



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Filosofía y Letras  
COLEGIO DE GEOGRAFIA

Estudio Geomorfológico del extremo norte de la  
Cuenca de México y zonas adyacentes



FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS  
COLEGIO DE GEOGRAFIA

**TESIS PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
LICENCIADO EN GEOGRAFIA

P R E S E N T A N

Laura Ramos Murguía

Ma. Magnolia Ortiz Zamora



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

Todo el material contenido en esta tesis 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.

## I N D I C E

INTRODUCCION		1)
MAPA DE LOCALIZACION		iv)
CAPITULO I.	<u>MARCO GEOGRAFICO</u>	1)
	A. Clima	4)
	B. Suelos	7)
	C. Vegetación y uso del suelo	10)
	D. Economía	12)
CAPITULO II.	<u>GEOLOGIA</u>	15)
	A. Estratigrafía	15)
	A <sub>1</sub> Cenozoico	17)
	A <sub>2</sub> Grupo El Menno	18)
	A <sub>3</sub> Formación Santiago	19)
	A <sub>4</sub> Formación Corteza	21)
	A <sub>5</sub> Formación Pachuca	23)
	A <sub>6</sub> Formación Real del Monte	25)
	A <sub>7</sub> Formación Santa Gertrudis	27)
	A <sub>8</sub> Formación Vizcaína	29)
	A <sub>9</sub> Formación Cerezo	33)
	A <sub>10</sub> Formación Tezuantla	37)
	A <sub>11</sub> Formación Zumate	38)
	A <sub>12</sub> Formación San Cristóbal	41)
	A <sub>13</sub> Formación Riolita Navajas	43)

A <sub>14</sub>	Formaciones Atotonilco El Grande y Tarango	46)
B.	Rocas Volcánicas Cuaternarias	47)
B <sub>1</sub>	Traquita Guajolote	47)
B <sub>2</sub>	Flujos de Basalto de Olivino y Depósitos asociados	48)
C.	Análisis Petrográfico	51)
D.	Depósitos Continentales Cuaternarios	55)
E.	Evolución Geológica	55)
CAPITULO III.	<u>GEOMORFOLOGIA</u>	58)
A.	Morfometría	58)
B.	Morfogénesis	73)
CONCLUSIONES		92)
MAPAS	-Mapa Geológico del Distrito Minero de Pachuca-Real del Monte. -Mapa Altimétrico -Mapa de Profundidad de Disección o Erosión. -Mapa de Densidad de Talwegs. -Mapa de Pendientes. -Mapa Geomorfológico.	
BIBLIOGRAFIA		95)

## INTRODUCCION

La geomorfología estudia las formas del relieve terrestre en función de su geometría, génesis, edad, historia de desarrollo y dinámica actual. Esto es importante por cuanto a que, es principalmente la superficie de la tierra firme, donde el hombre realiza sus actividades productivas, construyendo viviendas, explotando los recursos renovables y no renovables que exigen sus necesidades.

Como tema de una tesis sobre geomorfología para optar por el grado de Licenciatura en Geografía, elegimos la zona comprendida en la hoja "Pachuca" (1) escala 1:50 000, misma que abarca una superficie de unos 1 000 km<sup>2</sup>. Su importancia radica en que esta zona representa el extremo norte de la cuenca endorreica de México, rica en bosques y yacimientos minerales. Queda comprendida aquí la ciudad de Pachuca, capital del estado de Hidalgo.

Este trabajo se llevó a cabo en gabinete, campo y laboratorio. El primero mencionado fue el más importante en cuanto al tiempo dedicado; consistió en el análisis detallado de 45 fotografías aéreas que cubren la zona, aproximadamente en la misma escala del mapa. Observando pares de fotografías con el estereoscopio, se señalaron todas las formas del re-

(1).- Hoja editada por la Secretaría de Programación y Presupuesto, México, 1983.

lieve reconocibles, mismas que se trazaron simultáneamente en el mapa topográfico. Como complemento a lo anterior, se realizó también un análisis detallado del mapa topográfico elaborando a partir de éste, uno altimétrico y otro de pendientes del terreno. Además se elaboraron otros dos morfométricos: de densidad de talwegs y de profundidad de erosión, utilizando datos publicados por Lugo H. (1981).

En la etapa de trabajo de campo se verificaron los datos obtenidos en gabinete, se hicieron observaciones complementarias y se colectaron muestras de roca para su análisis en el laboratorio.

El trabajo de laboratorio fue de apoyo a las observaciones de gabinete y campo. Se elaboraron dos láminas delgadas de dos muestras de roca y se determinaron al analizarse con un microscopio petrográfico.

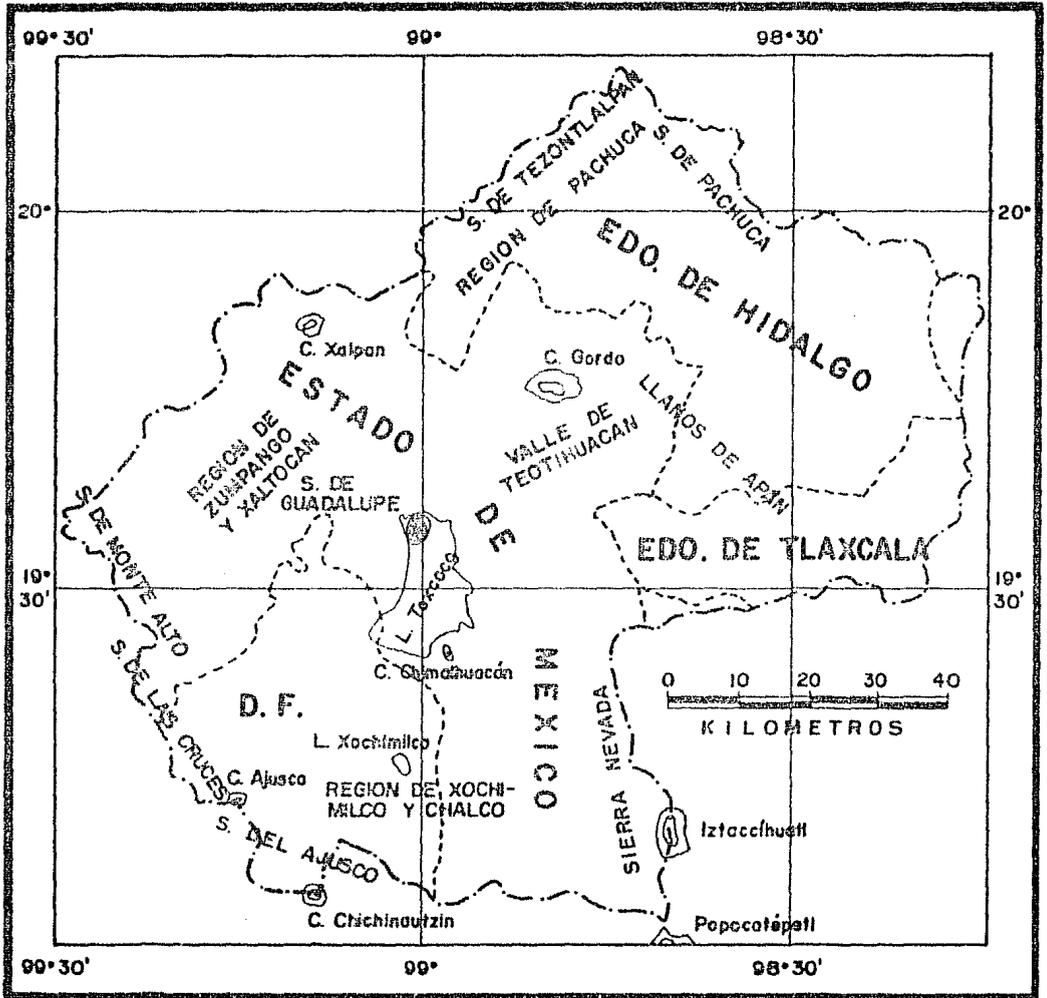
El resultado final de este estudio de la zona de Pachuca, Hidalgo; se sintetiza en dos mapas morfométricos originales, otros dos elaborados a partir de datos publicados, un mapa geomorfológico (parte central del trabajo) y el texto explicativo contenido en estas páginas. Todo se complementa con datos generales geográficos y geológicos, obtenidos de consulta bibliográfica y observaciones directas.

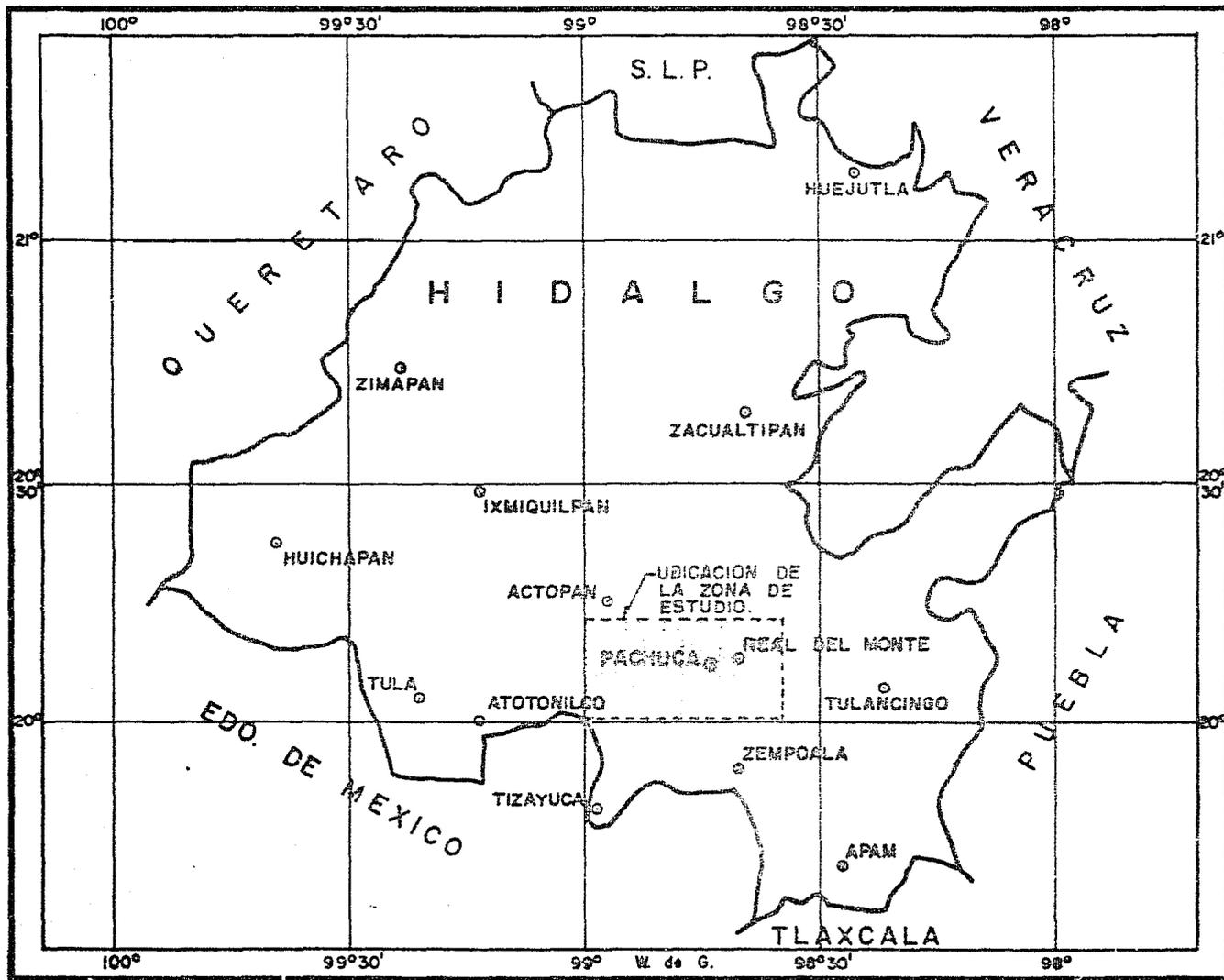
Es nuestra intención presentar como tesis profesional - un trabajo original hecho a partir de las observaciones directas sobre fotografías, mapas y en el campo, utilizando la bibliografía como un apoyo, más que como el elemento básico. Hay que agregar que las publicaciones existentes sobre la zona de Pachuca son escasas.

El mapa geomorfológico que presentamos aquí, resume, las formas del relieve principales, clasificadas genéticamente, o sea, agrupadas en un orden lógico que permite, más adelante, inferir datos sobre la evolución del relieve y su dinámica actual. Las aplicaciones posibles son varias: en problemas hidrológicos, geotécnicos, de asentamientos humanos y recursos naturales.

Si bien, la geomorfología es una ciencia geográfico-geológica, es costumbre que se encuentre con más frecuencia en áreas de enseñanza e investigación de la geografía. Esto no debe confundirse con los absurdos de que debe ser entonces - ajena a la geología, o que un estudio geomorfológico debe - tratarse como parte de otro geográfico general. La geomorfología es una ciencia independiente por cuanto a que posee métodos propios de investigación. Se apoya en disciplinas geográficas y geológicas, pero en la actualidad es algo más que un tema subordinado a las ciencias mencionadas.

# CUENCA DE MEXICO





ESTADO DE HIDALGO  
HOJA DE LOCALIZACION

CAPITULO I

MARCO GEOGRAFICO.

## MARCO GEOGRAFICO

La zona que comprende este estudio representa el extremo norte de la cuenca de México, una porción del territorio mexicano con una densidad de población excepcionalmente alta, aunque ésta se concentra principalmente en el sur de la cuenca, donde se asienta la Ciudad de México y las poblaciones que ésta ha asimilado.

La Cuenca de México es de tipo endorreico, y circunscribe una serie de cadenas montañosas volcánicas, distintas por su edad, morfología y composición, cuyos parteaguas en conjunto definen sus límites. Es así mismo, parte integrante de una gran estructura geológico-geomorfológica que es el Sistema -- Volcánico Transversal, activo en su desarrollo en tiempos actuales. Sin embargo, las montañas de origen volcánico del -- norte de la cuenca de México que , quedan comprendidas en este estudio, son consideradas como una extensión del sistema -- montañoso plegado conocido como Sierra Madre Oriental.

Las cadenas montañosas más importantes que la circundan -- México son: La Sierra Nevada y su extensión conocida como Sierra de Río Frío, que representa los límites orientales del -- centro hacia el sur de la cuenca; el Cerro Chichinautzin, en el extremo sur, orientada de oeste a este (entre los volcanes Ajusco y Popocatépetl aproximadamente); la Sierra de las Cru-

ces que se extiende hacia el noroeste desde el volcán Ajusco- y continúa con las montañas conocidas como Sierra de Monte Al to; la Sierra de Pachuca se sitúa en el extremo norte, y una parte considerable de la misma está representada en el mapa - del mismo nombre, zona objeto de este estudio. Otras elevacio- nes menores se extienden hacia el suroeste y sureste de la -- Sierra de Pachuca, uniéndose hacia la porción central de la - cuenca con las Sierras de Monte Alto, por un lado, y la de - Río Frío por otro, para definir su configuración.

La Sierra de Pachuca es muy distinta de la Nevada o Chi- chinautzin, representativas del Sistema Volcánico Transversal. No sólo está constituida de rocas más antiguas, sino de otra- composición, representa una disección considerablemente más - fuerte y es rica en recursos minerales, ausentes en el resto- de la cuenca.

En la hoja "Pachuca", 1:50 000 , además de la Sierra del mismo nombre se reconoce la planicie acumulativa de la cuenca de México (su extremo septentrional), mantos de acumulaciones de piedemonte entre las dos estructuras citadas y una porción de elevaciones y acumulaciones volcánicas diversas que forman un relieve intermedio entre la sierra y la planicie.

La Sierra de Pachuca presenta dos vertientes principales, la occidental y la oriental. Comparando estas dos vertientes

llama la atención la diferencia morfológica de ambas. Hacia el occidente es escarpada y con una pendiente general más fuerte. Las laderas montañosas mueren bruscamente en las llanuras contiguas, extendiéndose algunas veces contrafuertes de poca altura que forman pequeños valles en herradura, de los - podemos citar el de Actopan, el pequeño de La Concepción, el de Pachuca, el de Azoyotla con su extremo terminal bastante estrecho, limitado al oeste por un estribo bajo y alargado, - en cuyo extremo se encuentra el cerro de los Cubitos, y por último el valle del Pachuquilla, limitado por el estribo anterior y un espinazo acantilado llamado del Chililete, según -- una descripción de Aguilera (1897) quien señala que la vertiente oriental es de una morfología más complicada, con una pendiente general menor y sus estribos sinuosos y alargados, limitan entre sí barrancos y cañadas profundas de curso irregular.

De todas estas diferencias depende el distinto régimen hidrológico de ambas vertientes que hace que los arroyos de la vertiente occidental de caudal constante gran parte del año y de corriente torrencial en las épocas de lluvia.

El río de Pachuca es el principal de la vertiente sur - de la Sierra de Pachuca, escurre por una cañada de norte a sur, y desemboca en el antiguo lago de Zumpango, actualmente desecado.

El río conocido actualmente con el nombre de Río de Las-Avenidas de Pachuca, nace en el extremo norte de la cuenca de México, formando un barranco profundo de más de 100 m y recibe otros ríos como afluentes. Recorre unos 8 km hasta la ciudad de Pachuca. En tiempo de crecidas ha llegado a alcanzar un gran caudal que ha provocado fuertes inundaciones en la ciudad, como en los años de 1952, 1954 y 1955.

Las corrientes de la vertiente oriental son en general, permanentes, no todas se presentan en la zona en estudio; la mejor reconocida es la del río El Chico, alimentada por dos afluentes: El Milagro y Tetilán que nacen en las partes más altas de la sierra, escurriendo hacia el sur. Otras corrientes importantes son Los Otates, Las Piletas y Los Cedros, todas pertenecientes a la cuenca del río Moctezuma, afluente del Pánuco.

### C l i m a

En cuanto a los climas se refiere, la zona en estudio tiene clima templado subhúmedo y seco templado.

La Sierra de Pachuca presenta el clima más húmedo de los templados subhúmedos, con lluvias en verano, con un porcentaje de lluvias invernal menor a cinco del anual, con verano fresco y con temperatura media del mes más caliente entre 6.5° y 22° C, e isotermal con poca oscilación, entre 5° y 7° C y con marcha de la temperatura tipo Ganges \*.

La precipitación media anual varía entre los 800 mm y -  
1500 mm.  $C(w_2)(w)b(i)'g$  .

