



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS  
COLEGIO DE GEOGRAFIA**

**“ESTUDIO GEOMORFOLOGICO DEL VOLCAN LA  
MALINCHE Y SUS ZONAS ADYACENTES”**

**T E S I S**

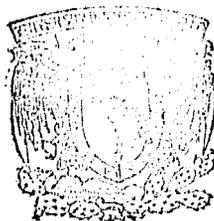
**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
LICENCIADO EN GEOGRAFIA**

**P R E S E N T A N:**

**JUAN CARLOS MOYA SANCHEZ  
JOSE JUAN ZAMORANO OROZCO**

**MEXICO. D. F.**

**1983**



**FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS  
COLEGIO DE GEOGRAFIA**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## C O N T E N I D O

INTRODUCCION

OBJETIVOS

METODOLOGIA

ANTECEDENTES

I MARCO GEOGRAFICO GENERAL

II MARCO GEOLOGICO GENERAL

III MORFOMETRIA

A. Carta de Densidad de la Disección

B. Carta de Profundidad de la Disección

C. Carta de Densidad de corrientes de Primer  
orden

D. Carta de Densidad de corrientes de Segundo  
orden

IV GEOMORFOLOGIA

A. Carta Geomorfológica

V CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

## INTRODUCCION

El estudio geomorfológico, considera el análisis de las formas del relieve en función del espacio y del tiempo, e implica examinar, entre otros elementos, su origen, morfología, edad, evolución, dinámica y extensión espacial, aspectos estrechamente ligados entre sí. Es por esto que "la geomorfología es la disciplina que tiene por objeto específico, estudiar los caracteres y modificaciones de la superficie de contacto entre el medio sólido de la corteza terrestre (litósfera), y sus envolturas gaseosa (atmósfera), y líquida (hidrósfera)" (1).

El presente trabajo consiste en el estudio geomorfológico del volcán La Malinche y sus zonas adyacentes, comprendido dentro de la cuenca Puebla-Tlaxcala, la cual presenta como otras zonas del país, problemas relacionados con la erosión y los recursos hidrológicos. La complejidad de sus formas, algunas relativamente recientes, hace que la variedad de los procesos (endógenos y exógenos), que se manifiestan sobre dos tipos de roca, ígneas y sedimentarias, tengan una gran dinámica, misma que tiene una gran influencia en otros elementos del paisaje como lo son los biológicos y humanos.

---

(1) Tricart, J. "La Epidermis de la Tierra", Ed. Labor 1968. p. 15. Barcelona.

A manera de ejemplo, se tienen las manifestaciones recientes que han alterado los procesos de erosión y acumulación, que a su vez han sufrido cambios sustanciales por la acción del hombre, que los ha intensificado.

## OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es dar un bosquejo sobre el conocimiento geomorfológico del volcán La Malinche y sus contornos, tratando de relacionar los procesos endógenos y exógenos y su influencia en los cambios de las formas del relieve.

También se presenta una cartografía geomorfológica a escala 1: 100 000, con base en 1: 50 000, que intenta mostrar los rasgos geomorfológicos más sobresalientes del área en estudio.

Otro objetivo de esta obra, es el de cuantificar la influencia de los procesos geomorfológicos erosivos, por medio de parámetros morfométricos de densidad de la disección, profundidad de la disección y de densidad de ordenes de corrientes. Esta metodología morfométrica, se engloba dentro del proyecto de Investigación de "Estudios Geomorfológicos del Sistema Volcánico Transversal" del cual es responsable el Dr. José I. Lugo Hubp, en el Instituto de Geografía de la UNAM.

Este tipo de trabajos, además de contribuir al análisis de las formas del relieve, nos permite detectar problemas con mayor detalle del medio natural. Sin embargo, hay que resaltar la ventaja de éste tipo de trabajos, pues también nos permite reconocer y entender los aspectos más relevantes de las formas del relieve.

#### METODOLOGIA

Sobre la metodología presentada en este trabajo, existen trabajos antecedentes sobre obras similares en las obras de Lugo, 1981; Eternod, 1981; Lugo y Martínez, 1981; Palacio, 1982.

Esta metodología se fundamenta en el hecho de considerar que los parámetros morfométricos son básicos para hacer un análisis del relieve, tomando en cuenta su expresión cartográfica, en la que podemos llegar a la elaboración de la carta geomorfológica e interpretación de la misma.

En este caso los parámetros morfométricos consistieron en la elaboración de las cartas de densidad y profundidad de la disección, mismas que permitan cuantificar la erosión del relieve, principalmente la llevada a cabo por las corrientes fluviales.

El trabajo elaborado, consistió en hacer un análisis morfométrico de la densidad de la disección,

profundidad de la disección y densidad de ordenes de corrientes, de 4 cartas topográficas 1: 50 000, en las que quedó incluido el volcán La Malinche y sus contornos.

Las cartas consideradas fueron las siguientes de DETENAL (1975):

- |   |                |                         |
|---|----------------|-------------------------|
| - | Hoja E-14-B-33 | Tlaxcala (Provisional)  |
| - | Hoja E-14-B-34 | Huamantla (Provisional) |
| - | Hoja E-14-B-43 | Puebla                  |
| - | Hoja E-14-B-44 | Tepatlaxco              |

Posteriormente se vació la información a una carta escala 1: 100 000, para un mejor manejo de la información.

Para la elaboración de la carta geomorfológica, se llevó a cabo primeramente, una zonificación del relieve, en función de los parámetros morfométricos antes descritos, tomando como base nuevamente la escala 1: 50 000, pero con ayuda de la fotointerpretación, de fotografías aéreas 1: 35 000 en color de Detenal (1976), en donde la información recopilada y analizada, fue vaciada en un mapa 1: 100 000, para su edición.

Es importante remarcar que para la elaboración de la carta geomorfológica fueron tomados en cuenta tanto factores estructurales, como procesos dinámicos, tanto presentes como pasados.

Toda esta elaboración de material en el ga

binete, además de un fuerte apoyo bibliográfico, fue acompañada de varias salidas de trabajo de campo, que sirvieron para verificar la información recopilada en la primera parte de gabinete. Posteriormente se llevó a cabo una segunda etapa de gabinete, tercera general, en la que se ordenó la información recopilada tanto en el gabinete como en el campo, y se prosiguió a redactar el texto final, llevando a cabo una salida final para verificar dudas particulares.

La información final nos permitió delimitar y clasificar las formas del relieve en tres grupos, desde un punto de vista genético: endógeno, endógeno-modelado y exógeno.

#### ANTECEDENTES

Los trabajos geomorfológicos son escasos en México; la fuente principal de estos estudios, sobre todo los morfométricos, es el Instituto de Geografía de la U.N.A.M., dentro del cual se elaboró esta tesis, incluida en el proyecto "Estudios Geomorfológicos en el Sistema Volcánico Transversal", bajo la dirección del Dr. José Lugo Hubp. No obstante, sobre la cuenca Puebla-Tlaxcala, existen algunos trabajos de importancia, sobre diversos temas y con distintos enfoques.

Sobre aspectos geomorfológicos, se conocen los trabajos de Heine (1971, 1972, 1973), todos éstos

enfocados a los factores que han modificado el relieve, tanto desde el punto de vista endógeno como exógeno. Heine se ocupa de las modificaciones del relieve por cambios climáticos que provocaron un modelado glacial.

Los trabajos sobre geología son un poco más abundantes: se tienen las obras de Fries Jr. (1960), Tichy (1970), Heide-Weise y Heine (1971, 1972 y 1974). Los estudios desarrollados por Fries y Viniegra (1965), detallan las características de las rocas sedimentarias existentes en la zona. Heine y Heide-Weise tratan la mineralogía y la petrología de las rocas volcánicas de la región de Puebla-Tlaxcala, además de mencionar la evolución geológica de la zona. Sus trabajos incluyen elementos de geoquímica, a partir de los cuales obtuvieron sus resultados. Estos autores dan mucha importancia al volcán de La Malinche y a la Sierra Nevada.

Sobre la estratigrafía, se cuenta con los trabajos de Heine y Heide-Weise (1973) y de Erffa et al (1976), el primero enfocado a hacer una reconstrucción estratigráfica con base en elementos sedimentológicos y radiométricos, sobre todo en la porción norte de la cuenca Puebla-Tlaxcala. Erffa, por su parte, se ha dedicado a hacer una reconstrucción estratigráfica por correlación con las zonas adyacentes y a dataciones relativas de los volcanes.

Por último, Demant (1982) da un nuevo enfoque a los aspectos geológicos con base en el análisis petrográfico, sobre todo en el volcán La Malinche. Este autor ha modificado algunas ideas que se tenían sobre la concepción del origen de este estratovolcán.

Con respecto a la tectónica, poco se sabe de la región. Se cuenta únicamente con los trabajos de Hilger (1972) y de Mooser y Seele (1972). Hilger realizó un mapa sobre las características y los indicadores tectónicos de la zona, mientras que Mooser y Seele describen los sistemas de fallas y fracturas y los alineamientos presentes en toda la cuenca Puebla-Tlaxcala.

Existen trabajos importantes acerca de la hidrología de la cuenca de Puebla-Tlaxcala, cuyos autores son Knoblich (1971 y 1973), y Maderey (1974). El primero hace mención a las características físicas de las aguas subterráneas en la cuenca Puebla-Tlaxcala, y la segunda hace un análisis hidrográfico de cuencas en el estado de Tlaxcala.

Son muchas las obras relacionadas con el medio físico de la región, entre éstas tenemos trabajos de climatología, vegetación, ecología y suelos. Entre los autores que destacan por este tipo de trabajos se encuentran: Lorenzo (1969), Ern (1972 y 1973), Ern y Miehlich (1972), Aepli y Shoenhals (1973), Klaus (1973),

Klink (1973), Kneib (1973), Kneib et al (1973), Lauer y Stiehl (1973), Ohngernach (1973), Werner (1976) y González (1982). Parte del trabajo desarrollado en esta tesis está fundamentado en las obras realizadas por los autores ya mencionados.

El hecho de que los estudios geomorfológicos sean escasos en México, nos da un punto de apoyo al conocimiento del medio natural del país, lo que nos hace pensar que en la medida que un país se conoce así mismo, cuenta con mayores bases para su desarrollo.

## CAPITULO I

## MARCO GEOGRAFICO GENERAL

La zona que comprende este estudio se localiza al oriente de la cuenca de México y abarca parte de los estados de Puebla y Tlaxcala. Su extensión cubre un área rectangular de aproximadamente 4 000 km<sup>2</sup>, y tiene como coordenadas limítrofes los 19°00' y los 19°30' de latitud norte, y los 97°40' y 98°20' de longitud oeste.

Entre las poblaciones más importantes podemos citar a la ciudad de Puebla al suroeste, Santa Ana Chiautempan y Tlaxcala al noroeste, Huamantla al noreste y Apizaco al centro-norte.

En la porción central de esta zona se levanta el volcán Matlacuéyatl ("La de las diez inmensas faldas") o Malinche, de 4,461 msnm. Las laderas del volcán y su piedemonte se extienden considerablemente, en forma circular, con radios de unos 15 km.

En esta forma, el estratovolcán junto con otras elevaciones montañosas, define una divisoria, que separa a la cuenca Puebla-Tlaxcala al occidente, perteneciente al sistema del Balsas, y la de Oriental, cuenca endorreica, hacia el lado este.

La altitud máxima se reconoce en la porción central de la zona en estudio, la cual ya fue men-

cionada. Hacia el norte se presenta una gran estructura, conocida con el nombre de "Bloque Tlaxcala", que tiene una altitud promedio de 2,800 msnm.

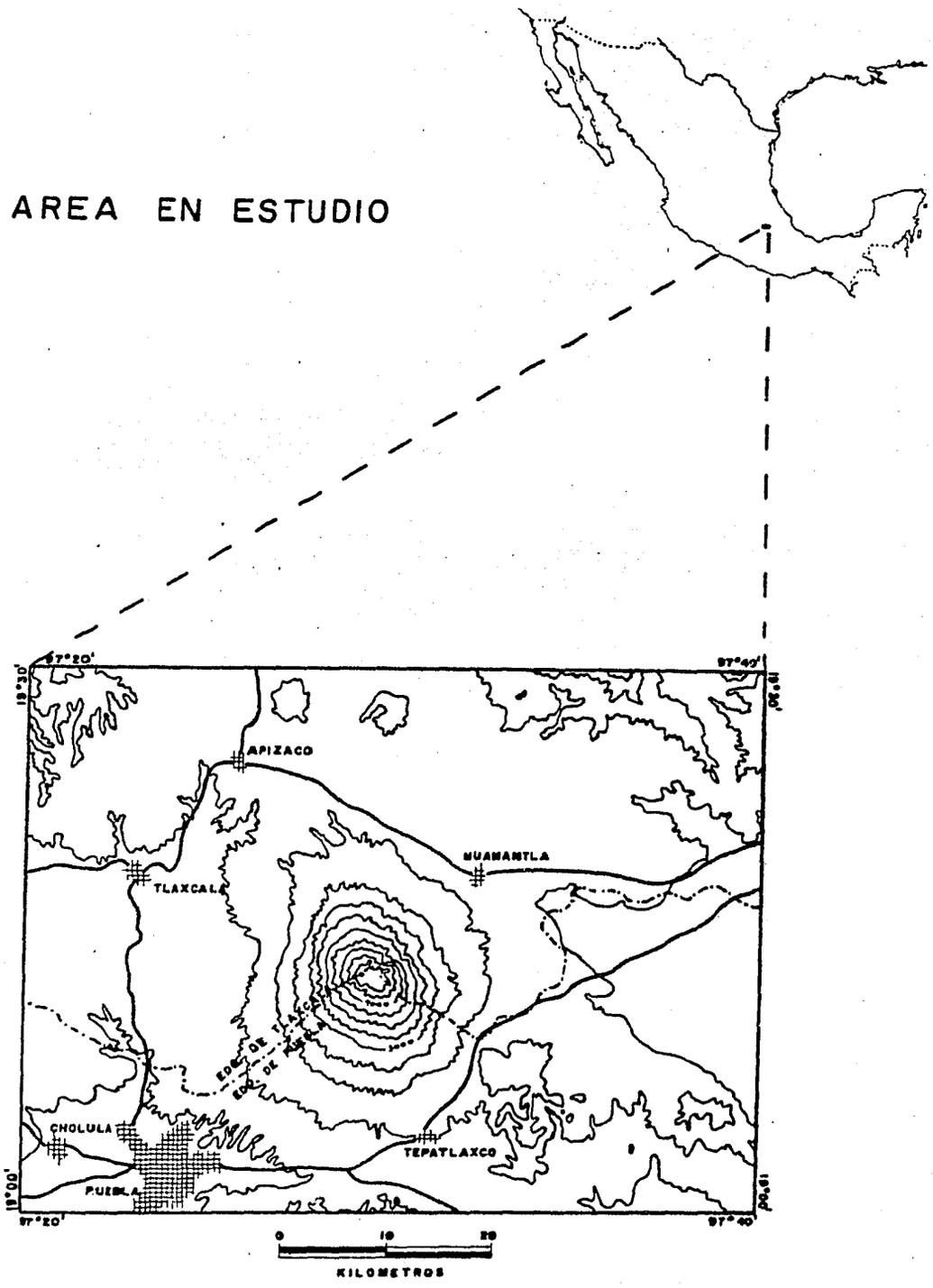
Hacia el sur y sureste se localizan estructuras plegadas, que presentan altitudes promedio de 2,800 msnm. Por otro lado, las altitudes mínimas tienen en promedio los 2,250 msnm, corresponden a planicies de acumulación.

Debido a los contrastes altitudinales, se presentan climas que van desde el frío hasta el templado, siendo los últimos los que muestran una mayor diversidad. El clima frío se localiza hacia la parte alta, por encima de la cota de los 3,500 msnm, y en el resto de la región hay un clima templado.

La presencia de un clima frío de altura, está muy relacionado con la vegetación arbórea. En el volcán La Malinche se reconoce: bosque de pino-encino, bosque de enebro, bosque de oyamel y zacatonales. Para las zonas templadas se tiene bosque de pino-encino, bosque de oyamel y pastizales.

Existe una predominancia de suelos de origen volcánico, principalmente al norte y en la porción central de la zona, y suelos de origen lacustre y fluvial hacia las planicies.

# AREA EN ESTUDIO



## CAPITULO II

## G E O L O G I A

En el estudio de las formas del relieve, la comprensión de la estructura geológica resulta fundamental para explicar la evolución de las mismas. La expresión litológica en el paisaje, que depende tanto de factores en dógenos como exógenos, es el resultado de la combinación de una serie de elementos que Kostenko (1977), subdivide en dos grupos: los estáticos y los dinámicos. Dentro de los factores estáticos podemos citar a las características mineralógicas de la roca, su grado de fractura, su disposición, ya sea en estratos o en forma masiva, etc. A partir de éstos elementos y con la intervención de factores dinámicos, mismos que se encuentran representados fundamentalmente por la tectónica y el clima, se presentan las modificaciones que darán como resultado, un determinado tipo de relieve, producto de la acción conjunta de los factores representativos de cada uno de los grupos citados.

En la región en estudio, como sucede en la generalidad de los casos, se presenta también la relación entre los factores mencionados. Así, tenemos diferentes tipos litológicos, representados por rocas ígneas y sedimentarias, éstas últimas tanto de origen marino como continental.

A continuación se resumen las principales características de los tipos litológicos presentes en la región, así como un breve esbozo acerca del desarrollo tectónico de las estructuras.

### MESOZOICO

La evolución geológica en la zona en estudio durante el mesozoico, al igual que en gran parte del territorio mexicano, se caracteriza por un proceso de acumulación de sedimentos en un medio marino durante el cretácico, con un levantamiento regional hacia finales de este mismo periodo.

Las rocas mesozoicas cubren el sur y sureste de la zona en estudio. Estas rocas consisten especialmente en calizas del cretácico, las cuales se describen a continuación.

#### Cretácico "medio"

Corresponden al cretácico "medio" (albiano-cenoniano) <sup>(1)</sup> las formaciones Orizaba (Pemex 1958-1959) y Morelos (Fries Jr., 1960), mismas que afloran al oriente del poblado de Santa Isabel Tepetzala y al SE del volcán de La Malinche. Erffa et al (1976), consideran a estas dos formaciones calcáreas de la misma edad, pero de condición litológica diferente.

(1) Viniegra, (1965).

La formación Orizaba aflora al sur del p<sup>o</sup>blado El Rincón de Zitlaltepec, también al SE de La Malinche, y consta de calizas arrecifales ricas en fósiles. El espesor de los estratos calizos de esta formación, varían de 40 cm hasta 2.50 m, siendo el espesor aproximado de la formación de 1,000 m.

Fries Jr. (1960), menciona que la formación Morelos, consta de calizas compactas y dolomías, las cuales son muy resistentes a la erosión bajo las condiciones climáticas que prevalecen en la región. La resistencia del material probablemente se deba al contenido de magnesio en las dolomías, elemento que ocasiona que la disolución sea más lenta. Estas estructuras tienden a formar importantes elevaciones, con excepción de los lugares donde están cubiertas de piroclastos. Los estratos son por lo general gruesos, entre 20 y 60 cm de espesor. Según Fries (op. cit.), la importancia de esta formación radica en que estas calizas se encuentran distribuidas muy ampliamente en la mitad oriental de México y están estrechamente relacionadas con la topografía que caracteriza a la Sierra Madre Oriental. También se conocen afloramientos importantes en Guerrero, Michoacán, Colima, Jalisco y Oaxaca.

#### Cretácico Superior

Al sur del área en estudio se localiza la formación Mezcala, que corresponde al cretácico superior

(2)  
 (cenomaniano) , aflora en el cerrión de Amozoc, al sur del poblado del mismo nombre en el límite meridional de la zona. Es muy variable la litología: se trata de una sucesión de capas interestratificadas de areniscas, limolitas y lutitas calcáreas, con escasos lentes de cenizas clástica, que yace sobre la formación Cuautla. En los estratos se encuentran numerosas marcas, como huellas de oleaje y otras. Fueron encontradas además huellas de organismos, las cuales son características de las sedimentaciones de tipo flysch (Erffa, 1976).

