



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS

Estudio Geomorfológico del Municipio de Huasca de Ocampo, Hidalgo.

SECRETARIA DE ASUNTOS ESCOLARES

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el título de: LICENCIADO EN GEOGRAFIA Presentan:

Vianey Campuzano Paniagua y Laura Luna González



FALLA DE ORIGEN

México, D. F.

FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS COLEGIO DE GEOGRAFIA 1989



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

INTRODUCCION	1
1. MARCO GEOGRAFICO GENERAL	9
2. MARCO GEOLOGICO	15
2.1 Estratigrafia	16
2.1.1 MESOZOICO	16
2.1.2 CENOZOICO	17
- Mioceno	
- Plioceno	
- Cuaternario	
2.2 Tectonica	26
2.3 Historia Geologica	32
3. GEOMORFOLOGIA	36
3.1 Mapa de Zonalidad Geomorfoloica	39
- Sierras	
- Barranca	
- Meseta	
3.2 Mapa Geomorfoloico	43
3.2.1 ELEMENTOS DE CLASIFICACION DE LAS UNIDADES DEL TERRENO	43
- Litologia	
- Pendiente	
- Amplitud del relieve	
- Densidad del drenaje	
- Patron de drenaje	
- Forma del valle	
- Suelo	
- Uso de suelo y Vegetacion	
3.2.2 CLASIFICACION DE LAS UNIDADES DEL TERRENO POR SU ORIGEN	46
- UNIDADES DE ORIGEN ESTRUCTURAL-MODELADO (D)	47
- Sierras de origen volcanico con disecion alta (DSv1)	
- Sierras de origen volcanico con disecion baja (DSv2)	
- Sierra de plegamiento (DSp)	
- Piedemonte (DSpu)	

- Planicie aluvial (DBP)	
- Laderas con modelado erosivo (DBL)	
- UNIDADES DE ORIGEN ESTRUCTURAL (E)	62
- Meseta de lava con disección alta (EM1)	
- Meseta de lava con disección baja (EM2)	
- Conos piroclásticos (EMc)	
- Planicies aluviales (ENP)	

CONCLUSIONES	70
--------------	----

BIBLIOGRAFIA	73
--------------	----

INTRODUCCION

Este trabajo forma parte del proyecto designado "Destrucción de tierras en el municipio de Huasca de Ocampo, Hidalgo" que se realiza en el Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México, cuyos objetivos son la evaluación del problema de la erosión de suelos, sus causas y sus consecuencias; asimismo, la realización de un inventario de la erosión en el municipio y el desarrollo de modelos experimentales tendientes a detener el avance de la erosión, por un lado, y modelos experimentales enfocados a conseguir la regeneración de los suelos erosionados, por el otro.

A su vez, dicho proyecto pertenece a un trabajo de mayores alcances intitulado "Diagnóstico geográfico para el aprovechamiento de los recursos naturales del municipio de Huasca de Ocampo, Hidalgo", en el cual colaboran el Instituto de Geografía y el Colegio de Geografía de la UNAM.

El objetivo general de este trabajo es analizar las condiciones y las características de los recursos naturales y humanos del municipio para proponer alternativas de desarrollo con base en el aprovechamiento óptimo y prolongado de los mismos. Está integrado por

diferentes estudios como son: erosión de suelos, clasificación de suelos, análisis del potencial hidrológico, análisis agroclimático, análisis socioeconómico y, por último, aprovechamiento de los recursos turísticos.

Con base en lo anterior, se considera importante contar con una cartografía general del medio natural como herramienta útil de trabajo, que presente un conocimiento objetivo y sintetizado de un espacio expresado gráficamente, y apoye y complemente estudios más detallados como los arriba citados.

De esta manera se requiere, en el programa general de investigación, un estudio básico de referencia en relación con la geomorfología de la zona a estudiar desde el punto de vista genético.

Los estudios de geomorfología genética establecen la secuencia de desarrollo de las formas del relieve que cubren amplios periodos de duración, esto es, de miles de años a millones de años. En este tipo de estudios se consideran los factores endógenos y exógenos para reconstruir el relieve del pasado (Verstappen, 1983).

