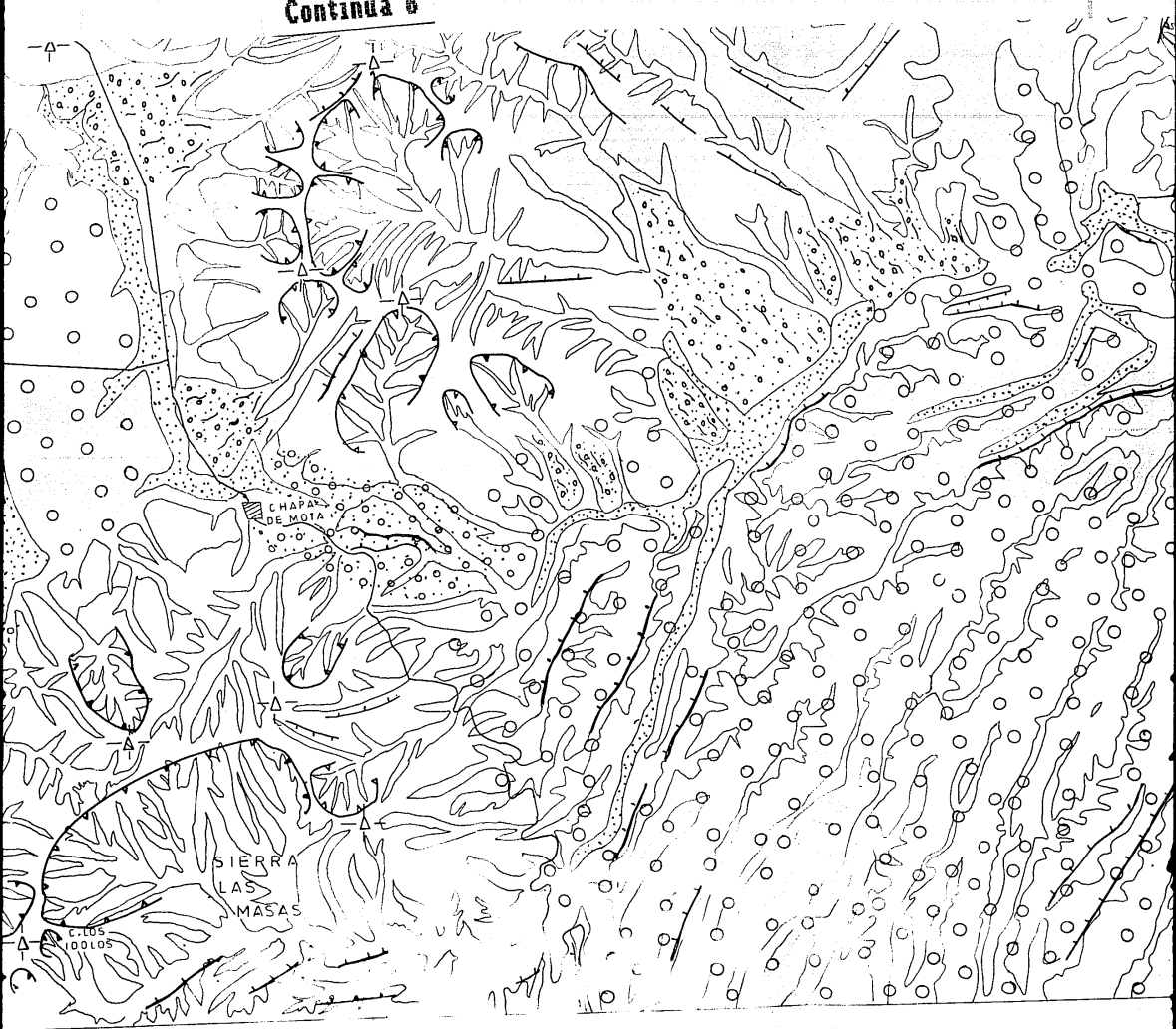
EROSIVO

Continua 5



1945
99 40

→
Continua 6



Continua 7



ACUMULATIVO ALUVIAL



RELIEVE EROSIVO FUERTE

CULTURALES



AREA URBANA

CARRETERA PAV.



ESTATAL



CUOTA



PRESA



BORDO

ESCALA

COLEGIO DE GEOGRAFIA

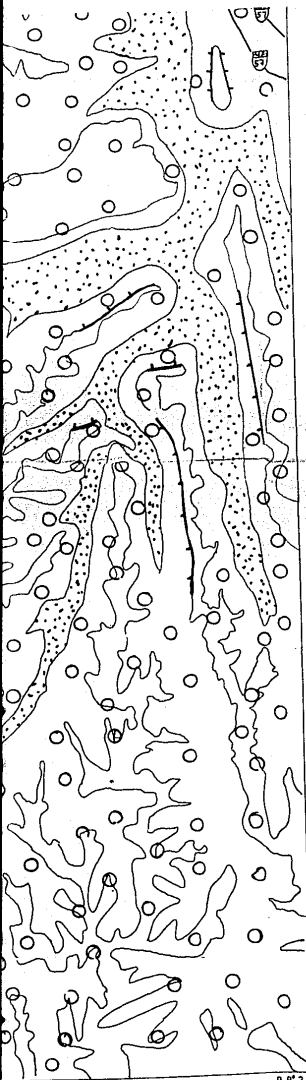
TESIS MAESTRIA

GEOMORFOLOGIA DE

RAFAEL

HOJA N. 2

9 9' 20" 10' 45"



ACUMULATIVO ALUVIAL



RELIEVE EROSIVO FLUVIAL

CULTURALES



AREA URBANA

CARRETERA PAV.