La formación Mezcala muestra poca resistencia a la erosión, con excepción de los sitios donde queda protegida por el material piroclástico cuaternario. La importancia de esta formación radica en su gran extensión, abarca la parte norte de la Sierra Madre del Sur y los estados de México, Hidalgo, Querétaro y San Luis Potosí.

### CENOZOICO

A partir del cenozoico se presenta un cambio fundamental en los procesos geológicos: termina la sedimentación marina, dando paso a los procesos continentales, mismos que continúan hasta nuestros días. El paleógeno representa un levantamiento regional, y en el eoceno se produce la orogenia, misma que continúa en el oligoceno y neógeno-cuaternario. Esto último lo atestiguan

(2) Fries Jr., (1960).

las formas volcánicas del mioceno y plioceno.

El cuaternario es una época de intensa actividad tectónica. Por un lado, está presente el vulcanismo, cuyos productos cubren parcialmente a las rocas sedimentarias mesozoicas.

### TERCIARIO

En el terciario predominan las rocas volcánicas que formaron estratos que actualmente se encuentran fracturados. Las formas volcánicas más importantes aparecen durante el oligoceno y el mioceno.

Posteriormente a la depositación del grupo Balsas, durante el terciario temprano, tenemos la efusión de rocas volcánicas que abarcan desde el terciario medio hasta el cuaternario reciente, las cuales están representadas por lavas volcánicas y depósitos piroclásticos. La datación precisa de la edad de algunas rocas volcánicas posteriores al grupo Balsas, no se tiene y sólo se dispone de dataciones relativas por comparaciones con las zonas circunvecinas (Erffa, op. cit).

### M i o c e n o

El mioceno está representado por la formación Barranca Seca (Erffa, 1975), que consiste en lavas muy erosionadas de composición andesítica, con 200 metros

de espesor aproximadamente. Estas lavas posteriormente fueron cubiertas por los sedimentos lacustres de Tlaxcala durante el plioceno, los que ahora ya no permiten observar las formas originales. La formación de Barranca Seca se encuentra localizada al NE de la serranía de Huamantla y abarca casi toda la parte nororiental de la zona en estudio.

### P l i o c e n o

Durante el plioceno se formaron los grandes volcanes de la Sierra Nevada y también La Malinche. Esta etapa de formación continúa hasta el holoceno.

Las formaciones representativas del plioceno en la zona en estudio, consisten en materiales lacustres que se encuentran alternados con capas de material volcánico de composición ácida. Estas rocas se encuentran localizadas en toda la parte norte, cubriendo a las andesitas del mioceno. Además, estos materiales pliocénicos también fueron cubiertos, en algunas zonas por piroclastos y lavas cuaternarias, principalmente en la región centro-norte. A toda la estructura de esta zona, se le conoce con el nombre de Bloque Tlaxcala.

En este mismo periodo, "los agentes de denudación fluviales y fluvioglaciares iniciaron una actividad intensa que condujo a la degradación de un relieve

activo. Así, se formaron grandes cuerpos de depósitos fluvio-glaciares (brechas sedimentarias) en las faldas de volcanes como La Malinche, entre otros<sup>(3)</sup>.

En la región Puebla-Tlaxcala se tienen dataciones sobre edades relativas, con base en una clasificación cronológica, utilizando criterios tectónicos y por la conservación de los volcanes. "Según esto, habría que poner volcanes muy erodados y fracturados al mioceno, y los volcanes reconocibles morfológicamente como tales y menos fracturados, al plioceno. Fácil de reconocer son por otra parte los volcanes del pleistoceno, por lo reciente de sus formas" (Hilger, 1973).

## CUATERNARIO

### P l e i s t o c e n o

En esta etapa predomina principalmente el vulcanismo, Fries Jr. (1960) y Mooser et al (1974), asocian el vulcanismo de esta época al grupo Chichináutzin, el cual está representado por edificios volcánicos pequeños, grandes conos, cráteres, maares, domos volcánicos, pedregales de lava y grandes volcanes compuestos como La Malinche o los volcanes de la Sierra Nevada, caracterizados por estar cubiertos de una capa de piroclastos de edad reciente. Las rocas que caracterizan a estos cuerpos

(3) SIGE de Tlaxcala, S.P.P., (1981).

volcánicos son materiales tobáceos de composición variada. Existen por otro lado, depósitos lacustres, que demuestran la presencia de lagos que estuvieron asociados a climas más húmedos en esta época.

Los materiales pleistocénicos se encuentran distribuidos por toda la cuenca Puebla-Tlaxcala y sobre todo predominan en La Malinche y en el centro del Bloque Tlaxcala.

### H o l o c e n o

El periodo reciente está caracterizado por piroclastos depositados en agua o en condiciones subaéreas y modificados por los procesos de meteorización (Erffa, 1976). Estos depósitos se presentan cubriendo los materiales volcánicos del pleistoceno en La Malinche, y en muchos lugares donde se ha llevado a cabo una sedimentación reciente como en el sur del Bloque Tlaxcala. También se encuentran localizados sedimentos lacustres, que en diversas localidades contienen restos de mamíferos, principalmente en las hondonadas. Estas antiguas zonas lacustres las tenemos localizadas en el sur de la ciudad de Puebla y al norte de Apizaco, en el ya mencionado Bloque-Tlaxcala.

Cabe hacer resaltar que el evento geológico más importante es el vulcanismo llevado a cabo en La Malinche, en el cual se distinguen dos etapas de erupcio-

nes recientes, una hace 28 000 años y la otra entre 12 000 y 8 000 años, (Heine y Heide-Weise citado por Demant, 1982).

La Malinche ha tenido, una relevante importancia en el cuaternario, ya que ha venido a dar otra faceta a la zona tanto geológica como geomorfológicamente.

Demant (1982), se refiere a la constitución del volcán mientras que Heine y Heide-Weise (1973) hablan de su evolución. Los depósitos cuaternarios compuestos por cenizas, pómez y productos finos, han sido afectados por procesos periglaciares, y cubren en grandes espesores las faldas del estratovolcán. Se conoce, por mediciones con  $C_{14}$  en suelos fósiles, que los periodos principales de actividad del fin de su evolución corresponden a las edades mencionadas, caracterizándose sus emisiones por el contenido de minerales pesados; la configuración de la cima según Demant se debe a una erupción paroxísmica que posteriormente fue trabajada por la erosión glacial.

El material expulsado por el volcán varió según la edad: efusiones de andesita primeramente y dacita en su última erupción, con alto contenido de pómez. Por lo que corresponde a los demás volcanes cuaternarios de la zona, en general podemos decir que son volcanes monogenéticos que han emitido volúmenes de lava importan-

tes, de composiciones variadas. Durante las últimas efusiones volcánicas en la región Puebla-Tlaxcala, se cerraron algunos valles y se formaron cuencas endorreicas, algunas de las cuales siguen siendo rellenadas por aluvión y depósitos lacustres.

### T E C T O N I C A

Se considera que la actividad volcánica en la zona Puebla-Tlaxcala, dió comienzo en el terciario y tuvo su mayor magnitud en el cuaternario. Al respecto, Hilger (1972), afirma que es difícil determinar el comienzo de esta actividad, debido a la carencia de mediciones radiométricas. Por consiguiente, la cronología de los eventos volcánicos de esta región, no es muy precisa, como ya se mencionó y sólo se conoce por la comparación de las formas volcánicas.

El vulcanismo de esta región está relacionado con la llamada tectónica de fallas, la cual dió comienzo después de que se formó el conglomerado rojo del Grupo Balsas (eoceno). Entre el mioceno y el plioceno, existieron fuertes movimientos tectónicos, que dieron lugar al vulcanismo. En el cuaternario (pleistoceno), éste continúa y es así como quedan distribuidos numerosos volcanes monogenéticos relativamente pequeños en toda la zona en estudio. Algunos de ellos guardan cierto alineamiento, siendo la dirección principal oeste-este. Se localizan

principalmente en la porción septentrional de La Malinche.

Seele y Mooser (1972), observaron que en la región de Puebla-Tlaxcala, los rumbos de falla tienen direcciones bien definidas:

- SW-NE: falla de Atoyac; fractura del Carmen, falla de La Malinche; falla Popocatepetl.
- SE-NW: falla Valsequillo; falla Hueyotlipan
- W-E: falla Tlaxcala; falla Tetlahuca ; falla Puebla.

En el caso del alineamiento de fallas, las E-W son de gran importancia, ya que la falla Tetlahuca, que pasa directamente por el centro del volcán La Malinche (Hilger 1972), quizá haya dado origen a la formación del volcán. Se pueden solamente señalar en la dirección ya mencionada, fallas inferidas por alineamientos volcánicos, ya que la mayoría se encuentran cubiertas por material lávico y piroclástico. Este tipo de fallas más visible al oeste del volcán La Malinche y se manifiestan en forma escalonada, mientras que al este del mismo volcán, también existen pero son menos visibles.

Según Hilger (1972), las fallas de la región Puebla-Tlaxcala muestran una concordancia con los alineamientos Humboldt, los cuales tienen una dirección

este-oeste, y los de Chapala-Acambay con rumbo WNW-ESE los que están ligados muy estrechamente con la génesis de la cuenca de México. Lo anterior hace pensar que la región Puebla-Tlaxcala es un horst con relación a la cuenca de México. Esta hipótesis se basa en que al pie del Popocatepetl existen calizas cretácicas a 2,200 msnm., y en la cuenca de México, no se encontraron éstas a 2,068 m de profundidad en el Pozo Texcoco 2, (Oviedo, 1967).

El análisis de la geología de la zona en estudio, apoyándolo en la información existente sobre la geología de México (Lopez Ramos, 1979 ; INEGI, 1983), permite considerar lo siguiente:

1. La región Puebla-Tlaxcala fue, como gran parte del territorio mexicano, un fondo marino durante la mayor parte del cretácico. A fines de este periodo se produjo un levantamiento de magnitud continental y en el paleoceno debió haber sido una superficie de tierra firme de poca altura sobre el nivel del mar.
2. Hacia el eoceno medio y tardío, se produce la orogenia: se forman las montañas plegadas de las Sierras Madre Oriental y del Sur. Simultáneamente tiene lugar una intensa erosión que origina los sedimentos correlativos del Grupo Balsas.

3. Durante el oligoceno y mioceno es muy posible que haya continuado la tectónica plicativa y disyuntiva, y el relieve haya sido predominantemente de montañas de rocas sedimentarias.
4. La actividad tectónica continúa a lo largo del plioceno y cuaternario, con un vulcanismo que gradualmente va cubriendo los relieves antiguos de montañas plegadas. Este fenómeno es el que caracteriza a la tectónica actual.
5. La zona en estudio representa el límite entre dos megaestructuras muy importantes en la geología y la geomorfología de México: El Sistema Volcánico Transversal y la Sierra Madre del Sur (sus estribaciones asoman al extremo sur del mapa).
6. La actividad volcánica está presente potencialmente por la presencia de un gran estratovolcán cuaternario -"La Malinche"- y los contiguos de la Sierra Nevada. Es también una zona sísmica que en tiempos históricos ha sido afectada en varias ocasiones.
7. La actividad endógena, aunque esporádica, resultó de mayor intensidad que la nivelación por procesos exógenos, y es lo que explica, en términos generales, la geomorfología de esta zona en estudio, y su génesis.

### CAPITULO III

### MORFOMETRIA

El estudio morfométrico del relieve se fundamenta en la cuantificación de los procesos que han actuado sobre el mismo. Para esto se han elaborado las cartas de densidad de la disección, profundidad de la disección y frecuencia de ordenes de corrientes. Algunos autores que han expuesto los métodos morfométricos son principalmente Horton (1945) y Strahler (1952), a partir de los cuales se han desarrollado otros más, habiéndose aplicado en distintas áreas de la geomorfología.

#### DENSIDAD DE LA DISECCION

La disección del relieve es el proceso de su desmembramiento por cualquiera de los agentes de la erosión (denudación). Hay varias maneras de cuantificar la disección. Una de las más comunes es determinar longitudes totales de talwegs en áreas determinadas. Esto se llama también densidad del drenaje. Pero a diferencia de éste concepto, que tiene una orientación más hidrológica, la profundidad de la disección expresa la intensidad del proceso de erosión fluvial.

El mapa se elaboró trazando todos los talwegs en las cuatro hojas topográficas 1: 50 000; se dividió en cuadrantes de aproximadamente  $20 \text{ km}^2$ , posteriormen

\* Citado en Strahler, 1979.

te se midieron las longitudes totales para cada cuadrante y se dividió este valor entre el área. El resultado, en  $\text{km}/\text{km}^2$ , es la densidad de la disección media, valor que se anota en el centro. Finalmente se interpola y se trazan isofleas (con intervalos de  $0.5 \text{ km}^2$ ), para terminar el mapa.

Los factores que influyen en la densidad de la disección son: el grado de fractura de la roca, la composición litológica, la pendiente del terreno, el clima, la edad del relieve, la vegetación, el tipo de suelo, la edad de la roca, etc.

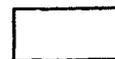
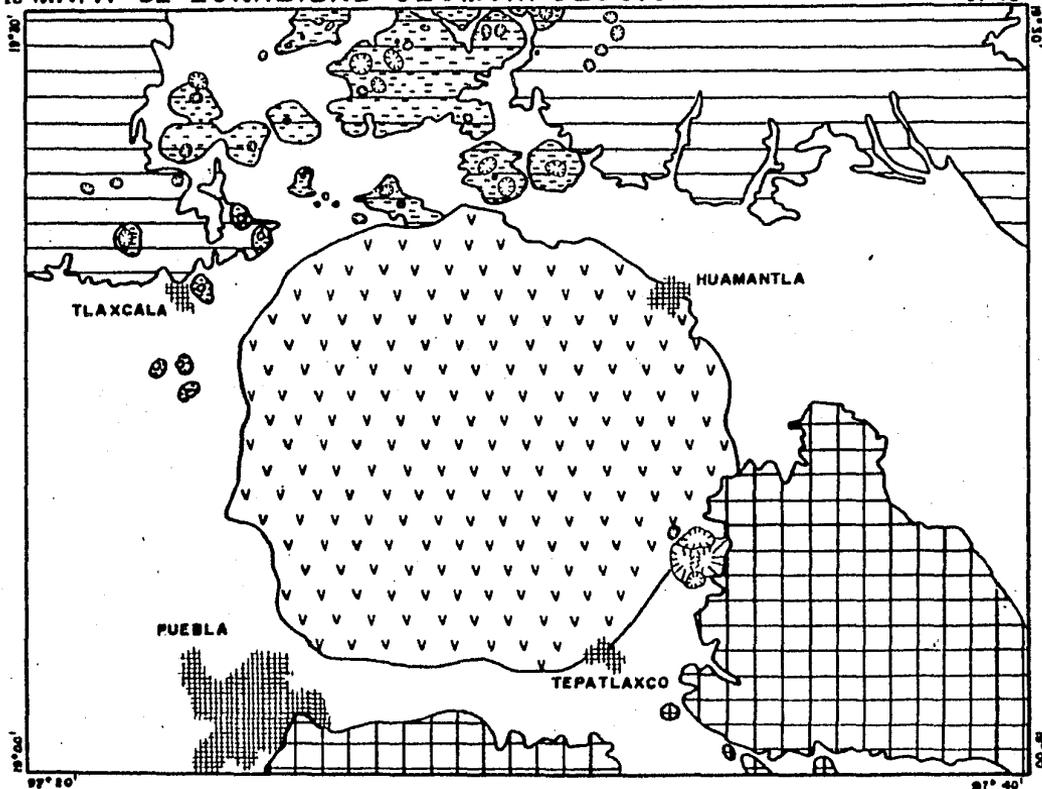
Para interpretar este mapa se correlacionó con las zonas geomorfológicas, lo que proporcionó una información complementaria en el análisis geomorfológico. La zonalidad geomorfológica se realizó en función de las características geomórficas de la región, (Moya y Zamorano, 1983).

Las zonas son las siguientes (Mapa 2):

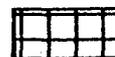
1. Planicies de nivel de base
2. Volcanes terciarios y cuaternarios
3. Montañas plegadas
4. Bloque Tlaxcala
5. Volcán La Malinche

1. Planicies de nivel de base. Son superficies que se caracterizan por procesos acumulativos, principalmente lacustres, cubiertas por material volcá

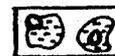
# MAPA DE ZONALIDAD GEOMORFOLOGICA



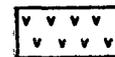
PLANICIES DE NIVEL DE BASE



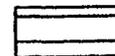
MONTAÑAS PLEGADAS



VOLCANES TERCIARIOS Y QUATERNARIOS NO DIFERENCIADOS, CON DERRAMES LAVICOS ASOCIADOS



VOLCAN LA MALINCHE



BLOQUE TLAXCALA



nico reciente, en donde los valores de la densidad de la disección son bajos.

Hacia la porción nororiental, existen algunas corrientes fluviales que depositan materiales aluviales sobre éstas planicies, pero no llegan a ser de gran importancia. Los valores de densidad de la disección en estas zonas son de 0.5 a 1.0 km/km<sup>2</sup>. Están distribuidos en una franja, la cual tiene una dirección NW-SE que abarca las poblaciones de Huamantla y San José de Chiapa, la altura sobre el nivel del mar de esta planicie es de 2,400 m.

Otro ejemplo se presenta en una pequeña porción en la parte noroccidental, rodeada por volcanes cuaternarios, la que corresponde a una planicie de origen lacustre que fue cubierta por materiales volcánicos recientes. Los valores que caracterizan esta zona van de 0.5 a 1.5 km/km<sup>2</sup>, su altura es de 2,500 msnm.

La siguiente zona está localizada al W-SW del volcán La Malinche, donde los valores son iguales a los de las regiones anteriores, y consiste en una planicie lacustre cubierta de piroclastos, con intercalaciones de materiales aluviales. La altura de la planicie con respecto al nivel del mar es de 2,200 m, y en ella quedan comprendidas las

ciudades de Puebla y Cholula.

Por último, tenemos en la porción suroriental otra zona de valores bajos, que también pertenecen a una planicie acumulativa, que se ha originado a partir de la extensión de los piedemontes de La Malinche y de las montañas de calizas plegadas, con una altura de 2,300 msnm.

2. Volcanes terciarios y cuaternarios. A estas formas corresponden valores diferentes, según la edad de los volcanes. Los cuaternarios se caracterizan por valores de 0.5 a 1.5 km/km<sup>2</sup>, y están distribuidos de manera heterogénea en toda la zona en estudio. Estos volcanes se pueden distinguir porque no han sido afectados por la erosión, a causa de su edad, su composición básica y su estructura en conos cineríticos, que por su resistencia a la erosión, no han desarrollado una red de drenaje importante.

Con lo que respecta a los volcanes terciarios, podemos decir que se caracterizan por presentar valores de 1.5 km/km<sup>2</sup>. Los factores que determinan estos valores están en función de su edad (terciario) y de su composición intermedia, lo que ocasiona un mayor desarrollo del drenaje. Además de estos factores, edad y litología, la pendiente para el caso de los cuaternarios no es im

portante porque los materiales se encuentran en el ángulo natural de reposo, además, no hay fracturas que controlen el drenaje. Estos últimos se localizan al norte de Apizaco.

3. Montañas plegadas. A estas zonas corresponden valores medios que van de 2.0 a 3.0  $\text{km}/\text{km}^2$  y se localizan hacia el sur y sureste del volcán La Malinche. La densidad de la disección no ha sido importante, ya que su principal limitante ha sido la litología de calizas, con alto contenido de magnesio, lo que las hace más resistentes a la disección. Existe otro factor importante, que es el grado de fractura, donde a partir del cual, se ha desarrollado el drenaje en estas montañas, con valores medios.

4. Bloque Tlaxcala. En esta zona de materiales volcánicos del terciario, hay una concentración de valores que van de medios a altos, de 2.0 a 4.0  $\text{km}/\text{km}^2$ .