También es necesario señalar que la región de estudio queda comprendida dentro del Sistema Volcánico Transversal, donde uno de los principales problemas de orden geomorfológico generado por la intervención del hombre es la erosión acelerada del suelo, como consecuencia del alto nivel

de deforestación y de la aplicación de una agricultura carente de técnicas conservacionistas llevada a cabo en suelos derivados de la alteración de rocas volcánicas, mismos que tienden a ser altamente susceptibles a dicho proceso.

Tal problema destaca no sólo a nivel municipal, sino a nivel estatal y aun en otros estados del país que se localizan dentro del Sistema Volcánico Transversal.

Desde este punto de vista, un estudio geomorfológico general puede aportar la base de conocimientos necesarios para realizar análisis más detallados que posibiliten la solución o, al menos, el control de la erosión en tierras agrícolas.

Para el desarrollo de este estudio, con base en lo anterior, se han planteado los siguientes objetivos:

OBJETIVO GENERAL

1) Elaborar un estudio de geomorfología genética del municipio de Huasca de Ocampo, Hgo., que sirva de referencia a estudios más particulares del medio natural.

OBJETIVOS PARTICULARES

2) Elaborar la cartografía temática que permita identificar y caracterizar a las diferentes unidades del relieve del municipio.

- 3) Llevar a cabo mediciones morfométricas para caracterizar las diferentes unidades del relieve.
- 4) Elaborar un mapa geomorfológico que muestre las distintas unidades del relieve y su caracterización sinóptica general.

ANTECEDENTES

Para la realización del presente estudio se contó con algunos trabajos básicamente geográficos y geológicos, en los cuales queda comprendida la zona de estudio. Entre los geográficos se encuentra el de Pérez (1971), quien realizó un estudio general del estado de Hidalgo, y el de Cantú (1953), enfocado a la Vega de Meztitlán.

En lo referente a la geología, se obtuvo de Fries (1963) el resumen de la geología de la hoja Pachuca escala a 1:1,000 000; de Geyne et al (1963) aspectos relacionados con la estratigrafía y los yacimientos minerales de la zona de Pachuca y Real del Monte. También se consultaron los levantamientos geológicos de distintas porciones del estado de Hidalgo elaborados por Segestrom (1961 y 1962) y, de Bonet et al (1956), una excursión geológica cercana a la ciudad de Pachuca. Por último, se contó con información geológica general de López Ramos (1979).

Se dispuso de poca información geográfica sobre la zona de estudio; en un caso, información muy general de todo el estado de Hidalgo (Pérez, 1971) y, en otro, de una zona cercana al municipio en cuestión (Cantu, 1953).

En cuanto a la geológica, por un lado se contó con trabajos realizados a escalas regionales y, por el otro, dicha información no está referida directamente a la zona de estudio sino que corresponde básicamente a lugares cercanos. Es también notable la ausencia de información geomorfológica a cualquier escala.

Por lo que se refiere a la base cartográfica, únicamente se dispuso de las cartas topográficas escala 1:50,000, la hoja geológica Pachuca escala 1:250,000 de DETENAL y la hoja geológica de Pachuca escala 1:1,000,000 del Instituto de Geología de la UNAM.

Considerando, de esta manera, la escasez y la antigüedad de la información sobre la zona a la escala de trabajo (1:40,000), se requirió generar la información faltante para poder lograr los objetivos del presente estudio.

Por otra parte, existen diversos trabajos geomorfológicos desarrollados en el Instituto de Geografía de la UNAM, principal fuente de estos estudios en México, que fueron consultados para conocer la metodología aplicada en cada uno de ellos. Tales trabajos son los de Palacio (1982 y

1985), Moya y Zamorano (1983), Lugo (1984) y Valázquez (1985).

Las características más sobresalientes de dichos trabajos son: la clasificación del origen de las formas del relieve en endógeno, endógeno-modelado y exógeno; el uso de parámetros morfométricos (densidad y profundidad, y disección del relieve); así como la representación de la información geomorfológica mediante el uso de cierta simbología.