ESTATAL



CUOTA



PRESA



BORDO

ESCALA 1:50 000

COLEGIO DE GEOGRAFIA UNAM

TESIS MAESTRIA

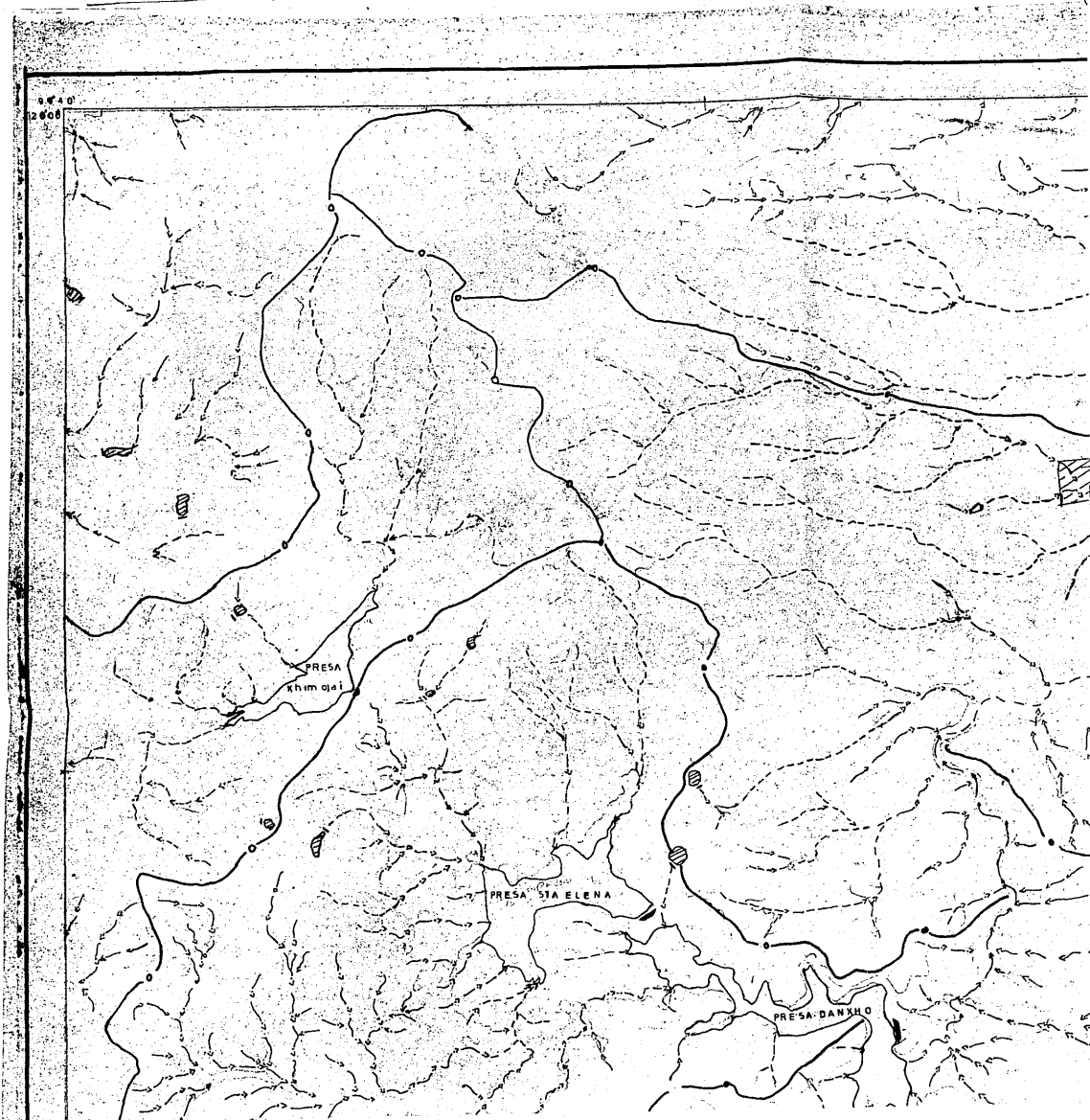
GEOMORFOLOGIA DE LA HOJA TEPEJI DEL RIO

RAFAEL. HUIZAR. A

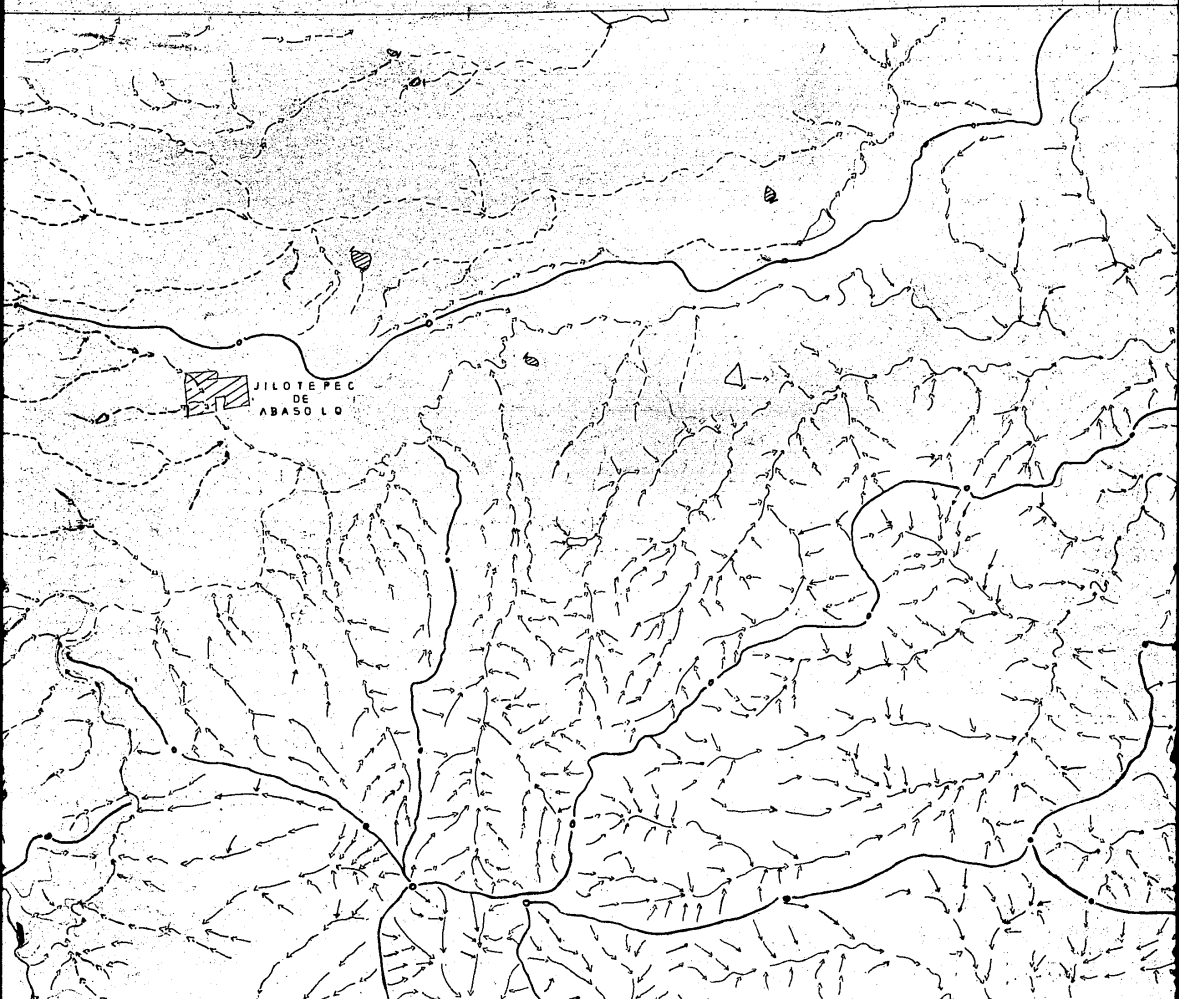
HOJA. N.º 2

1982

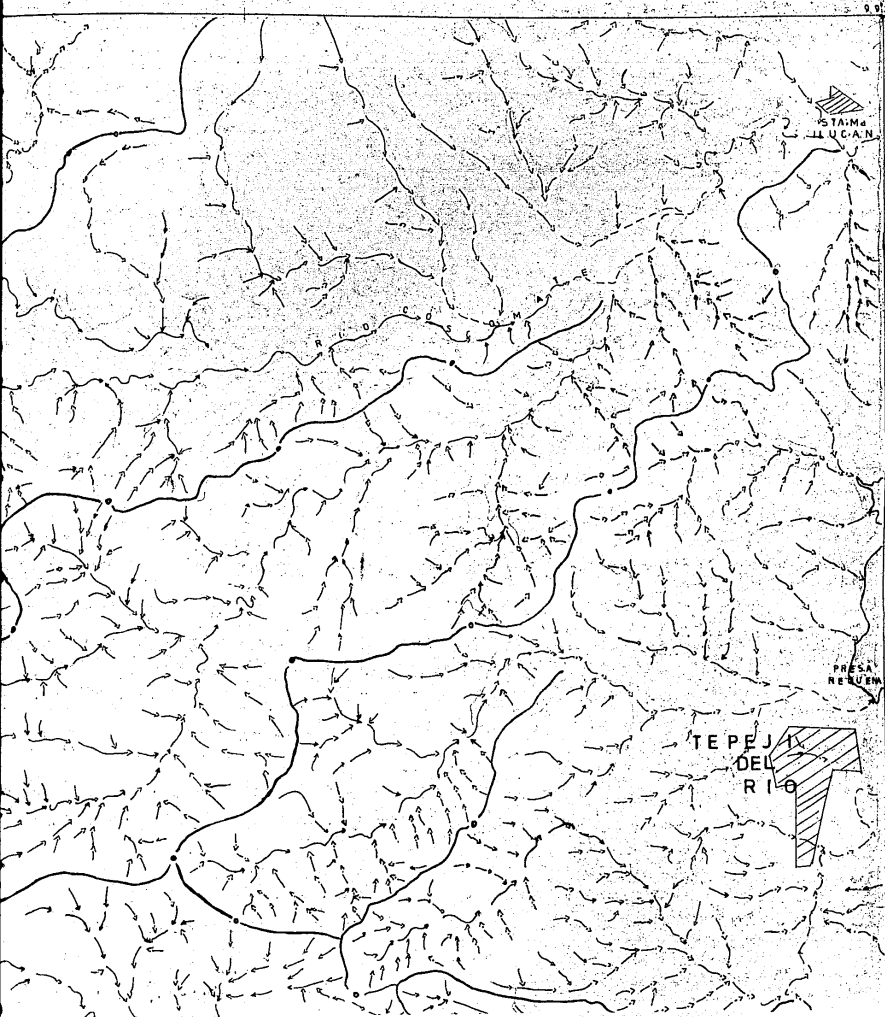
→
Continua 1



→
Continua 2



Continua 3



HOJA DE
DI

L E

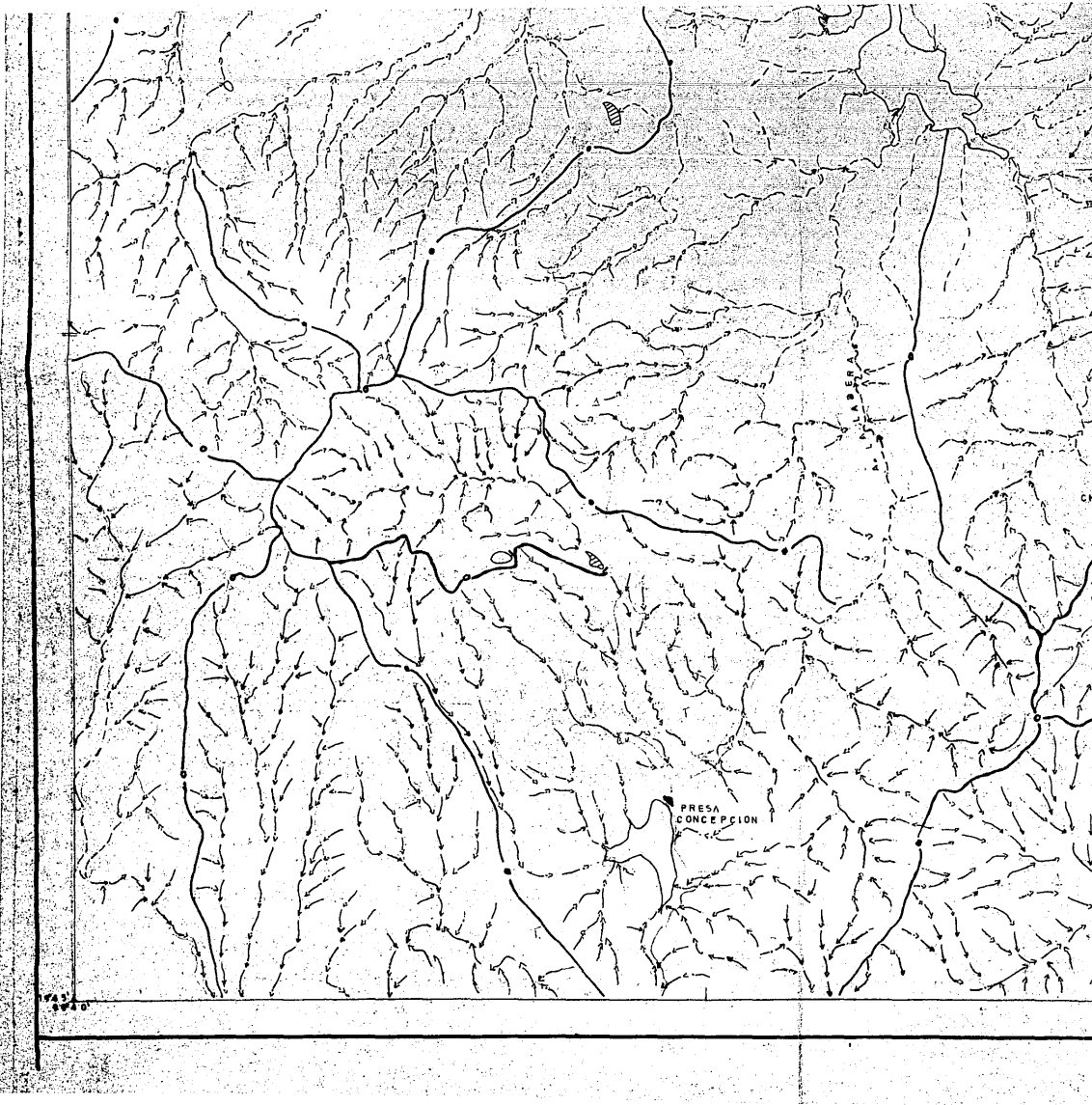
-->