El bloque de Tlaxcala está dividido en dos partes, una noroccidental (respecto a la zona en estudio) y la otra en la parte nororiental.

En la porción nororiental los valores que se presentan son principalmente medios, de 2.0 a 3.5  $\text{km}/\text{km}^2$ , los cuales corresponden a una zona de fueru

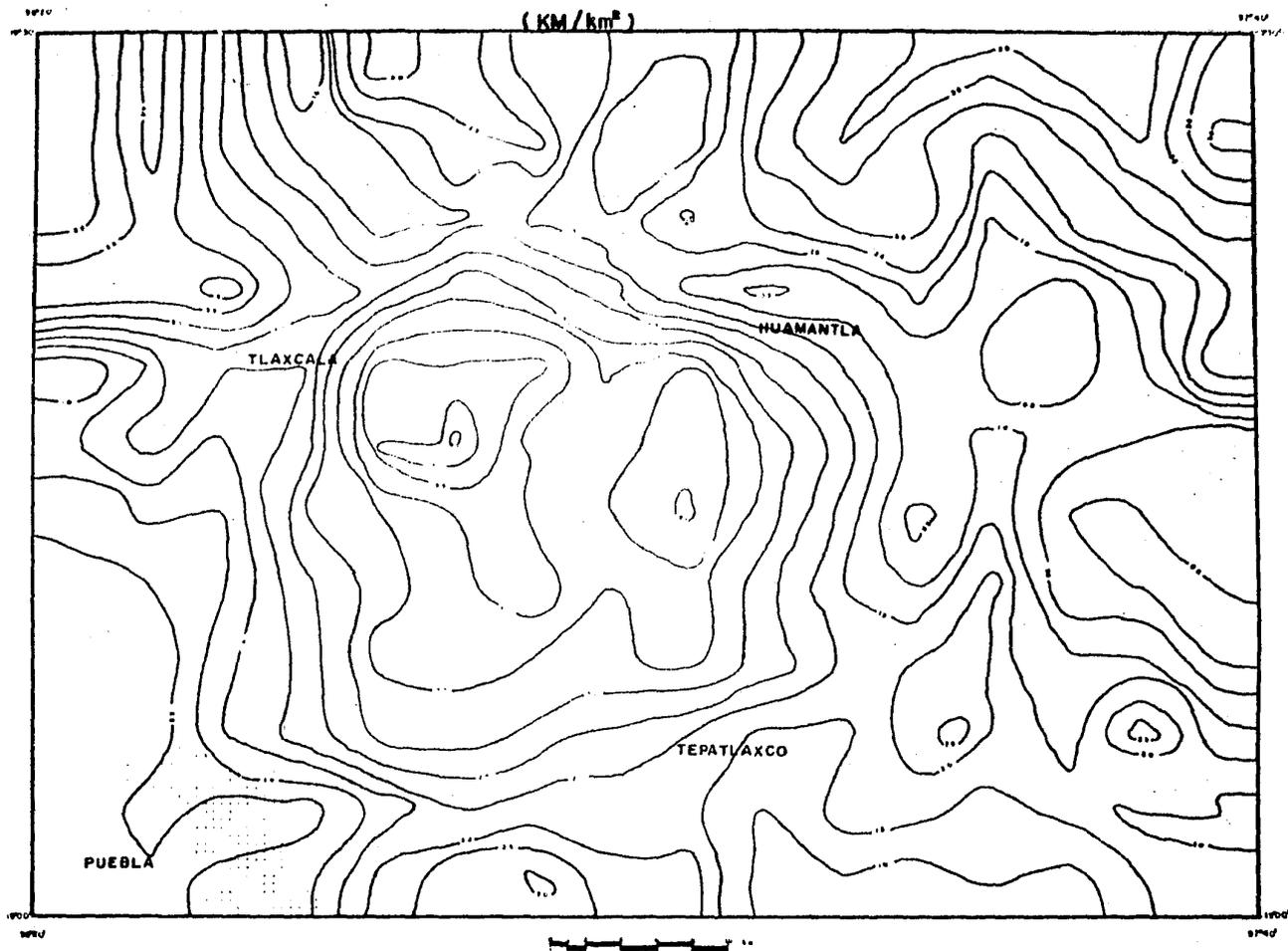
te influencia tectónica, que se manifiesta por la presencia de fallas y fracturas. La porción noroccidental, presenta valores que van de 2.0 a 4.0 km/km<sup>2</sup>.

Toda la región del Bloque Tlaxcala, ha sido afectada por agentes tectónicos muy activos, como lo demuestra la presencia de fallas y fracturas, que se asocian claramente con el modelado fluvial.

5. Volcán La Malinche. Para el caso de La Malinche, en la parte del piedemonte se presentan anomalías en la densidad de la disección y en la forma del drenaje. Los factores que controlan y modifican la densidad del drenaje son: la estructura geológica, las diaclasas y fracturas, permeabilidad de las rocas, pendiente, clima, edad y zonalidad o extensión geomorfológicas. Pero un factor que hasta ahora no se ha tomado en cuenta, es la evolución de las formas del relieve. Hemos observado que éstas modifican el drenaje en zonas donde no hay fracturas diaclasas y donde existe, desde un punto de vista petrográfico, un material homogéneo. Además, se presenta la misma pendiente y el mismo tipo de clima.

Los valores máximos están relacionados con la modificación del drenaje a partir de amplios abanicos aluviales, esto es, en las laderas oriental y

DENSIDAD DE LA DISECCION  
(KM/KM<sup>2</sup>)



occidental de La Malinche, lo que ha alterado el drenaje provocando anomalías, (las cuales se detallarán más adelante), los valores en esta región van de los 2.5 a los 5.5 km/km<sup>2</sup>, y están localizados desde la parte media del piedemonte del volcán hasta casi su límite superior.

### PROFUNDIDAD DE LA DISECCION

Este concepto se refiere al corte vertical hecho por las corrientes fluviales en la superficie terrestre. Para evaluar este proceso se ha elaborado un mapa, tomando como modelo la metodología expuesta por Lugo y Martínez L. (1981), que consiste en obtener el valor máximo de corte vertical en las superficies de 5 km<sup>2</sup>, en que se dividen los mapas 1: 50 000. Resultan 192 cuadrantes en cada mapa, y una vez anotado en cada uno el valor correspondiente, se unen cuadrantes de categorías de valores iguales, de acuerdo con una escala establecida.

Entre los factores que controlan a la profundidad de la disección, se encuentran los que han sido mencionados para el parámetro anterior, pero remarcando como más importante, la resistencia de la roca, la edad del relieve y el clima.

Para el análisis del mapa en cuestión se tomará en cuenta la zonalidad considerada en el apartado

anterior (con algunas variantes), continuando con el método de trabajo con la que hemos iniciado:

1. Planicies de nivel de base y volcanes terciarios y cuaternarios. Las planicies de nivel de base son de origen lacustre, exceptuando la porción sur, en donde los procesos acumulativos aluviales son los que predominan, y por lo tanto, los valores de la profundidad de la disección que se presentan en estas áreas son los mismos. Teóricamente van desde los 0 a los 20 metros de profundidad, pero en realidad no llegan a alcanzar 4-5 metros. Las planicies con estas características se localizan al W-SW y S-SE de La Malinche.

La planicie del W-SW tiene un origen lacustre y presenta intercalaciones de aluviones recientes. Se encuentra muy poco disecada, por cortes aislados menores de 3 m de profundidad, lo que obedece a la influencia que tiene la pendiente en el comportamiento del drenaje (del cual se hablará más adelante).

La planicie localizada al S-SE de la misma región presenta características similares a las descritas anteriormente.

Con lo que respecta a las planicies del norte de la zona, presentan valores de 20 a 40 m de profun

dididad, un valor más alto que las anteriores. La que se localiza al NE de La Malinche, tiene una dirección NW-SE, es también de origen lacustre y el incremento en la profundidad de la disección, probablemente se deba a la influencia tectónica del Bloque Tlaxcala.

La pequeña planicie del NW, también lacustre, presenta lo mismo, valores de 20 a 40 m de profundidad. Estos están condicionados por los volcanes terciarios y cuaternarios, con poca densidad, pero con profundidad de la disección mayor de 20 metros, y por la influencia tectónica del Bloque Tlaxcala, que en esta zona está dividido en dos.

2. Montañas plegadas. Están localizadas al sur-sureste de la zona en estudio, se encuentran representadas por valores que van de 20 hasta 300 m de profundidad, encontrándose los máximos hacia la porción suroriental. Aunque la litología no favorece la profundidad de la disección, encontramos profundidades muy elevadas, que se han desarrollado a partir de fallas y de importantes fracturas, que han sufrido estas estructuras. Lo anterior explica la presencia de estos valores en estas regiones.

3. Bloque Tlaxcala. Se encuentra localizado al norte

de la zona en estudio y está dividido en dos porciones: una al NE y la otra al NW. Además de caracterizarse por ser materiales terciarios principalmente. Se tiene toda una gama de valores de la profundidad de la disección, que van de 20 a 300 m.

La disección en la porción oriental del Bloque Tlaxcala es mayor y alcanza profundidades hasta de 300 metros. En la porción occidental de la misma estructura, las máximas profundidades que se registran son de 200 m y ocupan una porción más reducida. Los valores en esta zona están influidos seguramente por la tectónica, ya que al haber un levantamiento del Bloque Tlaxcala, las corrientes han tratado de alcanzar su nivel de base, esto ha dado como resultado la presencia de barrancas con una profundidad considerable, localizadas hacia la parte nororiental.

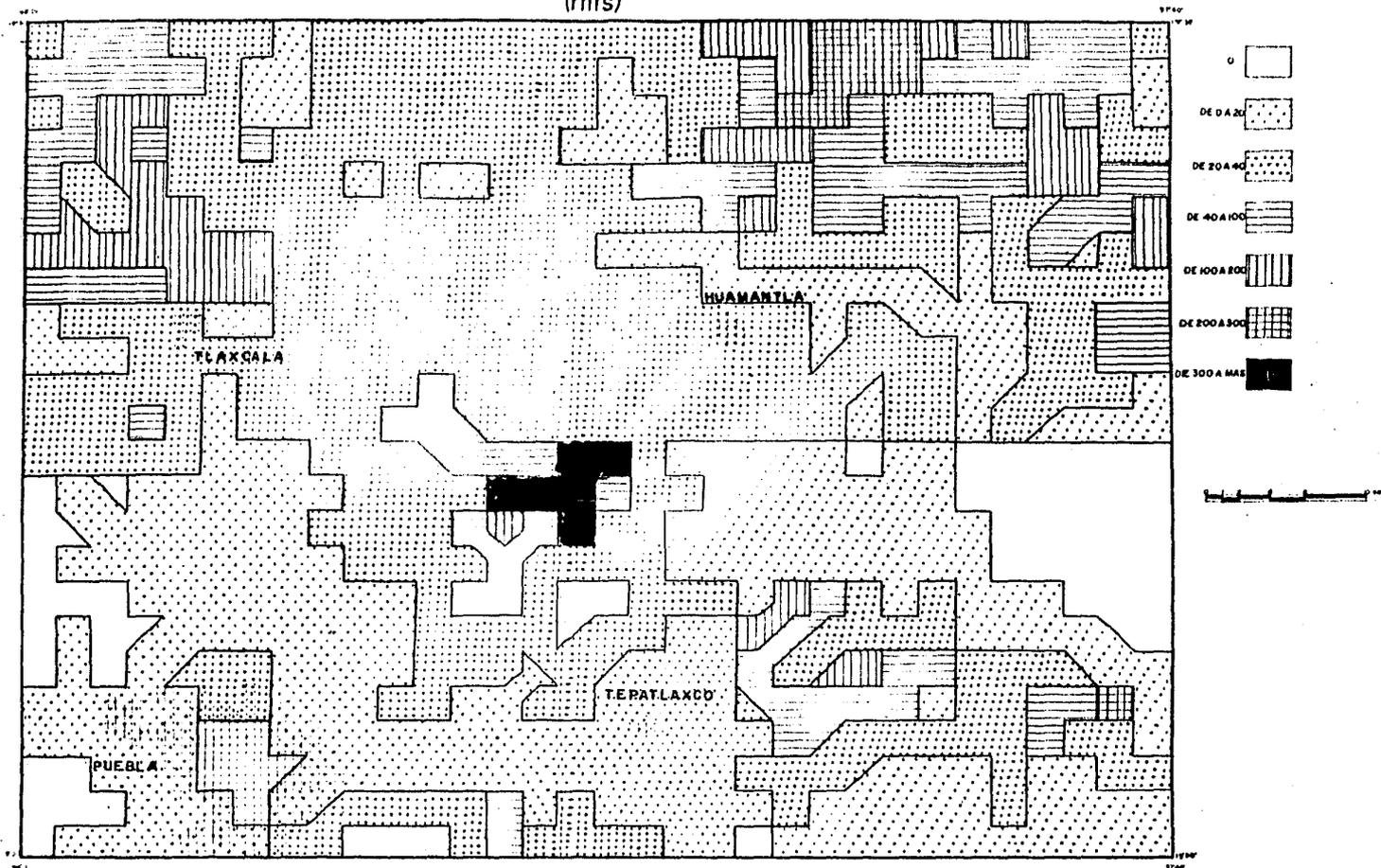
4. Volcán La Malinche. Aquí tenemos una buena distribución de toda la escala de valores de la profundidad de la disección abarcando de 20 hasta 300 m, localizándose los máximos hacia la cima y los mínimos hacia las partes bajas.

Al final del piedemonte del volcán se reconocen los valores bajos, predominando la acumulación so

bre la erosión de las formas del relieve; además de esto, las corrientes ya casi han alcanzado su nivel de base y únicamente depositan el material acarreado de las partes altas. Estos valores los tenemos localizados principalmente al oeste y sur, en menos proporción al este y casi nulos al norte. La causa de que exista una concentración de valores bajos, es la extensión del piedemonte, que es mayor hacia toda la porción austral, logrando las corrientes un perfil longitudinal más extenso y por lo tanto, aumentan su capacidad de transporte. Los valores de 20 a 40 m de profundidad están localizados principalmente hacia el norte, y en menor proporción en la parte media del piedemonte sur. Esto se explica retomando las ideas del punto anterior, porque aquí la extensión del piedemonte es menor, y la pendiente es mayor, entonces sobre la parte media del piedemonte norte se manifiesta una mayor profundidad de la disección, al ser muy importante el factor erosivo.

Con respecto a los valores de 40 a 100 m de profundidad, se encuentran distribuidos en una zona más restringida, cerca de las partes altas del volcán. Estos valores están asociados a anomalías geomorfológicas (influencia de abanicos aluviales)

PROFUNDIDAD DE LA DISECCION  
(mts)



como ya se mencionó en el caso de la densidad de la disección.

Los valores de 100 a 200 m de profundidad son muy reducidos, solo se localizan un poco al sur de la cima, y se debe también a la influencia del factor geomorfológico como en los de 40 a 100 m de profundidad.

Por último los valores mayores a 300 m de profundidad, están localizados en la cima del volcán, siendo éstos los más altos de la región en estudio. La presencia de estos valores se debe a herencias glaciares de épocas pasadas y a que la cima es el relicto de una explosión paroxísmica (Demant 1982).

#### DENSIDAD DE ORDENES DE CORRIENTES

A partir de la elaboración de mapas de ordenes de corrientes con el método de Strahler (1952), es posible hacer una interpretación del relieve y su evolución en el tiempo, semejante a la hecha con los métodos anteriores de la densidad y profundidad de la disección. Pero además de esto, es una información útil desde el punto de vista hidrológico. La cuantificación de los cauces por unidad de superficie, es válida cuando son del mismo orden, obteniéndose valores que expresan el grado de desarrollo de los sistemas fluviales. Strahler, 1979, señala

la importancia de este análisis en la interpretación de las formas del relieve. Este autor explica la metodología, que consiste en marcar todos los cauces en un mapa topográfico, donde se pueden subdividir los diferentes ríos que lo integran en segmentos, según jerarquías de órdenes de magnitud, representadas por un rumbo. El autor menciona que cada cauce exterior -sin afluentes - se denomina de primer orden. Cuando se unen dos cauces de primer orden, se forma un cauce de segundo orden, y cuando dos de segundo se unen, forman uno de tercer orden, y así sucesivamente. Sin embargo, si a un cauce de un orden dado se une a otro de un orden inferior, aquél no se incrementa. El orden se presenta en determinada zona, nos indicará el grado de desarrollo del drenaje. Esto lo podemos asociar a varios elementos, como edad del relieve, litología, fracturas, levantamientos tectónicos y pendiente entre otros.

Con base en lo anterior se elaboraron las cartas de frecuencia de cauces de primero, segundo y tercer ordenes, que expresan el número de ordenes por  $\text{km}^2$ . Aunque puede suponerse que el manejo de esta información queda implícita en los trabajos de Strahler, en la presente tesis se pretende considerar en cartas aisladas el comportamiento de los cauces, no en forma conjunta, sino en forma separada.

Entre el sinnúmero de factores que contro-

lan el comportamiento del sistema fluvial, destacaremos a continuación los que intervienen de manera relevante en la región que aquí se estudia, y que por lo general, también pueden extrapolarse en otros casos.

1. La posición que guardan los cauces dentro de la cuenca con respecto al nivel de base determinan conjuntamente con otros factores, el predominio de cierto orden de corrientes. Así, tenemos que en las partes más alejadas del nivel de base mencionado, es decir cerca de la divisoria de las aguas, se presenta un predominio de ordenes bajos, siendo más abundantes, por lógica, los cauces de primer orden. Por lo tanto, a medida que nos alejamos de la divisoria de aguas, el orden de la corriente tiende a aumentar hasta alcanzar su máximo en su desembocadura.
2. Se ha mencionado en apartados anteriores que la edad del relieve constituye un elemento que influye claramente en el desarrollo erosivo de las formas, y por lo tanto, guarda también relación con el desarrollo del sistema fluvial. Sin embargo, para analizar las cartas morfométricas de frecuencia de ordenes de corrientes, es necesario establecer algunas consideraciones que modifican lo anterior. Para el caso concreto de los cauces de primer orden, la edad

no constituye un factor de relación importante, pues formas antiguas y jóvenes pueden presentar frecuencias semejantes, aunque el desarrollo erosivo se haya manifestado de manera distinta. Un ejemplo que ilustra lo anterior se presenta en las estructuras volcánicas recientes, en donde los cauces incipientes son cortos y pueden no llegar a integrarse, es decir, de primer orden. Por otro lado, la profunda incisión desarrollada en estructuras más antiguas, como en el Bloque Tlaxcala, puede ocasionar la aparición de cauces cortos sobre las vertientes de los barrancos, lo que dará por resultado el incremento de los cauces de primer orden, con lo que se demuestra que la edad del relieve no es el elemento más aproximado para explicar la densidad de estos cauces primarios. No obstante, en esta consideración debe tomarse en cuenta que el incremento de la edad, sí influye en el desarrollo integral de la red fluvial, pues a mayor tiempo de acción del proceso fluvial, la integración será mayor, y por ende, el orden se incrementará de manera más o menos importante.

3. Otro factor que puede considerarse importante es la pendiente del terreno, importancia que radica más que en su grado de inclinación, en la homogeneidad de la misma. Lo anterior puede ejemplificarse si

tomamos en cuenta dos terrenos con pendientes iguales, pero de homogeneidad diferentes. Si la pendiente de un terreno es homogénea en una distancia considerable, los cauces recorrerán una mayor longitud para incrementar su orden; si por el contrario, esa misma pendiente es corta y se intersecta con otro terreno de pendientes análogas que se encuentre en oposición a la primera, el orden se incrementará de manera más o menos notable en una distancia más corta que para el primer caso de pendientes homogéneas y prolongadas.