Al oeste de la Sierra de Pachuca, entre San José Tepene-  
né y Chicavasco, y al suroeste de la sierra, hacia San Agus-  
tín Tlaxiaca, el clima que se presenta también es templado pe-  
ro con la característica de ser el más seco de los templados-  
subhúmedos, con lluvias en verano, con un porcentaje de lluvia  
invernal mayor a 10.2 mm con respecto a la anual, un verano -  
fresco y largo y con una temperatura media del mes más calien-  
te entre 6.5° y 22° C, e isotermal con poca oscilación, entre  
5° y 7° C.  $C(w''_0)(x')b(i)'$  .

Los climas secos los encontramos hacia la parte sur de -  
la región en estudio. En la antigua zona lacustre al sur de  
Pachuca, el clima es el menos seco de los secos esteparios, -  
templado, con verano fresco, temperatura media anual entre 12°  
y 18° C, la del mes más frío entre -3° y 18°C y la del mes-  
más caliente menor a 18° C, con canícula, isotermal con osci-  
lación menor a 5°C y marcha de temperatura tipo Ganges\*.

BS<sub>1</sub> k'w''ig .

En el extremo suroeste de la región, el clima que rige -

\* (el mes más caliente se presenta antes del solsticio de ve-  
no).

es el menos seco de los secos esteparios, templado con verano fresco y temperatura media anual entre los 12° y 18° C, la del mes más frío entre los -3° y 18°C y la del mes más caliente menor de 18° C, con lluvias en verano, pero con un porcentaje de lluvia invernal menor de cinco de la anual, e isotermal con poca oscilación, entre 5° y 7° C. BS<sub>1</sub> kw(w)(i).

Los contrastes del clima en las dos vertientes de la sierra son notables ya que los vientos húmedos y cálidos de la costa del Golfo de México que llegan a la Sierra de Pachuca soplando en la dirección norte y noreste, al chocar entre la sierra y elevarse a las regiones frías, condensan su vapor de agua en los altos picos y en toda la cresta de la sierra, ocasionando con frecuencia lluvias abundantes, lloviznas y neblinas tan frecuentes en el Mineral del Chico y Mineral del Monte, dando un ambiente frío y húmedo, ocasionando el desarrollo de una vegetación alpina, mientras que en las laderas occidentales de la sierra, los vientos mencionados llegan ya fríos y bastante secos y se encajonan en los barrancos y valles donde soplan con fuerza, como en la cañada que desemboca en la ciudad de Pachuca; y como por otra parte los vientos que llegan de la cuenca de México son relativamente secos, el fenómeno de las lluvias en la vertiente occidental de la sierra es sumamente escaso, como consecuencia, algunas montañas completamente áridas y otras provistas de vegetación arborescente; esto, aunado a la fuerte pendiente de los cerros contribuye a que la circulación del agua superficial sea transitoria y to-

rencial, y que por consiguiente produzca una notable escasez de agua que tanto deplora a la ciudad de Pachuca.

Esta información sobre los climas de la zona objeto de estudio ha sido obtenida de la carta de climas "Pachuca", --- 1: 500,000 elaborada por el Instituto de Geografía de la UNAM y editada por la Secretaría de la Defensa Nacional, enero 1970.

### S u e l o s

En cuanto a la edafología de la zona en estudio, nos encontramos con diferentes tipos de suelos por su génesis y textura, y con fases físicas bien marcadas. La clasificación -- que a continuación aplicamos es la realizada por la FAO .

El tipo de suelo representado cartográficamente forma una diagonal que atraviesa la zona en estudio de noroeste a -- sureste, clasificado como un suelo feozem de tipo háplico, en el cual el horizonte A se encuentra alterado por los animales. Su fertilidad varía de moderada a alta, y tiene una clase textural de gruesa a mediana, y en algunas ocasiones con textura fina. En forma de pequeños manchones encontramos suelos de -- tipo calcárico con clase textural fina.

Tanto el tipo háplico como calcárico están perfectamente caracterizados por tener una fase física dúrica en casi toda-

esta vasta región, como en las inmediaciones de San José Tepe<sup>u</sup>nené, en la zona comprendida entre Ixcuinquitlapilco y San - Agustín Tlaxiaca y al norte de las mismas; al sur y sureste de Tezontlalpan, y la gran zona de planicie comprendida al sur de Pachuca de Soto.

Una fase dúrica profunda, dentro de la clasificación de suelos feozem, la encontramos en la zona comprendida entre la parte este de Santa María Amajac, hacia Chicavasco. Una fase física lítica de los suelos feozem háplico la encontramos claramente en la parte del pie de la Sierra de Pachuca, así como en correspondencia hacia Tezontlalpan, donde se localizan los volcanes cuaternarios; así como en todos los volcanes de la - región ocupada por el cuadrante suroeste del mapa.

Los suelos litosoles de la región estudiada se caracterizan por encontrarse en zonas montañosas. Son -- suelos de menos de 10 cm de espesor sobre la roca o tepetate. No son aptos para cultivos de ningún tipo, sólo se les puede-- destinar para el pastoreo. Estos suelos ocupan distintas -- partes de la Sierra de Pachuca, se les encuentra combinados, - pero en una menor proporción, con suelos feozem háplico, rego<sup>u</sup>sol calcárico y cambisol calcárico, donde los suelos muestran una superficie textural media.

Otro tipo de suelo que predomina a lo largo de la Sierra de Pachuca, es el cambisol húmico con una clase textural me--

dia, más regosol dístrico, encontrándose también con estas -- mismas características a los pies de la sierra, en sus lími-- tes con la zona urbana de Pachuca.

También dentro de la Sierra de Pachucase localiza una - pequeña zona de luvisol crómico, al este del poblado de La Es tanzuela y de la presa del mismo nombre, este suelo se caracte-- riza por una textura fina y rico en nutrientes.

Otro manchón dentro de la sierra, es el de suelo andosol húmico, con textura media. Se observa al noroeste del pobla-- do de Mineral del Chico.

Los suelos vertisol pélico, más feozem háplico, con tex-- tura de media a fina, son propios de la zona que se encuentra al sur de Ixcuinquitlapilco y San Agustín Tlaxiaca; presenta-- una fase lítica; y más al sur de esta zona, tiene una fase dú rica hasta la zona noroeste de Acayuca. Este mismo suelo, pe ro con una fase dúrica profunda, se le encuentra en toda la zo na oeste de Santa María Amajac.

Los suelos de rendzina con textura fina y fase física pe trocálcica, los encontramos en tres zonas muy pequeñas, al -- norte de Acayuca.

El suelo luviosol eútrico, con textura media, se presen--

ta en una franja de dos kilómetros de largo por 200 o 300 m de ancho, con un alto contenido de nutrientes.

Por último, mencionaremos los suelos regosol calcárico - con textura gruesa en la zona de los jales, materiales calcáreos de diferentes orígenes.

El suelo regosol eútrico con textura fina y fase lítica se encuentra en la Sierra de Pachuca, en Mineral del Chico y al oeste del mismo, así como al sur de Mineral del Monte y hasta Pachuquilla.

La información sobre los suelos de la zona objeto de estudio ha sido obtenida de la carta edafológica "Pachuca", --- 1: 50 000, editada por SPP.

### Vegetación y uso del suelo

Ambos elementos están íntimamente ligados o relacionados con la edafología del lugar. Así, se encuentra que los suelos feozem háplico y calcárico, nos dan una agricultura de temporal con cultivos anuales y permanentes de cebada, maíz, frijol, maguey pulquero, principalmente. Ocupan todas las zonas de poca pendiente (ver mapa de pendientes), aunque encontramos - en la Sierra de Pachuca, manchones de suelo dedicados a la agricultura de temporal de cultivos anuales, donde ha sido talado el bosque de encino.

La vegetación predominante en la Sierra de Pachuca es el bosque de encino, aunque encontramos laderas cubiertas por pinos, oyameles y tascates, donde se asienta la industria forestal con cuatro aserraderos a sus alrededores.

Una parte considerable de la misma sierra, pero con vista hacia San José Tepeneré; está cubierta por pastizal inducido, con matorral inferme y crasicuales, así como al sur y suroeste de dicha población.

Al sur y oeste de Chicavasco volvemos a encontrar los -- pastizales inducidos con matorral crasicuales, donde estos se encuentran rodeados de matorrales desérticos micrófilos con vegetación secundaria, de esta manera se observan muchos manchones en nuestra zona en estudio, exceptuando la Sierra de Pachuca.

Los pastizales inducidos con nopaleras y matorrales espinosos se presentan en zonas con erosión, dentro de la región ocupada por los volcanes cuaternarios.

La agricultura de riego con cultivos anuales y semiperma nentes se presentan en la planicie de Santa María Amajac, hasta la parte norte de la población de Chicavasco con cultivos de maíz, jitomate, chile, alfalfa, avena y cebada principal-- mente.

Existe una área con agricultura de riego y con cultivos anuales, al sur de la ciudad de Pachuca, cuenta con acueducto para abastecimiento de agua, como otro al lado oeste y norte de los jales; los cultivos predominantes son la alfalfa, maíz y cebada.

### Economía

La carta Pachuca abarca una gran parte de cinco municipios: Pachuca, San Agustín Tlaxiaca, Mineral del Monte, El Arenal y Mineral del Chico; donde se concentran diversas actividades económicas que a continuación se describen brevemente.

El municipio de Pachuca tiene 116,289 habitantes, según datos del censo de 1980, con una población económicamente activa de 24,490. Tiene como cabecera municipal la ciudad de Pachuca de Soto, que a su vez es la capital del estado de Hidalgo.

El municipio cuenta con serios problemas en cuanto a las fuentes contaminantes, que son el río de las Avenidas y el arroyo de Sozo, debido en gran parte a que los diámetros de los conductos del drenaje son pequeños.

El agua potable se provee de pozos, bordos o presa, en la mayoría de las casas hay toma domiciliaria y algunas colec

tivas. El terreno de la zona urbana es de tepetate, donde se asienta una población con un crecimiento alto, que goza de diversos centros de salud, energía eléctrica, alumbrado público y mala pavimentación.

Su actividad económica minera a nivel industrial es importante, así como el comercio.

Gozan de diversos servicios de comunicación como correos, telégrafo, teléfono, televisión, periódicos y una central camionera con 20 líneas que tocan a la ciudad de Pachuca.

El municipio de San Agustín Tlaxiaca tiene una población de 13 076 , de los cuales solo 2 780 habitantes son población económicamente activa (P.E.A.).

Las actividades económicas que se realizan son la agricultura de riego y el comercio. Cuentan con un manantial para abastecimiento de agua potable, teniendo en su mayoría toma de agua domiciliaria. También cuentan con energía eléctrica en las casas, pero existe un deficiente sistema de alumbrado público, tienen medios de comunicación como el correo, teléfono, telégrafo, televisión, periódico.

El municipio de Mineral del Monte es una localidad con-

10 751 habitantes, de los cuales únicamente 1 511 se les considera población económicamente activa. Se dedican primordialmente a la minería y la artesanía.

Se abastecen de agua de manantial, teniendo en su mayoría toma de agua potable colectiva. Su sistema de drenaje sólo lo favorece a la mitad de su población y es en colector. El área urbana se encuentra sobre un asentamiento rocoso. Su alumbrado público es insuficiente, pero cuentan con un cien por ciento de energía eléctrica.

Existe una pequeña clínica minera, servicio de correos, telégrafo, teléfono, televisión y periódicos. Solamente tres líneas de autobuses tocan la localidad.

El municipio El Arenal esta constituido por 9 064 habitantes, de los cuales sólo 1 679 son económicamente activos.

La actividad económica principal es el comercio, que proviene de una agricultura de temporal que produce ciruela, chabacano, higuera, vid, nogal, granada y durazno entre otros.

El municipio de Mineral del Chico, tiene una escasa población de 6 143 habitantes de los cuales en su mayoría se dedican al trabajo de la minería como principal renglón de su economía.

CAPITULO II

GEOLOGIA.

## GEOLOGIA

Por el interés que representan los ricos yacimientos minerales de Pachuca, esta zona en estudio ha sido objeto de numerosos estudios geológicos, tanto en la superficie como en el subsuelo. Sin embargo, es muy poco lo que se ha publicado y en esa información existente nos apoyamos para elaborar esta síntesis de la geología de la Sierra de Pachuca. Los trabajos más importantes pertenecen a Aguilera y Ordoñez (1897). Fries et al (1963), Geyne. Fries, Segestrom.

## ESTRATIGRAFIA

El estudio de Geyne et al (1963) es el más completo que se conoce sobre la geología de la zona en estudio. En este no queda comprendida toda el área cartografiada en nuestro análisis geomorfológico, sino que se concentra en la Sierra de Pachuca y parte de la Sierra Madre Oriental, en lo que se conoce como la Sierra de Pachuca.

A continuación se presenta un resumen de la geología del área en estudio, basado fundamentalmente en el trabajo de Geyne et al (op. cit), considerando que algunas formaciones no se presentan en la zona en estudio. (Ver mapa geológico).

La unidad litológica preterciaria más antigua que aflora cerca del distrito minero de Pachuca es la Formación El Doctor fuera de la zona en estudio, del Albiano y Cenomaniano Infe--

rior. Está compuesta por caliza en capas gruesas, con intercalaciones de dolomita. En las zonas de clima árido o semi-árido, la caliza es altamente resistente a la erosión y por ello da origen a eminencias topográficas.

Esta formación tiene un espesor de más de 1 000 m en el área ubicada al norte de Pachuca, pero es menos gruesa hacia el suroeste se considera que el espesor considerable de la formación debe hallarse a profundidad debajo de la sucesión terciaria en la zona de Pachuca-Real del Monte.

La Formación El Doctor es equivalente en gran parte, a las Formaciones Tamaulipas Superior y El Abra de las partes centro-oriental y nororiental de México, y a la Formación Morelos hacia el sur de la Ciudad de México.

Al suroeste del distrito minero de Pachuca, la Formación El Doctor está cubierta discordantemente por una caliza en capas gruesas llamada Formación Cuautla, de edad Turoniana. Hacia el noroeste de la zona esta caliza tiene una estratificación más delgada y se conoce como Formación Soyatal.

Las lutitas y areniscas interestratificadas, conocidas con los nombres de Formación Mexcala y Méndez, sobreyacen a las Formaciones Soyatal Y Cuautla o a la Formación El Doctor, y aflora en extensas zonas más al norte del distrito de Pachuca y en pequeñas áreas hacia el noreste y suroeste del mismo.

La lutita y la arenisca son poco resistentes a la erosión en esta zona y forman depresiones topográficas en relación con las formaciones de calizas más antiguas. Como resultado del plegamiento y de la erosión, las fajas de lutita generalmente señalan los sinclinales y las de caliza los anticlinales.

### Cenozoico

Descansando con discordancia angular y erosional muy marcada sobre las rocas que forman el sustrato preterciario, se presenta una sucesión gruesa de rocas continentales terciarias. La parte más antigua del sistema terciario no afloran en la zona pero se reconocen afloramientos en la barranca del río A majac.

La base del sistema terciario consiste en una sucesión clástica discontinua llamada Grupo El Morro, formada principalmente por materiales erosionados de las rocas plegadas cretácicas. Este grupo está cubierto por una potente sucesión, denominada por los geólogos de la Compañía de Real del Monte y Pachuca en 1925, bajo la dirección de C.D. Hulin y E.N. Pennebaker como Grupo Pachuca, consiste en rocas volcánicas compuestas por derrames de lava interestratificados con capas de toba y de brecha, con las que están intercalados en una y otra parte materiales sedimentarios derivados de las rocas volcánicas y las depositadas por el agua.

Sobre el Grupo Pachuca yacen cuatro formaciones terciarias que son la Formación Tarango, Atotonilco El Grande, Zuma te y Riolita Navajas. Mientras que el Grupo Pachuca esta -- compuesto de las Formaciones Pachuca, Real del Monte, Santa Gertrudis, Vizcaína, Cerezo y Tezuantla, todas ellas menciona das más adelante.

### Grupo El Morro

Las rocas terciarias más antiguas depositadas en la re-- gión consisten en un conglomerado calcáreo rojizo, generalmen te bien consolidado, no marino y dispuesto en capas variables de gruesas a masivas, las que fueron nombradas Grupo El Morro por Segestrom en 1956.

Las rocas pertenecientes al Grupo El Morro o su equiva-- lente, localmente contienen mezclados material tobáceo y de-- rramas de lava contemporáneos, principalmente de composición variable de basáltica a andesítica. Estas rocas se deposita-- ron durante el Eoceno Tardío y el Oligoceno Temprano, en de-- presiones producidas localmente por un fuerte afallamiento en bloques que siguió al plegamiento y a la intensa erosión de -- las rocas cretácicas, no afloran en el distrito minero de Pa-- chuca y pueden o no, estar presentes sobre el basamento cretá cico debajo de las rocas volcánicas del distrito. Si se ha llaran presentes, resultaría sumamente probable que se presen taran en las fajas sinclinales erosionadas de las rocas cretá cicas. Los afloramientos más cercanos del Grupo El Morro dis

tan de 14 a 19 km al norte del distrito minero en las proximidades de Santa María Amajac.

Otros manchones del Grupo El Morro se observan en las partes austral y occidental de Hidalgo.

### Rocas Volcánicas y Sedimentarias posteriores al Grupo El Morro

Las formaciones litológicas terciarias posteriores al Morro son rocas volcánicas con sus derivados sedimentarios. Para aquellas rocas volcánicas fragmentarias cuyo modo de origen es dudoso, se les asignan nombres alternativos. Un término muy útil y descriptivo para este material es "volcaniclástico" introducido por Fisher en 1961.

### Formación Santiago

La formación terciaria más antigua, consiste en derrames de lava, brechas y tobas interestratificadas, de composición variable de andesítica a riolítica, con algunas intercalaciones de rocas volcánicas epiclásticas. El nombre de Formación Santiago fue propuesto para esta unidad, por el cerro de Santiago o cerro de Coronas.

La Formación Santiago tiene el área de afloramiento más pequeña entre todas las unidades asignadas en el distrito.

La mayoría de las minas al sur y al poniente de Pachuca penetran la Formación Santiago. Las mejores secciones subterráneas se encuentran a lo largo del cruceo Fortuna en el nivel 270 de la mina San Juan Pachuca y en las partes profundas de la mina Paricutín. El espesor expuesto de la formación es de unos 480 m , pero en vista de que su base no se ha alcanzado en los laboríos mineros, el espesor máximo debe ser algo mayor, quizá de varios cientos de metros.

La formación se acuña al noreste del distrito minero, por el traslape sobre las rocas del Cretácico Tardío de la Formación Mexcala-Méndez cerca de San Miguel Regla.