Continua 4



HOJA DE PROFUNDIDAD DE LA DISECCION

L E Y E N D A

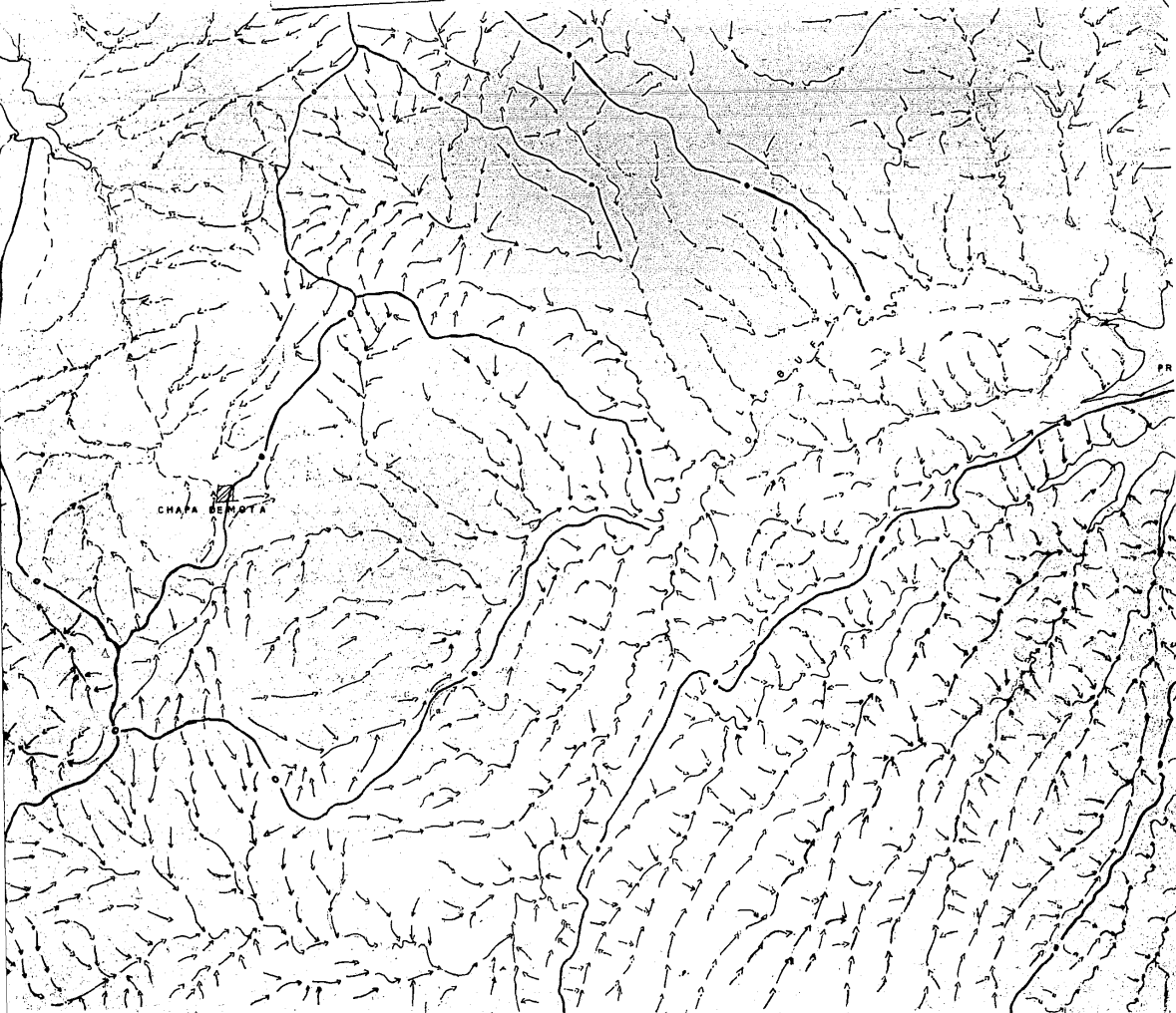
-->
Continua 5



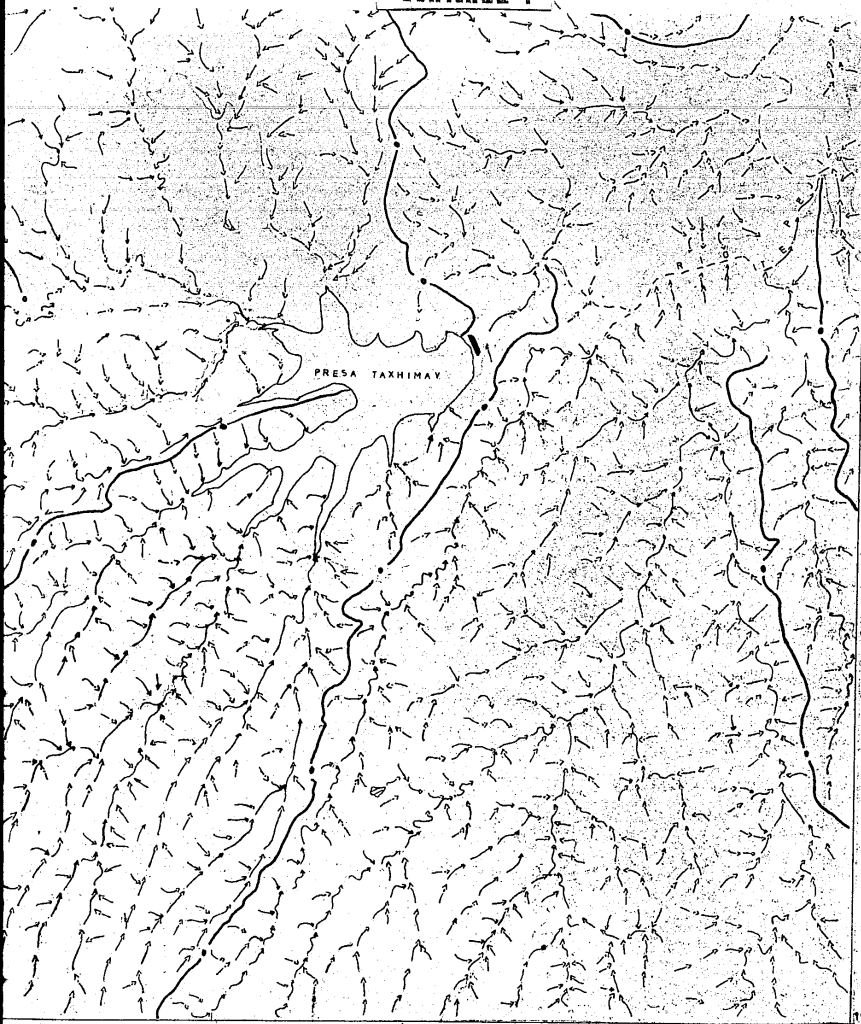
PRESA
CONCEPCION

1940

→
Continua 6



-->
Continua 7



AREA



PRES



BORD



PARTE

PROFUND



INCI P



HASTA



DE 20 a



MAYOR

ESCALA

COLEGIO

TES

GEOMORFO

R/A

HQJA N° 3



AREA URBANA



PRESA



BORDO



PARTE AGUAS