Aunque los factores anteriormente descritos muestran una clara influencia sobre el comportamiento del drenaje en la región en estudio, no puede considerarse que constituyen la totalidad de los elementos que intervienen en su desarrollo, aunque sí aparecen en un momento dado como los más importantes. Así, es importante también considerar las características tanto tectónicas como granulométricas de las rocas, pues la densidad de estructuras disyuntivas y la capacidad de infiltración, respectivamente, pueden guiar el encauzamiento, o bien impedir el escurrimiento con lo que el orden de las corrientes puede sufrir modificaciones sustanciales.

A continuación se describen los resultados obtenidos para las cartas de frecuencias de corrientes de

1°, 2° y 3er. orden, por ser los más representativos, no habiéndose elaborado dichas cartas para los ordenes superiores de 4°, 5° y 6° orden, las que por ser poco importantes en cuanto a su densidad, no permiten establecer relaciones específicas con los factores antes mencionados. Para el caso de las cartas de frecuencia de ordenes de corrientes, se pueden establecer las siguientes relaciones, entre éstas y las zonas geomorfológicas.

1. Planicies de nivel de base. Esta unidad se caracteriza por presentar valores generalmente bajos para los tres ordenes de cauce considerados en las cartas. Para el caso de los cauces de primer orden se presentan densidades menores a 2 corrientes por  $\text{km}^2$ , predominando las zonas caracterizadas por valores de frecuencia de 1, lo que se explica a partir de las pendientes bajas y homogéneas que constituyen a esta unidad. Esto dá como consecuencia que los valores obtenidos para la frecuencia de cauces de segundo orden, y los de tercero, sean asimismo bajos. Por otro lado, al constituirse esta unidad, más como una zona de concentración que de dispersión de corrientes, aquí se alcanzan los valores más altos reportados para la región, que corresponden a cuencas de sexto orden, situadas tanto al SW como al NE.

2. Volcanes terciarios y cuaternarios. En esta unidad los valores se incrementan notablemente en comparación con la anterior. Para este caso las pendientes son considerablemente mayores, aunque en general, de corta extensión, lo que ocasiona una distancia también corta entre la línea divisoria de aguas y su respectivo nivel de base. Se presentan densidades de hasta 8 cauces de primer orden por  $\text{km}^2$ , siendo más comunes los valores comprendidos entre 2 y 6  $\text{km}^2$ , principalmente al norte, entre las dos estructuras del Bloque Tlaxcala y al oriente de la región. Hacia las partes menos elevadas de éstas dos últimas zonas, se presentan también valores comparativamente altos de frecuencia de corrientes de segundo y tercer orden, representadas por 2.0 y 0.5 corrientes por  $\text{km}^2$ , respectivamente.
3. Montañas plegadas. En esta unidad los valores obtenidos expresan el desarrollo erosivo de las formas. Para el caso de los cauces de primer orden, se presentan frecuencias variables, en las estructuras situadas al SE de La Malinche, los valores obtenidos oscilan entre los 2 y los 8 cauces por  $\text{km}^2$ , mientras que en las estructuras situadas al sur de aquella masa volcánica, los resultados reportan valores entre 6 y 2 corrientes de este orden por  $\text{km}^2$ . Re-

sulta, de esta manera, que los valores obtenidos para ordenes de segundo y tercero, sean relativamente importantes. El elevado número de cauces de primer orden por  $\text{km}^2$ , se presenta asociado a la formación de barrancas desarrolladas sobre los materiales piroclásticos que cubren parcialmente las estructuras plegadas. Estos abarrancamientos propician la aparición de un gran número de cauces cortos en sus respectivas vertientes, ocasionando que el cauce colector, que corre en el fondo de éstas estructuras, sea ya de segundo orden, mismos que al juntarse aguas abajo, explican los valores obtenidos en la carta de frecuencia de corrientes de tercer orden.

De esta manera, los factores litológico, pendiente de las vertientes y el factor edad de las estructuras, se pueden considerar como los más importantes para explicar el comportamiento de los valores de las corrientes de esta unidad.

4. Bloque Tlaxcala. En esta unidad que se presenta en dos sectores tanto al NW como al NE, se reconocen los valores de densidad más elevados. Los resultados obtenidos varían desde 6 hasta 20 cauces para el caso de las corrientes de primer orden, este último valor obtenido en el extremo norocciden-

tal de esta unidad. También se tiene una presencia de barrancas profundas, mismas que son reportadas con valores máximos en la carta de profundidad de la disección. En ellas se forman numerosos cauces cortos sobre las vertientes de estas formas erosivas, lo que explica, como en el caso de la unidad anterior, los resultados elevados para los tres ordenes de corrientes consideradas, que son como ya se mencionó de 20 para el primer orden y de 4 para los ordenes restantes respectivamente.

5. Volcán La Malinche. Sobre la estructura volcánica principal de la región, situada en la porción central, se presenta una zonificación más o menos clara de los valores de frecuencia obtenidos. Para el caso de los cauces de primer orden, los valores máximos se presentan cerca de la cima, en donde se reportan valores de 12 corrientes por  $\text{km}^2$ , valor que disminuye progresivamente sobre las faldas del volcán, a medida que nos acercamos a la planicie de nivel de base.

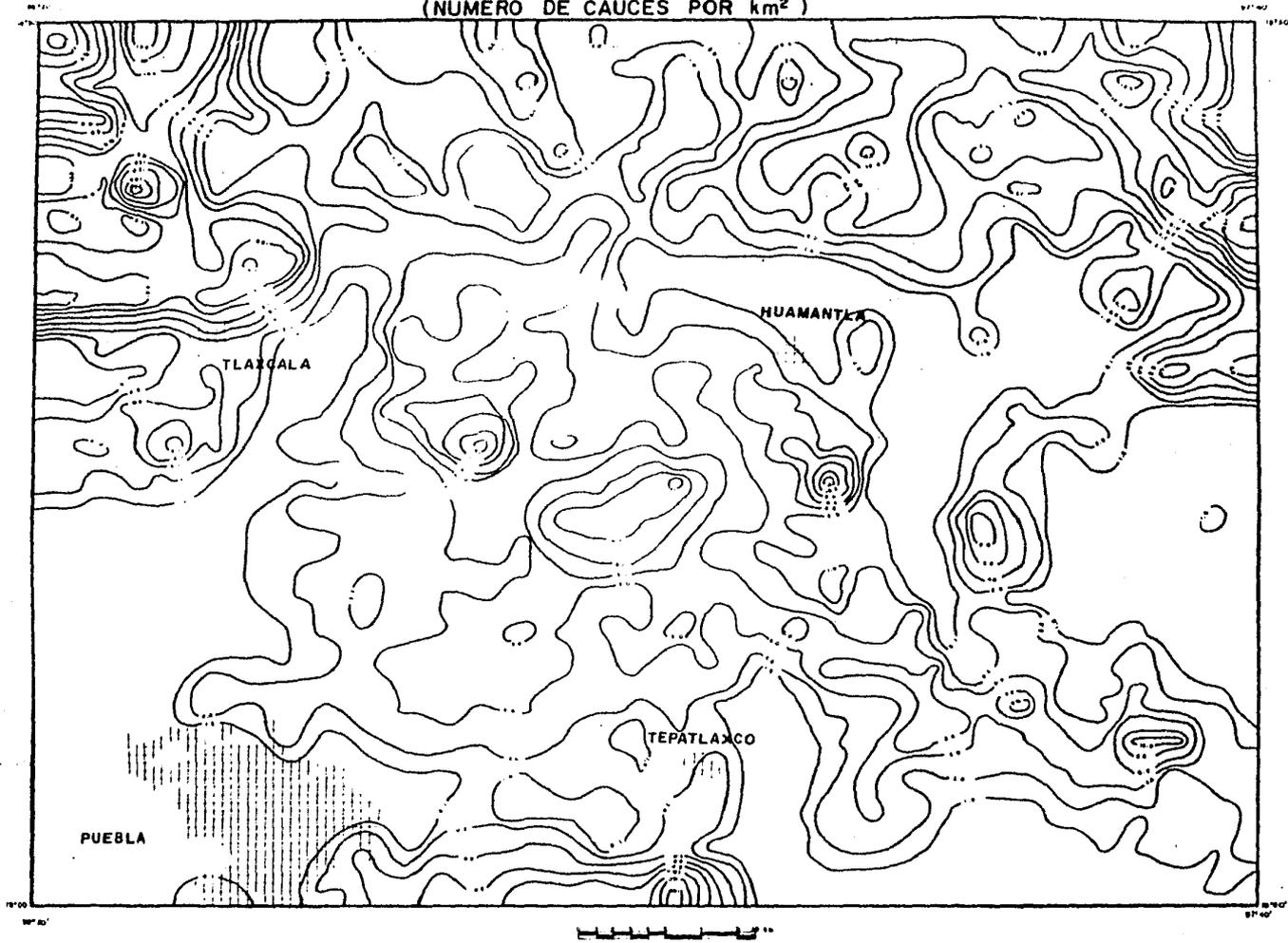
En la porción media del piedemonte se presentan también anomalías importantes, con valores semejantes a los mencionados, que rompen con este patrón general de distribución, tanto al este como al oeste de la estructura volcánica considerada. En estos

casos, los valores se encuentran controlados a partir de abanicos aluviales desarrollados en los flancos del volcán, mismos que se presentan en su parte central valores bajos, pero que se incrementan notablemente hacia las márgenes de éstas estructuras aluviales, constituyéndose niveles de base locales que favorecen la posición de cauces cortos tributarios de primer orden.

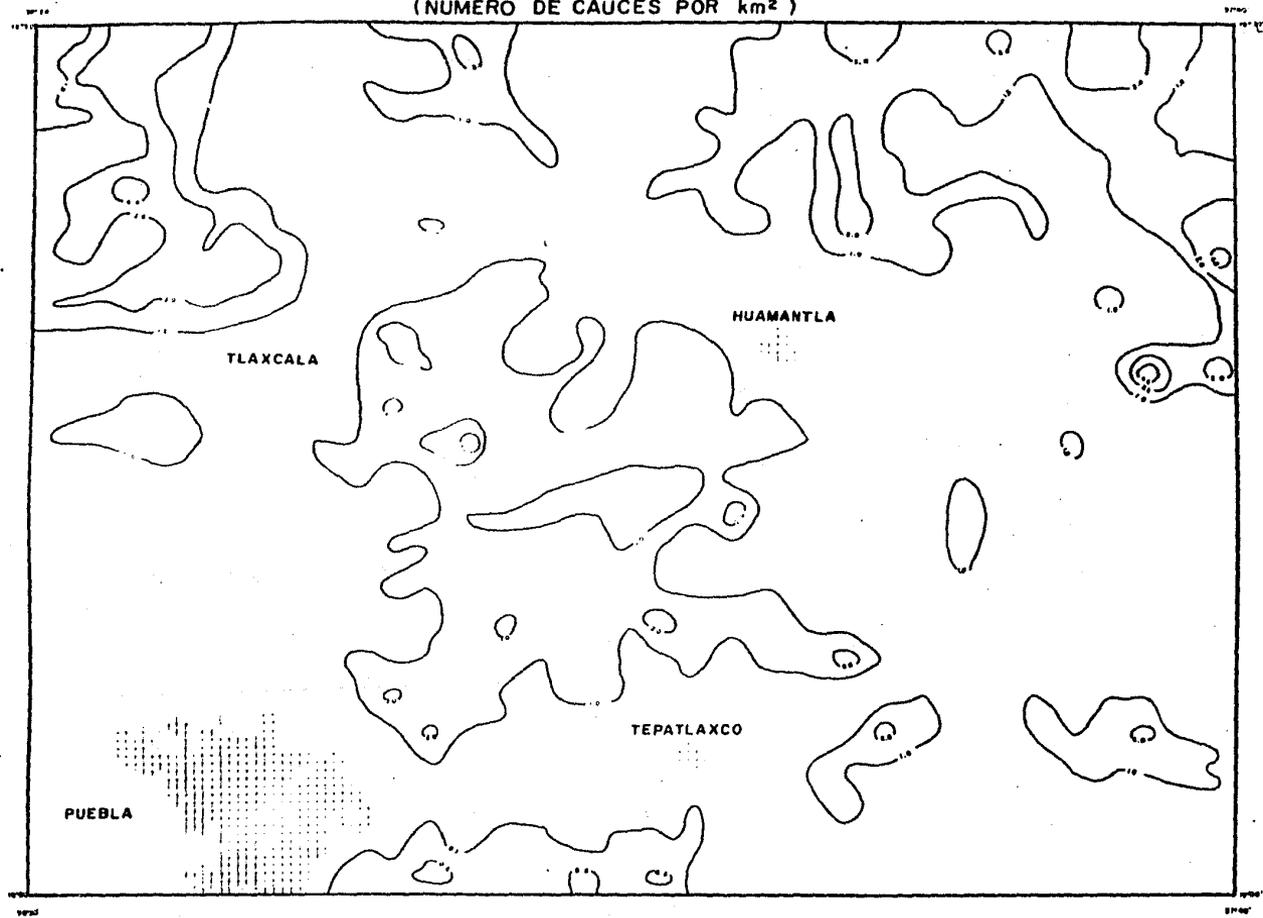
Como es de suponerse, tanto en la cima como en los dos puntos que presentan estas anomalías positivas, se presentan valores elevados para la frecuencia de corrientes de segundo orden, que llega a ser de 2 cauces por  $\text{km}^2$ . Sin embargo, por otro lado, la distribución de los valores para los cauces de tercer orden, no tiende a una zonificación clara de la estructura volcánica, sino que varían en función de características topográficas locales, dentro del mismo piedemonte del volcán, habiéndose obtenido valores fluctuantes entre 0.25 y 1 cauce de tercer orden por  $\text{km}^2$ .

# FRECUENCIA DE CAUCES DE 1er ORDEN

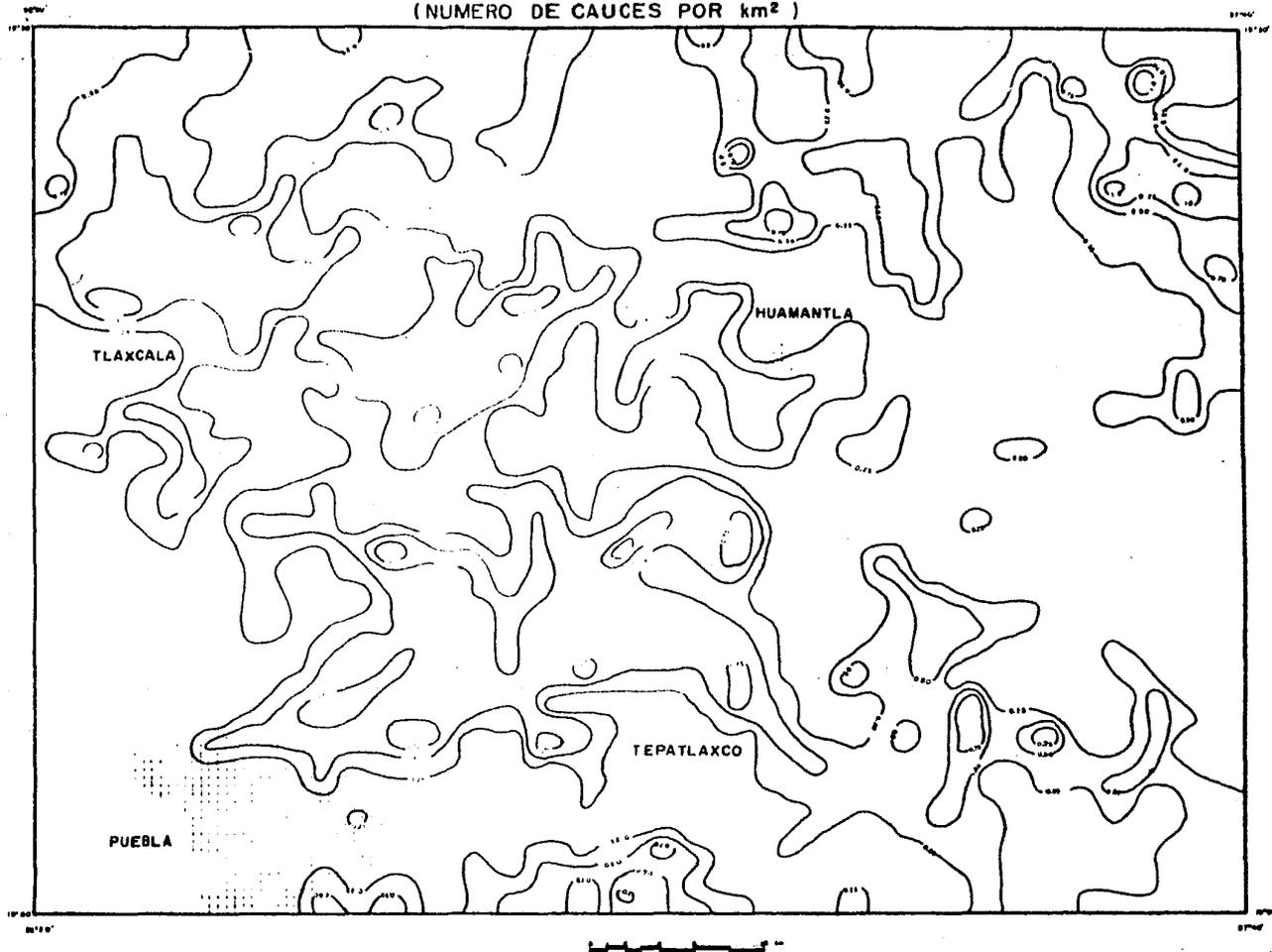
(NUMERO DE CAUCES POR km<sup>2</sup>)



FRECUENCIA DE CAUCES DE 2do ORDEN  
(NUMERO DE CAUCES POR km<sup>2</sup>)



FRECUENCIA DE CAUCES DE 3<sup>er</sup> ORDEN  
( NUMERO DE CAUCES POR km<sup>2</sup> )



## DESCRIPCION DEL MAPA GEOMORFOLOGICO:

En este mapa se presenta el relieve de la zona en estudio, subdividido en formas clasificadas en función de su origen. Se consideran las tres categorías principales del relieve: endógeno, endógeno modelado y exógeno, de acuerdo con los procesos que han dominado en el origen de las formas.

Se tiene, en primer lugar, el relieve de tipo volcánico acumulativo, o sea, aquellas formas que no han sido transformadas sustancialmente por procesos erosivos. Entre éstas se reconocen volcanes cineríticos, volcanes compuestos constituidos de lavas y piroclastos, domos de lava, coladas de lava, laderas de lava y tobas, y superficies de poca inclinación constituidas de material piroclástico.

Todas estas formas representadas en el mapa se deben a procesos volcánicos principalmente cuaternarios. Su juventud explica su grado de conservación. Los fenómenos volcánicos tienen distintas manifestaciones:

1. La actividad explosiva, por la cual son arrojados del interior al exterior de la corteza terrestre con violencia detritos rocosos de muy diversos tamaños que constituyen posteriormente los piroclastos, la escoria, las ignimbritas y otras rocas, dando origen a los conos cineríticos, las planicies y laderas de piroclastos y otras formas del relieve.

2. Los procesos efusivos, que consisten en la expulsión de lavas por escurrimiento y su desplazamiento a una distancia variable desde el centro de la erupción, en función de su composición química que determina su movilidad.
3. Los procesos extrusivos que consisten en el ascenso de magma hacia la superficie y su enfriamiento al alcanzar ésta, a poca profundidad. Dan origen a los domos volcánicos que son las formas más representativas de éste proceso.