Se trata de rocas porfídicas que varían en el tamaño del grano desde fino a grueso. Contienen de 20 a 30 por ciento de fenocristales de plagioclasa (mayoría) y piroxena y anfíbola alteradas. Un rasgo característico de la roca es una estructura fluidal ondulada, gruesa, con buzamientos fuertes. Las inclusiones son raras. Se considera que una parte de este material representa derrames piroclásticos, más que derrames lávicos.

La parte más antigua que se conoce de la Formación Santiago, consiste en dacita porfírica expuesta abajo del nivel 410 de la mina Paricutín. La roca es de textura porfírica con fenocristales grandes. Se asemeja mucho a la variedad litológica principal de la Formación Santa Gertrudis .

La Formación Santiago es más resistente a la erosión que la Formación Corteza sobreyacente. Su área de afloramiento - en el cerro de Santiago - está caracterizada por pendientes -- fuertes y acantilados.

La roca contiene una estructura fluidal que produce el - intemperismo diferencial, que da lugar a que las capas fluida - les aparentemente más silicificadas, sobresalgan en el relie - ve. En algunos lugares las superficies de fractura son aspe - ras y desiguales, a causa de las capas fluidales onduladas en la roca de derrame. Dendritas y películas delgadas de óxido - de manganeso se presentan comúnmente en los respaldos de las fracturas. La formación descansa discordantemente sobre el Grupo El Morro, la cima de la Formación Santiago es probable - mente una superficie de erosión.

### Formación Corteza

La segunda formación por su antigüedad está formada por - derrames andesíticos y basálticos con un miembro tobáceo ba - sal.

Es la única formación de andesita no porfídica en el dis - trito minero y la única de las formaciones inferiores que se - distinguen fácilmente de las demás sólo a base de su litolo - gía. El nombre de Formación Corteza fue propuesto para esta -

unidad, por su relación con la veta Corteza de la mina San -- Juan Pachuca.

La Formación Corteza anteriormente formó la parte superior de la serie Fortuna designada por Hulin en 1929, y se le denomina "andesita negra".

Todos los afloramientos de esta formación son escasos. Los mejores se encuentran en el flanco norte del Cerro Cubitos.

Las áreas de afloramiento de la Formación Corteza en el distrito minero están limitadas a las inmediaciones de la ciudad de Pachuca. Lo que parece ser la misma formación que aflora en la barranca del río Amajac al norte de El Chico.

Se desconoce la fuente de aprovisionamiento de las rocas de la Formación Corteza, pero tomando en cuenta su distribución tan amplia en la región, probablemente fue múltiple. Una de las rocas extrusivas pudo haber estado ubicada a unos pocos kilómetros al norte de la ciudad de Pachuca.

En la base se presenta un miembro tobáceo cuyo color es variable desde el rojo oscuro al gris claro. Está dispuesto por partículas tamaño de limo y está bien litificada. Esta limolita volcánica originalmente fue de composición andesítica y ha sido fuertemente cloritizada y caolinizada por fluidos

hidrotermales. Tanto este miembro como el contacto basal están bien expuestos en el Cerro de Santiago.

En donde la alteración es mínima, los derrames de lava - que sobreyacen al miembro clástico basal varían de color desde gris oscuro o púrpura rojizo grisáceo hasta púrpura rojizo oscuro. En donde están fuertemente intemperizados, los afloramientos de las lavas tienen un color pardo amarillento.

La Formación Corteza es la de menor resistencia al intemperismo y a la erosión de todas las formaciones volcánicas -- terciarias del distrito minero.

Su fractura es comúnmente concoidal o irregular y los respaldos de las fracturas están teñidos por óxidos de manganeso.

### Formación Pachuca

Esta unidad litológica es la tercera en antigüedad en el distrito minero. La unidad tiene el área de afloramiento más grande de todas las formaciones cercanas a la ciudad de Pachuca. Consiste en un miembro clástico tobáceo bastante continuo en la base, cubierto por derrames andesíticos y dacíticos interestratificados con varios miembros tobáceos lenticulares y hasta con 10 capas de brecha, alternadas con derrames de -- grano fino, con brecha tanto encima como abajo.

Los afloramientos de la Formación Pachuca se encuentran en el flanco suroccidental de la sierra del mismo nombre. La unidad no aflora cerca del pueblo de Real del Monte, pero casi con seguridad es la misma formación litológica, aflora cerca de El Chico. La formación está distribuida mucho más extensamente en los laboríos subterráneos que en la superficie.

El espesor total de la formación varía desde 110 m o menos, en las cercanías del Cerro de Cubitos al sur de Pachuca.

En gran parte el espesor cae entre los 300 y 500 m. El miembro clástico tobáceo basal tiene un espesor máximo de unos 20 m y se acuña localmente.

Son rocas predominantemente de derrame, y de cantidad cada vez mayor de brecha interestratificada con derrames en un radio de varios kilómetros alrededor de este centro; se supone que una de las fuentes de la formación estuvo ubicada en dicha área. No se ha reconocido un alimentador para la formación en los laboríos subterráneos.

El tipo más voluminoso consiste en rocas de derrame, particularmente en la parte superior de la formación la cual es seguida por brecha o conglomerado volcánicos y por capas clásticas tobáceas de grano fino. Un tipo de roca de volumen relativamente pequeño restringido a un área pequeña entre El --

Chico y el río Amajac al norte del distrito, consiste en limo lita interestratificada con caliza arcillosa.

Un miembro clástico tobáceo forma la base de la formación en muchas partes del distrito.

### Formación Real Del Monte

Esta es la formación más joven en el distrito y consiste en una interestratificación de brecha de derrame, roca de derrame masivo y capas tobáceas de composición andesítica y dacítica, que cubre concordantemente a la Formación Pachuca. - La Formación Real del Monte se halla distribuída más ampliamente que las demás en los laboríos subterráneos tanto en el pueblo de Real del Monte, como más al norte. La localidad tipo se considera que queda comprendida entre el contacto con la Formación Pachuca y el miembro clástico basal sobreyacente de la Formación Vizcaina, a una distancia de 350 m directamente al oriente del primer punto. La Formación Santa Gertrudis que interviene normalmente, está ausente en este punto y pueden estar ausentes también las capas más superiores de la Formación Real del Monte debido a la erosión. En otras partes, sin embargo, el fallamiento ha interrumpido la continuidad de la sección.

Un rasgo único de la formación para su reconocimiento, -

tanto en la superficie como en el subsuelo, consiste en el -- gran espesor de sus capas de brecha de derrame. Estas capas se muestran por separado de los derrames masivos y de las capas tobáceas en el mapa superficial del distrito, pero no pudieron separarse en el mapa del subsuelo. Gran parte del --- área de afloramiento de la formación está constituida predominantemente por brecha de derrame con interestratos disconti--nuos más delgados de roca de derrame relativamente masivo y - de capas clásticas, se presenta una alternancia casi uniforme de brecha con roca masiva que se asemeja a la parte superior de la Formación Pachuca.

La formación aflora en una faja con orientación hacia el noroeste que tiene anchura media quizás de 700 m, la cual comienza en el pie meridional de la sierra de Pachuca, y se extiende ladera arriba de la sierra al noreste de la ciudad de Pachuca. Tiene un espesor máximo de 350 m y se adelgaza hasta un mínimo de 120m con excepción del área del Cerro de Cubitos, en donde parece faltar debido a su erosión.

La distribución amplia de la formación en la región su--giere que diversos centros eruptivos pudieron haber existido como fuentes de aprovisionamiento de las rocas. La parte septentrional del área de afloramiento de la formación está formada casi en su totalidad por brecha de derrame, mientras que la parte suroriental del área de afloramiento contiene una inn

terestratificación apreciable de roca de derrame masivo.

En la base de la Formación Real del Monte se presentan localmente capas tobáceas clásticas que tienen una composición generalmente andesítica. Ciertas capas bien estratificadas consisten en una mezcla de partículas del tamaño de arcilla, limo y arena gruesa, mientras que otras son masivas compuestas por brecha de grano grueso.

Lentes clásticas demasiado pequeñas que son comunes entre las capas de brecha de derrame de la formación. Parecen haber sido depositadas por corrientes de agua en hondonadas sobre las superficies de las brechas de derrame y se distinguen de la brecha por su buena estratificación, o por la falta de estructura fluidal en los lugares en donde falta la estratificación.

Las rocas alteradas generalmente tienen un color verde más débil que el de las brechas de derrame de la Formación Real del Monte.

#### Formación Santa Gertrudis

Esta unidad litológica de la sucesión terciaria volcánica del distrito consiste en rocas de derrame masivo con cantidades menores de brecha de derrame y de otras capas clásticas

y tobáceas, con composición andesítica predominante que localmente cambia por su transición en dacita. El nombre de Santa Gertrudis fue propuesto por Hulin, por su asociación con la veta Santa Gertrudis.

La formación se distingue por los derrames gruesos de andesita y dacita de piroxena, porfídicas, que son de grano excepcionalmente grueso. La unidad superior de un grupo concordante de tres formaciones, que son:

1. La Formación Pachuca en la base, consistente en derrames masivos cubiertos por derrames más delgados separados por brecha de derrame.
2. La Formación Real del Monte en la parte media, compuesta por capas gruesas de brecha de derrame, por derrames masivos discontinuos y relativamente delgados.
3. La Formación Santa Gertrudis en la parte superior, compuesta por derrames masivos y por capas de brecha discontinuas y relativamente delgadas. Este grupo de formaciones fue denominado "serie La Rica" por Hulin (1929).

La formación aflora en tres pequeñas áreas aisladas hacia el noreste, el este y el este-sureste de la ciudad de Pachuca, respectivamente, así como en una cuarta área al norte y noreste de Real del Monte.

La parte más gruesa de la Formación Santa Gertrudis que es de unos 350 m aparentemente, se halla en las cercanías del tiro Sagrado Corazón.

Se desconoce la fuente de aprovisionamiento de la Formación Santa Gertrudis.

En vista de que la erosión removió cantidades grandes de la Formación antes de que fuera depositada la Formación -- Vizcaína sobreyacente, una parte del acuñamiento se debe indudablemente a la erosión.

La base de la formación consiste localmente en un miembro tobáceo clástico con menos de 1 m de espesor.

El tipo litológico principal de la formación aflora en la localidad tipo ubicada en la barranca principal al noreste del pueblo de La Reforma, y está compuesto por rocas de derrame.

### Formación Vizcaína

La unidad litológica que sobreyace directamente a la Formación Santa Gertrudis, donde ésta se presenta, es la que tiene la distribución superficial más amplia de todas las formaciones del distrito minero. Comprende derrames de lava, ca--

pas de brecha y toba y un miembro clástico basal excepcionalmente y extenso. Todas estas rocas tienen composiciones ande-síticas y dacíticas. El nombre de Formación Vizcaína lo propuso Hulin por la relación que tiene con la falla y veta del mismo nombre.

La localidad-tipo esta ubicada a unos 800 m al noreste - del pueblo de La Reforma, aguas arriba de la barranca principal en dirección este-noreste una distancia aproximada de 1 - km. Los afloramientos más cercanos a la falla Vizcaína son menos adecuados como la localidad-tipo, ya sea porque la sección expuesta es más delgada o porque una fuerte acción hidro- termal o un intemperismo profundo ha ocultado la naturaleza - original de las rocas.

Una discordancia erosional importante, con una marcada - relación angular con la formación subyacente, se halla en la base de la Formación Vizcaína. Esta discordancia es la más - antigua de naturaleza angular que se piensa exista en la suce- sión volcánica terciaria del distrito. Durante el período de erosión representado por la discordancia basal, ciertas par- tes de las tres formaciones anteriores fueron removidas local- mente; como resultado, la Formación Vizcaína descansa sobre - horizontes diferentes de la Formación Santa Gertrudis, en las partes centrales y nororientales del distrito, así como par- cialmente sobre la Formación Real del Monte en las partes sur

oriental y noroccidental del distrito y localmente sobre la -  
Formación Pachuca en la parte suroccidental del distrito.

La cima de la formación también está bien definida por -  
una discordancia, de manera que la Formación Vizcaína puede -  
separarse con facilidad de las formaciones sub y sobreyacen--  
tes y puede cartografiarse con poca dificultad. Los miembros  
volcánicos epiclásticos y piroclásticos conspicuos de la For-  
mación Vizcaína.

En los laboríos subterráneos en la parte oriental del --  
distrito, se encuentra a una profundidad hasta de 500 o 600 m  
abajo de la superficie, pero en la parte noroccidental del --  
distrito se halla a un nivel más arriba y aparece solo en los  
laboríos cerca de la superficie.

En casi toda la parte suroccidental del distrito la for-  
mación falta debido a la erosión; en los lugares donde se pre-  
senta es muy delgada, como ocurre en el Cerro de Cubitos. --  
Las rocas superficiales en muchos kilómetros cuadrados de la  
mitad oriental del distrito están intemperizadas tan profunda-  
mente que su identificación es difícil.

Esta área forma parte de una superficie donde el intempe-  
rismo es profundo y la vegetación es especialmente densa. --  
Gran parte de la roca profundamente intemperizada consiste en

una sustancia terrosa suave de color variable amarillo pardusco o gris claro, según el grado de oxidación e hidratación -- del hierro.

En otras partes la formación oscila en espesor entre 200 y 400 m, con excepción del borde meridional del distrito, en donde se acuña o solo tiene unos cuantos metros de espesor. -- La fuente de aprovisionamiento no se conoce. La formación -- tiene su mayor espesor actual al sureste del pueblo de Real -- del Monte, una boca eruptiva pudiera haber estado en esa --- área.

El miembro volcánico epiclástico tobáceo que forma la base de la Formación Vizcaína tiene su espesor mayor y está lo mejor expuesto. Directamente encima de una brecha de derrame de la Formación Real del Monte se presenta una capa de detritos con un metro de espesor aproximadamente, compuesta por -- bloques de lava ligeramente redondeados y poco clasificados, en una matriz tobácea.

Arriba de esta capa basal se presentan capas de brecha - volcánica y arenisaca tobácea.

Las rocas de derrame de la Formación Vizcaína están alteradas en grado variable, de una manera muy similar a las ro--cas de las formaciones volcánicas más antiguas.

## Formación Cerezo

Consta principalmente de derrames, brechas de derrame y capas volcánicas epiclásticas, con algo de brecha volcánica y brecha tobácea, todo de composición variable de riolítica a riodacítica (generalmente estas rocas se han denominado "riolita").

En la parte meridional del distrito, por ejemplo, localmente descansa sobre las Formaciones Santa Gertrudis, Real del Monte y Pachuca. El nombre de Formación Cerezo lo propuso Hulin (1929) para esta unidad, según una localidad de afloramientos ubicada varios cientos de metros al poniente del pueblo de Cerezo. La localidad-tipo se considera que se extiende desde el pueblo de Cerezo hacia el noroeste por una distancia de 100 m hasta el contacto con la dacita Zumate sobreyacente. Pequeñas fallas y un cuerpo intrusivo de pórfido cuarcífero interrumpe la sucesión y está algo erosionada la parte superior de la formación. Sin embargo, gran parte del espesor original se piensa que permanece en el área de afloramiento de la localidad-tipo.

La Formación Cerezo es la primera roca extrusiva marcadamente silícica en la región que se encuentra arriba de la Formación Santiago.

Es la unidad más joven que muestra una alteración hidro-

termal marcada, aunque no se han encontrado cuerpos de mineral costeable en ella o estratigráficamente arriba de ella.

La mayor parte de la formación consiste en derrames masivos y en brechas de derrame. El miembro tobáceo epiclástico-discontinuo en la base de la formación. Las capas epiclásticas tobáceas en la parte suroriental del distrito, en donde la relación con los derrames no se demuestra por la sobreposición o por un contacto directo.

La Formación Cerezo aflora en áreas aisladas diseminadas en gran parte del distrito minero. Las áreas más grandes de afloramiento corresponden a las partes noroccidental y suroccidental y suroriental del distrito. Sin embargo, la Formación Cerezo parece faltar en la parte nororiental, aunque reaparece más allá del límite norte de Real del Monte.

La formación aflora en una extensa área en las cercanías de El Chico, donde está intercalada la Formación Zumate sobre yacente y las rocas andesíticas y dacíticas subyacentes. En vista de la presencia de la Formación Cerezo debajo de la Formación Zumate en los bordes sur y norte del área grande de afloramiento de la Formación Zumate ubicada entre el distrito de Pachuca y El Chico, la Formación Cerezo probablemente está presente también debajo de la formación Zumate en dicha área.

El área extensa de afloramiento de capas epiclásticas en la parte suroriental del distrito minero, al sur del pueblo - de Tezuntla, puede equivaler a todo el resto de la Formación Cerezo del distrito.

El espesor original de la Formación Cerezo, casi con seguridad no está conservado en ninguna parte del distrito.

La erosión post-Cerezo fue extensa y removió gran parte de la formación antes de que se depositaran las rocas sobreyacentes, que son las Formaciones Tezuntla, Zumate y San Cristobal. La erosión más reciente ha removido gran parte de esta cubierta, además de cantidades adicionales de la Formación Cerezo. El espesor máximo que permanece, o sea unos 220 m, se halla en la parte noroccidental del distrito, casi directamente al norte de la ciudad de Pachuca. En otros lugares donde se presenta la formación, el espesor máximo generalmente cae entre los 50 y 120 m .

Las capas epiclásticas en la base de la Formación Cerezo, en los lugares donde se presenta, generalmente tienen sólo dos o tres metros de espesor total.

La fuente de aprovisionamiento de algunas de las rocas - extrusivas que componen la Formación Cerezo pudo haber consistido en las bocas ahora ocupadas por algunos de los diques y cuerpos intrusivos en forma de embudo, constituídos por pórfi

do cuarcífero de grano fino, que afloran en varias partes del distrito. El hecho de que estos cuerpos atraviesan la riolita y riodacita Cerezo, expuestas actualmente en la superficie indican, que tienen una edad más reciente de la que corresponde a lo que ahora permanece de la Formación Cerezo. Además - los diques y cuerpos intrusivos están constituidos por alaskita, un tipo de roca diferente.

La Formación Cerezo comprende tres tipos litológicos principales:

1. Material volcánico epiclástico bien estratificado, con cantidades menores de material piroclástico.
2. Lava masiva con estructural fluidal.
3. Capas de brecha de derrame.

La Formación Cerezo no está tan alterada como las rocas de composición máfica. Sin embargo, la clorita es abundante - localmente y muchos fenocristales de plagioclasa y parte de - la matriz se han convertido en gran parte en caolín. Un polvo de óxido de hierro es común en los minerales máficos que - permanecen aún en la roca.