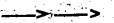
PROFUNDIDAD DE EROSION



INCIPiente



HASTA 20mt



DE 20 a 80mt



MAYOR DE 80mt

ESCALA 1:50 000

COLEGIO DE GEOGRAFIA UNAM

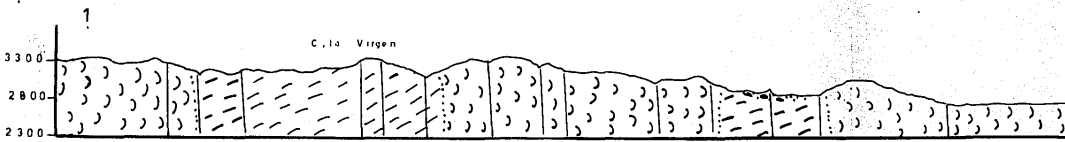
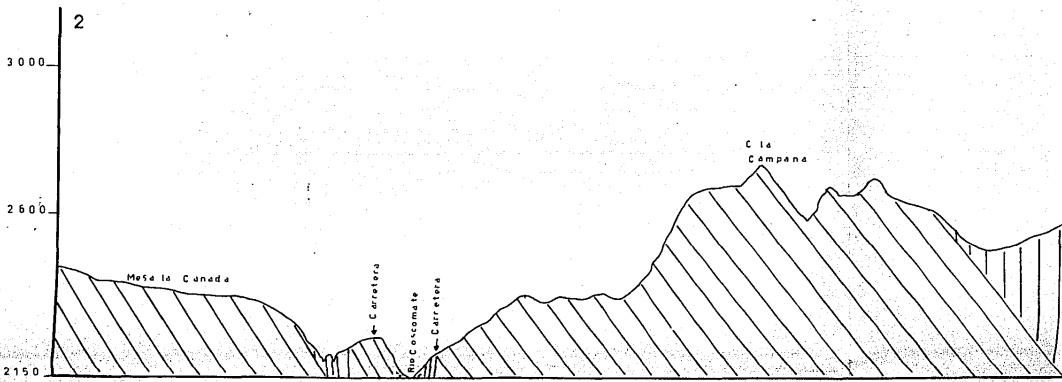
TESIS MAESTRIA

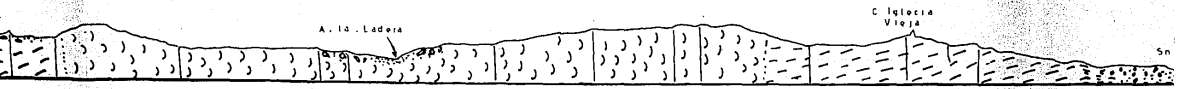
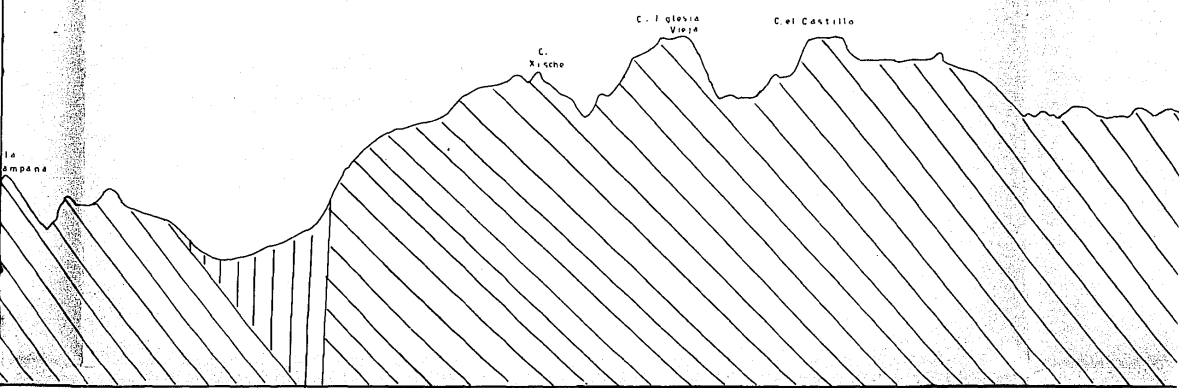
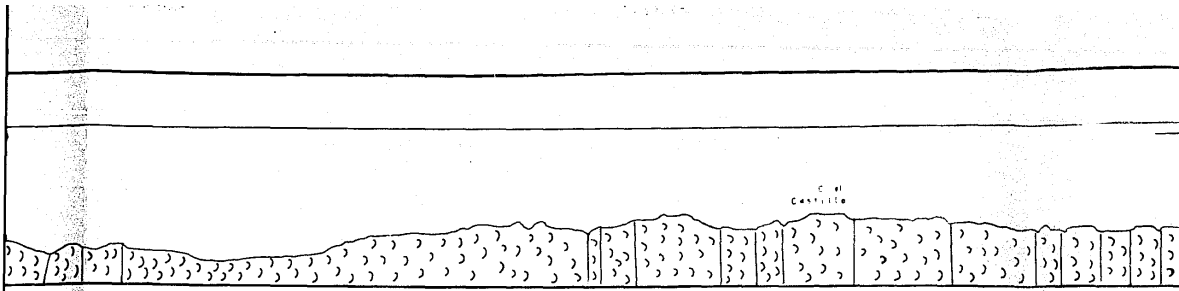
GEOMORFOLOGIA DE LA HOJA TEPEJI DEL RIO