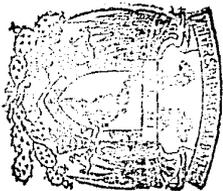
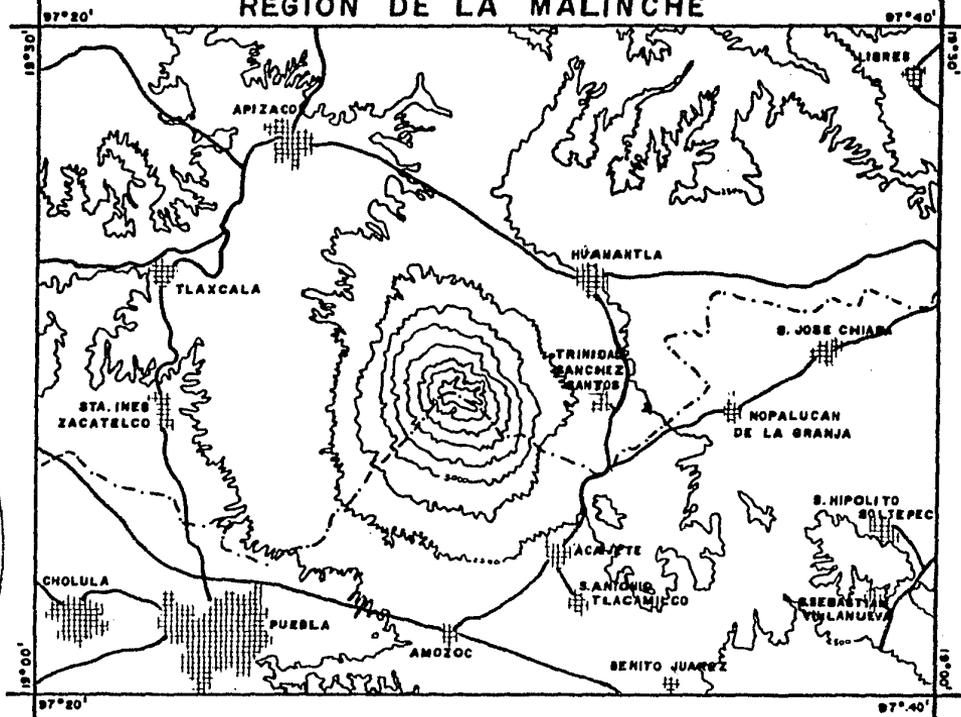
La segunda categoría, del relieve endógeno modelado, se refiere a aquellas formas originadas por procesos endógenos, principalmente estructuras volcánicas y plegadas que han sido transformadas en diverso grado por los procesos exógenos. En la zona en estudio se reconocen las laderas de volcanes antiguos, constituidas de lavas o de material no consolidado, transformadas por la erosión. Además, se observan las elevaciones montañosas de rocas sedimentarias también transformadas por procesos erosivos.

La tercera categoría del relieve, la de origen exógeno se subdivide en dos: aquella en que quedan comprendidas las formas originadas por la denudación, y las contrarias, originadas por los procesos acumulativos. En las primeras se reconocen laderas de los valles erosivo-fluviales. Las formas acumulativas son más numerosas, incluyen

planicies de origen lacustre, planicies aluviales, mantos de acumulación deluvial-volcánico, conos de deyección y depósitos eólicos.

El mapa geomorfológico es una síntesis de la geomorfología de la zona cartografiada, y más que un elemento descriptivo representa un orden lógico de la secuencia en el tiempo de los procesos creadores y niveladores del relieve, y su interrelación.

# PRINCIPALES NUCLEOS DE POBLACION EN LA REGION DE LA MALINCHE



## CAPITULO IV

## G E O M O R F O L O G I A

## PLANICIES DE NIVEL DE BASE

A esta unidad se asocian una serie de planicies distribuidas alrededor del volcán de La Malinche. Corresponde a antiguas zonas lacustres, relacionadas con periodos climáticos plio-cuaternarios, con características de temperatura y humedad diferentes a las actuales, ya que presentaron un balance hídrico positivo, a diferencia del actual, más cálido y seco.

Heine (1973), menciona que han existido 5 periodos húmedos y fríos tan solo en los últimos 40,000 años, lo que ha ocasionado fluctuaciones en el régimen hídrico. Todos éstos cambios se encuentran asociados a las etapas glaciales en las montañas altas de México, en donde queda incluida la Sierra Nevada y La Malinche.

De esta manera se puede relacionar el origen de las planicies de nivel de base, con procesos lacustres, asociados con los climas más húmedos citados con anterioridad.

Existen porciones, como es el caso del oriente de la región, que aún presentan encharcamientos estacionales, y una fuerte acumulación de sales, a partir de la evaporación de estos cuerpos de agua.

Sin embargo, en su evolución, estas planicies han sufrido y sufren actualmente, procesos que han modificado su estructura original. Por un lado, el vulcanismo que se manifiesta a través de la presencia de conos y planicies piroclásticas, constituye un elemento de cambio de la planicies lacustre original. Por otro lado, los procesos fluviales traducidos en el aporte de materiales de las zonas elevadas, hacia la planicie, también ha contribuido al cambio de la estructura original.

En resumen, a partir de los procesos que se han manifestado sobre las planicies de nivel de base, podemos diferenciar a éstas a lo largo de la región. A continuación se analizan cada una de las planicies citadas:

- a) Planicies del Suroeste. Se encuentra situada a poco menos de 2 200 m. de altitud, y corresponde al actual emplazamiento de la ciudad de Puebla. Esta planicie es la más baja de las presentes en la región se encuentra constituida por depósitos de travertino que reflejan la presencia de una evaporación importante. Asimismo, la litología característica, puede asociarse a su posición topográfica, lo que ha favorecido la mayor concentración de sales y la consecuente formación del travertino. Sin duda, el proceso de formación del travertino, se llevó a cabo durante el holoceno, debido a una intensa evaporación.

Por ser la zona más baja de la región, el movimiento de las aguas superficiales y subterráneas se concentra en este sitio. Knoblich en 1970, habla de las características de las aguas subterráneas en la cuenca Puebla-Tlaxcala. Además, el autor menciona que para entonces el nivel freático se encontraba a 10 metros, pero la sobreexplotación de los recursos naturales en toda la cuenca, ha ocasionado el abatimiento de los mantos freáticos. Esta sobreexplotación, ligada a las crecientes necesidades de abastecimiento de agua para uso urbano principalmente, ha dado como resultado, el abandono de pozos de más de 100 m de profundidad (González, 1981).

Por otra parte, aunado a todo esto encontramos una reducción de la cubierta vegetal, que da lugar a un mayor escurrimiento y una menor infiltración, lo que interviene también en el abatimiento freático y en el incremento de la erosión.

- b) Planicie Occidental. Se localiza al occidente del volcán de La Malinche, a 2,300 msnm y se encuentra cubierta por piroclastos, intercalados con materiales fluviales. Esta planicie, correspondió también a una antigua cuenca lacustre, fue cubierta también por materiales piroclásticos de edad reciente.

La actividad volcánica del cuaternario llenó esta de presión lacustre con materiales volcánicos finos. Du

rante el trabajo de campo, se observó que el material volcánico que se depositó en esta planicie, se encuentra muy endurecido y con restos de raíces de organismos vegetales oxidados en un contacto de facies sedimentarias distintas y poca cantidad de carbonatos en los horizontes de suelos. Los indicadores mencionados fueron encontrados sobre la autopista México-Puebla, cerca de la zona industrial de Xoxtla, al NW de la ciudad de Puebla.

Es frecuente encontrar aún, encharcamientos ocasionales, pero no podemos asociarlos al fin natural de la evolución de estos lagos, pues responden a una alteración provocada por el hombre, ya que actualmente esta zona, corresponde a una gran región de intensa utilización agrícola.

La sobreexplotación de las aguas subterráneas, la construcción de canales de riego y el crecimiento de los emplazamientos urbanos, ha repercutido asimismo, en el modelado de la planicie (Ver Figura 1), causando agrietamientos y hundimientos, así como la desaparición de la vegetación natural, que con el tiempo dará como resultado la intensificación de los procesos fluviales y eólicos, que actualmente se desarrollan ya en la planicie. Se nota además una alteración de la red fluvial por el hombre. El ejemplo

que se muestra en la Figura 1. está localizado al W del poblado de Santa Inés Zacatelco.

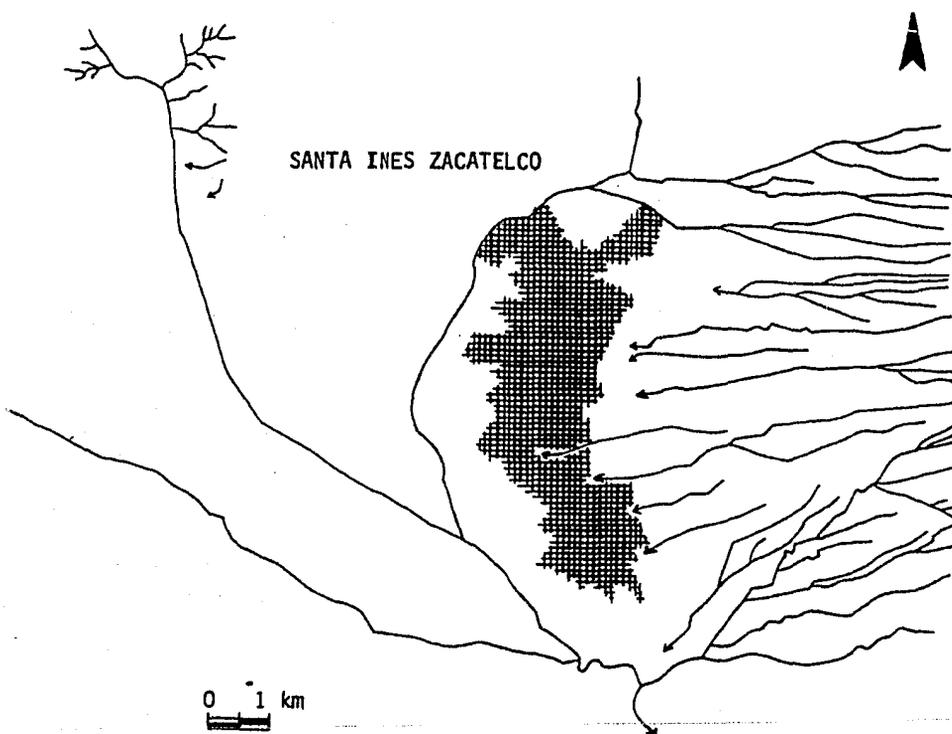


FIGURA 1

Esta planicie también ha sido receptora de los escurrimientos de algunas partes de La Malinche, la Sierra Nevada y el Bloque Tlaxcala, lo que nos puede también explicar la magnitud de su rellnamiento. Un ejemplo que se observó en el campo, fueron varias barrancas localizadas al sur de la ciudad

de Tlaxcala, las cuales tienen una dinámica similar a un torrente. Estas barrancas se encuentran guardadas por diques que evitan la pérdida de suelo agrícola, a su vez que funcionan como ápice de los torrentes al término de las construcciones, con la consecuente acumulación aluvial (Ver Figura 2).

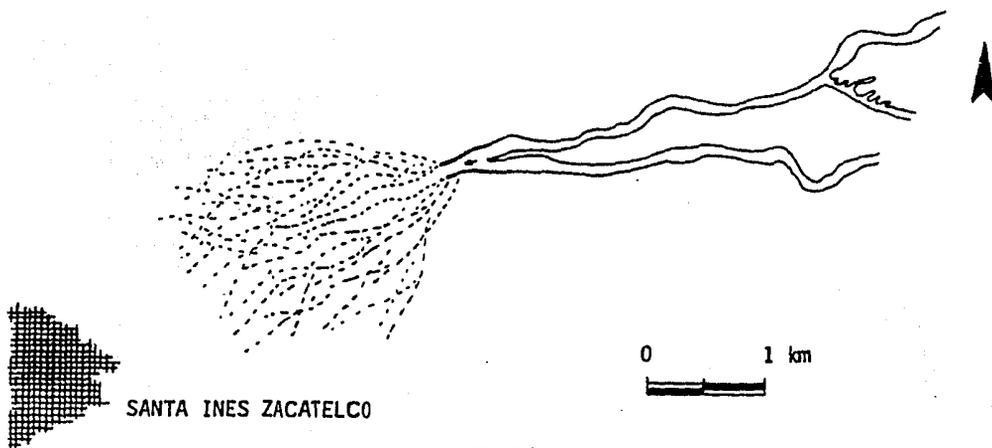
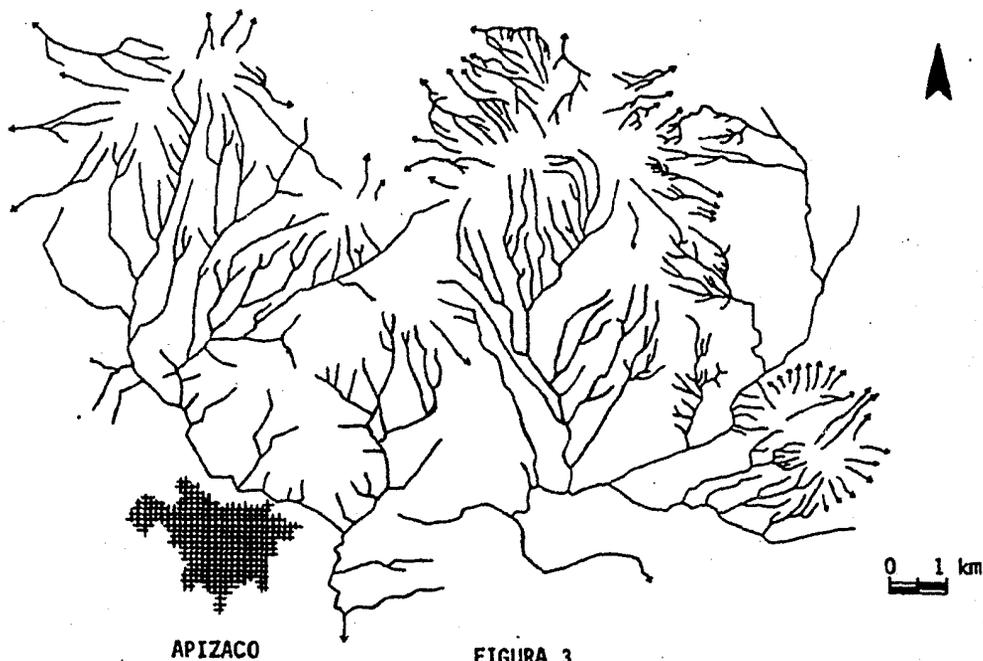


FIGURA 2

Existen algunas corrientes fluviales importantes que corren en dirección norte-sur sobre la planicie, entre las que se encuentra el río Zahuapan y el Atoyac que han cortado a la planicie, al parecer desde épocas pasadas, pues en algunas zonas, principalmente sobre el río Atoyac, se presentan terrazas aluviales que muy posiblemente están asociadas a los cambios climáticos del cuaternario y al abatimiento de la cuenca lacustre.

- c) Planicie Norte. Se localiza al norte del volcán La Malinche, a una altitud de 2,400 m aproximadamente. Esta planicie es sin duda, la más modificada, lo que ocasiona que no exista mucha precisión con respecto a su expresión morfológica original, ya que han sido borrados todos los indicadores que permitieran la delimitación de la cuenca lacustre. Sin embargo la correlación de los sedimentos encontrados sobre las faldas del Bloque Tlaxcala, y que fueron cubiertas en parte por productos volcánicos, permite establecer algunas ideas al respecto.

Al observar el sistema de drenaje, se nota que se dió una desviación de la red fluvial, en algunos casos formando cuencas endorreicas, esto hacia el norte, fuera de la región en estudio, y en otros, una desviación hacia el este y el oeste, buscando siempre los escurrimientos las zonas de menor altitud. Aquí se presentan configuraciones rectilíneas intercaladas con patrones radiales de tipo centrífugo, derivados de la existencia de volcanes pequeños, de edad terciaria y cuaternaria. El ejemplo que ilustra lo anterior, se muestra a continuación y se localiza al E y NE de la población de Apizaco (Figura 3).



APIZACO

FIGURA 3

- d) Planicie de la Cuenca de Oriental. Esta planicie se encuentra localizada al oriente del volcán La Malinche, y es conocida como la cuenca endorreica de Oriental, a 2 200 m. de altitud, (en donde quedan incluidos también los denominados llanos de San Juan). También correspondió esta planicie a una zona lacustre de gran magnitud, que actualmente se encuentra en proceso de extinción.

El vulcanismo cuaternario, sin duda modificó la dinámica y la evolución de esta cuenca lacustre, ya que también los materiales emanados de estas erupciones volcánicas cubrieron grandes extensiones, abarcando

las superficies del antiguo lago. No obstante, es importante señalar que aparte de las emanaciones de La Malinche, el vulcanismo más importante por la cantidad de materiales emitidos, se encontró localizado fuera del área en estudio, hacia el oriente de la cuenca mencionada (Gasca 1981). Los materiales emanados fueron principalmente arenas finas y gruesas de composición.

No toda la planicie es una zona completamente plana, existen pequeñas lomas de unos cuantos metros, en las cuales se marcaron los distintos niveles lacustres que existieron a lo largo de la historia del lago. Estas son terrazas lacustres actualmente cubiertas, igualmente de calizas lacustres, lo que nos indica que en el pasado, existieron fuertes procesos de evaporación que originaron los carbonatos.

Durante el proceso de desecación del lago, los materiales arenosos de origen volcánico, depositados principalmente en el holoceno, quedaron expuestos a los procesos eólicos, por su susceptibilidad a ser transportados por el viento. Como se observa en la cuenca, al noreste de las montañas plegadas conocidas como Cerros del Piñón, se ha dado un importante proceso de deflación, que por su gran magnitud, ha traído como resultado la formación de dunas y de tol

vaneras muy fuertes, ya que el viento corre libremente durante varios km, levantando y transportando dichos materiales.

Como ya mencionamos, el gran aporte de material arenoso de lo que fue el fondo del lago, o más bien la parte más superficial del fondo del lago, ha provocado la formación de dunas en la cuenca de Oriental, y sin duda, un ejemplo bien claro lo tenemos representado en la zona que se conoce como Valle de San Vicencio, localizado al NE de La Malinche, un poco más de 20 km al oriente de la ciudad de Huamantla.

Existe un trabajo antecedente sobre la formación de dunas en esta región, conocidas con el nombre de dunas Del Carmen, el autor, Heine (1972) establece claramente la dinámica y el comportamiento de las dunas. Menciona que el material de origen, está compuesto por piroclastos fáciles de transportar, localizados sobre el lecho del valle de San Vicencio, y de las zonas aledañas como son la planicie y el Bloque Tlaxcala.

Volviendo al enunciado general, tenemos que en la cuenca de Oriental, aún se dan encharcamientos que son la fuente de la formación de una gran cantidad de materiales evaporíticos, que se extienden por amplias zonas donde su alta concentración no ha permitido la implantación de ningún tipo de vegetación.

El problema quizá más grande de estas regiones es que al quedar sueltas las arenas finas por la desecación de las cuencas lacustres, el viento al acarrearlas forma fuertes tolvaneras que hacen que se pierdan nutrientes del suelo, provocando además del arrastre de los materiales, alteraciones como la invasión de campos de cultivo, azolve de obras de riego y el rellenamiento y recubrimiento de la vegetación, rellenamiento de obras de infraestructura (vías de ferrocarril, líneas eléctricas, carreteras, etc.), como se observa en el Valle de San Vicencio.

Es importante hacer notar que esta zona también puede significar un potencial de aguas subterráneas, ya que a poca profundidad se localiza el nivel freatico, como se demuestra en la zona de dunas, donde al excavar la arena, se observa una clara saturación de agua a 30 cm.

- e) Planicie Sureste. Está localizada al S-SE del volcán La Malinche, con una altitud de 2 300 msnm.

Como las planicies anteriores, corresponde ésta a una antigua zona lacustre que actualmente se encuentra completamente cubierta por materiales proclásticos, y con intercalaciones de materiales aluviales.

La actividad volcánica antes mencionada, rellenó to

da esta porción, además de las zonas aledañas, como fueron las montañas plegadas y el piedemonte del volcán La Malinche. La depositación de todos los materiales emitidos por el vulcanismo andesítico de principios del cuaternario, cubrió los sedimentos lacustres, dejando como indicador las capas de estos sedimentos endurecidos por la cohesión que da en un ambiente de depósito, y que yacen sobre las capas de carbonatos y de restos de organismos vegetales oxidados y carbonatados. Los espacios vacíos dejados por los organismos vegetales, nos indican un medio en que las plantas de raíces pequeñas y de tallos delgados fueron importantes. Posterior a este recubrimiento de materiales volcánicos, se dió una sedimentación de tipo fluvial, intercalada en el medio lacustre, caracterizada por espesores delgados de cantos rodados formando una estratificación cruzada hacia las márgenes.