Poco suelo y una vegetación inusualmente raquítica caracterizan el terreno formado por la Formación Cerezo cerca - del pueblo de Cerezo. En otras partes, sin embargo, la cubier

ta vegetal difiere poco de la que se halla sobre las formaciones andesíticas y dacíticas más antiguas.

### Formación Tezuantla

Consiste en una sucesión de derrames de lava dacítica al sur del pueblo de Tezuantla. La unidad descansa con discordancia erosional sobre una sucesión de capas volcánicas epiclásticas asignadas a la Formación Cerezo y donde falta el Cerezo, descansa con discordancia angular sobre la Formación Vizcaína que precede en edad. Es casi seguro que la Formación Tezuantla sea más antigua que la Zumate.

Está restringida a la parte suroriental del distrito minero. Los afloramientos más septentrionales se hallan a lo largo del parteaguas, entre el río Meztitlán, hacia el norte y la cuenca de México hacia el sur, formando gran parte de la Peña del Grato y la Peña del Aguila. Los afloramientos meridionales se hallan en el flanco meridional de la sierra de Pachuca, o sea hacia la cuenca de México.

El espesor original de la Formación Tezuantla no está conservado y no se conoce. Quizás de 100 a 300 m de roca ha sido erosionada de por encima de las partes más altas de la formación. El espesor máximo de lo que permanece en el distrito es de unos 150 m, pero mayormente la parte conservada es-

de unos 50 m .

Los derrames dacíticos Tezuantla estuvieron alimentados, casi con seguridad, por bocas ubicadas en el área de afloramiento septentrional de la formación. Estas bocas están ocupadas en la actualidad por masas intrusivas alargadas de pórfido dacítico de biotita, tal como el que se halla en la Peña del Aguila. El conjunto mineralógico indica que la roca es dacita.

#### Formación Zumate

Es una sucesión de derrames, brechas de derrame, aglomerados y roca volcánica epiclástica de composición dacítica que sobreyacen con discordancia erosional y angular de grado variable, a las Formaciones Cerezo y Vizcaína, y en ciertos lugares, rocas aún más antiguas. El nombre proviene de la Peña del Zumate. En el cerro de Cubitos, en la parte suroccidental, se halla cubierta por discordancia angular por la Formación San Cristóbal.

En el período de extrusión dacítica representada por la Formación Zumate fue seguido cuando menos por un período adicional de actividad intrusiva silícica dentro y cerca del distrito, ya que diques felsíticos cortan a la formación a unos dos kilómetros al sur de El Chico.

En los lugares en donde los derrames sobreyacen a capas de toba y brecha, la Formación Zumate generalmente es mucho más resistente a la erosión que las rocas subyacentes. Una discontinuidad topográfica representada por un cambio de pendiente suave, en la Formación Vizcaína, a fuerte en la Formación Zumate, queda bien señalada a lo largo del contacto por una distancia de seis kilómetros entre el pueblo del Cerezo y la Peña del Zumate.

Los pináculos más grandes y más conocidos son: derrames de lava como la Peña del Zuamte, Las Ventanas, Las Monjas y Los Frailes, ubicados al noroeste del distrito minero, compuestos principalmente por capas de aglomerado o por lahares.

El área de afloramiento ocupa principalmente el borde septentrional del distrito minero de Pachuca-Real del Monte y se extiende casi hasta El Chico. También continúa hacia el noroeste 12 km, formando la amplia cresta de la Sierra de Pachuca. El Cerro de Cubitos también se halla en una zona de afloramiento.

El espesor máximo original de la formación no se conoce, probablemente fue 100 o 200 m más gruesa que la parte más ancha de la formación y que se estima sea de 360 m en la orilla centro septentrional del distrito.

La fuente de aprovisionamiento de la Formación Zumate parece corresponder al lado meridional de una zona de capas aglomeráticas y laháricas de grano grueso en las cercanías de Las Ventanas. La faja de aglomerados y lahares continúa al oriente y al poniente por una distancia de varios kilómetros, lo que sugiere que la fuente pudo haber consistido en una serie de bocas alineadas casi en la dirección oriente-poniente.

Las rocas de derrame constituyen la mayor parte de la Formación Zumate arriba de las capas clásticas basales. Un rasgo que distingue la roca de derrame de esta formación, de otras rocas similares de derrame de las formaciones andesíticas y dacíticas más antiguas del distrito, es la presencia de abundantes fenocristales grandes de feldespato, hasta de 15 mm de largo.

En la localidad tipo en la Peña del Zumate, la roca es de color púrpura rojizo grisáceo y tiene estructura fluidal. Las capas fluidales suman ocho por metro en promedio, buzando fuertemente (casi 45°) y muestran resistencia variable a la erosión.

Los fenocristales de feldespato están parcialmente caolinizados y los de anfíbolos están convertidos parcialmente en clorita. Los únicos fenocristales no alterados son los de cuarzo transparente.

## Formación San Cristóbal

Consiste en derrames densos de andesita olivínica, con cantidades pequeñas de capas tobáceas basales e intercaladas, que forman la cumbre del Cerro de San Cristóbal, una eminencia montañosa que se levanta inmediatamente al noroeste de la ciudad de Pachuca, y fue la localidad del descubrimiento de los minerales tridimita y cristobalita en el siglo pasado. El nombre se usa también para otras rocas andesíticas y basálticas dentro y fuera del distrito minero que parecen tener las mismas relaciones estratigráficas y ser casi de la misma edad que la roca del Cerro de San Cristóbal.

En la localidad tipo, la Formación San Cristóbal sobrecyce a la Formación Pachuca con discordancia angular y no está cubierta en la totalidad, ni probablemente lo estuvo nunca -- por cualquier otra roca, con excepción del aluvión y ceniza basáltica.

En otras partes del distrito descansa discordantemente -- sobre las Formaciones Zumate, Tezuantla, Cerezo y Vizcaína; -- fuera del distrito descansa sobre rocas más antiguas, hasta -- la caliza del Cretácico Inferior. Un poco al noreste del distrito minero parece que se interdigita con la Riolita Navajas y con la Formación Atotonilco, y en esa misma área está cu---bierta por la Traquita Guajolote y por depósitos aluviales.

En otros lugares fuera del distrito está interdigitada - con la Formación Tarango y cubierta por rocas basálticas más jóvenes, por depósitos aluviales y por ceniza basáltica. Dentro del distrito minero se le encuentra aflorando en tres áreas: Cerro de San Cristóbal (localidad-tipo), Cerro de Cubitos (sur de la ciudad de Pachuca), cerca de Omitlán.

El espesor es variable de 60 a 100 m en el Cerro de San Cristóbal y de 10 a 120 m en el Cerro de Cubitos. La erosión ha removido gran parte de la formación y en algunos lugares - el espesor original probablemente fue lo doble del máximo actual.

Las capas tobáceas basálticas que se presentan en el Cerro de San Cristóbal, sólo tienen uno o dos metros de espesor.

La fuente de aprovisionamiento de la andesita olivínica - en el Cerro de San Cristóbal probablemente consistió en una boca ubicada abajo del extremo occidental del área de afloramiento, la cual estuvo comunicada con un dique de andesita olivínica que se atravesó con los laboríos mineros.

La fuente de la andesita olivínica en el Cerro de Cubitos pudo haber sido la misma boca ubicada abajo del Cerro de San Cristóbal, habiéndose escurrido la lava hacia el sur sobre una superficie antigua, antes de que el valle intermedio

fuera erosionado y rellenado parcialmente por aluvión. Si la andesitaolivínica no proviene del Cerro de San Cristobal, posiblemente la boca fuente estuvo ubicada cerca de la región, aunque los laboríos subterráneos no han revelado la presencia de ninguna boca o dique. La oba fuente de la roca máfica no pudo haber estado a una elevación mucho menor que la del más alto sobre el contacto basal.

La fuente de la roca máfica al norte desde Omitlán, parece haber consistido en una boca ubicada en un punto alto a -- unos 5 km al noreste de Omitlán.

La Formación San Cristobal esta constituída casi por completo por derrames de lava y sólo localmente se presentan capas clásticas basales, consistentes en ceniza oscura, generalmente mezclada con material volcánico erosionado de las formaciones subyacentes.

#### Formación Riolita Navajas

Está constituída por derrames de lava, por capas de brecha y toba, y por depósitos de aludes ardientes, todos inte--restratificados entre sí y con cantidades menores de material volcánico epiclástico.

La formación se extiende desde Cuyamaloya, sobre la ca--

retera Pachuca - Tulancingo, una distancia de 19 km al norte hasta San Miguel Regla, atravesando así casi toda la anchura de la sierra de Pachuca. Su afloramiento tiene un ancho máximo de poniente a oriente, de unos 15 km.

La Riolita Navajas descansa discordantemente sobre diversas formaciones volcánicas del distrito de Pachuca que son anteriores a la Zumate y puede sobreyacer directamente hasta la Formación Mexcala - Méndez del Cretácico Superior, en las cercanías de San Miguel Regla.

Parece que esta formación fue atravesada por bocas ahora destruidas u ocultas por la erosión, ubicadas cerca del centro del área actual del afloramiento. El centro eruptivo está profundamente disecado por valles que descienden hacia el norte hasta el río Meztitlán.

El espesor máximo actual de la formación, en la parte central de su área de afloramiento, probablemente es del orden de 500 m , pero el espesor original seguramente fue mayor, quizás hasta en 300 m .

Parece que la parte principal de la formación esta constituida por derrames de lava. Algunas de las últimas erupciones del centro volcánico de las Navajas, parecen haber consistido en aludes ardientes compuestos por una matriz de lava ve

sicular y fragmentada en tuestos de vidrio, la cual cargaba y transportaba cantidades variables de fragmentos líticos, pumílicos y de obsidiana, más grandes.

En un sitio denominado " Las Minillas ", en la parte -- suroccidental del área de afloramiento Navajas, distante solo 4 o 5 km del supuesto centro eruptivo, un depósito que se interpreta como los restos de un alud ardiente, tiene matriz -- gris compuesta por tuestos de vidrio incoherentes y cargada -- con bloques de obsidiana y de pómez, hasta de 30 cm de diámetro. En cambio, en San Miguel Regla, al extremo septentrio--nal de la misma área de afloramiento a unos 13 km del supuesto centro eruptivo, depósitos análogos son coherentes y contienen fragmentos de los mismos tipos de obsidiana y de pómez densa, aunque generalmente con menos de 4 cm di diámetro.

El nombre de Las Minillas se refiere a un área ligeramen--te inclinada cubierta por bosque, ubicada cerca de la cumbre del cerro de las Navajas, que tiene quizás 2 km de largo en -- dirección norte - sur, y unos 400 m de ancho; en la cual fue--ron excavados numerosos tajos, casi todos de menos de 3 m de profundidad, por el hombre precolombino, con el propósito de extraer bloques de obsidiana para la elaboración de puntas y navajas.

Los depósitos de alud ardiente o de derrames de cenizas,

ubicados en San Miguel Regla, se explotan en canteras con objeto de extraer piedra para la construcción local, debido a la fácil elaboración de esta roca.

### Formaciones Atotonilco El Grande y Tarango

Son depósitos de material clástico derivado principalmente de las rocas volcánicas terciarias de la región, y sólo en muy pequeña parte de las rocas sedimentarias preterciarias; - se presentan debajo, entre y encima, de los diversos derrames de lava y de las otras capas de roca que constituyen la Formación San Cristobal y la Riolita Navajas.

Los depósitos que se encuentran en las cuencas de desagüe de los ríos Meztitlán y Amajac están denominados como Formación Atotonilco El Grande, según el pueblo de ese nombre según Segertrom (1961).

Los depósitos que están en la cuenca de desagüe del río Tula, hacia el poniente y al suroeste del distrito de Pachuca, así como los que se hallan a lo largo del costado occidental de la cuenca de México, se denominan Formación Tarango, según una localidad descrita por Bryan en 1948, ubicada en la orilla occidental de la Ciudad de México. Ni una ni otra formación se presenta en el distrito minero. Estas dos formaciones, junto con la Formación San Cristóbal y con la Riolita Na

vajas, son las rocas terciarias más jóvenes encontradas en la región.

### Rocas Volcánicas Cuaternarias

Otras rocas volcánicas más jóvenes son las que Geyne et al (1963) describen, clasificadas en los dos siguientes grupos.

Las rocas pleistocénicas que se presentan en la región de Pachuca constan principalmente de productos volcánicos basálticos, de una masa extrusiva de traquia, de depósitos aluviales derivados de éstas y de otras rocas volcánicas más antiguas, y de detritos de derrumbes.

#### 1. Traquita Guajolote.

A 1 km al oriente del distrito minero se halla un área de afloramiento de forma ovalada y alargada, constituida por lava vesicular de color gris y de composición relativamente máfica.

Esta unidad litológica es nombrada aquí Traquita Guajolote, según el nombre del rancho ubicado en el extremo meridional de su área de afloramiento. Descansa principalmente sobre la Riolita Navajas, pero también traslapa a la Formación San Cristobal hacia el noroeste y sobreyace a algunas unida--

des volcánicas terciarias más antiguas en su borde occidental. No está cubierta por ninguna otra roca y aunque ha sido atacada activamente por la erosión, se conserva aún gran parte de su contorno original.

La fuente de aprovisionamiento de la Traquita Guajolote está ubicada en las inmediaciones del Cerro Gordo, que parece representar lo que resta de la erosión de un cono piroclástico mezclado con cantidades considerables de lava. El campo de lava es relativamente delgado y sólo localmente parece exceder de 60 m en espesor.

La lava Guajolote es una roca de color gris, débilmente porfídica, altamente vesicular, holocristalina y con textura traquitica. Casi toda la roca de derrame contiene cuando menos unas cuantas vesículas y localmente contiene hasta un 40 por ciento de porosidad en forma de vesículas. Cristales de cristobalita y tridimita son comunes en las paredes de la mayoría de las vesículas y en algunas de ellas se muestran notablemente conspicuos.

## 2. Flujos de basalto de olivino y depósitos asociados.

De 8 a 18 km al oriente del distrito minero se halla un campo extenso de derrames de lava con sus conos escoriáceo y cineríticos asociados, compuestos principalmente por basalto olivínico, pero incluyendo también cantidades menores de ro-

ca menos máfica. Se extiende al noroeste siguiendo el valle del río Meztitlán. En aún más extenso y más grueso hacia el sur, continuando más allá de la Ciudad de México, donde los volcanes Iztaccíhuatl y Popocatépetl dominan el terreno circundante. Dentro del distrito minero el basalto olivínico se presenta sólo en forma de interestratos en el aluvión, hacia el suroeste de la ciudad de Pachuca.

Las rocas máficas yacen discordantemente sobre una u otra de las unidades litológicas más antiguas, hasta las formaciones cretácicas. Están interestratificadas localmente con material clástico continental, tal como la grava, arena, limo, arcilla, ceniza basáltica retrabajada, turba, diatomita y margas lacustre. El espesor es altamente variable y en algunos sitios quizás exceda de 500 m, si se toma en cuenta la altura de los conos cineríticos más grandes.

Casi todos los derrames de lava máfica de la región fueron extravasados a través de bocas rodeadas por conos cineríticos. Los derrames cuyos conos cineríticos correspondientes están destruidos parcial o totalmente por la erosión, los considera Geyne et al de edad pliocénica, mientras que los que tienen conos poco erosionados les atribuye una edad pleistocénica.

Las rocas máficas pleistocénicas fueron cartografiadas -

en gran parte por medio de fotografías aéreas. La sucesión - comprende derrames de lava, cantidades menores de ceniza y es coria, y capas epiclásticas derivadas de los productos erup--  
tivos.

Se presentan depósitos de ceniza debajo, entre y encima de muchos derrames de lava y localmente se halla interestrati ficado material clástico depositado por el agua en forma de aluvión. Los fenocristales componen un cinco por ciento de - la roca y consisten casi en su totalidad en granos de olivino de 0.5 a 3.0 mm de diámetro.

Todas estas rocas de composición predominantemente máfi- ca y de edad pleistocénica, junto con rocas semejantes y algu nas desemejantes del Plioceno Superior y del Pleistoceno Infe- rior, tales como las de la Formación San Cristóbal, de la Rio- lita Navajas y de la Traquita Guajolote, se considera que for man parte de la Zona Neovolcánica, que atraviesa México en di rección oeste-noroeste con su parte central cerca de los 20°- de latitud norte.

El volcanismo en dicha zona es más joven que la activi-- dad ígnea y tectónica que precedió y acompañó el emplazamien- to de los yacimientos minerales del distrito de Pachuca- Real del Monte y se cree que no tiene relación alguna con estos -- procesos más antiguos. Fries piensa que la zona sobreyace a

grietas corticales profundas, debidas parcialmente al corrimiento del continente hacia el suroeste por encima de la cuenca del Océano Pacífico y parcialmente al fallamiento lateral izquierdo o de cizalla en dirección casi oriente-poniente.

A continuación se indican los resultados del estudio petrográfico de dos muestras superficiales colectadas en San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo recolectadas por Magnolia Ortíz Zamora y Laura Ramos Murguía, durante el trabajo de campo.

Muestra MOZ-15

ANDESITA DE AUGITA, MEDIANAMENTE ALTERADA.

Exámen Megascópico.- Roca de color oscuro, en partes gris claro, dura, compacta, fracturada, en la que se observan numerosas cavidades arredondadas hasta 15 mm de diámetro, algunas de las cuales se encuentran rellenas por un material cristalino con estructura fibroso-radial, de color blanco y blanco sucio con lustre sedoso. Las fracturas pequeñas e irregulares se encuentran rellenas por un material pulverulento de color café rojizo y rojo amarillento.

Exámen Microscópico.- Roca holocristalina constituida fundamentalmente por una mesostasis con base en

cristales subhedrales de plagioclasas -  
sódicas concretamente andesina en la que  
se observan ocasionalmente cristales sub  
edrales de mayor diámetro del mismo ma-  
terial, mostrando todas las maclas poli  
sintéticas características de esta espe  
cie mineralógica. Ocasionalmente se a-  
precian cortes en donde es visible una  
estructura zonal de tipo directo como -  
consecuencia de un núcleo cálcico que va  
haciéndose sódico hacia la periferia. -  
En menor cantidad se aprecian algunos -  
fenocristales euedrales de augita casi  
totalmente alterados a iddingsita forman  
do consecuentemente verdaderas epigenias.  
Como minerales accesorios se aprecian pe  
queños cristales euedrales de apatita y  
más escasos de magnetita.

La mayor parte de las cavidades se encuen  
tran rellenas por cristales aciculares-  
de un mineral perteneciente al grupo de  
las ceolitas, concretamente mesolita.  
Por reflexión se han observado abundan-  
tes óxidos de hierro, especialmente he-  
matita y goehtita.