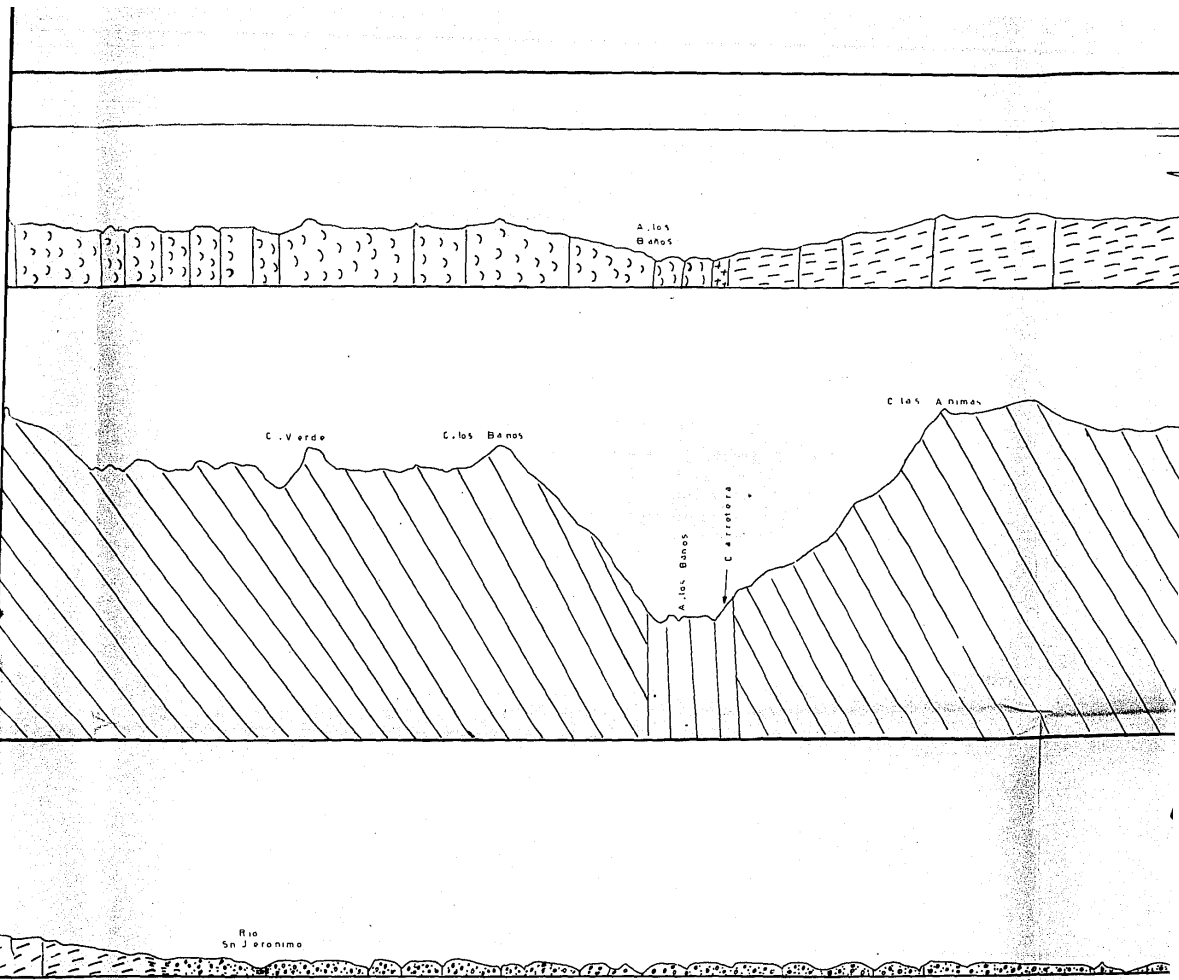
RAFAEL HUIZAR A

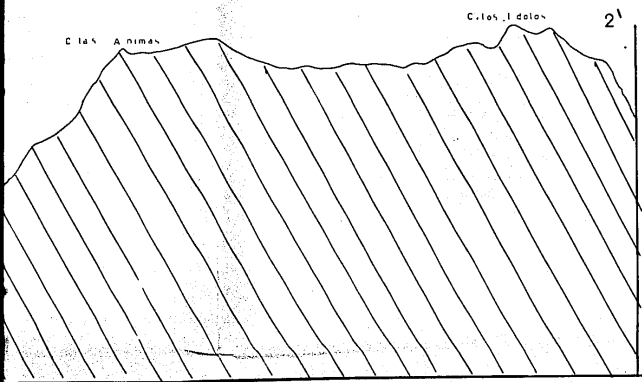
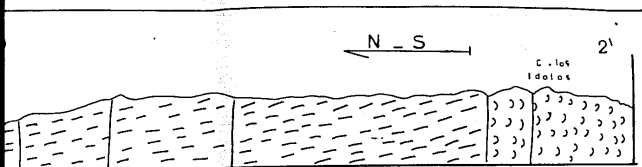
HOJA N° 3

1982




















HOJA DE PERFILES



LEYENDA

GEOLOGIA

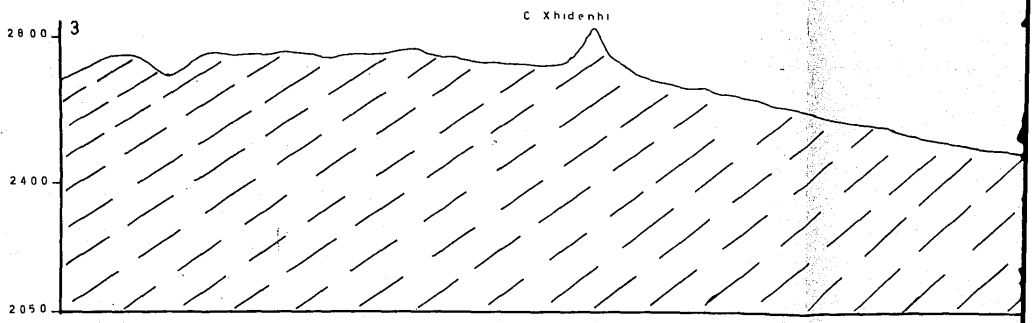
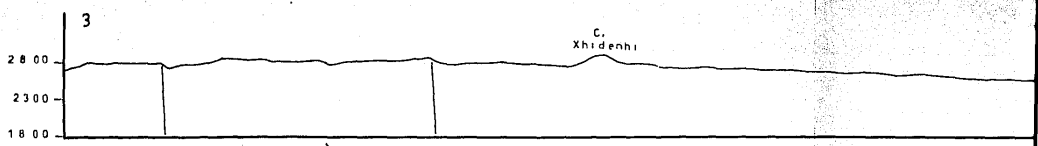
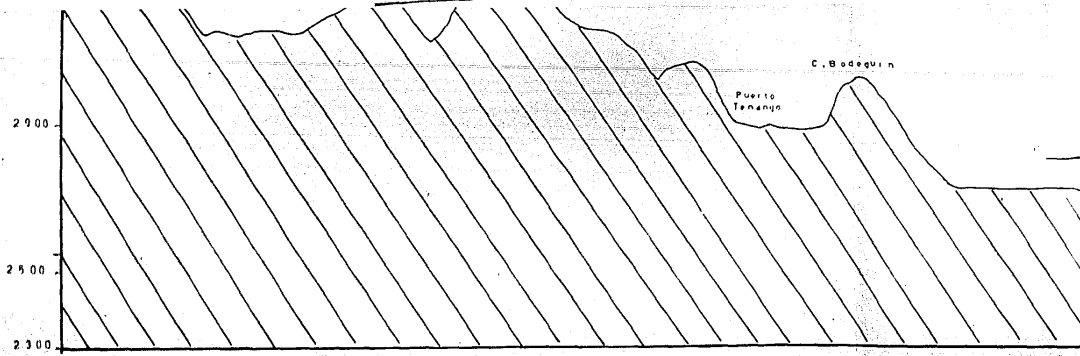
-  ALUVION
-  DEPOSITOS VOLCANOCLASTICOS
-  BASALTO HOLOCENICO
-  BASALTO PLEISTOCENICO
-  ANDESITA PLIOCENO
-  RIOLITA PLIOCENO
-  PORFIDO FELSICO
-  TOBA TOLUCA
-  GRUPO TARARGO
-  Fm MEXCALA