Sin duda, durante todo el cuaternario, y partir del recubrimiento de las planicies y de las zonas adyacentes por los piroclastos, se llevó a cabo un proceso en el cual fueron retrabajados los materiales antes depositados y acarreados hacia las partes bajas. Es así como el crecimiento del piedemonte de La Malinche y de las montañas plegadas, también fue cubriendo paulatinamente esta planicie. El desa

rollo del piedemonte modificó la dinámica del drenaje, esto es, que al haber un cambio de pendiente en la planicie por el crecimiento del mismo piedemonte, se llevó a cabo un aumento en la red del drenaje, principalmente en dirección norte-sur.

El desarrollo del drenaje en La Malinche hacia la parte suroriental, fue frenado al chocar directamente con la Sierra de Amozoc y sufrir una desviación hacia el oriente, que modificó asimismo la planicie.

Con respecto a la parte oriental de los escurrimientos de La Malinche y de los de la parte SW de los Cerros del Piñón, éstos se dirigieron hacia la depresión intermedia entre estas estructuras, formando un drenaje en dirección norte-sur que también modificó el modelado de la planicie.

Se observa que el cambio de pendiente sufrida a partir del crecimiento de los piedemontes, se dió un desague hacia el sur, que disecó las planicies.

Actualmente esta planicie es intensamente utilizada para fines agrícolas, en donde los escurrimientos y el desarrollo de la red fluvial comienza a hacer importante el proceso de denudación y de acumulación, logrando que los materiales lacustres sean retrabajados y acarreados hacia la zona sur.

En conclusión, podemos decir que las planicies constituyeron distintos sistemas lacustres, los cuales hemos visto, tuvieron y han tenido procesos y desarrollos distintos, y que se han visto afectados más recientemente por la alteración antrópica.

## MONTAÑAS PLEGADAS

A esta unidad corresponden las estructuras sedimentarias plegadas, localizadas en la porción sur y su reste de la zona en estudio, mismas que reciben localmente los nombres de Cerrijón de Amozoc y Cerros del Piñón, respectivamente.

El llamado Cerrijón de Amozoc, se encuentra constituido por rocas calizas, correspondientes a las forma ciones Mezcala y Cuautla, a las que Fries (1960), asigna una edad del cretácico superior. Estas rocas representan el limi te septentrional de una estructura de anticlinorio, cuyo eje principal es la cordillera de Tentzo, localizada unos km al sur de la región en estudio (Erffa, 1976).

Esta estructura ha sido afectada por una tec tónica muy variada a lo largo del cenozoico (López Ramos 1979). En sus inicios, el principio del terciario, las rocas que la constituyen fueron levantadas formando parte de un ambiente continental, para posteriormente volver a ser afectadas por un tectonismo que Erffa (op cit) asocia con las etapas volcánicas del cuaternario. Como consecuencia de esta evolución tectónica, se desarrolla una importante red de fracturas, tanto desde el punto de vista de su longi tud, como de su densidad. El vulcanismo cuaternario deriva do, involucra también una serie de cambios en esta estructu

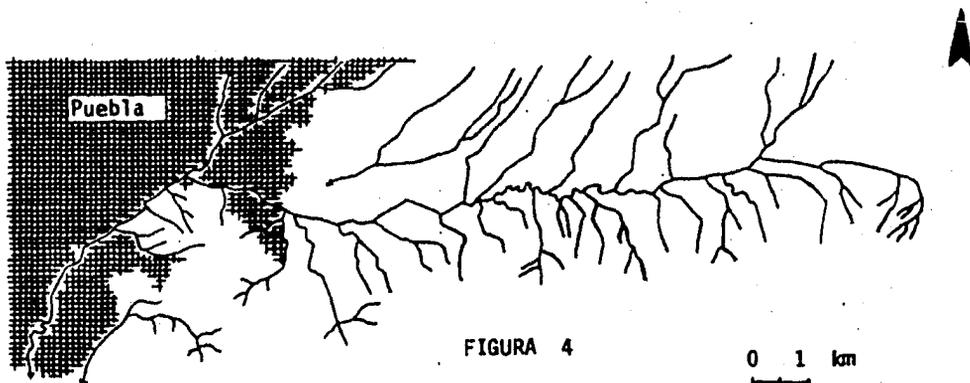
ra plegada, lo que se traduce en un sepultamiento de las rocas cretácicas, con gruesas capas de piroclastos de composición andesítica y dacítica, mismas que se ausentan en la parte superior de la estructura, donde las rocas calizas afloran directamente tal es el caso no solo del Cerrijón de Amozoc, sino incluso de los Cerros del Piñón.

Derivada de la acción geológica y tectónica, y sumando la acción del hombre, el Cerrijón de Amozoc, presenta un comportamiento erosivo definido. La presencia de fracturas y fallas muestra una clara influencia en el modelado causado por la erosión. De esta manera, se forma un sistema de drenaje controlado estructuralmente, de tipo rectangular y subparalelo y en función de este hecho, se explica el comportamiento de los parámetros morfométricos en esta estructura. Por un lado, la densidad y la profundidad de la disección, se ven favorecidos por el encausamiento de las corrientes a lo largo de las fracturas y por la relativa facilidad de modelado que representan los materiales piroclásticos. Así es como tenemos valores medios de la profundidad de la disección de 3.0 corrientes por  $\text{km}^2$ , y valores medios de la profundidad de la disección de hasta 100 m. Asimismo, derivado de este desarrollo, también encontramos en esta unidad, valores elevados para la densidad de órdenes de corrientes, mismos que alcanzan cifras de 4 a 14 cauces de primer orden por  $\text{km}^2$ .

Por otra parte, los procesos actuales que ca-

racterizan la dinámica del "Cerrijón" se han visto favorecidos, como se mencionó, por la acción humana, que se traduce en una eliminación sistemática de la cubierta arbórea. Klink (1973) señala que en esta estructura se tenían hasta hace 20 años, relictos de una vegetación de bosque de encino caducifolio, que ha desaparecido ya en la actualidad en su mayor parte. Este hecho, aunado al sobrepastoreo en las vertientes y la implantación de cultivos sintéticas adecuadas, ha favorecido el desarrollo de una considerable cantidad de cárcavas que en varios casos alcanzan dimensiones considerables, mismas que se constituyen como surtidores de material que se acumula sobre los campos cultivados de la planicie. Esto provoca fenómenos y procesos que anteriormente se mencionaron, cuando se hizo referencia a las planicies.

Todo el material acarreado de la parte occidental del Cerrijón de Amozoc (Figura 4), se depositan en las partes más bajas de la cuenca del río Atoyac y hacia la ciudad de Puebla.



Este material queda retenido en la Presa de Valsequillo, lo que repercute fuertemente en su azolve, por la gran cantidad de sedimentos transportados. Además, la incesante pérdida de suelo, obliga a los pobladores de la región a buscar otras fuentes de ingresos, ya que algunas técnicas de conservación de suelos como son terrazas y magueyerías, no han sido suficientes para detener la erosión.

Para las montañas plegadas conocidas con el nombre de Cerros del Piñón, localizados al SE de La Malinche, tenemos características muy distintas con respecto a las anteriores en su morfología.

Primeramente al referirnos a su estructura geológica, los Cerros del Piñón están constituidos de rocas sedimentarias plegadas, pertenecientes a formaciones Orizaba (Pemex 1958-1959) y Morelos (Fries Jr. 1960) y que corresponden al cretácico medio (Viniegra 1975).

Erffa et al (1976), considera que éstas dos formaciones calcáreas son de la misma edad, pero de condición litológica diferente.

A diferencia del Cerrijón de Amozoc, estas calizas, también han sido plegadas, pero su expresión en el modelado ha sido distinta, ya que se comportan como masas rocosas aisladas, que aunque se encuentran plegadas, están

distribuidas a manera de dos cuerpos montañosos, uno del lado oriental y el otro del lado occidental.

Morfológicamente estas estructuras no presentan una homogeneidad tanto en su amplitud como en su longitud, debido por un lado, a un alto desarrollo de fallas y fracturas, y por otro, a la cubierta de piroclastos que no permite observar la estructura completamente. En base a esto tenemos ciertos valores morfométricos para esta zona. Valores medios de 2.5 corrientes por  $\text{km}^2$ , y valores medios a altos de 20 a 200 m. de profundidad de la disecación. Asimismo, derivado de este desarrollo, también encontramos en esta zona valores elevados para la frecuencia de ordenes de corrientes, mismos que alcanzan de 2 hasta 10 corrientes de primer orden por  $\text{km}^2$ .

El desarrollo de un amplio piedemonte, con respecto al Cerrijón de Amozoc, es lo que hace que esta zona sea distintiva. Podemos observar en la carta geomorfológica que este piedemonte cubre una zona extensa, en la cual el drenaje se presenta con una gran longitud con respecto a los cauces de primer orden, ésto es por la relación que existe con el sistema de fallas y fracturas, por un lado, y por otro por la misma extensión del piedemonte que forma un sistema de drenaje paralelo y rectangular (Ver Figura 5).

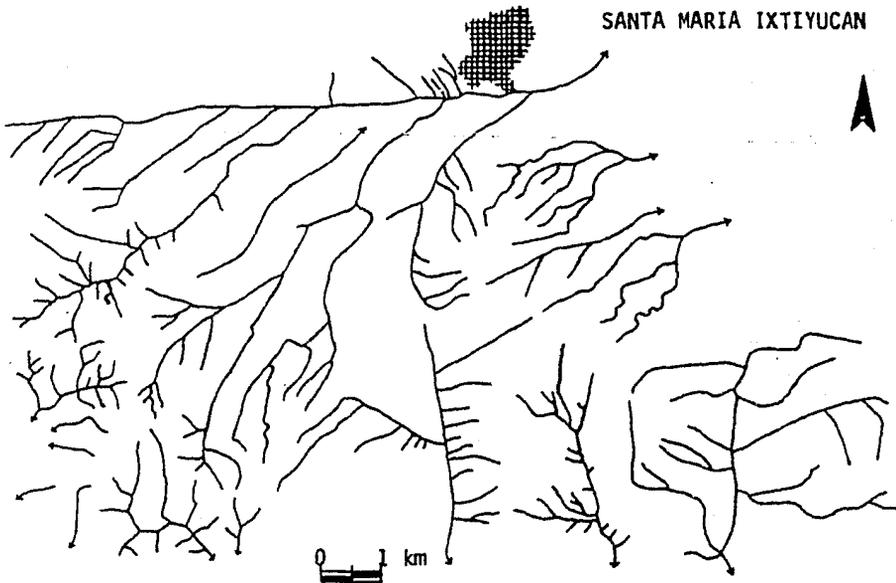


FIGURA 5

Existe una diferencia entre el comportamiento del sistema de drenaje controlado por fallas y fracturas, y el correspondiente al piedemonte. En el primero tenemos que la red fluvial presenta variaciones rectangulares, además de que en algunos casos, las corrientes dejan descubierta la roca caliza por denudación, frenando asimismo, la incisión vertical, y comenzando la erosión lateral por la distinta resistencia que ofrecen las calizas con respecto a las tobas. En el segundo caso, tenemos el desarrollo de una red fluvial sobre piroclastos y materiales re-trabajados y acarreados hacia la base del piedemonte, es por eso que se encuentran asociadas a esta zona, barrancas profundas que han disecado únicamente las superficies de

piroclastos, presentando una red fluvial del tipo subparalelo.

Lauer (1973), describe una asociación de bosques de pino-encino para hace 10 años en toda la región. Actualmente son pocos los lugares donde quedan aún asociaciones de esta vegetación natural, pues la fuerte alteración antrópica, ha provocado una desforestación intensa, repercutiendo fuertemente en los procesos geomorfológicos actuales.

Primeramente, al quitar la cubierta vegetal, que servía como protectora del suelo, los agentes transportadores, como son el agua y el viento, comienzan su ataque, sobre los materiales volcánicos muy deleznales, compuestos principalmente de arenas finas, fácilmente transportables.

El incipiente horizonte de suelo que se había logrado desarrollar y en donde se había establecido la cubierta vegetal, desaparece al ser removido por los agentes antes mencionados.

La desforestación llevada a cabo en esta zona, fue hecha para utilizar el terreno para el cultivo, pero dadas las características granulométricas de este suelo, al formarse algún escurrimiento por la concentración de algunas corrientes pequeñas, el material es rápidamente acarreado, formándose cárcavas y barrancas aso

ciadas, como ya se mencionó, a las corrientes fluviales. Un elemento cuantificador de éstos procesos es el desarrollo de la frecuencia de cauces de primer orden en esta porción de la zona en estudio, que va de 6 a 14 frecuencias de cauces de primer orden, o sea que, este proceso se está dando de manera muy acelerada, sobre todo al sur de éstas montañas, en la parte más extensa del piedemonte, ya que hacia la laguna de Oriental, el piedemonte es menor.

El otro agente actual, modelador del relieve es el viento. Como hemos mencionado, los materiales volcánicos están constituidos por arenas finas y esto trae como resultado que al no existir un sustrato vegetal que consolide el suelo, actúa la deflación de manera muy intensa, sobre todo en la temporada seca del año. Esto hace que los suelos pierdan productividad, y de alguna manera intervengan en la situación socioeconómica de esta porción, pues algunos moradores de la región, al perder productividad su terreno, emigran hacia las ciudades o hacia las zonas de bosque para desforestar y preparar otra zona de cultivo. Sin embargo, en la temporada húmeda del año, por sus mismas características de los materiales que conforman el suelo, el agua se infiltra teniendo así una gran área de recarga acuífera.

Podemos decir que en el piedemonte sur de éstas montañas, comienza a formarse una especie de glacis,

pues la profundización de las corrientes es cada vez mayor, y aunque se tenga un clima templado, las características físicas de la zona por la alteración humana, parecen presentar un clima seco.

## BLOQUE TLAXCALA

Esta unidad, localizada al norte de la zona en estudio, se encuentra dividida en 2 partes, la primera al NW denominada Bloque Tlaxcala, y la otra porción al NE denominada Serranía de Huamantla.

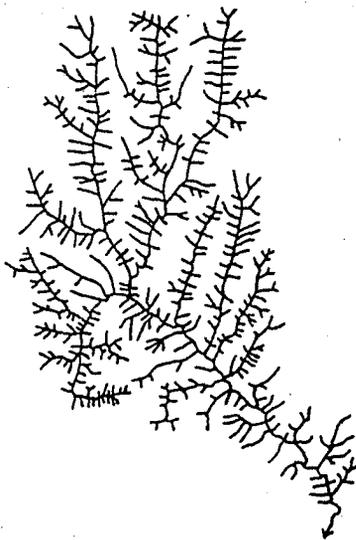
Es muy notable en esta zona, la relación existente entre los procesos endógenos representados por el tectonismo, y por lo exógenos representados por el clima y por la erosión fluvial.

En general, el Bloque Tlaxcala tanto al NW como al NE, se encuentra compuesto de materiales lacustres y tobas. Erffa et al., (1976), menciona que a fines del terciario, en esta zona existía un gran lago, en el que se sedimentaron altas concentraciones de diatomitas y carbonatos. Estos sedimentos nos dan idea de que existió una gran acumulación de organismos microscópicos sobre el medio lacustre durante el plioceno y parte del pleistoceno. Estas evidencias, nos dan idea de que durante esta época, existieron condiciones climáticas diferentes a las actuales, en las que se llevó a cabo un balance hídrico positivo, pues los grandes espesores indican que existió un periodo de tiempo muy extenso en el que se llevó a cabo dicho balance, para que así se pudieran depositar estratos gruesos de diatomitas, sin que aparentemente, el lago sufriera modificaciones extremas en su nivel.

Por lo que respecta al vulcanismo en la región Puebla-Tlaxcala, hacia finales del terciario, dió comienzo la actividad volcánica que cubrió paulatinamente algunas porciones de sedimentos lacustres con materiales de composición andesítica. La actividad volcánica se vió incrementada hacia el cuaternario, cubriendo totalmente a los sedimentos lacustres del resto de la región. Además, en esta época se produjo la actividad tectónica de levantamiento, misma que dura hasta nuestros días., y que ha provocado que las corrientes fluviales arrastren grandes cantidades de materiales hacia las partes bajas, pues se ha visto incrementada la pendiente, formándose así, numerosos barrancos, pues se acelera el mecanismo de la denudación, provocando que conforme se da el levantamiento, dichas corrientes fluviales traten de alcanzar su nivel de base.

Debido a la fuerte disección del relieve, actualmente los sedimentos lacustres afloran, pues las corrientes fluviales han socavado hasta 100 metros. Además es importante tomar en cuenta que a partir de esta socavación de las corrientes fluviales, se da también la formación de cauces tributarios sobre las laderas de los valles principales, y en consecuencia la formación de una gran cantidad de cárcavas y barrancas, estando muchas de ellas, asociadas a fallas y fracturas provocadas por el tectonismo, siendo algunas aprovechadas por las corrientes fluviales para fluir hacia las planicies (Ver Figura 6).

incrementando a su vez, los valores de densidad y de profundidad de la disección, esto ha favorecido la existencia de un drenaje del tipo trellis, el cual está asociado a los sedimentos lacustres (Ver Figura 6).



0 1 km

Una escala gráfica que muestra una línea horizontal con una marca en el extremo izquierdo etiquetada como '0' y una marca en el extremo derecho etiquetada como '1 km'. Debajo de la línea hay una barra horizontal que indica la longitud de la escala.

FIGURA 6

Actualmente las características granulométricas de los suelos que componen el Bloque Tlaxcala, permiten que cualquier escurrimiento considerable, arrastre material, provocando el relleno de la planicie. Además de que la erosión remontante ha dado lugar a la formación de circos denudatorios que son en mucho, los aportadores de una gran cantidad de materiales a los cauces fluviales.

Por otra parte el gran aporte de materiales finos del Bloque Tlaxcala hacia la planicie, por medio de las corrientes fluviales, ha dado como resultado la formación de acumulaciones arenosas, que son fuertemente atacadas por el viento y movilizadas en forma de tolvaneras y dunas, repercutiendo fuertemente en las zonas agrícolas y en las poblaciones.

De manera más particular, el bloque NE a diferencia del NW, tiene como basamento rocas andesíticas del mioceno, además de los sedimentos lacustres pliocénicos. Estas rocas andesíticas corresponden al vulcanismo más antiguo presente en la región en estudio, que según Erffa (op cit), son correlacionables con la andesita Zempoala en edad y composición.

Este bloque con respecto al noroccidental, presenta una mayor altitud, quizás porque existió un basculamiento en el cual la parte oriental sufrió un mayor levantamiento, como lo demuestra la presencia de barrancas más

profundas que en el bloque NW. Además, aquí se observa un mayor número de fallas y fracturas; a nivel de hipótesis podemos decir que esta parte del Bloque Tlaxcala, está compuesta de tres bloques más pequeños, dentro de la zona en estudio.

Ahora nos referiremos únicamente a la parte nororiental del Bloque Tlaxcala, conocida con el nombre de Serranía de Amozoc. Primeramente tenemos que la parte occidental tiene características de un modelado de barrancas profundas, aquí se presentan los valores máximos de profundidad de la disección, mayores de 300 m., éstos valores corresponden a barrancas que llegan perpendicularmente a la planicie, su perfil longitudinal es más extenso, aunque de poca pendiente. Esta zona correspondería al bloque oriental de la Serranía, ya que toda esta porción presenta las características mencionadas, su límite estaría dado por la porción en que desaparecen las barrancas profundas.

El segundo bloque tendría como límite, hacia el este la población de Libres y El Carmen, o sea la planicie donde se halla el lago de Totolcingo, y su límite occidental sería la zona denominada Valle de San Vicencio, que corresponde actualmente también a una planicie. Este bloque dentro de la Serranía de Huamantla, sería el oriental, encontrándose caracterizado por un alineamiento de fallas, que presenta facetas triangulares hacia San Vicencio,

además de presentar un sinúmero de circos denudatorios desarrollados en épocas pasadas, y con escurrimientos cortos.