Observaciones.- Teniendo en cuenta las características textu

rales y mineralógicas del material estudiado, es posible inferir, pertenesca a un cuerpo - de roca efusivo perteneciente a la familia - andesita - diorita.

Muestra MOZ - 16

TOBA HIALOCRISTALINA, PARCIALMENTE SILIFICADA.

Exámen Megascópico.- Roca de color gris oscuro, en partes -- gris claro y rojo claro, dura, compacta, ligeramente fracturada, que intemperiza en color café rojizo y rojo claro. Las fracturas pequeñas y delgadas se encuentran rellenas por un material pulveru--lento de color café rojizo.

Exámen Microscópico.- Roca constituída fundamentalmente por - una mesostasis holohialina en la que se incertan numerosos "shards" "cascos" -- constituídos por cristales euedrales y clásticos del mismo tipo de material -- que presentan numerosos "golfos de co--rrosión". En menor proporción se observan clásticos angulares de plagioclasas sódicas, concretamente andesina y muy - escasos cristales euedrales del mismo - material parcialmente reabsorvidos iniciándose este fenómeno hacia el centro.

de los cristales. Se aprecia un avanzado proceso de silificación secundaria - observándose numerosos tipos de esferulitas con una estructura radial formados por calcedonia variedad plumosa. Ocasionalmente se aprecian pequeños cristales euedrales, así como algunos clásticos de augita. Como minerales accesorios se observan algunos pequeños cristales euedrales de apatita.

Como minerales de alteración se observan minerales argilaceos.

Por reflexión se observan óxidos de hierro especialmente hematita, en su variedad ocre.

**Observaciones.-** Considerando las características texturales y mineralógicas del material estudiado es - factible suponer forme parte del equivalente piroclástico de la familia riolita - granito.

### Depósitos continentales cuaternarios

Ya que las acumulaciones cuaternarias de distintos ambientes continentales tienen un interés muy especial en la geomorfología, este tema se tratará con más detalle en el siguiente capítulo de Geomorfología a modo de la interpretación del mapa de pendientes y el mapa geomorfológico.

### EVOLUCION GEOLOGICA

Una vez hecha una descripción estratigráfica de la zona de Pachuca, es posible hacer una serie de consideraciones sobre la evolución geológica de la misma.

El Cretácico, como en la mayor parte de la República Mexicana, está representado por rocas sedimentarias, testigos de un medio de acumulación marina que dominó a lo largo de todo el Cretácico Inferior y se prolongó hasta el Cretácico Superior (esto es variable en distintas partes de la República).

Hacia fines del Cretácico, la mayor parte del territorio mexicano estaba emergido, por un proceso regional de levantamiento.

to. La formación de montañas debe haber tenido su mayor desarrollo (en especial la Sierra Madre Oriental) hacia el Eoceno Superior, lo que se ha establecido por las formaciones correlativas de molasa.

El Cenozoico es una era geológica de levantamientos territoriales, orogenias y volcanismo en el territorio nacional. Se formó el sistema plegado de la Sierra Madre Oriental y posteriormente, asociado a este, se manifiesta un intenso volcanismo, como el que originó la Sierra de Pachuca.

Precisamente el Conglomerado El Morro surge de la erosión de la Sierra Madre Oriental y la depositación de los detritos en las depresiones orográficas y/o tectónicas.

El Conglomerado El Morro queda cubierto por potentes acumulaciones de rocas volcánicas, que surgen entre el Oligoceno y el Cuaternario. Es propiamente la etapa neotectónica, en que se forma el relieve actual.

La Sierra de Pachuca surge, así, por etapas de actividad volcánica que se alternan con otras de erosión, desde el Oligoceno a la actualidad.

Hay que hacer notar la inconveniencia de considerar como formaciones a los depósitos volcánicos, ya que por su génesis,

no forman capas de roca de gran extensión y homogeneidad, como regularmente sucede con las rocas sedimentarias. Las formaciones cenozoicas descritas son muy irregulares en sus espesores (varían de 400 a cero metros), difícilmente se pueden "seguir" longitudinalmente, y más difícil aún es correlacionarlas (al menos que se tengan dataciones absolutas).

De acuerdo con todo lo anterior, la Sierra de Pachuca debe haber surgido en una zona de debilidad del sistema plegado de la Sierra Madre Oriental, donde a partir del Oligoceno se produce una continua actividad magmática extrusiva que gradualmente va cubriendo con sus depósitos a las estructuras plegadas.

Se presentan también intrusiones menores y fallas, conmovimientos de bloques. La erosión de la Sierra de Pachuca se manifiesta en los amplios depósitos de piedemonte al sur de la misma, en la planicie acumulativa de la cuenca de México.



FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS  
COLEGIO DE GEOGRAFÍA

CAPITULO III

GEOMORFOLOGIA.

## GEOMORFOLOGIA

La geomorfología comprendida en la zona que abarca la hoja Pachuca, escala 1: 50 000 fue elaborada a partir de varios métodos: en primer lugar, los cuantitativos a partir de los cuales se obtiene una información básica sobre el relieve. En segundo lugar, los cualitativos, que complementan a los anteriores.

### MORFOMETRIA

Los métodos cuantitativos o morfométricos que pueden aplicarse para el estudio de porciones del relieve terrestre son numerosos, aquí solamente se han aplicado tres, elegidos como los que proporcionan la información más útil al estudio que comprende este trabajo.

El trabajo se inició con el análisis de las pendientes del terreno. La inclinación de la superficie terrestre depende de muchos factores, en primer lugar, de los procesos endógenos formadores del relieve: la actividad tectónica y la actividad volcánica; la primera se manifiesta por los levantamientos, por los plegamientos o deformaciones de las rocas, por las rupturas acompañadas de movimientos (las fallas) y todo esto se refleja en cambios de pendiente en la superficie terrestre. Al mismo tiempo, todas estas deformaciones de la

superficie que provocan los procesos endógenos, son trabajadas por los procesos contrarios, los exógenos, controlados -- por el clima y la gravedad.

Así, estos cambios de pendiente se acentúan o se suavizan y las pendientes del terreno son una expresión de distintos - procesos endógenos y exógenos, que se manifiestan en las formas del relieve.

Las pendientes del terreno tienen importancia porque con dicionan la intensidad de los procesos externos, así, por ejem plo, la erosión fluvial se produce con mayor intensidad donde la pendiente es mayor, la erosión vertical se reduce, donde - la pendiente es mínima y se originan procesos acumulativos.

También los procesos gravitacionales, la velocidad con - que se producen, depende en mucho de la pendiente, por ejem plo, la soliflucción es un proceso muy lento y no exige pendien tes fuertes, pero los derrumbes o los deslaves exigen pendien tes muy fuertes: son de movimientos mucho más rápidos.

Las pendientes de la superficie terrestre tienen que ver también con los problemas de planificación de uso del suelo, - sobre todo cuando se trata de agricultura: el tipo de culti vos que se planifica para una zona determinada, está en fun -- ción de la pendiente, y después de otros factores. También-

este factor es considerado en los proyectos de grandes obras de ingeniería. En estos casos es indispensable el conocimiento previo de las pendientes del terreno para su utilización o transformación.

### Mapa de Pendientes

En esta zona en estudio se presentan las pendientes en un mapa especial, mismo que señala una serie de categorías, establecidas de acuerdo al relieve, a la escala del mapa y al tipo de trabajo.

Antes de pasar a describir con un poco de detalle el mapa elaborado, es conveniente volver a señalar que en esta zona hay tres estructuras fisiográficas principales:

1. Las elevaciones montañosas principales, representadas por la Sierra de Pachuca.
2. La planicie acumulativa, una extensión hacia el norte de la planicie de la Cuenca de México. Sobre esta se levanta la Sierra de Pachuca.
3. La zona transicional, intermedia entre estas dos, consistente en mantos de acumulación de piedemonte, en elevaciones montañosas aisladas o en pequeños grupos.

Esta aclaración viene al caso porque las pendientes se van a presentar en una zonalidad, de tal manera que en la si

rra predomina un tipo, otro en el piedemonte y otro más en la planicie de nivel de base.

Se han considerado las siguientes categorías:

1. Menor de  $0.5^\circ$ .- Corresponde a una planicie prácticamente absoluta. Estas formas se dan solamente en condiciones de antiguos lagos o de estructuras como las capas horizontales de rocas resistentes, como la caliza, o de acumulaciones volcánicas que forman mesetas casi horizontales.
2. De  $0.5^\circ$  a  $1.5^\circ$  .- Corresponde a planicies ligeramente onduladas, o sea, a superficies niveladas del relieve terrestre, por los procesos exógenos o por su formación original a partir de los procesos endógenos.
3. De  $1.5^\circ$  a  $3^\circ$  .- Es un intervalo común en planicies inclinadas, con mayor deformación que en el caso anterior.
4. De  $3^\circ$  a  $6^\circ$  .- También esta es característica del piedemonte de mantos de acumulación; de acumulaciones volcánicas de material piroclástico, de coladas de lava o de las formas cubiertas de materiales de acarreo, etc.

Los valores de  $6^\circ$  a  $7^\circ$  son en términos muy generales los límites entre las planicies y las elevaciones montañosas, por

eso este es un umbral muy importante entre una unidad geomorfológica y otra.

5. De  $6^\circ$  a  $15^\circ$ .-- Esta queda comprendida en las elevaciones -- montañosas, sobre todo en las porciones inferiores. Es muy común en los volcanes niveldados que alcanzan pendientes menores de  $15^\circ$  en muchas partes de la Sierra de Pachuca.

6. De  $15^\circ$  a  $25^\circ$  y de  $25^\circ$  a  $35^\circ$  .- Estos valores representan ya un relieve de laderas empinadas, de escarpes que tienen un desarrollo muy grande en la Sierra de Pachuca y localmente en algunas elevaciones aisladas que quedan comprendidas en esta hoja, objeto de este estudio.

Se puede apreciar que si en los casos anteriores, las pendientes o categorías de pendientes quedan agrupadas en áreas o superficies amplias, las dos últimas tienen una expresión -- más bien lineal, con configuraciones irregulares, sobre toda la categoría mayor, de  $25^\circ$  a  $35^\circ$ . En general, son laderas -- con fuerte inclinación, en la mayoría de las veces son escarpes litológicos, de falla, etc. y se aprecian como diversas -- líneas irregulares en el mapa.

Así, la Sierra de Pachuca se caracteriza por una pendiente dominante de  $6^\circ$  a  $15^\circ$ , aunque tienen un amplio desarrollo -- las categorías de  $15^\circ$  a  $25^\circ$  y de  $25^\circ$  a  $35^\circ$ .

La zona transicional de piedemonte y las elevaciones menores que en conjunto ocupan amplias superficies en el mapa, - están representadas por pendientes de  $3^{\circ}$  a  $6^{\circ}$ , y en lo que son volcanes, o elevaciones menores, por inclinaciones de  $15^{\circ}$  a  $25^{\circ}$ .

En la planicie la categoría que predomina es la de  $0.5^{\circ}$  a  $1.5^{\circ}$ .

Cabe la aclaración de que la categoría inferior de  $0.5^{\circ}$  no queda representada en este mapa de Pachuca, como sucede - más al sur, en lo que fueron los lagos de la Cuenca de México: Chalco y Xochimilco, Texcoco y Zumpango.

Con relación a la pendiente del terreno, está también la intensidad de los procesos exógenos, así, por ejemplo, en la superficie amplia que corresponde a la categoría de  $0.5^{\circ}$  a  $1.5^{\circ}$ , los procesos son esencialmente acumulativos, aquí la -- erosión es mínima, la pendiente no favorece un escurrimiento importante del agua para provocar una disección.

En la siguiente categoría de  $1.5^{\circ}$  a  $3^{\circ}$  se inician los -- procesos erosivos fluviales, con la posibilidad de desarrollo de cárcavas, que si bien, como formas del relieve erosivo-flu vial no tiene una importancia muy grande, sí la tiene como un proceso de erosión del suelo.

Posteriormente, en la categoría de 3° a 6°, se da la siguiente situación: generalmente son porciones de un piedemonte que se originó por procesos acumulativos, pueden estar presentes todavía éstos y pueden también encontrarse ya en una etapa de disección; si la acumulación de materiales es fuerte en estos mantos de acumulación, entonces también la erosión fluvial se produce con una rapidez considerable y se forman barrancos profundos, con una velocidad de crecimiento muy grande. Esto es muy variable y posteriormente, pasando a las categorías de 6° a 15°, 15° a 25° y de más de 25°, los procesos son ya esencialmente procesos erosivos fluviales, gravitacionales, un intemperismo con un desarrollo también mucho mayor, un escurrimiento de las aguas fluviales más intenso y una disección del relieve.

Una vez considerado el relieve a partir de los cambios de pendiente en el mismo, hay que tomar en cuenta otros métodos de elaboración de mapas morfométricos.

Hay dos muy importantes que nos permiten evaluar la intensidad de la erosión fluvial. Uno de ellos considera la cantidad o longitud de formas erosivas lineales, o sea todos los que se encuentran en la zona.

El método mejor conocido y más recomendado por diversos especialistas consiste en lo siguiente:

La zona objeto de estudio se subdivide en áreas de aproximadamente 16 a 25 km<sup>2</sup>, en cada una de éstas se mide la longitud total de talwegs, que se obtiene en km y se divide entre el valor de la superficie correspondiente, en km<sup>2</sup>. Las superficies pueden ser iguales o no, por comodidad, para realizar este trabajo que es bastante laborioso, es preferible que sean iguales.

Se obtiene un valor para cada superficie del mapa y se anota en el centro de cada área, donde se hicieron las mediciones. Posteriormente se hace una interpolación para obtener valores complementarios, de acuerdo a una escala convencional. Después se configura con isolíneas. Se obtiene así, un mapa de densidad de talwegs, conocido también como de densidad de drenaje o densidad de disección del relieve.

Un complemento a este mapa, es otro que nos permite considerar la erosión fluvial en perfil vertical, o sea, evaluar la profundidad en metros que han alcanzado las formas erosivas fluviales en un tiempo determinado. Para esto, también se divide el mapa de trabajo en una serie de figuras geométricas, de preferencia cuadrantes y aquí sí, todos del mismo tamaño; en cada cuadrante se establece la profundidad máxima de erosión vertical considerando la distancia entre un talweg y su parteaguas, el valor se anota en cada figura geométrica.

Una vez que se obtienen todos los valores para el mapa, en vez de interpolar, es conveniente mejor unir valores comprendidos en categorías en una escala convencional, de tal manera que nos formen unas cuantas superficies homogéneas por sus valores.

Para el primer tipo de mapa, las áreas convencionales fueron tomadas de  $20 \text{ km}^2$ , para el segundo de  $5 \text{ km}^2$ .

Para la elaboración del mapa de densidad de talwegs o de la densidad de la disección del relieve se utilizaron valores ya establecidos, estos fueron obtenidos de un mapa a una escala muy pequeña aproximadamente a un millón, publicado por Lugo (1981), estos datos se vaciaron en el mapa original 1:50 000 y se elaboró así el mapa de la densidad de la disección de la hoja Pachuca.

En el caso de la profundidad de la disección; aún cuando también en la misma publicación se presenta este mapa, se volvió a elaborar a partir del mapa topográfico, se obtuvieron los valores ignorando los de la publicación anterior para realizar el mapa de profundidad de la disección del relieve.

Estos mapas presentan una información muy útil, la que es importante aplicar e interpretar correctamente para el trabajo geomorfológico cualitativo posterior, y para otras orien

taciones de los estudios geomorfológicos.

Precisamente, se han tomado como base, antes de pasar al estudio cualitativo del relieve, las pendientes del terreno, la densidad y la profundidad de la disección.

A continuación se presenta una breve descripción de la densidad y la profundidad de disección del relieve para esta zona de estudio.

En párrafos anteriores ya se explicó la metodología empleada en la elaboración del mapa de densidad de talwegs o densidad de drenaje. Por medio de las isolíneas resultantes pudimos reconocer los valores más altos de densidad de talwegs fueron de  $4.0 \text{ km/km}^2$  y se localizan en el extremo superior derecho del mapa que corresponde a la zona ocupada por la Sierra de Pachuca, donde la erosión ha dado paso a una disección profunda del relieve montañoso.

Los valores de 3.5 y 3.0 también se encuentran ampliamente distribuidos a lo largo de la Sierra de Pachuca, abarcando un área un poco mayor que la zona de máxima densidad encontrada en esta región.

Las isolíneas con un valor de 2.5, 2.0, 1.5, 1.0 abarcan zonas mucho más extensas se localizan en el piedemonte de la

sierra, en la base de ésta y en las elevaciones montañosas -- aisladas. Estos valores intermedios tienen una amplia expresión en el noroccidente del mapa (1 a 2), en el suroccidente (igual) y en la base de la Sierra de Pachuca.

Las isolíneas de una menor densidad de talwegs como serían las de 0.5, 0.2, 0.1 y 0.0 las encontramos al sureste -- del mapa. La isolínea de valor 0.5 se encuentra bordeando la parte norte de la ciudad de Pachuca y continúan hacia el sur por ambos lados hacia las zonas de planicies ocupadas por material deluvial y coladas de lava.

Las isolíneas 0.2, 0.1 y 0.0 están localizadas en la -- planicie aluvial donde es nula o casi nula la densidad de talwegs debido al tipo de terreno, ocupado antiguamente por lagos.

Los valores de densidad de talwegs los hemos clasificado en tres categorías: altos (mayores de 2.5), medios (de 1 a 2.5) y bajos (menores de 1).

El mayor interés lo presentan los valores más altos, mismos que se reconocen en el extremo norte del mapa. Esto es, en la vertiente septentrional de la Sierra de Pachuca, donde la red fluvial alcanza un gran desarrollo con las subcuencas de los ríos Grande, El Chico y Los Otates. Esto significa un

gran escurrimiento en las cabeceras de la cuenca del río Moctezuma. Contrasta así, la riqueza en recursos hídricos en el norte de la zona en estudio, con los del occidente de la misma.

El mapa de profundidad de disección o erosión nos presenta por medio de diferentes categorías, que se dan en metros, mediante una zonificación, diferentes profundidades dependiendo del grado de erosión dado.

Encontramos una relación entre los valores altos y bajos del mapa de densidad de disección con los correspondientes de profundidad de disección. Esto es porque los valles montañosos son profundos y se encuentran en proceso de ampliación lateral; en sus laderas han surgido numerosas corrientes menores, por lo que se incrementa bruscamente la cantidad y longitud total de talwegs.