METODOLOGIA

Por lo que respecta a la metodología geomorfológica escogida para este trabajo, se optó por utilizar la del Sistema de Análisis y Clasificación del Terreno del ITC (International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences) de Holanda, la cual se basa en cuatro principios que a continuación se presentan (Van Zuidam, 1985). La metodología:

- 1) puede aplicarse a estudios de varias disciplinas,
- 2) puede aplicarse a estudios de diversos niveles de detalle,
- 3) permite una clara distinción entre unidades homogéneas, basándose principalmente en la interpretación de fotografías aéreas con un mínimo de muestreo de campo, y
- 4) permite la fácil extrapolación de la información obtenida.

El análisis y la clasificación de las formas

del relieve son básicos en los estudios del terreno y se encuentran, por lo tanto, relacionados con la geomorfología (Van Zuidan, 1985).

La clasificación del terreno involucra el arreglo y la agrupación de las diferentes áreas de la superficie terrestre en una variedad de categorías (componentes de terreno, unidades y sistemas) con base en la similitud de las características de la superficie (Van Zuidan, 1985).

Según este mismo autor, la clasificación del terreno se restringe a los aspectos físicos, de tal manera que un estudio de este tipo puede servir como una base para otros estudios; por ejemplo, agricultura, ingeniería civil, meteorología, climatología, hidrología, planeación rural y urbana, etc.

Para la realización de este trabajo se utilizó la cartografía antes mencionada, básicamente topográfica y geológica, así como la interpretación de fotografías aéreas a escala 1:25,000 y trabajo de campo. La escala de trabajo fue básicamente 1:40,000, obtenida a partir de las cartas topográficas 1:50,000. Sin embargo, el mapa geomorfológico final se redujo a escala 1:75,000, mientras que el geológico, el de zonalidad geomorfológica y el de pendientes se redujeron a escala 1:150,000, los cuales se integraron en una sola hoja para facilitar su manejo.

Por ultimo, el presente estudio se dividió en tres capítulos, el primero de los cuales se refiere a las características geográficas generales. El segundo capítulo trata de la descripción geológica de la zona y se incluyen comentarios sobre la tectónica y la historia geológica. Esta información sirve de apoyo para el desarrollo del tercer capítulo sobre la geomorfología de Huasca de Ocampo, que representa la parte más importante del trabajo.

1. MARCO GEOGRAFICO GENERAL

El municipio de Huasca de Ocampo se localiza en la porción sureste del estado de Hidalgo y comprende una superficie aproximada de 390 kilómetros cuadrados. Las coordenadas extremas de dicho municipio son: 20° 06' y 20° 21' de latitud norte, y 98° 25' y 98° 40' de longitud oeste. Se encuentra aproximadamente a 30 kilómetros al noreste de la ciudad de Pachuca y limita al norte con el estado de Veracruz, al oeste con los municipios de Atotonilco El Grande y Omitlán de Juárez, al suroeste con el municipio de Epazoyucan, al sur con el municipio de Singuilucan y al este con el municipio de Acatlán (mapa topográfico, fig. b).

Esta zona se ubica cartográficamente en las hojas Carbonero Jacales (clave F14D72) y Tulancingo (F14D62) a escala 1:50,000, publicadas por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).

Como principales vías de comunicación se encuentran las siguientes: de la ciudad de México hasta Pachuca por la carretera federal México-Nuevo Laredo, en donde se continúa hacia Omitlán de Juárez por la carretera federal 105, y tres kilómetros adelante se toma la desviación a Huasca de Ocampo y a San Miguel Regla que comunica con la población de Acatlán. Este municipio cuenta con vías de

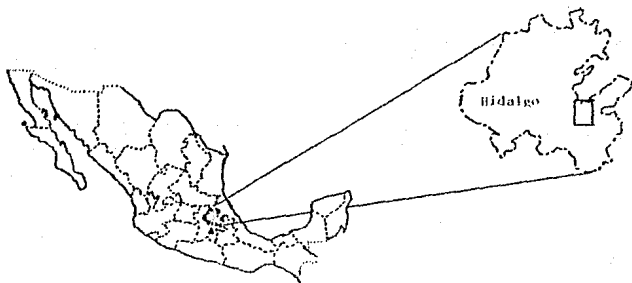


Fig. a LOCALIZACION DE LA ZONA DE ESTUDIO.