El tercer Bloque, que sería la parte central, está localizado en la zona de San Vicencio, formando parte de la planicie de nivel de base, ya que ésta penetra hacia el norte sobre la Serranía, y está caracterizada por tener barrancas poco profundas hacia su parte baja, y un abarrancamiento mayor conforme nos acercamos a las partes altas, un poco hacia el norte.

Todos estos indicadores morfológicos, nos hacen pensar que el Bloque occidental y oriental de la Serranía de Huamantla, fueron levantados, quedando conformados como un horst, y el Bloque central quedó en parte, inmóvil. Como habíamos dicho, solo presentamos como una hipótesis éste argumento, quedando ésta, abierta a investigaciones futuras, algunas de ellas puramente geomorfológicas como sería, la relación de San Vicencio con la formación de las dunas y su dinámica, así como la formación y evolución de las barrancas.

Es muy importante tomar en cuenta que el hombre ha acelerado la erosión en todo el Bloque Tlaxcala, y que su influencia actualmente es determinante en la formación de Barrancos y de cárcavas.

## VOLCAN LA MALINCHE

El elemento geomorfológico más sobresaliente de la porción en estudio es el volcán La Malinche. Abarca la mayor parte de la zona, y además, manifiesta una fuerte influencia sobre sus zonas adyacentes.

Para entender su dinámica actual tenemos que mencionar cual fue su origen y su evolución, pues solo así podemos explicar como han sido los cambios en el espacio y en el tiempo.

Hilger (1972), menciona que existe un alineamiento tectónico en dirección E-W, formado por la falla denominada Tetlahuca, que pasa directamente por el centro del volcán, y es muy probable, según este autor, que esta falla haya dado origen al volcán.

Sobre los procesos endógenos, se sabe que los orígenes del volcán La Malinche no son recientes, se infieren manifestaciones pliocénicas (Erffa, 1976), correlacionables con los de la Sierra Nevada, por sus efusiones andesíticas, que a su vez, caracterizaron el final del periodo terciario.

Posteriormente, durante el pleistoceno, La Malinche tuvo emisiones de piroclastos, que cubrieron casi toda la región de Puebla-Tlaxcala, también de composición andesítica. Para el holoceno La Malinche continúa su actividad de emisión de materiales volcánicos, constituidos principalmente por piroclastos finos. Heine - Heide-Weise (1973) definen dos emisiones distintas en tiempos recientes, una hace 28 000 años y la otra hace 12 000 y 8 000. Demant (1982), agrega que la configuración de la cima se debe a una explosión paroxísmica, que posteriormente fue retrabajada por la erosión glacial.

Con respecto a los agentes exógenos, Heine (1972) ha distinguido varias etapas de cambios climáticos en los últimos 40 000 años, los cuales han repercutido en el modelado, sobre todo directamente sobre las partes altas del volcán. Heine (op cit p. 54) menciona que "En relación con los periodos climáticos, está probado que fueron más fríos y húmedos, las actuales condiciones climáticas, se pueden considerar como cálidas y secas", "muchas formas testimonian que las precipitaciones debieron ser más intensas que actualmente".

Se conoce que estas variaciones climáticas han estado representadas por masas de hielo en épocas frías, las que cubrieron la cima del volcán, y posteriormente fluyeron hacia las partes bajas, dejando, según Heine, sedimentos de morrena depositados sobre el piedemonte

superior de la estructura volcánica.

Aún así, los procesos glaciales no fueron los únicos que han contribuido en la erosión de la cima y a la depositación y crecimiento del piedemonte. Sin duda, los procesos fluviales y fluvioglaciares tuvieron, como ya dijimos, gran importancia en el desarrollo de dicho piedemonte, pues los aportes fluviales originados por el deshielo, favorecieron una intensa acumulación, ya que el agua tuvo un escurrimiento continuo. Quizás, como dice Heine, favorecida ésta acumulación por una etapa de clima más húmedo y mayor pluviosidad, al mismo tiempo que eran removidos una gran cantidad de materiales hacia las partes bajas. El intenso acarreo contribuyó a la formación del piedemonte de La Malinche, uno de los más extensos de los grandes volcanes mexicanos.

Dentro de un marco de referencia en una etapa más reciente, también la influencia del hombre ha intervenido en la dinámica actual de La Malinche.

Historicamente la región de Puebla-Tlaxcala ha estado muy ligada a la explotación de los recursos naturales del volcán La Malinche, ya que esta zona se ha visto poblada por diversos grupos humanos, que han dejado huella principalmente en la explotación de recursos bióticos.

Se sabe que el poblamiento de la cuenca Pue-

bla-Tlaxcala, es anterior a la cuenca de México. Los primeros pobladores organizados fueron fechados hace 3 500 años antes del presente. Antes de la llegada de los españoles, existieron pueblos que ya explotaban los recursos naturales en La Malinche, sobre todo los bosques.

A la llegada de los conquistadores, se intensificó la explotación colonial de los recursos humanos y naturales en el valle de Puebla-Tlaxcala (González, 1982), y por lo consiguiente de La Malinche.

La explotación de los bosques del volcán, se incrementó a medida que la conquista aumentaba, así se sabe que Cortés mandó construir los bergantines en Texcoco con madera traída de La Malinche.

Desde entonces y a lo largo de la historia de la cuenca Puebla-Tlaxcala, La Malinche ha estado asociada al crecimiento de la población, y por lo tanto de las necesidades que requiere ésta para sobrevivir, éstas necesidades se manifestaron en la utilización de los bosques para la extracción de madera, y para abrir campos de cultivo, que en la actualidad se encuentran ya localizados cerca de la cota de los 3 000 msnm.

Desde entonces hasta la actualidad, la explotación de recursos bióticos del volcán para el aprovechamiento de madera y leña, por parte de los pobladores de la región, y más recientemente para la expansión agrícola, ha

creado un acelerado incremento en la fitoestabilidad y en la consiguiente erosión en las laderas de La Malinche.

Cabe señalar que la desforestación ha traído consecuencias importantes como el incremento de la erosión del suelo y en el crecimiento de un mayor número de barrancas y de zonas inestables en el piedemonte del volcán.

Con respecto a su morfología el volcán de La Malinche está dividido en tres zonas bien diferenciadas con características muy específicas: la cima, el piedemonte superior y el piedemonte inferior.

Primeramente, la cima constituida de rocas y cenizas andesíticas, localizada aproximadamente entre las cotas de 3 400 m a los 4 461 msnm. Su configuración, según Demant (1982), corresponde a una explosión paroxísmica que borró la cima original, prueba de ello es la formación de fracturas curvas, que no se pueden asociar a movimientos tectónicos, pues sobre ellos se observa un claro alineamiento concéntrico alrededor de lo que según Demant, fue el centro de emisión reciente.

Heine (1976), menciona que la cima, fue afectada por la erosión glaciaria durante 5 etapas más frías y húmedas que las actuales. El marca las zonas por donde fluyó el hielo, los que actualmente se pueden identificar por su configuración en forma de circos denudatorios, que

bien podrían ser antiguos circos glaciares. Esto es muy probable, pues la cima presenta formas con una profundidad de la disección muy fuerte, producida unicamente por el hielo.

Hay que recalcar las anotaciones realizadas por Heine con respecto al relieve glaciár, pues nuestras anotaciones están fundamentadas en su obra.

La formación de valles profundos provocó que se desarrollaran zonas con laderas abruptas en las cuales los procesos gravitacionales, asociados a la consolidación de los materiales de la cima, se traducen en deslizamientos de remoción en masa. Si bien actualmente los procesos glaciares ya no funcionan como en las épocas pasadas, los periglaciares son ahora importantísimos, pues se observan en La Malinche fluctuaciones estacionales de nieve en la cima, presentando una configuración de nieve en invierno, y casi desaparición en verano, y su casi desaparición en verano, teniendo mucha importancia las variaciones de temperatura día-noche.

La carencia de compactación de los materiales en la cima la atribuímos principalmente a los procesos periglaciares que según Lorenzo (1969), se han desarrollado a partir de la cota de los 4 000 metros sobre todas las montañas de México.

El desmembramiento (deslave) de las rocas en

la cima es debido al intemperismo físico (gelifracción) y químico que se produce sobre las fracturas de las rocas. Los depósitos rocosos son removidos por la acción de las aguas superficiales, laderas abajo.

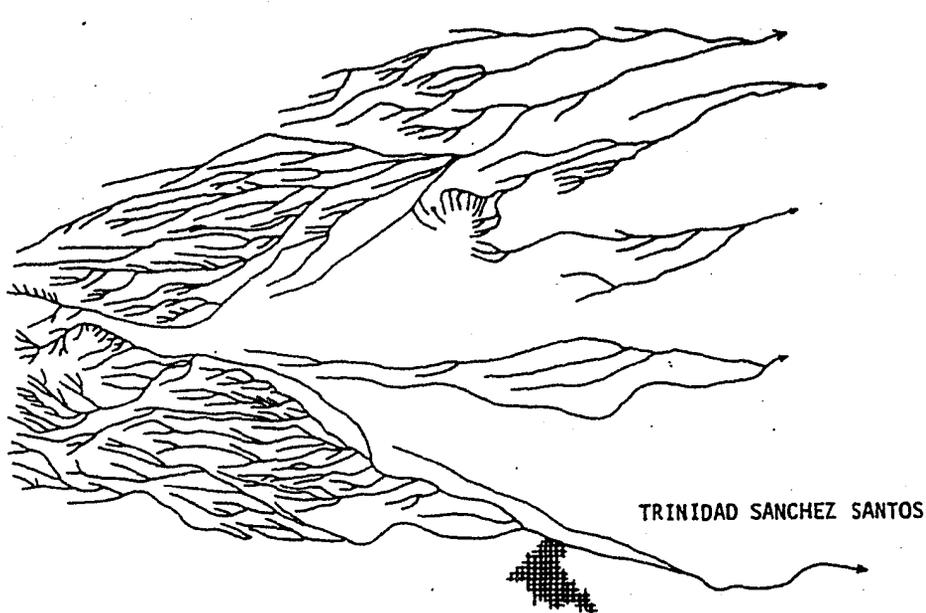
En general, la configuración característica del piedemonte corresponde a barrancas profundas, abanicos aluviales y corrientes de lodo, asociados a los procesos fluviales provenientes en su mayoría desde la cima.

Un ejemplo de la relación que existe entre la cima y el piedemonte lo tenemos localizado al oriente del volcán. Aquí se presenta un amplio abanico aluvial que llega casi desde la cima hasta la planicie. El origen de este abanico corresponde a uno de los posibles circos glaciares, que formó un corredor por donde escurrió. Posteriormente, hacia la zona en donde termina el corredor, los materiales fluyeron más ampliamente, funcionando el límite del corredor o del valle como un ápice del abanico.

Un abanico aluvial tiene una geometría convexa, son cuerpos esparcidores de corrientes de agua, esta misma forma convexa, hace que su parte más alta, o lo que podría ser su divisoria interfluvial, sufra modificaciones, pero cuando el abanico ha dejado de funcionar, los materiales ya no son transportados con la misma fuerza. Nos referimos a que el abanico ha superado la etapa de actividad porque ya no tiene el mismo desarrollo ni el

mismo transporte. Es en este momento, cuando comienza la disección el abanico, comenzándose a formar barrancas sobre las porciones laterales del mismo.

La causa de que las corrientes fuertes, chocaran con la parte lateral del abanico, es que es la porción más baja de su configuración convexa. Es así como se le forman a ambos lados barrancas profundas que funcionan como un nivel de base local, capturando y desviando varias corrientes del piedemonte y repercutiendo en un aumento de la densidad de la disección (Figura 7).



0 1 km

FIGURA 7

Las corrientes que aquí se presentan, son de cauces cortos, pues no pueden desarrollarse con un perfil longitudinal más extenso al ser atraídas por el nivel de base local ya mencionado.

Este abanico en general, reafirma la idea de Heine de las etapas más húmedas existentes en el pasado.

Como este abanico existen otros en el piedemonte de La Malinche, pero de menor tamaño. Estos abanicos están asociados también a lo que pudo haber sido el flujo morrénico mencionado por Heine, encontrándose localizados hacia el W, SW y al SE. (Figura 8).

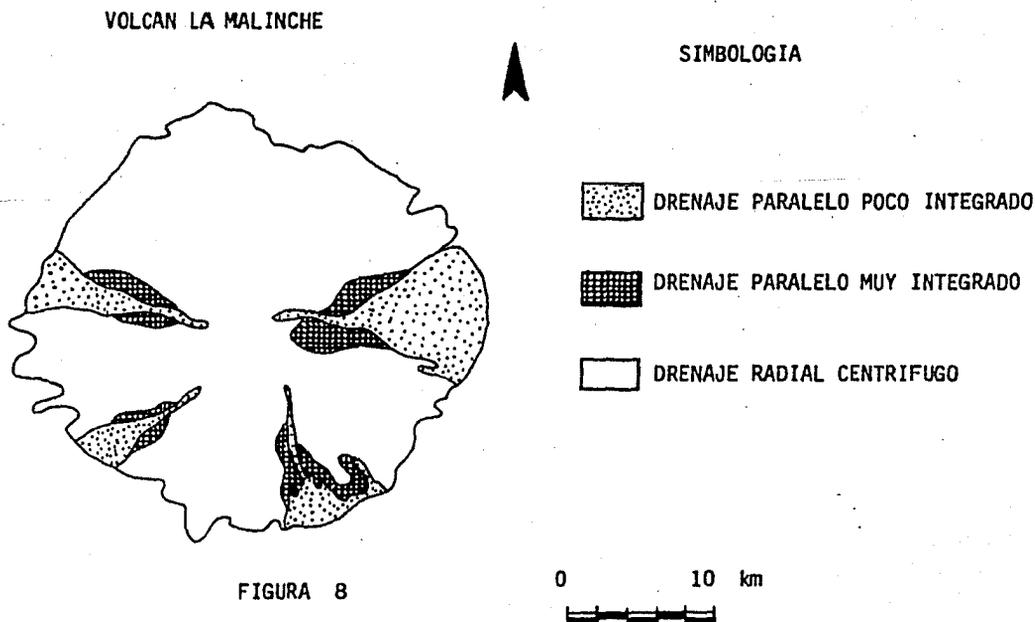


FIGURA 8

Es muy claro que el desarrollo del piedemonte ha estado asociado al crecimiento de los abanicos y de las corrientes de lodo, en donde se ha dado también un acelerado crecimiento del piedemonte por la coalescencia de varios abanicos, por una dinámica muy intensa en épocas húmedas del pasado. Esto es muy claro, pues al observar la configuración de la red fluvial nos damos cuenta que las barrancas nos pueden llegar a indicar la edad de su desarrollo.

Primeramente, si observamos la configuración del drenaje en el abanico, veremos que en su parte central las corrientes fluviales tienen poca longitud pues su desarrollo, no se lleva a cabo desde las partes altas, sino que al quedar interrumpido su desarrollo por las barrancas laterales que capturaron las corrientes provenientes de la cima, se nota que su nacimiento se encuentra demasiado abajo del origen de las barrancas circunvecinas. Esto es un rasgo que nos ayuda a diferenciar claramente, las zonas en donde se ha dado algún proceso de alteración, ya sea por abanico o por corrientes de lodo, pues en contraposición con estas zonas, tenemos otras donde existen barrancas que bajan directamente desde la cima hasta la planicie.

La alteración más importante del drenaje es

ta dada en función de los niveles de base locales que se llegan a formar cuando entran en movimiento los abanicos y flujos de lodo, que modifican las corrientes rellenando a las barrancas. A todo esto hay que añadir la influencia del hombre que al desforestar y aumentar las zonas de cultivo sobre el piedemonte, acelera los procesos de acarreo de las corrientes fluviales y de la lluvia.

Como habíamos mencionado, geomorfológicamente La Malinche cuenta con uno de los piedemontes más extensos de los grandes volcanes mexicanos, de alrededor de 15 km de radio, con un drenaje de tipo radial, que abastece de materiales a las planicies, haciendo que su influencia sobre sus zonas adyacentes sea importantísima a varios niveles. El más importante como ya mencionamos es el geomorfológico, ya que las características del volcán, principalmente de su piedemonte, hace que la erosión y la formación de barrancas, sean un factor determinante en el relleno de las planicies, pues la gran cantidad de materiales acarreados por las barrancas, hace que los campos de cultivo se vean invadidos por los materiales de acarreo ya mencionados, además que constantemente sobre el piedemonte se están desarrollando barrancas y cárcavas que hacen que se pierda gran cantidad de suelos fértiles.

La otra influencia del volcán consiste en el aspecto climático, ya que la intensa desforestación ha repercutido en la dinámica, tanto ecológica como climática,

pues la gran extensión del bosque que llegó a cubrir el piedemonte, se ha visto casi desaparecida. Tomando en cuenta lo que menciona González (1982), sabemos que un factor que ha influenciado el clima en la cuenca Puebla-Tlaxcala es el volcán La Malinche, pues los vientos provenientes del Golfo de México, chocan con este volcán dejando la humedad sobre la vegetación existente en la cima y el piedemonte superior, pero al descender el área forestada, los vientos no depositan su humedad. En conclusión, la vegetación funciona como esponja climática, ya que después de haber absorbido la humedad de los vientos, por evatranspiración, el agua sube a la atmósfera para después precipitarse en forma de lluvia sobre la cuenca de Puebla-Tlaxcala.

En función de lo arriba mencionado, es muy probable que las variaciones climáticas que se están dando en la cuenca, caracterizando la tendencia hacia un clima con un balance hídrico negativo, estén dadas muy directamente por la falta de esta cortina climática que es la vegetación.

Por último queremos mencionar que para poder dar alternativas de solución sobre el problema de la erosión del suelo en La Malinche, se debe de tomar en cuenta que la cada vez más ausente cubierta vegetal, juega un papel determinante en la dinámica y en la morfología del volcán.

## CONCLUSIONES

A lo largo de esta tesis se ha establecido la relación entre los procesos endógenos y exógenos en la zona del volcán La Malinche y sus contornos.

La morfometría, permitió elaborar una zonificación sobre el comportamiento del relieve, con un énfasis primordial en los aspectos de la erosión del modelado terrestre. Las cartas de densidad de la disección, profundidad de la disección y densidad de órdenes de corrientes, permitieron asimismo, a manera general, hacer un análisis de los procesos fluviales, así como de la cuantificación de la erosión que ejercen éstos procesos en las formas del relieve.

La interpretación de los elementos geomorfológicos en la región en estudio, facilitó la elaboración de la carta geomorfológica, la cual intenta señalar los rasgos más sobresalientes presentes en la zona en estudio. En función de lo antes mencionado, se puede señalar lo siguiente:

- Los procesos endógenos representados por el vulcanismo en toda la zona en estudio, han sido los más importantes desde un punto de vista morfogenético a lo largo del cuaternario, pues han sido un factor modificador muy importante a lo largo de la evolu-

ción geomorfológica de la cuenca Puebla-Tlaxcala, que se traduce en el modelado de formas preexistentes, modificando la dinámica de las planicies, y alterando las condiciones naturales de la región.

Para toda la región en estudio, se ha dado una relación entre los procesos tectónicos de levantamiento, plegamiento y fracturamiento, con los procesos erosivo-fluviales, que al combinarse dieron como resultado una morfología característica de carcavas y barrancos, rellenando las planicies de nivel de base, con los materiales erosionados.

Con respecto al clima, en la cuenca Puebla-Tlaxcala, se esta manifestando un proceso, en el cual predomina actualmente un balance hídrico negativo, lo que ha influido en la desecación de las planicies de origen lacustre, y en la formación de dunas.

También La Malinche, elemento geomorfológico más sobresaliente dentro de la zona en estudio, ha sufrido alteraciones por la influencia antrópica, que se han manifestado en la modificación del ciclo hidrológico, y en un aumento en el proceso erosivo del relieve. La desforestación, la introducción de zonas de cultivo en pendientes abruptas, el sobrepastoreo, la sobreexplotación de los mantos acuíferos, son ejemplos de la alteración antrópica en el medio natural de la cuenca Puebla-Tlaxcala.