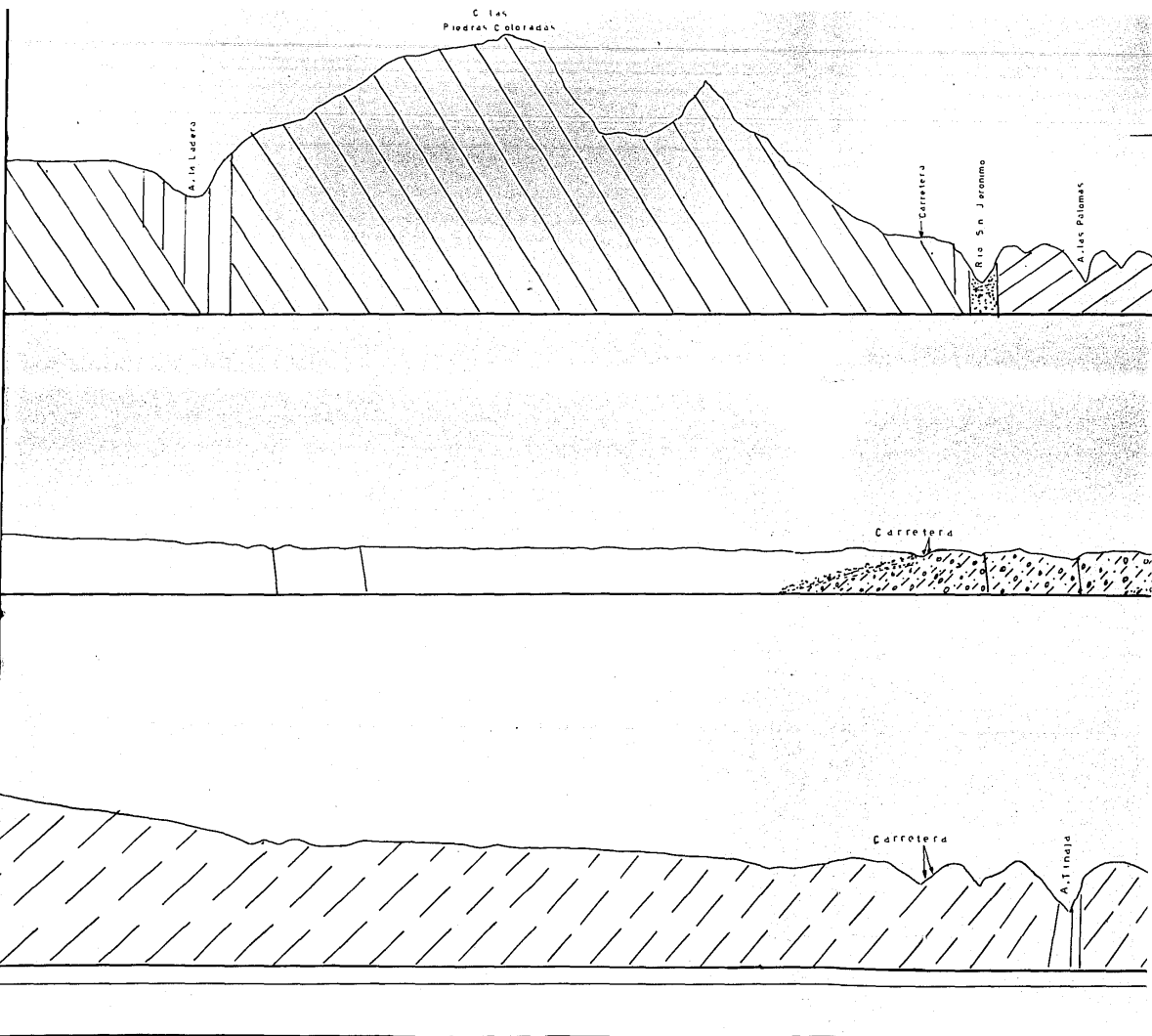
 FRACTURA

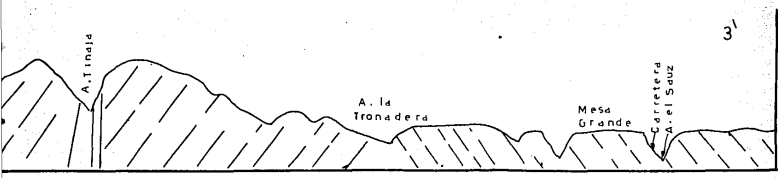
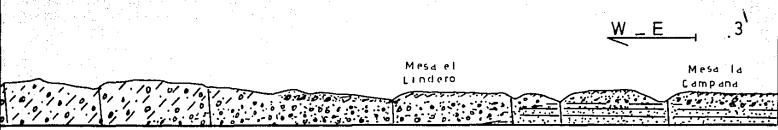
GEOMORFOLOGIA

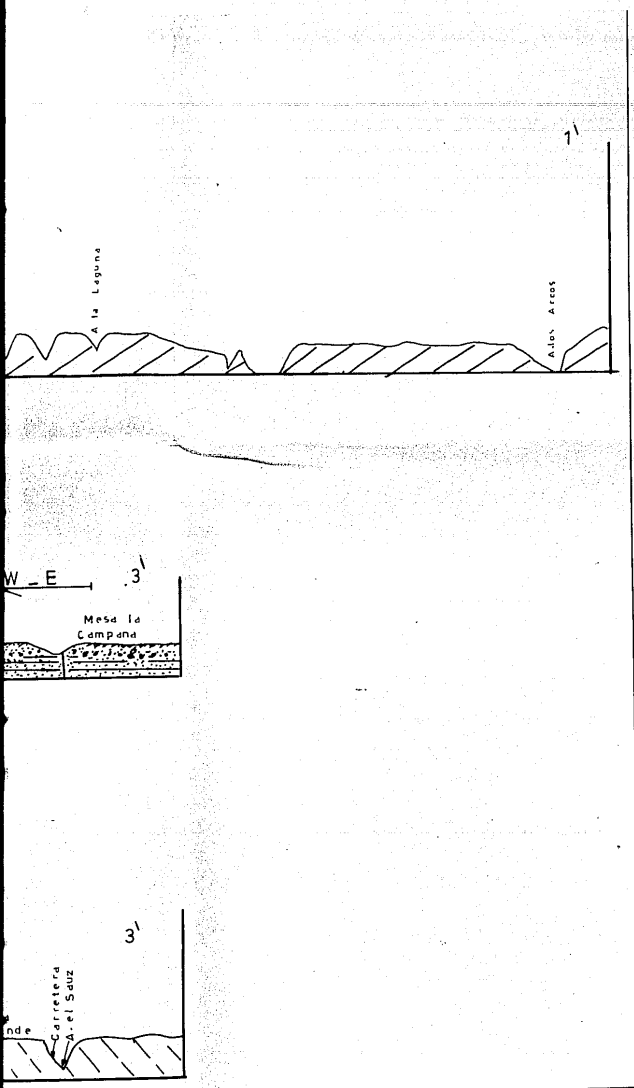
-  ZONA MONTAÑOSA
-  RELIEVE VOLCANICO-DENUADORIO






-->
Continua 5



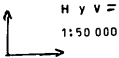
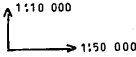






-  PLANICIE VOLCANICA
RELIEVE VOLCANICO-ACUMULATIVO
-  ZONA DE PIEDEMORTE
RELIEVE ACUMULATIVO-EROSIVO
-  VALLE INTERMONTANO
RELIEVE EROSIVO
-  VALLE ACUMULATIVO
-  PLIEGUES DE LA Fm MEXCALA
RELIEVE TECTONICO DENUDATORIO

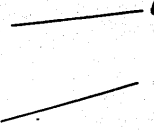
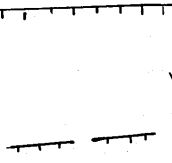
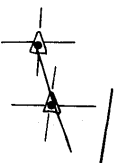
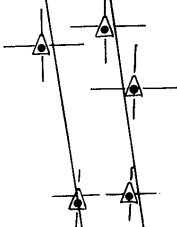
ESCALAS

- GEOLOGICO 
- GEOMORFOLOGICO 

COLEGIO DE GEOGRAFIA UNAM
 TESIS MAESTRIA
 GEOMORFOLOGIA DE LA HOJA TEPEJI DEL RIO

RAFAEL HUIZAR A

9°40'
20'00"