La máxima profundidad de erosión la encontramos en dos regiones ubicadas en la parte norte de nuestro mapa que le corresponde a la Sierra de Pachuca con la categoría de VII donde las profundidades son mayores a los 300 metros, en las proximidades de dos pequeños poblados: San Jerónimo y el de Capula. Corresponden a las cañadas de los ríos Grande y El Chico.

Las regiones marcadas con la categoría de VI, donde las profundidades de erosión están entre los 200 y 300 metros se encuentran dispersas en diferentes regiones del mapa. La zona más amplia donde encontramos estas profundidades es parte de la Sierra de Pachuca, en el extremo norte del mapa, donde quedan comprendidas las poblaciones de Mineral del Chico y -- Carboneras, en el extremo norte del mapa, donde el poder erosivo ha tenido una actividad intensa y sigue actuando, a pesar que toda la zona se encuentra cubierta por vegetación. -- Dentro de la misma sierra encontramos esta misma categoría al noreste de la ciudad de Pachuca de Soto y continuando hasta -- Mineral del Monte (Real del Monte).

La categoría V la encontramos dispersa y corresponde a -- profundidades de erosión entre los 100 y 200 metros. En esta categoría podemos notar que el poder erosivo se ha manifestado en la mayor parte de la Sierra de Pachuca (que aparece en el mapa) pero algunas veces en forma dispersa dentro de ella; también ocupa grandes zonas en las laderas montañosas volcánicas con un fuerte modelado ajeno a la Sierra de Pachuca. Se trata de una zona de tipo arbustivo, fácilmente identificable en la parte suroeste de la región de estudio.

Las profundidades de erosión entre los 40 y 100 m las encontramos identificadas con la categoría número IV, misma que encontramos dentro de la Sierra de Pachuca solamente al norte

de la población de Mineral del Monte; pero fuera de la zona montañosa principal se reconoce distribuida en " manchones " al sur de San José Tepenené y de San Francisco Tecojique, donde el desarrollo erosivo es débil, pero en algunas laderas de deslave como las que se observan al noreste de San José Tepenené, que es propiamente parte del pie de la Sierra de Pachuca, también encontramos valles o barrancos, formados por corrientes fluviales que descienden confluyendo en el valle de Santa María Amajac. Hacia el oriente de la zona en estudio encontramos tres pequeñas porciones con la categoría IV como al sur de Mineral del Monte, en la localidad de la población de Pachuquilla, y en una pequeña porción en el extremo sureste del mapa donde se presenta un relieve de coladas de lavas y material piroclástico y una ladera con fuerte modelado.

La categoría III corresponde a profundidades de disección entre los 20 y 40 metros. Estas son relativamente más escasas en comparación con las categorías anteriores, pero las encontramos identificadas en algunas laderas de deslave y en mantos de acumulación.

La categoría II pertenece a profundidades menores de 20 metros. Corresponde a regiones que se encuentran, generalmente, limitando con las zonas donde la profundidad de disección es nula. Esta categoría II se observa cerca de la población de Santa María Amajac, así como bordeando a la población de San

José Tepenené. Las zonas donde tiene una amplia distribución es hacia el sur y suroeste de Pachuca de Soto en dirección al poblado de Santiago Tlapacoyan y más al sur hacia Acayuca. - Estas zonas mencionadas se caracterizan por tener mantos de - acumulación de piedemonte así como mantos aluviales, y superficies de material piroclástico.

La categoría I indica regiones donde no se ha producido una erosión, sino que al contrario, se trata de zonas de acumulación actual o antigua como el valle de Santa María Amajac - donde encontramos superficies de material piroclástico y de - material aluvial acarreado por corrientes fluviales, así encontramos también la zona de gran planicie al sur de la ciudad de Pachuca que también está formada por acumulaciones aluviales en lo que antiguamente fue parte de un lago.

Toda esta información sobre la disección de la zona en - estudio, nos permite hacer una serie de consideraciones:

1. La erosión fluvial es un proceso joven, ya que es -- esencialmente de tipo vertical. Los valles montañosos no presentan un desarrollo de llanuras de inundación. Esto último se debe, naturalmente a un desnivel muy grande entre los talwegs de la Sierra de Pachuca y su nivel base local de erosión (el río Moctezuma). Pueden influir otros factores como movimien-

tos diferenciales de bloques, resistencia de las rocas a la erosión y permeabilidad de las mismas, etc.

2. Por la misma diferencia de niveles base de erosión, la dirección de la Sierra de Pachuca es considerablemente mayor hacia la cuenca del Moctezuma que hacia la cuenca de México. En la primera juega un papel - muy importante, de mucha más intensidad que en la segunda. Por esto, el parteaguas de la cuenca de México tiene una tendencia a retroceder, en la Sierra de Pachuca, por capturas fluviales.
  
3. En un área relativamente pequeña, de menos de 1000 - km<sup>2</sup>, objeto de estudio, la dirección del relieve se encuentra influenciada por numerosos factores: climáticos (variaciones de precipitación media anual de - 500 a 1200 mm), orográficos y estructurales. Estos últimos se refieren esencialmente a las fracturas de las rocas, que en la Sierra de Pachuca controlan las corrientes fluviales.

Ya que este estudio geomorfológico es de carácter general, se analiza el relieve sin profundizar en problemas particulares. Los mapas morfométricos se han elaborado con apoyo para interpretar la génesis y la dinámica actual del relieve, pero es una información útil que pueden utilizar diversos es-

pecialistas que traten problemas hidrológicos, geotécnicos, - agrícolas y de asentamientos humanos, entre otros.

Se elaboró también el mapa geomorfológico correspondiente a la hoja Pachuca 1: 50 000. Este se basa en las metodologías que han expuesto distintos especialistas, por ejemplo, - Demek (1975). Esta clasificación parte de la consideración - de que la superficie terrestre es un conjunto de formas que - tienen una determinada génesis, geometría, una etapa de desarrollo y una dinámica actual.

El relieve se clasifica por los procesos que la originan, los endógenos, los exógenos o combinación de éstos.

Esta clasificación es un tanto subjetiva. Todo el relieve de la Tierra, es de origen endógeno, son las fuerzas internas las que han creado las irregularidades principales, pero a la vez, son modeladas por las fuerzas exógenas. En función de la intensidad con que se presentan cada una de estas o del tiempo con que hallan actuado, tenemos formas estrictamente - de origen endógeno, por ejemplo, los volcanes jóvenes, recientes; formas de origen exógeno, las producidas por la erosión o la acumulación: los barrancos, las cañadas o las planicies de acumulación aluvial o lacustre, pero también hay zonas o formas que son intermedias entre estas dos, por ejemplo, las montañas plegadas o volcánicas que han sido modeladas conside

rablemente por los procesos erosivos.

La aplicación de esta clasificación está también en función de la escala con que se trabaje: cuando las escalas son más pequeñas se van haciendo mucho más representativas las formas estrictamente de origen endógeno.

Mientras las escalas son más grandes es mayor la influencia de las formas de origen exógeno.

De acuerdo con esto, en la zona que comprende este estudio tenemos los tres tipos principales del relieve: el endógeno, el endógeno modelado y, el exógeno.

En primer lugar, señalamos aquí el endógeno y dentro de éste el volcánico acumulativo que consiste en las siguientes formas:

- a) Los volcanes cuaternarios con débil modelado. Se presentan sobre todo hacia la porción sur del mapa, dentro y fuera de la cuenca de México; son muy pocos, aproximadamente quince, en comparación con lo que se reconocen, en el sur de la cuenca de México, donde se presentan en concentraciones muy altas y con una juventud que los caracteriza. Por esto cabe recordar que esta zona de Pachuca se encuentra en una po-

sición intermedia entre dos grandes estructuras geomorfológicas: La Sierra Madre Oriental y el Sistema Volcánico Transversal, estos volcanes jóvenes son -- una extensión del volcanismo cuaternario de México.

Se trata de elevaciones pequeñas que llegan a alcanzar -- hasta 2 km de diámetro, alturas relativas sobre su base 100 a 300 m. Generalmente se encuentran próximos a la línea de parteaguas que separa a la cuenca de México de la cuenca del río Moctezuma.

- b) Las coladas de lava, al igual que los volcanes anteriormente mencionados, son cuaternarias, cubiertas -- de material piroclástico; se encuentran asociadas a los volcanes jóvenes, en la mayoría de los casos son de pequeñas extensiones, de áreas también menores de  $10 \text{ km}^2$ , solamente una de ellas presenta una forma -- más o menos completa, como una lengua alargada al -- noroccidente, hacia el extremo suroccidental del mapa, al norte del poblado de Tezontlalpan; y otra más hacia la porción occidental, hacia el occidente en -- el centro del mapa con una superficie aproximadamente triangular y aparentemente también incompleta.

El resto son de dimensiones considerablemente menores y estrechas, en la mayoría de los casos asociados a los volca--

nes jóvenes.

- c) Las superficies de material piroclástico. Son todas aquellas que han ido originadas por la actividad explosiva de los volcanes que depositan gran cantidad de materiales detríticos del tipo de las arenas, lapilli, ceniza, que generalmente cubren las depresiones originales del relieve. En muchos casos pueden ser antiguos valles fluviales, depresiones del terreno originadas por los mismos procesos endógenos, --- etc. y se encuentran dispuestas en forma un tanto -- irregular en el mapa , pero principalmente donde está muy desarrollado el relieve volcánico cuaternario en el extremo occidental del sur, hacia el centro de la hoja Pachuca.

En segundo lugar se presenta el relieve endógeno modelado, o sea, aquel que es una transición entre el relieve endógeno y el exógeno. Una variedad de este es el conocido como volcánico denudatorio o volcánico erosivo: las formas volcánicas originales que han sido transformadas sustancialmente por los procesos encargados de la destrucción del relieve, entre estas formas tenemos las siguientes:

- a) Las elevaciones volcánicas de edad neógeno, con fuerte modelado durante el cuaternario; son elevaciones

montañosas que han perdido su forma original. Generalmente en su nacimiento son conos que posteriormente van siendo desmembrados, tanto por las aguas de escurrimiento como por los procesos gravitacionales. Se forman en ellas anfiteatros o circos que van creciendo, haciéndose más amplios, a veces se desarrollan dos o tres dentro de una misma elevación cónica, de tal manera que gradualmente van perdiendo la forma original e incluso llegan a ser desmembradas en dos o más elevaciones menores.

En el caso de la zona que comprende este estudio se trata principalmente de elevaciones con laderas muy alteradas por la erosión, con circos erosivos y escarpes.

Se encuentran principalmente, también en la primera mitad del mapa, del sur hacia el norte y hacia la porción occidental hasta la población de San José Tepeneñé, como franjas irregulares aisladas, rodeadas por formas de acumulación volcánicas jóvenes.

Se reconocen también las superficies originadas por acumulaciones de piroclastos y que posteriormente han sido transformadas por la erosión; su formación ocurrió, aparentemente, en el neógeno y el modelado fué posterior, durante el cuaternario. Son semejantes a las elevaciones antes descritas, só-

lo que se trata de laderas niveladas, donde en vez de formarse amplios anfiteatros, tienen desarrollo principalmente los barrancos: formas erosivas que crecen con una velocidad considerable y van disgregando la superficie, por la erosión remon tante, reduciéndose gradualmente a superficies cada vez más estrechas.

Hay otra superficie de materiales piroclásticos muy semejante a la anterior, pero con una erosión menos intensa, más bien débil. Esto puede ser porque son formas más jóvenes, semejantes a las anteriores que han sido rellenadas por materiales piroclásticos, producto de erupciones volcánicas que han interrumpido el ciclo erosivo de las mismas. Estos son también casos aislados que se encuentran del centro hacia el occidente del mapa.

Las formas del relieve exógeno están bien representadas en la zona en estudio. Estas se describen a continuación. En primer lugar están las del relieve denudatorio o erosivo:

a) Relieve erosivo fluvial. Se trata de aquel originado por la acción del escurrimiento de las aguas superficiales, que han originado las porciones inferiores de los valles montañosos y los barrancos. Tienen una amplia representación en la Sierra de Pachuca. Esta estructura montañosa es un conjunto de elevaciones unidas en un sistema disecado por numerosos va

lles fluviales que forman una red densa. La erosión ha sido de tal intensidad que entre una forma erosiva y otra se presentan solamente aristas o parteaguas estrechos, de tal manera que no es posible delimitar en el plano a cada una de las formas erosivas. Por eso se señalan únicamente sus partes -- más profundas con las que queda representada con mucha claridad la red fluvial, y se puede interpretar también aquí, el proceso erosivo fluvial y la intensidad con que ha actuado.

La disesción está en una relación directa con la edad de la estructura montañosa. Como se mencionó anteriormente, la Sierra de Pachuca ha sido formada por acumulaciones volcánicas que han tenido lugar desde el oligoceno y a lo largo -- del mioceno y del plioceno sobre todo.

Todo este sistema de cañadas o valles erosivos que corren la Sierra de Pachuca está delimitado por una serie de parteaguas que se señalan también en el mapa, solamente con líneas, ya que con superficies esto es imposible, dada la escala. Quedan entre los parteaguas y las porciones inferiores de los valles erosivos las laderas montañosas, sustancialmente transformadas, pero todo unido en un gran sistema.

b) Laderas de deslave. El proceso de deslave tiene lugar en laderas de inclinación fuerte, donde el intemperismo ha actuado con una gran intensidad, lo normal es que estén descubier-

tas o desprotegidas por una capa de suelo-vegetación. En estas condiciones se producen constantemente desprendimientos de rocas de las laderas empinadas, rodando ladera abajo y se van acumulando al fondo. El desprendimiento de las rocas va formando un anfiteatro (un circo) y al rodar las rocas van cavando un surco o canal que es aprovechado por las aguas de las lluvias. A veces, este proceso de deslave va acompañado también del agua, produciéndose en ocasiones, pequeñas corrientes de lodo, derrumbes o deslizamientos.

Estas laderas de deslave tienen desarrollo especialmente en las elevaciones montañosas jóvenes constituídas del material piroclástico que es menos resistente al intemperismo y a la erosión.

En la Sierra de Pachuca se dan otras condiciones, de rocas más resistentes, aunque muy alteradas por el intemperismo. pero también, por otro lado, protegidas mucho mejor por la cubierta suelo-vegetación.

Por eso las laderas de deslave las encontramos también en esa zona de relieve volcánico más joven que se sitúa de la parte central, hacia el occidente y sur de la hoja Pachuca.

Otra categoría del relieve exógeno, es la de las formas originadas por procesos constructivos o acumulativos, como

las que se mencionan a continuación.

a) Planicies aluviales. Se forman por las acumulaciones de las corrientes fluviales. Presentan un amplio desarrollo, -- principalmente hacia el sur, en el extremo oriental del mapa. Se han originado por los ríos que descienden de la Sierra de Pachuca y depositan sus materiales al llegar a la planicie inclinada. Las corrientes tienen todavía oportunidad de continuar acumulando sus materiales. Sin embargo, este proceso ha ido en descenso. Tuvo un desarrollo mayor en tiempos pasados, hacia finales del Pleistoceno, cuando las condiciones climáticas eran distintas: mayor humedad. Por otro lado ha sido --- transformado por la acción del hombre al captar el agua de -- los ríos por medio de canales, presas, desviaciones, etc.

Pero los rasgos de esta planicie que se encuentra al sur de la ciudad de Pachuca, son características de acumulaciones aluviales, aunque es normal que se presenten otras de otro tipo: de piedemonte, volcánicas y posiblemente lacustres en menor proporción.

La planicie aluvial tiene también desarrollo hacia el extremo noroccidental del mapa. Se trata de franjas estrechas que siguen la dirección de corrientes fluviales. Son las cabezeras de los afluentes del río Moctezuma que van al pie de la sierra, en dirección a la población de Actopan.

b) Mantos de acumulación de piedemonte. Son depósitos deluviales originados por las corrientes montañosas. Son muy distintas de las acumulaciones aluviales, ya que estas se producen hacia los márgenes y en el cauce de los ríos; se reconoce una buena clasificación, también un buen pulimento de los materiales. El material deluvial es aquel que está siendo removido por las laderas en las montañas, en la superficie de las mismas o proveniente de los fondos de los valles depositado al pie de las montañas, donde va formando un manto de acumulación que crece ladéra abajo. En este caso, la forma es distinta de la acumulaciones aluviales, así como la clasificación de los sedimentos. Se trata de un material con un menor grado de clasificación y de pulimento. Son formas más reducidas, estrechas, que limitan el pie de las montañas, ya que éstas no son de gran magnitud, ni de una gran antigüedad.

Se reconocen hacia la parte central del mapa, de la ciudad de Pachuca, tanto al oriente como al occidente, a manera de una gran franja que atraviesa el mapa con amplitudes irregulares. Estos mantos de acumulación han sido alterados por otros procesos, sobre todo por los procesos volcánicos, aunque también por la erosión fluvial.

c) Conos detríticos. Otros procesos exógenos son los coluviales, o sea, aquellos que se originan por la caída de materiales en las laderas montañosas, por derrumbe, deslave, des-

lizamiento, también por corrientes de lodo. Al pie de estas laderas en proceso de destrucción se van formando acumulaciones a manera de conos o de abanicos; cuando está presente el agua, se forman conos de deyección, cuando no, se forman conos detríticos.

Hay un caso muy importante de estas acumulaciones coluviales en donde han tenido presencia las corrientes de lodo y es hacia el occidente de la ciudad de Pachuca, exactamente al pie de la Sierra de Pachuca, en dirección hacia donde va creciendo la ciudad capital del estado de Hidalgo. Consiste en una forma aproximadamente triangular de 1 o 2 km de amplitud, que esta siendo alimentada por las corrientes montañosas esto es precisamente su desembocadura.

d) Conos de deyección. Inmediatamente al oriente del cono detrítico hay otros depósitos que se reconocen con toda claridad como auténticos conos de deyección o abanicos aluviales. Son las formas de acumulación proluvial. Se trata de formas que crecen y se desarrollan por la desembocadura de las corrientes montañosas de temporada que generalmente tienen fuertes recargas, y sus depósitos son violentos. De tal manera, que al llegar a la planicie de nivel de base, depositan sus materiales expandiéndose a los lados, formando los abanicos. Se reconocen aquí dos abanicos alimentados por corrientes que no son de una gran magnitud, el parteaguas se encuentra muy -

próximo, las corrientes que los alimentan tienen menos de 2 km de longitud desde su cabecera hasta su desembocadura. Las laderas se encuentran muy alteradas por los procesos del intemperismo y los gravitacionales, de tal manera que las fuertes precipitaciones pluviales tiene la oportunidad de arrastrar y arrancar una gran cantidad de materiales; como normalmente son corrientes potentes, las acumulaciones que van originando son importantes. La ciudad de Pachuca, por su crecimiento ha llegado hasta donde se ubican estas formas.