Es importante remarcar que ésta tesis es original para lo que respecta al enfoque con que se ha estudiado la zona, pero no con respecto a la metodología, ya que trabajos morfométricos de éste tipo no se conocen en la Cuenca Puebla-Tlaxcala. Además hay que recordar que el trabajo quedó comprendido dentro del proyecto de investigación "Estudios Geomorfológicos del Sistema Volcánico Transversal" a cargo del Dr. José Lugo Hubp.

Cabe señalar que este trabajo, ha dejado abiertos varios tópicos sobre otras investigaciones que requieren de mayor detalle en el área en estudio. Reconocemos que el nivel de detalle de la metodología no puede abarcar problemas tan específicos y aplicados como los que se podrían desarrollar a una escala 1: 5 000 o 1: 10 000. Sin embargo como habíamos mencionado al principio de este trabajo, se logró comprender a manera general la problemática geomorfológica de un área de 4 000 m<sup>2</sup>, aproximadamente.

Entre dichas investigaciones tenemos tanto las puramente geomorfológicas como las geográfico-geomorfológicas como son: la comprensión del origen y dinámica de las Dunas del Carmen, la interpretación y análisis de la tectónica en el Bloque Tlaxcala, la evolución climática de la zona y su relación con la desecación de las planicies lacustres, la problemática socioeconómica y su relación con los problemas del medio físico como son la pérdida del suelo agrícola por erosión la formación de barrancas.

## BIBLIOGRAFIA

- Aeppli, H. (1972). "Aclaraciones acerca del diseño del Mapa de los suelos de la Cuenca Puebla-Tlaxcala". Comunicaciones 6. Fundación Alemana para la Investigación Científica (FAIC), pp 7-13. Puebla, México.
- Aeppli, H. y Shoenhals, E. (1973). "Los suelos en la Cuenca Puebla-Tlaxcala". Comunicaciones 7, FAIC, pp. 15-18. Puebla Mexico.
- Bloom, A. (1978). Geomorphology; A Systematic Analysis of Late Cenozoic Landforms. Ed. Prentice-Hall, Inc. New Jersey, U.S.A.
- Demant, A. (1982). El Eje Volcánico Transmexicano. Tesis Doctoral. Francia. \*
- Derrau, M. (1970). Geomorfología. Ed. Ariel Barcelona, España.
- Erffa, A.V., Hilger, W., Knoblich, K., Weyl, R. (1976). "Geología de la Cuenca Alta de Puebla-Tlaxcala y sus contornos". Comunicaciones 13, FAIC, pp 99-106. Puebla México.
- Ern, H. (1972). "Estudio de la vegetación en la parte Oriental de México Central" Comunicaciones 6, FAIC. pp. 1-6. Puebla, México.
- Ern H., (1973). "Repartición, ecología e Importancia económica de los bosques de coníferas en los estados de Puebla y Tlaxcala". Comunicaciones 7. FAIC, pp. 21-24. Puebla, México.
- Eternod, A. (1981). "El análisis de la disección del relieve por métodos morfométricos". Memoria del VIII Congreso Nacional de Geografía. Toluca.
- Fries, C. (1960). "Geología del estado de Morelos y partes adyacentes de México y Guerrero, región central meridional de México". Bol. 60., Instituto de Geología. México.
- Fuentes A. (1972). Regiones Naturales de Puebla. Instituto de Geografía. UNAM. México.
- García E. (1973). Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen. Instituto de Geografía, UNAM. México.

\* Se consultó una copia fotostática, en la que no apareció la ficha bibliográfica trata acerca de la geología del Sistema Volcánico Transversal. La copia puede consultarse en la biblioteca del Instituto de Geografía. UNAM.

- Gasca, A.D. (1981). "Algunas notas de la Génesis de los Lagos-Crater de la Cuenca Oriental" Colección Científica # 98. pp 12-23. INAH. México.
- González M.A. (1981). "La situación social y ecológica prevaliente en la región tlaxcalteca-Poblana de La Malinche", G.E.A. pp 93-143. México.
- Gorshkov G. y Yakushova A., (1979). Geología General Editorial MIR. Moscú.
- Guerra Peña, F. (1980). Fotogeología. Ed. UNAM. México.
- Heide-Weise, H. y Heine, K. (1971) "Sobre la mineralogía de algunos sedimentos fluviales y depósitos volcánicos en la zona de Puebla-Puebla". Comunicaciones 4.FAIC. pp 4-6. Puebla, México.
- Heine, K. (1971). "Informe preliminar sobre actividades de investigación Geomorfológica: La Morfología del Valle de Atoyac". Comunicaciones 3. FAIC. pp 16-26. Puebla, México.
- Heine, K. (1971). "Observaciones morfológicas acerca de las barrancas en la región de la Cuenca de Puebla-Tlaxcala". Comunicaciones 4. FAIC. pp 7-24. Puebla, México.
- Heine, K. (1972). "Las dunas del Carmen" Comunicaciones 6. FAIC. Puebla, México.
- Heine, K. (1973). "Variaciones más importantes del clima durante los últimos 40,000 años en México (Deducciones indirectas de observaciones geomorfológicas)". Comunicaciones 7. FAIC pp 51-58. Puebla, México.
- Heine, K. y Heide-Weise, H. (1972). "Estratigrafía del pleistoceno reciente y del holoceno en el volcán La Malinche y región Circunvecina". Comunicaciones 5. FAIC pp 3-8. Puebla, México.
- Heine, K. y Heide-Weise, H. (1973). "Secuencias de erupciones en el volcán de La Malinche y en la Sierra Nevada, durante los últimos 40,000 años". Comunicaciones 8. FAIC pp 7-9. Puebla, México.
- Hilger, W. (1972). "Observaciones sobre la tectónica de la región de Puebla-Tlaxcala". Anuario de Geografía UNAM. pp 113-120. México.
- Hilger, W. (1973). "Observaciones respecto a la geología de la región de Puebla-Tlaxcala". Comunicaciones 7 FAIC pp 3-6 Puebla, México.

- Horton, R.E. (1945). "Erosional development of stream and their drainage basins. hidrophysical approach to quantitative morphology". En Strahler 1979. pp. 535-538.
- Klaus, D. (1973). "Las fluctuaciones del clima en el Valle de Puebla-Tlaxcala". Comunicaciones 7, FAIC. pp 59-63. Puebla, México.
- Knoblich, K. (1971). "Posibilidades de poner en Explotación Aguas Subterráneas en la Cuenca Puebla-Tlaxcala". Comunicaciones 4. FAIC. pp 30-32. Puebla, México.
- Knoblich, K. (1973). "Las condiciones de las aguas subterráneas en la cuenca Puebla-Tlaxcala". Comunicaciones 7, FAIC, pp 9-10. Puebla, México.
- Knoblich, K. (1973). "Las condiciones de las aguas subterráneas en la Cuenca El Seco-Oriental, (Puebla-Tlaxcala)". Comunicaciones 9, FAIC pp 1-4. Puebla, México.
- López, V.M.L. (1971). Manual de Fotogeología. Publicaciones Científicas de la Junta de Energía Nuclear. pp 111-119, Madrid.
- López R.E. (1979). Geología de México. Tomos II y III. México.
- Lorenzo, J.L. (1969). Condiciones periglaciares de las Altas Montañas de México. Departamento de Prehistoria. (Paleoecología). INAH. México.
- Lugo H.J. y Martínez L.V. (1981). "La disección del relieve en el sur de la cuenca de México y porciones adyacentes" Boletín 10. Instituto de Geografía, UNAM. México.
- Lugo H.J. y Martínez L.,V. (1981). "La disección del relieve en la porción Centro-Oriental del Sistema Volcánico Transversal", Boletín 11. Instituto de Geografía, UNAM. México.
- Maderey, L.E. (1974). "Necesidad de una planeación del uso del agua y del suelo en el Estado de Tlaxcala". Planeación. Vol. III. S.R.H. México.
- Monkhouse, J. (1978). Diccionario de términos Geográficos. Ed. Oikos-Tau. Ciencias Geográficas, Barcelona, España.
- Mooser, F. (1972). El Eje Volcánico Mexicano, debilidad cortical prepaleozoica reactivada en el Terciario" Sociedad Geológica Mexicana. Memoria II. Convencional, Mazatlán. México.

- Moya S. J.C. y Zamorano O.J.J. (1983). "Análisis Geomorfológico de la Cuenca Puebla-Tlaxcala. Memoria I Congreso Interno. Instituto de Geografía (En Prensa) UNAM
- Ohngemach, D. (1973). "Análisis Polínico de los sedimentos del pleistoceno reciente y del holoceno en la región Puebla-Tlaxcala". Comunicaciones 7. FAIC. pp. 47-50. Puebla, México.
- Oviedo, A. (1970). "El conglomerado texcoco y el posible origen de la cuenca de México". Rev. Instituto Mexicano del Petróleo. 2 (3)., México.
- Palacio P., J.L. (1982). Análisis Geomorfológico de la región de Cuernavaca, Tenango e Ixtapan de la Sal, Edos. de Morelos y México. Tesis de Maestría en Geografía. Facultad de Filosofía y Letras, UNAM. México.
- Seele, E. y Mooser, F. (1972). "La Malinche y la tectónica del Valle de Puebla". Sociedad Geológica Mexicana. Memoria II. Convención Nacional. Mazatlán. México.
- S.P.P. (1981). Síntesis Geográfica de Tlaxcala. Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. México.
- S.R.H. (1971). Volcán La Malinche, Tlaxcala. Informe Geomorfológico Preliminar. DGUAPC. Dirección de Manejo de Aguas. México.
- Strhler, A. (1979). Geografía Física. Ed. Omega. Barcelona.
- Thoumburg, W. (1960). Principios de Geomorfología. Ed. Kapeluz. Buenos Aires, Argentina.
- Viniegra, D.F. (1965). "Geología del Macizo de Teziutlán y la Cuenca Cenozoica de Veracruz". Bol. Asoc. Mex. Geol. Pet. Vol. XVII No. 7 y 12.
- Werner, G. (1976). "Los suelos del volcán La Malinche Altiplanicie Central Mexicana". Comunicaciones 13. FAIC. pp 3-18. Puebla, México.
- Werner, G. (1976). "La deforestación en el volcán La Malinche" Comunicaciones 13. FAIC, pp 19-24. Puebla, México.
- Weyl, R. (1972). "Determinación y clasificación de las rocas volcánicas de la región Puebla-Tlaxcala". Comunicaciones 10. FAIC, pp 69-71. Puebla, México.

## CARTOGRAFIA

- Fundación Alemana para la Investigación Científica. 1968. Carta Edafológica de la Cuenca Puebla-Tlaxcala. 1: 100 000. 4 Hojas. Puebla, México.
- F.A.I.C. Carta Geológica de la Cuenca Puebla-Tlaxcala. 1968. 1: 200 000. Puebla, México.
- DEGETENAL. 1977. Cartas Topográficas y Geológicas. 1: 50 000:
 

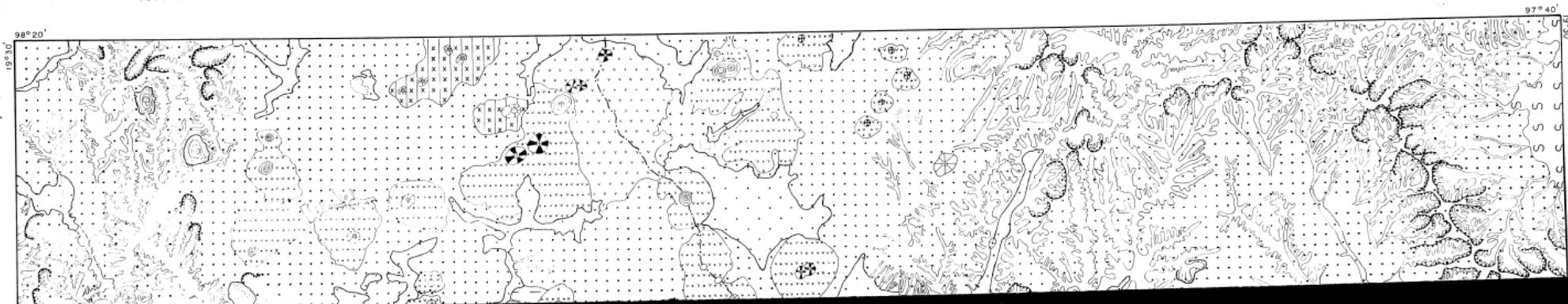
E-14-B-33	Tlaxcala (Provisional)
E-14-B-34	Huamantla (Provisional)
E-14-B-43	Puebla
E-14-B-44	Tepatlatxco
- DEGETENAL. 1977. Fotografías Aéreas. 1: 35 000 de las hojas Tlaxcala, Huamantla, Puebla y Tepatlaxco.



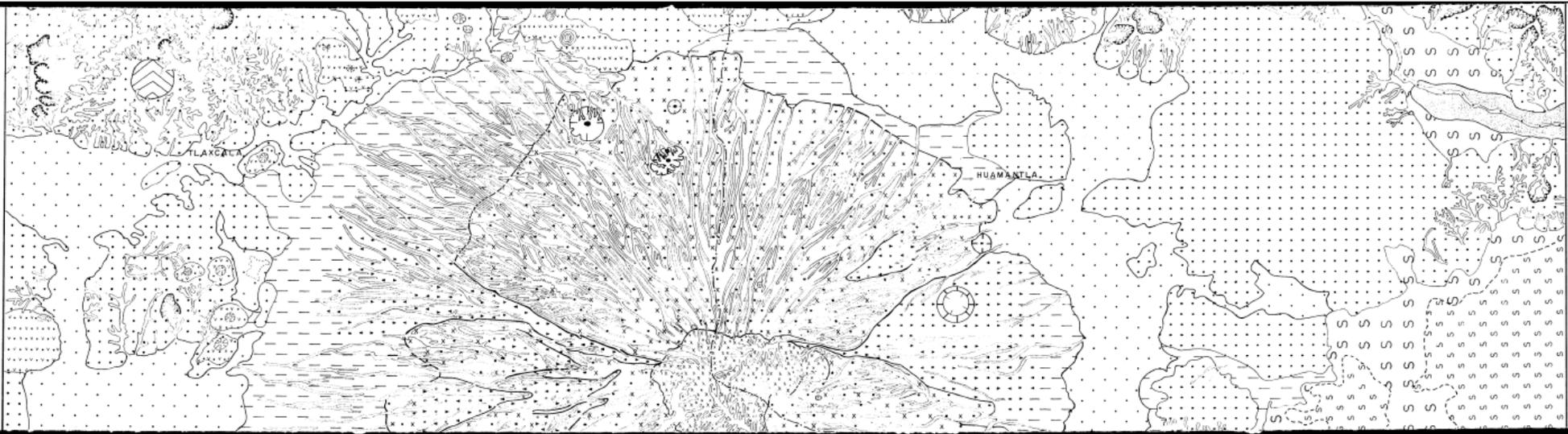
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS  
 COLEGIO DE GEOGRAFÍA

MAPA GEOMORFOLOGICO DEL VOLCAN LA MALINCHE Y SUS ZONAS ADYACENTES

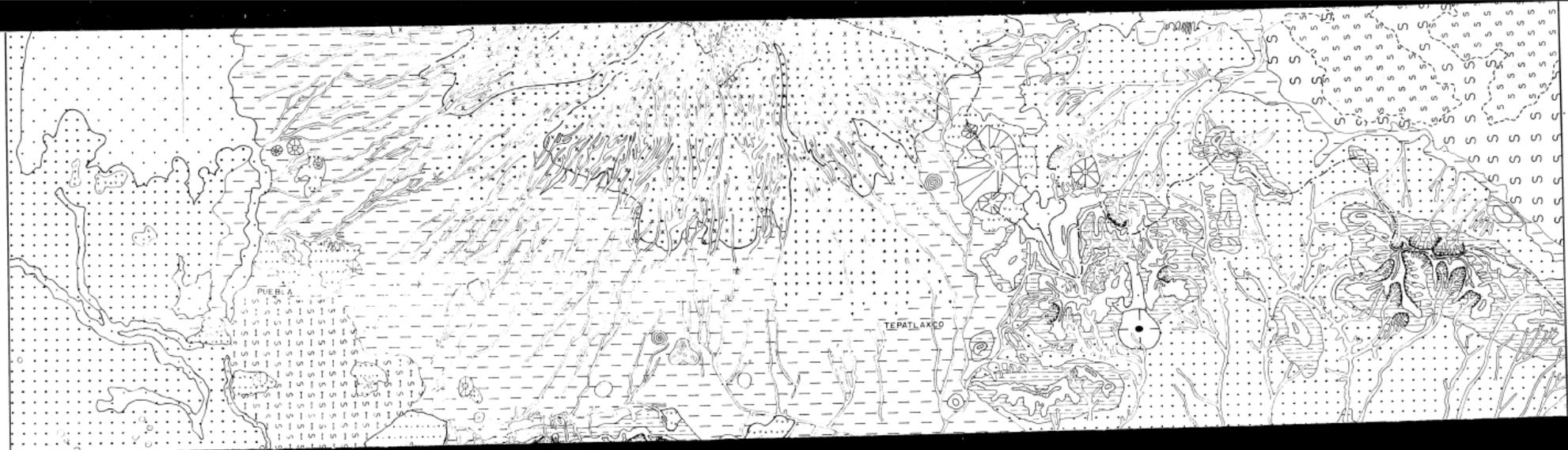
PARTE  
1



PARTE  
2



PARTE  
3





PARTE  
4

L E Y E N D A

I. RELIEVE ENDOGENO VOLCANICO - ACUMULATIVO

- 1. Volcanes cineríticos
- 2. Volcanes compuestos (lavas y piroclastos)
- 3. Volcanes cubiertos de piroclastos
- 4. Domas de lava
- 5. Coladas de lava
  - a) con clara expresión en el relieve
  - b) ligeramente cubiertas de piroclastos
- 6. Laderas constituidas de material volcánico no consolidado; localmente con lavas
- 7. Superficies de material piroclástico

II. RELIEVE ENDOGENO MODELADO A. VOLCANICO - DENUDATORIO

- 1. Laderas de volcanes antiguos modelados por la denudación; constituidas de material volcánico no consolidado
  - 2. Volcanes nivelados
  - 3. Laderas de material piroclástico, desarrolladas en los flancos de los cordones montañosos plegados
- B. TECTONICO - DENUDATORIO
- 1. Cordones montañosos plegados a) laderos
  - b) Superficie divisoria con debil modelada erosiva

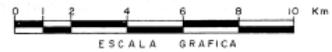
III. RELIEVE EXOGENO A. DENUDATORIO

- 1. Laderas de los valles erosivos principales, originados por la erosión fluvial y procesos gravitacionales
  - 2. Superficies con rasgos de erosión glacial
- B. ACUMULATIVO
- 3. Planicies de origen lacustre, actualmente urbanizadas
  - 4. Superficies de origen lacustre
    - a) procesos actuales
    - b) con procesos actuales
  - 5. Planicies aluviales y antiguas planicies lacustres no diferenciadas
  - 6. Acumulaciones de material originados por acarreo (deluvión)

IV. SIMBOLOS COMPLEMENTARIOS

- - - - - Divisorio principal de las cuencas Puebla - Tlaxcala y Oriental
  - Circo de erosión en proceso de desarrollo (poca profundidad)
  - Circo de erosión con amplia desarrollo
- CRATERES
- ⊕ a) Completos
  - ⊖ b) Abiertos
  - ⊗ c) de explosión
- PRESAS

PARTE 5



7 Depósito eólicos (dunas)



8 Conos de deyección (cubiertos parcialmente por depósitos piroclásticos)



9 Acumulación originada por corrientes de lado



FACULTAD DE FILOSOFIA  
Y LETRAS  
Colegio de Geografía  
U. N. A. M.

José Juan Zamorano Orazco  
Juan Carlos Moya Sánchez

TESIS PROFESIONAL 1983