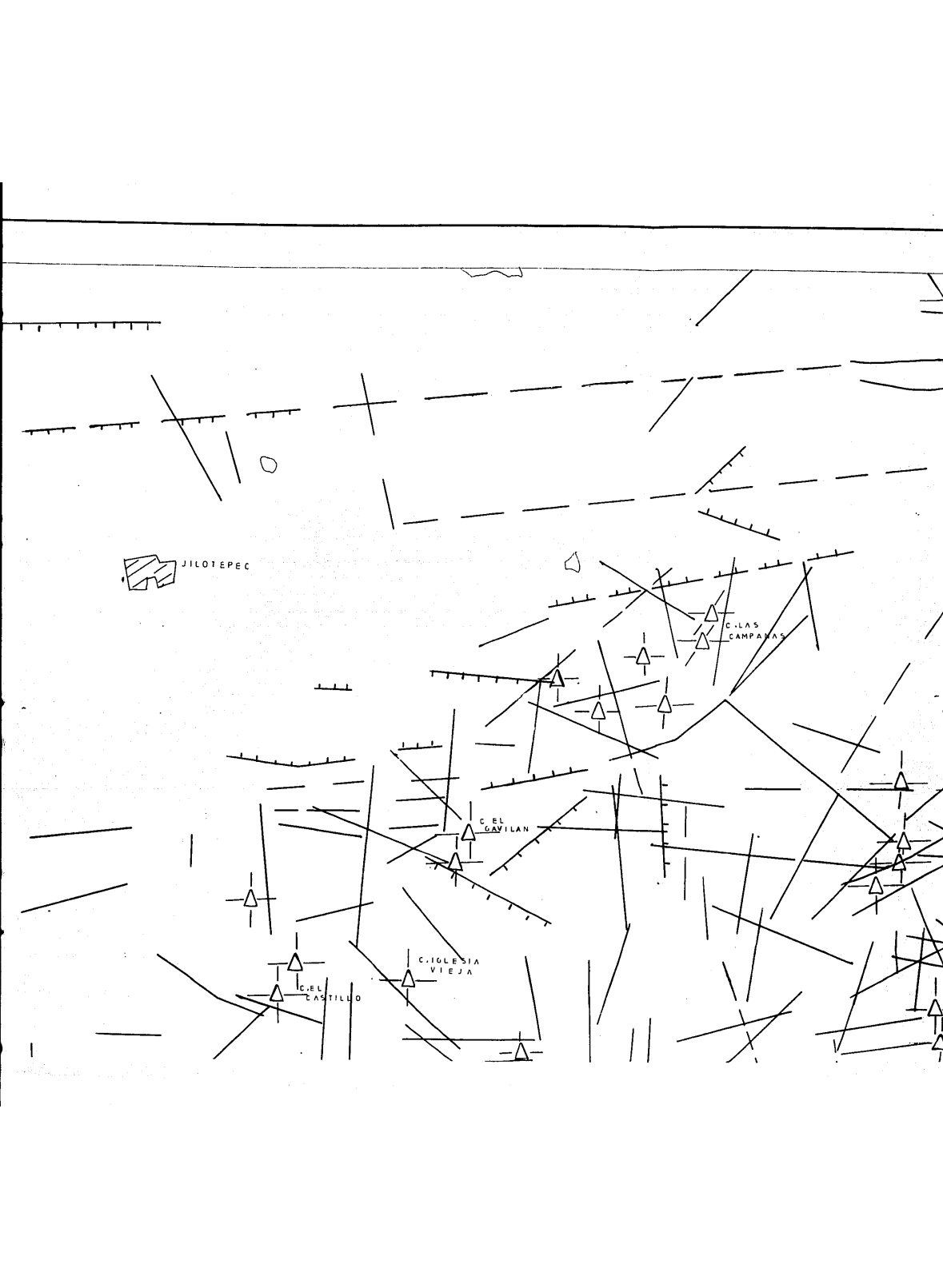
JILOTEPEC

C. LAS CAMPANAS

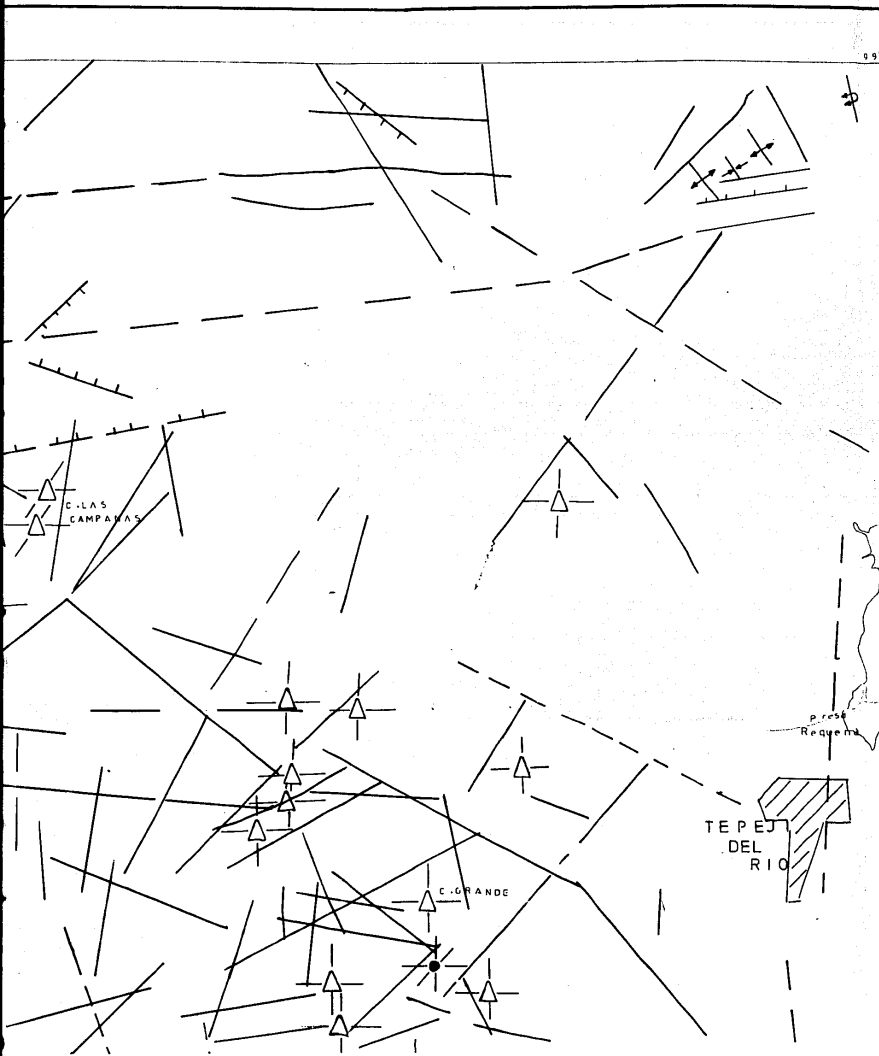
C. EL GAVILAN

C. IGLESIA VIEJA

C. EL CASTILLO













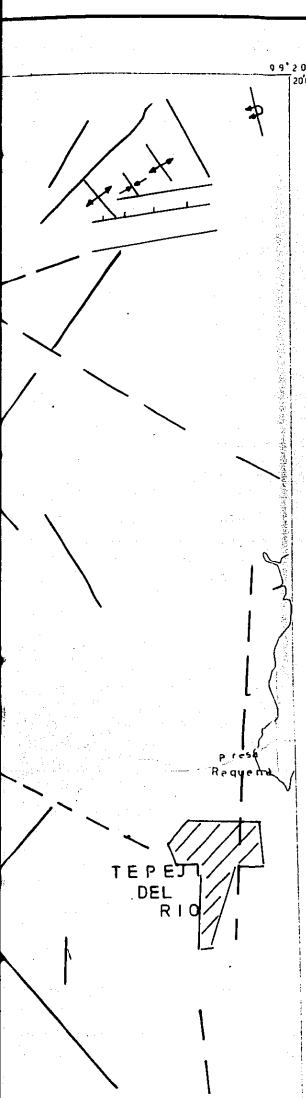
9° 20'
2000



CARTA Y VOLC











L E Y E

-  FRACT
-  FRACT
-  FALL
-  FALL
-  DOM
-  VOLC
-  VOLC
-  VOLC
-  ANTI
-  SINC

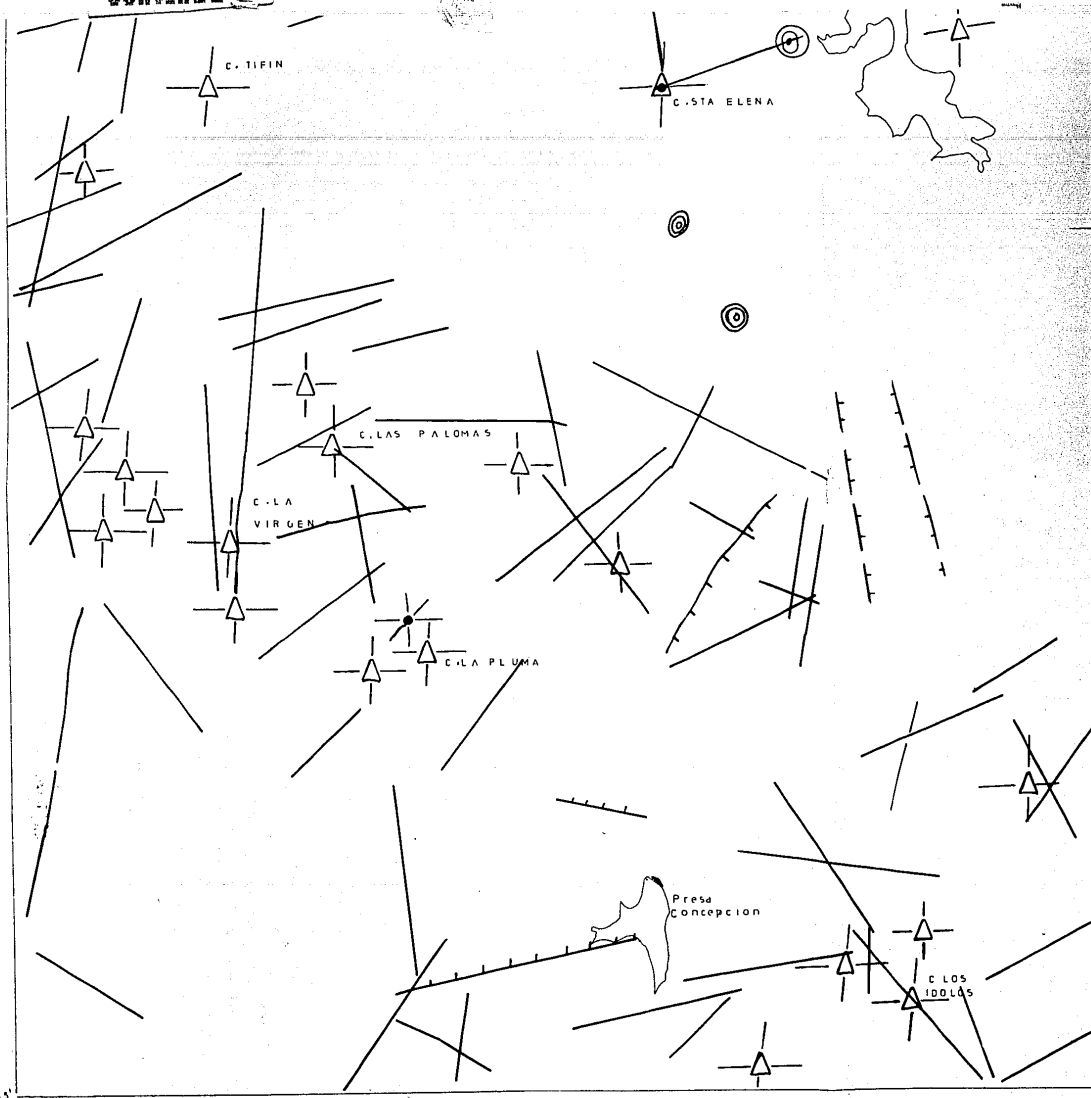


CARTA DE LINEAMIENTOS Y VOLCANES

LEYENDA

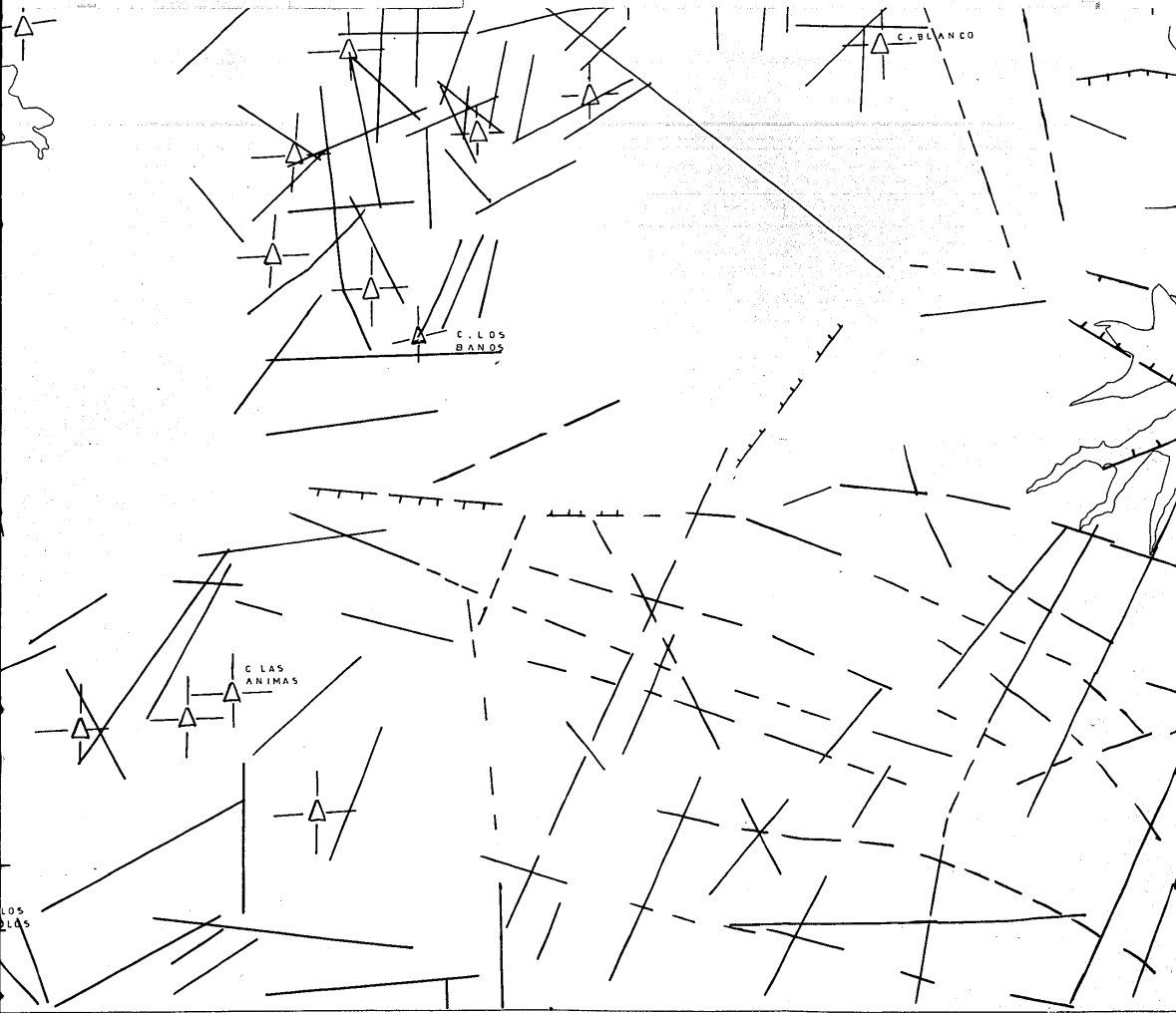
	FRACTURA
	FRACTURA INFERIDA
	FALLA NORMAL
	FALLA INFERIDA
	DOMO VOLCANICO
	VOLCAN CUBIERTO
	VOLCAN ESCOREACEO
	VOLCAN ANDESITICO
	ANTICLINAL
	SINCLINAL

-->
Continua 5



1° 0' 45"
99° 40'

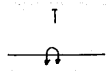
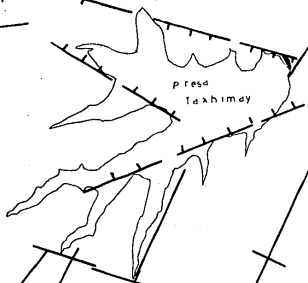