Otras formas son las siguientes:

e) Mantos de acumulación deluvial-volcánica. Se reconocen al pie de las elevaciones montañosas jóvenes. Se han originado de los materiales piroclásticos de los volcanes, removido por los procesos exógenos, aunque no lo suficientemente para originar formas exógenas bien definidas, ni para pulir ni clasificar los materiales volcánicos.

Por esta situación, ya que no son formas originales volcánicas, ni tampoco estrictamente exógenas, las consideramos como intermedias entre las dos. Se presentan a manera de franjas estrechas al pie de algunas elevaciones montañosas jóvenes. Esto se reconoce especialmente hacia la parte central del mapa en su extremo sur, al oriente de la población de

## Acayuca.

f) Acumulaciones antrópicas. Son aquellas originadas por la acción del hombre, son lo que se conoce en México como los ja les que se representan en el mapa 1: 50 000. En un mapa de escala más grande, por ejemplo a la escala 1: 10 000 con más detalle de curvas de nivel, quedarían como un microrelieve de elevaciones a manera de lomas que se levantan sobre una plani cie. Se han producido por acumulaciones de los residuos que han resultado del procesamiento de los minerales y se localizan en lo que en otra época fueron las haciendas de beneficio.

Se aprecian al suroriente de la ciudad de Pachuca. Consisten en partículas del tamaño de las arenas. Pero estas lo más han vuelto a ser alteradas por la acción del hombre. Dadas las condiciones de desarrollo tecnológico, estos depósitos vuelven a ser procesados.

Sobre estos jales hay datos muy interesantes que proporciona Modesto Bargalló (1955): "En 1595 Bartolomé de Medina, originario de Sevilla, en la mina de La Purísima Grande de Pa chuca, ensayó e inventó, su célebre método de amalgamación de las menas de plata, conocido como beneficio de patio o por pa tio. Este método era menos costoso que el de fundición y se obtenía mayor cantidad de plata, consistía en la trituración del mineral en arrastres hasta un lodo fino llevado a patios pavimentados con lajas en donde se drenaba hasta la consisten

cia deseada, y se extendía en enormes "tortas" circulares con menos de 30 cm de espesor, las cuales se rociaban con mercurio o azogue. La preparación para la amalgamación consistía en mezclar los minerales pulverizados con sal, sulfato de cobre y mercurio. Como resultado la mayor parte de la plata se separa de sus combinaciones sulfuradas y se disuelven en mercurio, amalgamándose. Para que el mercurio entrara en contacto con la plata y los reactivos químicos, se pisaba en un principio por los indios descalzos que posteriormente fueron sustituidos por caballos; este sistema duró 350 años hasta el advenimiento de la cianuración". \*

Las formas tecnógenas o antrópicas contrarias serían las formas negativas, resultado de las excavaciones, que si bien representan extensiones y volúmenes extraordinarios, son subterráneas en su totalidad.

El mapa geomorfológico viene a ser complemento con algunos elementos como los que se menciona a continuación:

a) Circos de erosión. Son las cabeceras de los barrancos y de los valles erosivos que representan el límite de avance de la erosión remontante. Son formas con aspecto de circo o

\* Bargalló Modesto. LA MINERIA Y LA METALURGIA EN LA AMERICA ESPAÑOLA DURANTE LA EPOCA COLONIAL. F.C.E. México, 1955.

anfiteatro, donde se desarrollan varias escorrentias, a veces dos, tres o más, de poca extensión, que inciden en un canal principal. Aquí se llevan a cabo los ecurrimientos que no son muy significativos, pero en cambio, hay también un intemperismo muy fuerte y procesos gravitacionales que contribuyen al crecimiento del circo de erosión. Estos circos de erosión están ampliamente representados en las montañas de la zona en estudio. Sin embargo, no todos se han señalado en el mapa geomorfológico, por la necesidad de representar una gran cantidad de formas. Se pueden inferir por las cabeceras de las corrientes y la posición arqueada (concava) de los parteaguas que forman el anfiteatro.

b) Escarpes. Igual que en el caso anterior no han sido señalados todos los escarpes existentes, puesto que tienen un desarrollo extraordinariamente amplio.

Los escarpes de lava se originan simultáneamente con el enfriamiento del magma. Un caso frecuente es cuando se forma una colada de lava con una superficie suave, inclinada o plana formando mesas, y hacia las márgenes paredes verticales.

Los escarpes erosivos son otro tipo muy común. Se originan por la acción de la erosión fluvial y/o los procesos gravitacionales. Aunque, frecuentemente se desarrollan a lo largo de contactos litológicos, fracturas y fallas.

Durante el trabajo de fotointerpretación geomorfológica se reconoció una gran cantidad de fracturas y son notables -- los sistemas de orientación hacia el noroeste y su correspon-- diente hacia el noreste. No se han señalado en el mapa por -- las dificultades para su presentación, y para darle prioridad a las formas del relieve. Su expresión es muy clara en la -- sierra, no así en el resto de la zona, donde aparentemente en su mayor parte quedan ocultas por las acumulaciones volcáni-- cas y las de tipo exógeno.

En este mapa geomorfológico no sólo tenemos una relación de formas definidas por su génesis, y su geometría, sino también muchos procesos exógenos actuales, algunos de los cuales son de gran importancia, vamos a mencionar algunos:

1. Erosión fluvial. O sea, el escurrimiento que tiene un -- gran desarrollo en la Sierra de Pachuaca, donde los valles es-- tán en proceso de disección en sentido vertical y lateral. -- Hacia el pie de la Sierra de Pachuca tienen desarrollo proce-- sos de acumulación y gravitacionales. Esto es muy importante hacia el noroeste de la ciudad capital. Por la importancia -- que tienen se observaron con cuidado en las fotografías ~~de~~ -- aéreas y posteriormente directamente en el campo, se trata de circos de erosión activos.

Estos circos de erosión están constituidos por rocas muy

alteradas, donde una fuerte precipitación pluvial arranca una gran cantidad de materiales y los deposita hacia la base, de tal manera que los dos abanicos más próximos a la ciudad de Pachuca; se encuentran activos en proceso de crecimiento. Esto aparentemente no ha sido considerado suficientemente, ya que aquí se han construido obras urbanas, una unidad habitacional. Aparentemente se han tomado las medidas precautorias, se han hecho desviaciones del canal principal que lleva las aguas en dirección opuesta a las construcciones.

Precisamente en la ciudad de Pachuca se conoce un caso de inundación cuando la presa que se localiza al norte, almacenando las aguas del río del mismo nombre, se rompió provocando una catastrófica inundación de la ciudad. Por lo que se ha observado en toda la zona, la geomorfología tiene una relación estrecha con problemas como las asentamientos humanos. Se trata de estos dos conos de deyección que hemos mencionado, donde hay procesos exógenos activos, habiendo un verdadero riesgo, y sobre ellos se están edificando construcciones.

Estos son los procesos más importantes que tenemos en esta zona, los procesos erosivos, los procesos gravitacionales y sus acumulaciones correspondientes. Las de tipo fluvial no son de un significado muy grande. Las aguas de muchos arroyos han sido canalizadas, aprovechadas por obras hidráulicas.

licas.

## CONCLUSIONES

A lo largo de este trabajo se ha expuesto un análisis geomorfológico del extremo norte de la cuenca de México y zonas contiguas. Se han aplicado métodos geomorfológicos que han permitido obtener una información original como la carta geomorfológica y la de pendientes. La correcta interpretación de éstas, y su correlación con otras cartas (climática, edafológica, geológica, etc.) permite resolver una serie de problemas diversos relacionados con los asentamientos humanos, el uso del suelo, el aprovechamiento de los recursos hídricos y forestales, entre los más importantes.

Las diversas pendientes del terreno son un elemento fundamental en los estudios de planificación agrícola, geotecnia, erosión del suelo y otros. Por esto, el mapa de pendientes elaborado, estamos seguras que puede ser de utilidad a diversos especialistas.

El mapa geomorfológico presenta una variada información sobre las formas del relieve, clasificadas en función de los procesos que les dieron origen. En este se pueden señalar algunos procesos importantes por la influencia que ejercen sobre asentamientos humanos, como los conos de deyección activos, situados al occidente de la ciudad de Pachuca.

Se han considerado también, la erosión fluvial (en planta, cuantificando la densidad de las formas erosivas elementales, los talwegs; en perfil, calculando el corte vertical por erosión). Además de la

estimación del proceso de disección del relieve, se considera simultáneamente a las corrientes superficiales y se definen las zonas de su mayor concentración.

Los mapas que hemos expuesto no deben interpretarse en forma aislada, sino en relación estrecha, tomando la información útil de cada uno para resolver un problema dado.

Ya que no encontramos antecedentes de estudios geomorfológicos en esta zona del norte de la cuenca de México, nuestro trabajo se limita a presentar una información básica, preliminar que puede ampliarse gradualmente con estudios más detallados, u orientados a resolver algún problema determinado.

La zona que ha sido estudiada presenta una gran variedad de condiciones orográfico-climáticas. Se observan la planicie de altiplano, las elevaciones aisladas o en pequeños grupos y el conjunto montañoso rico en bosques.

Los yacimientos minerales de Pachuca y de las poblaciones cercanas de El Chico y Real del Monte han sido fuente de riqueza desde la segunda mitad del siglo XVI y su explotación continúa hasta nuestros días.

La Sierra de Pachuca es una importante zona de recarga acuífera. El escurrimiento hacia el sur (cuenca de México) a-

limenta a la ciudad principalmente y recarga los mantos subterráneos. Por esto es importante la actividad agrícola en la planicie de nivel de base.

El aprovechamiento de los recursos naturales ha sido mucho más racional en esta porción norte de la cuenca de México, que en el sur, por ejemplo. Los bosques han sido respetados (parcialmente pertenecen a un parque nacional) y el desarrollo urbano no ha sido tan desproporcionado como en la ciudad de México.

Otra cuestión importante de señalar es el volcanismo como proceso activo en el Pleistoceno y Holoceno. En la zona cartografiada son escasos los volcanes jóvenes, tal vez sea esta una de las porciones de menor actividad volcánica de la cuenca de México, contrastando notablemente con el sur (Sierra -- Chichinautzin) y nororiente (Cd. Sahagún-Tlaxco) y el centro (Texcoco), donde se observan numerosos volcanes jóvenes.

Con este breve estudio geomorfológico sobre el extremo norte de la cuenca de México y porciones contiguas, pretendemos contribuir al mejor conocimiento de esta parte del territorio nacional.

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

- Aguilera, J.G., EL MINERAL DE PACHUCA. Instituto Geológico de México, 1897.
- Aguilera, J.G. y Ordoñez E., GEOLOGIA GENERAL DE LA SIERRA DE PACHUCA. Instituto de Geología, México 1897.
- Bargalló, M., LA MINERIA Y LA METALURGIA EN LA AMERICA ESPAÑOLA DURANTE LA EPOCA COLONIAL. Fondo de Cultura Económica, México, 1955.
- Bateman, A.M., ECONOMIC MINERAL DEPOSITS, 2ª Edición. John Wiley & Sons, Inc. , Nueva York, 1950.
- Belousov, V., GEOLOGIA ESTRUCTURAL. 2ª Edición, Editorial Mir, Moscú 1979.
- Bloom A.L., LA SUPERFICIE DE LA TIERRA. Editorial Omega, Barcelona -- 1974.
- BOLETIN MINERO. Organó del departamento de minas, Secretaría de Industria, Comercio y Trabajo. Tomo XIX. Número 1; México, - enero 1924.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. EL REDESCUBRIMIENTO DE LA / TIERRA. México, 1982.

Derruau, M., GEOMORFOLOGIA. Editorial Ariel, 2ª Edición, Barcelona, 1978.

Derruau, M., LES FORMES DU RELIEF TERRESTRE. Editorial MASSON, Paris -  
1979.

Fairbridge R. W., THE ENCYCLOPEDIA OF GEOMORPHOLOGY. Editorial Reinjold -  
Book Corporation, USA., 1968.

ESTUDIO SOCIOECONOMICO DEL ESTADO DE HIDALGO. Serie de Asentamientos Hum-  
anos y Obras Públicas. Estado de Hidalgo, 1977.

Fries, G., S., B. y W., GEOLOGIA Y YACIMIENTOS MINERALES DEL DISTRITO MI-  
NERALES DEL DISTRITO DE PACHUCA - REAL DEL MONTE, ESTADO  
DE HIDALGO? MEXICO., Consejo de Recursos Naturales no Re-  
novables. México, D.F., 1963.

Geyne, A.R., LAS ROCAS VOLCANICAS Y LOS YACIMIENTOS ARGENTIFEROS DEL --  
DISTRITO MINERO DE PACHUCA Y REAL DEL MONTE, ESTADO DE HI-  
DALGO., Congreso Geológico, 20ª edición, México, 1956.

Kostenko, N.P., GEOMORFOLOGIA ESTRUCTURAL. Instituto de Geografía de la  
UNAM., México - Moscú. 1975.

Lugo, H.J., LA DISECCIÓN DEL RELIEVE EN LA PORCIÓN CENTRO-ORIENTAL DEL  
SISTEMA VOLCANICO TRANSVERSAL. Boletín No. 11, pp. 7 - 19  
Instituto de Geografía, UNAM. , México, 1981.

Melendez - Fuster, GEOLOGIA. Ed. Paraninfo, S.A., 4ª edición, Madrid -  
1978.

PLAN ESTATAL DE DESARROLLO URBANO - HIDALGO., Proyecto 1 nivel normativo.  
Gobierno del Estado de Hidalgo. 1980.

PLAN ESTATAL DE DESARROLLO URBANO - HIDALGO., Proyecto II nivel estratégico  
co. Gobierno del Estado de Hidalgo. 1980.

Read, H.H. y W.J. INTRODUCCION A LA GEOLOGIA., Ed. Alhambra, 3ª reim-  
presión, Londres, 1978.

Strahler, A.N. y S, A.H., MODERN: PHYSICAL GEOGRAPHY, John Wiley & Sons,  
New York, 1978.

Sydney P. C., Jr., LA ESTRUCTURA DE LA TIERRA., Ediciones Omega, S.A., --  
Barcelona, 1975.

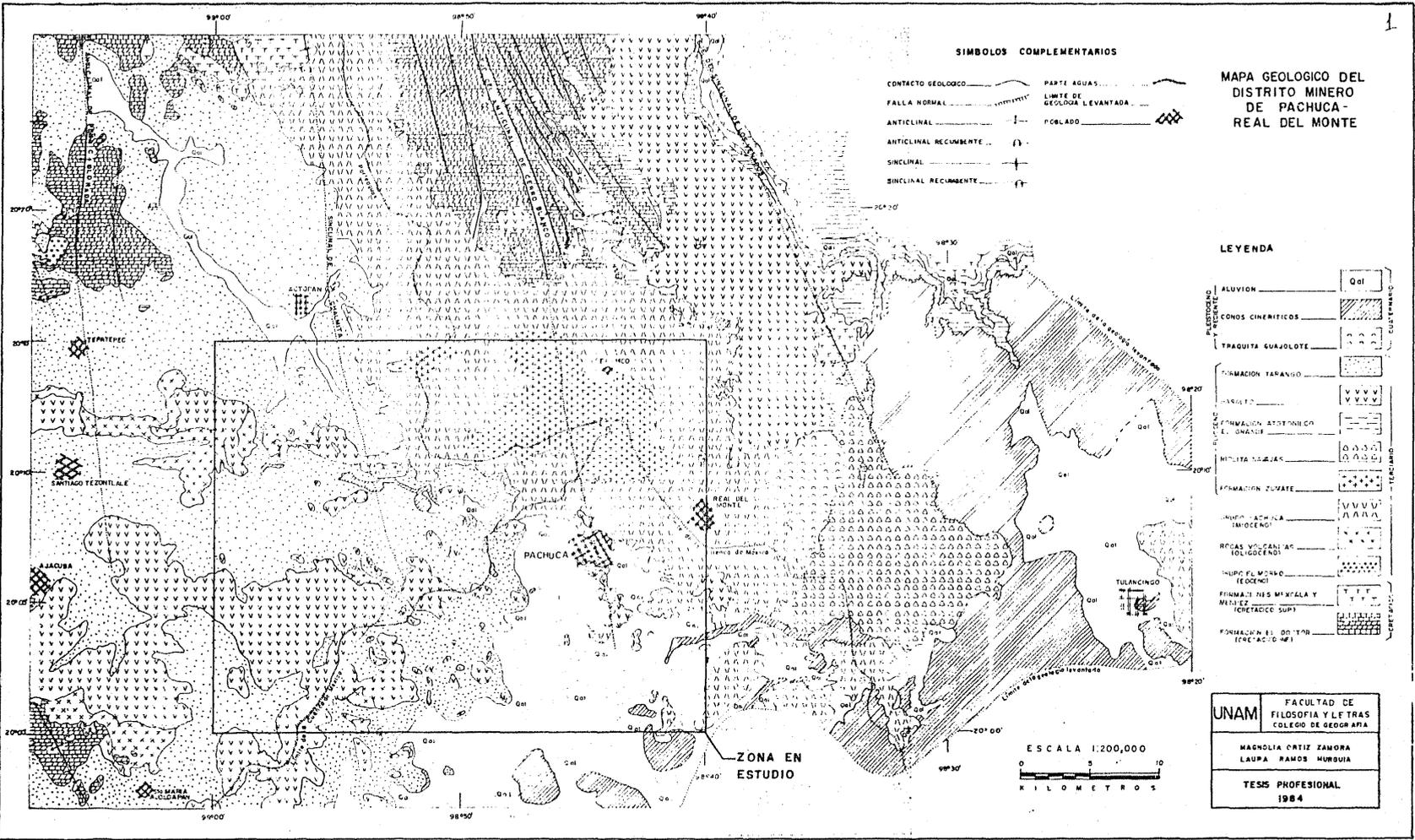
Todd, D.K., GROUND WATER, HIDROLOGY., John Wiley & Sons, Inc. New York,  
1963.

Tricart, J. LA EPIDERMIS DE LA TIERRA., Nueva Colección Labor.

Worcester, P.G., A TEXTBOOK OF GEOMORPHOLOGY., D. Van Nostrand  
2ª EDICIÓN? New York, 1953.



FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS  
COLEGIO DE GEOGRAFIA



**SÍMBOLOS COMPLEMENTARIOS**

- CONTACTO GEOLÓGICO
- FALLA NORMAL
- ANTICLINAL
- ANTICLINAL RECURRENTE
- SINCLINAL
- SINCLINAL RECURRENTE
- PORTE AGUAS
- LÍMITE DE GEOLOGÍA LEVANTADA
- POBLADO

**MAPA GEOLOGICO DEL DISTRITO MINERO DE PACHUCA-REAL DEL MONTE**

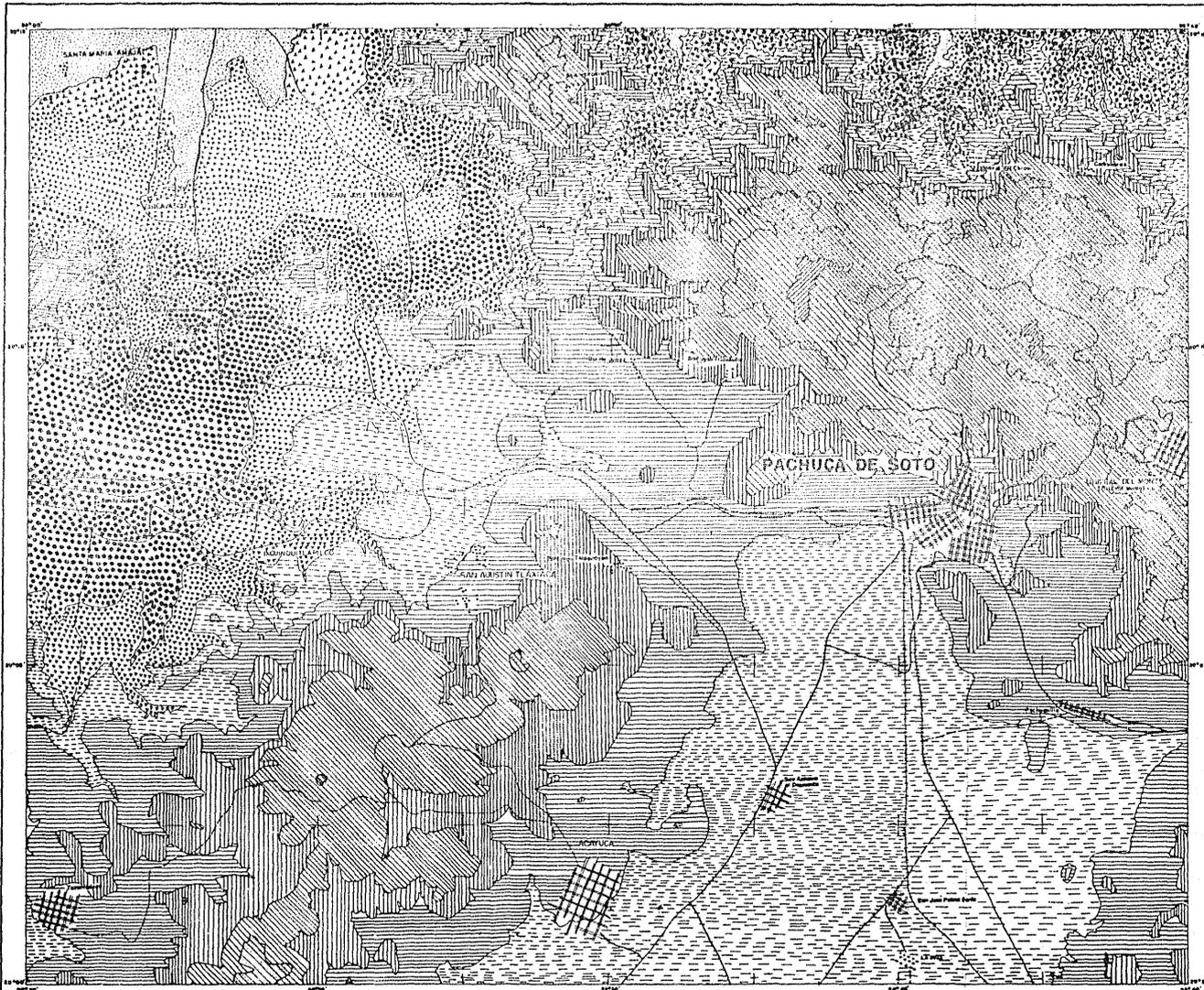
**LEYENDA**

- ALUVION Qol
- CONOS CHERIFOTOS
- TRAGUITA GUARAJOTE
- FORMACION TARASCO
- GRANITO
- FORMACION SIDERITICA E. SMANIS
- MILITA ROSALES
- FORMACION ZUMATE
- GRANITO SICHUA (MIOCENO)
- ROCAS VULCANICAS TOLUQUEÑAS
- GRANITO EL MANSO (EOCENO)
- FORMACIONES MIXTALA Y MELIPE (CRETACICO SUP.)
- FORMACION EL DO-TON (CRETACICO INF.)

**ZONA EN ESTUDIO**

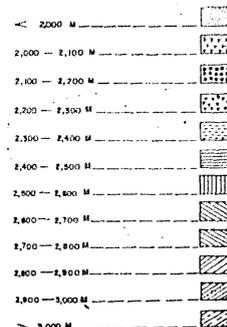
ESCALA 1:200,000  
  
 KILOMETROS

<b>UNAM</b>	FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS COLEGIO DE GEOGRAFIA
	MAGNOLIA ORTIZ ZAMORA LAURA RAMOS MURQUIA
	TESIS PROFESIONAL 1984

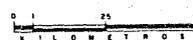


MAPA ALTIMETRICO DEL NORTE DE LA CUENCA DE MEXICO Y ZONAS ADYACENTES.

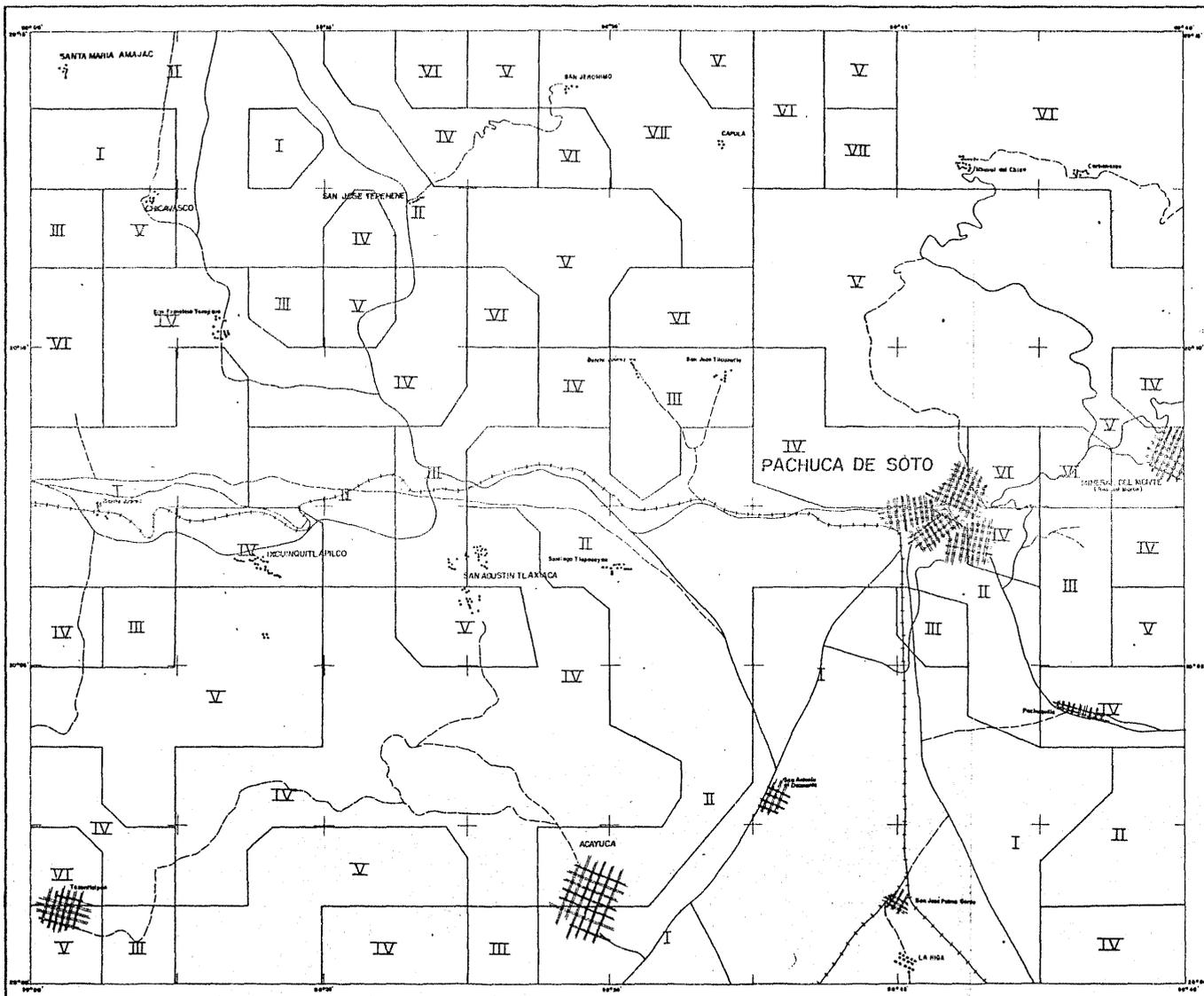
### LEYENDA



ESCALA 1:50,000



<b>UNAM</b>	FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS COLEGIO DE GEOGRAFIA
	MAGNOLIA ORTIZ ZAMORA LAURA RAMOS MURGUIA
TESIS PROFESIONAL 1984	



MAPA DE PROFUNDIDAD DE DISECCION O EROSION, DEL NORTE DE LA CUENCA DE MEXICO Y ZONAS ADYACENTES.

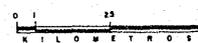
**LEYENDA**

CATEGORIAS

CERD	I
< 20 M	II
20 - 40 M	III
40 - 100 M	IV
100 - 200 M	V
200 - 500 M	VI
> 500 M	VII

VALORES DE MAXIMA PROFUNDIDAD EN METROS

ESCALA 1:50.000

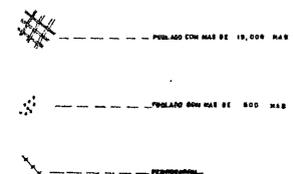


UNAM	FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS COLEGIO DE GEOGRAFIA
	MAGNOLIA ORTIZ ZAMORA LAURA RAMOS MURGUIA
TESIS PROFESIONAL 1984	

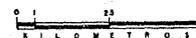
MAPA DE DENSIDAD DE TALVEGS  
DEL NORTE DE LA CUENCA DE  
MEXICO Y ZONAS ADYACENTES.

LEYENDA

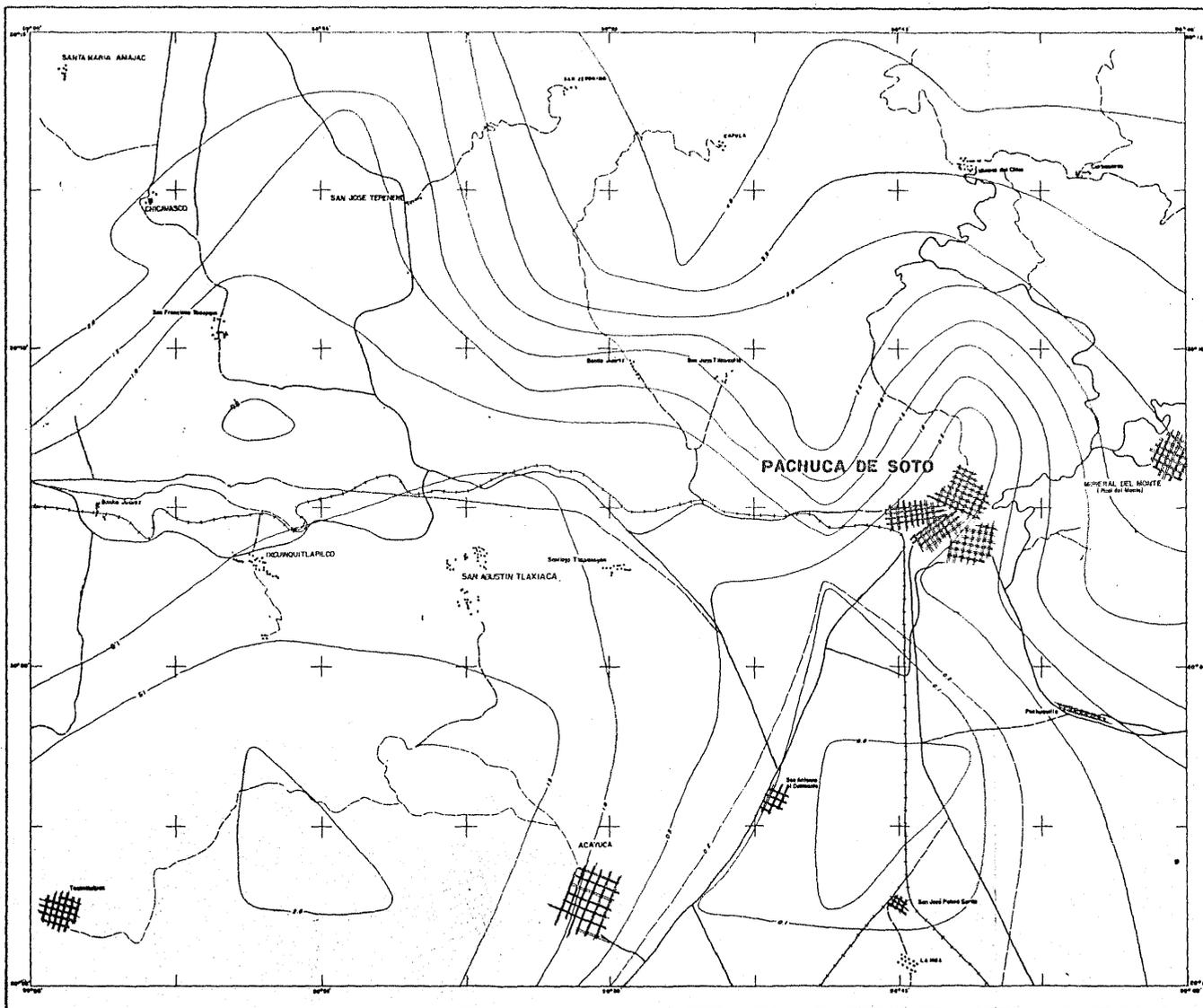
LAS LINEAS REPRESENTAN VALORES MEDIO DE LONGITUD DE TALVEGS  
(Mts POR UNIDAD DE SUPERFICIE (LTA))



ESCALA 1:50,000



UNAM	FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS COLEGIO DE GEOGRAFIA
	MAGNOLIA ORTIZ ZAMORA LAURA RAMOS MURGUIA
	TESIS PROFESIONAL 1984





MAPA DE PENDIENTES  
DEL RELIEVE DEL NORTE  
DE LA CUENCA DE MEXICO  
Y ZONAS ADYACENTES

HOJA PACHUCA  
1:50,000

LEYENDA

- PENDIENTE:
- > 0.5° a 1.5°
  - > 1.5° a 3.0°
  - > 3.0° a 6.0°
  - > 6.0° a 15.0°
  - > 15.0° a 25.0°
  - > 25.0° a 35.0°
  - > 35.0°

SÍMBOLOS COMPLEMENTARIOS  
CAMBIOS Y CARRETERAS

ESCALA 1:50,000



LOCALIZACIÓN DE HOJA PACHUCA



UNAM	FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
	COLEGIO DE GEOGRAFIA
MARGOLIA ORTIZ ZAMORA LAURA RAMOS MURBUJA	
TESIS PROFESIONAL 1984	

SANTA MARIA AMAJAC

SAN JOSE  
TEPEHEHE

CHICAVASCO

ACAYUCA

SAN AGUSTIN  
TLAXIACA

PACHUCA  
DE SOTO

ACAYUCA

MINERAL DEL  
MONTE

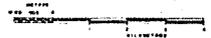
MAPA GEOMORFOLOGICO  
DEL NORTE DE LA  
CUENCA DE MEXICO Y  
ZONAS ADYACENTES

HOJA PACHUCA  
1:50,000

LEYENDA

- PUNTO ENDEUDO
- VOLCANICO - ACUMULATIVO
- VOLCANES CUATERNARIOS CON BEAL
- VOLCANES CUATERNARIOS CON BEAL
- COLADA DE LAVAS DEL CUATERNARIO
- CUBIERTAS DE MATERIAL PROCLUSTICO DEL TERCIARIO
- SUPERFICIE DE MATERIAL PROCLUSTICO DEL TERCIARIO
- RELIEVE ENCLAVADO-MODELADO
- VOLCANICO - SEDIMENTARIO
- ALERCHONES VOLCANICOS DEL TERTIARIO Y CUATERNARIO CON PUENTE MODELADO
- LACERAS MONTAÑAS DE ORDEN VOLCANICO DEL TERTIARIO CON PUENTE MODELADO
- LACERAS MONTAÑAS DE VOLCANES, CON MODELADO EN ETAPA RECIENTE
- SUPERFICIE DE MATERIAL PROCLUSTICO CON BRONCA ENDA
- RELIEVE ESCARSO Y DENUDADO
- PROCESO FLUVIAL FONDO DE VALLES MONTAÑOSOS Y BARRANCOS FORMADOS POR LAS CORRIENTES FLUVIALES
- DENDRICO-LACERAS DE DESLIZAMIENTO
- ACUMULATIVO
- VOLCANICO - PLACAS ORIGINADAS POR DEPOSITOS DE CORRIENTES FLUVIALES
- FLUVIAL MANTOS DE ACUMULACION DE PIEDRONTES, CERRILLOS Y MONTAÑAS
- COLUMNALES DEPOSITOS ORIGINADOS POR CORRIENTES DE LODO
- PROCLUSTICO CONOS DE DEBECCON FORMADOS ORIGINADOS POR LAS CORRIENTES MONTAÑOSAS
- FLUVIAL-VOLCANICO MANTOS DE ACUMULACION EN PIE DE LAS ESTRUCTURAS VOLCANICAS TERCIARIAS CON BEAL DESARROLLADO
- TERCIARIO ACUMULACION DE MANTOS (GUALES) RESIDUALES DE EXTRACCIONES SUBTERRANEAS
- TENDIDOS COMPLEMENTARIOS
- LINDO DE ENDEUDO
- ESCARPE
- HORIZONTAL PRINCIPAL DE LA CUENCA DE MEXICO
- HORIZONTAL SECUNDARIAS

ESCALA 1:50,000



UNAM	FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
	COLEGIO DE GEOGRAFIA
MAGNOLIA ORTIZ ZAMORA LAURA RAMOS MURQUHA	
TESIS PROFESIONAL 1964	