-->
Continua 6



LOS
CLAS

-->
Continua 7

C. BLANCO



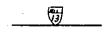
ANTICLINA



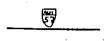
CULTURALE

AREA UR.

CARRETE



ESTATA L



CUOTA



PRESA



BORDO

ESCA

COLEGI

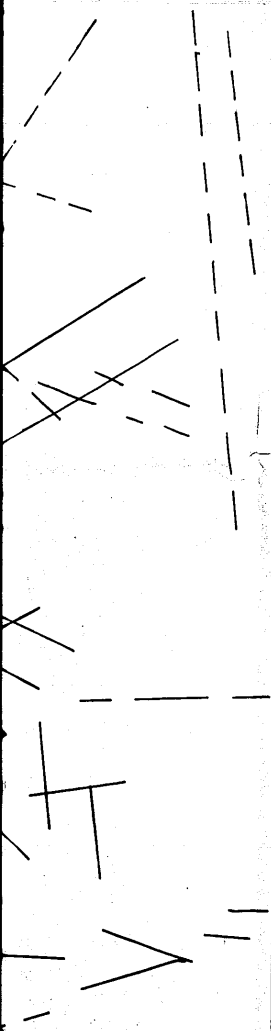
TES

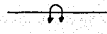
GEOMORFOL


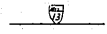
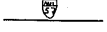


RA

HOJA N° 4

10'45"
99° 20'



-  ANTICLINAL RECOSTADO

- CULTURALES
-  AREA URBANA
- CARRETERA PAV.
-  ESTATAL
-  CUOTA
-  PRESA
-  BORDO

ESCALA 1:50 000

COLEGIO DE GEOGRAFIA UNAM
TESIS MAESTRIA
GEOMORFOLOGIA DE LA HOJA TEPEJI DEL RIO

RAFAEL HUIZAR A

HOJA N°4

1982

10°45'
99°20'