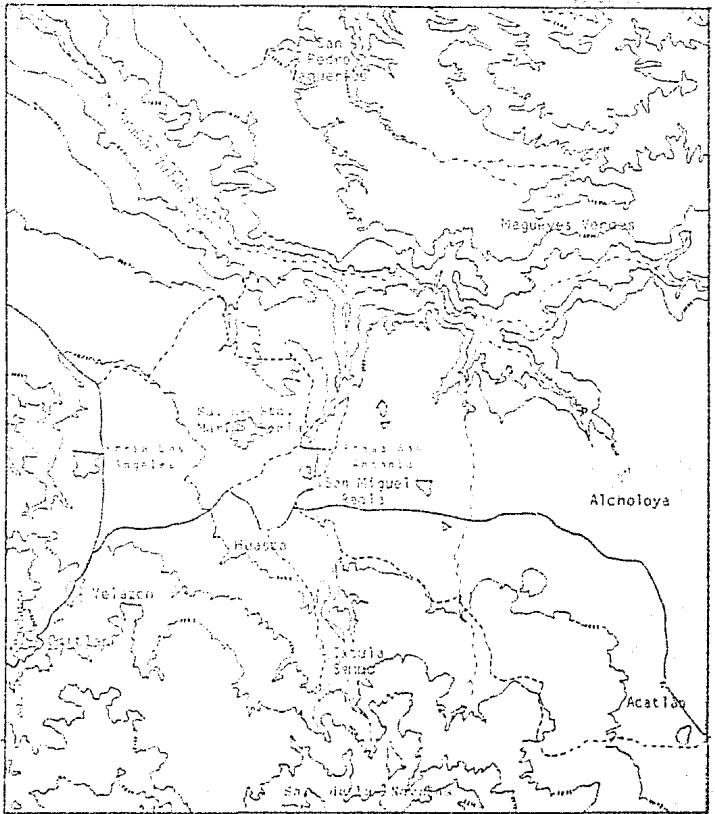


FIG. 1. MAPA TOPOGRAFICO DE
HUASCA DE CAMPO, EGO.

acceso tales como carreteras, terracerías y brechas que le permiten una buena comunicación con los demás municipios.

Entre las localidades que componen al municipio, además de la cabecera municipal Huasca de Ocampo, están: San Miguel Regla, San Bartolomé, Los Cerritos, Río Seco, Tlaxocoyucan, Bermudez, Ixtula Sembo, La Loma, Los Reyes Tepetzala, San José Cacaloapan, San José Ocotillos y Santa María Regla, entre otras (mapa topográfico).

Dentro del municipio de Huasca las rocas predominantes pertenecen al Plioceno y al Cuaternario principalmente, aunque en la barranca del río Grande Tulancingo afloran rocas sedimentarias de origen marino del Mesozoico y del Terciario Inferior.

En cuanto a las altitudes, se aprecia una marcada diferencia que va de los 1,600 metros sobre el nivel del mar como mínima hasta los 3,180 metros como máxima en toda la zona. La primera corresponde al talveg del río Grande que atraviesa la parte septentrional del municipio. Hacia el norte del río se presentan elevaciones mayores que alcanzan un máximo de 2,200 metros en la población de Magucyes Verdes. Al sur de la barranca del río nuevamente se incrementan las altitudes, presentándose inmediatamente una extensa meseta basáltica que cubre materiales preexistentes, con valores entre 2,000 y 2,300 metros aproximadamente. Continuando hacia el sur del municipio se localiza la sierra de las Navajas,

con altitudes entre 2,300 y 3,180 metros (mapa topográfico, fig. b).

Como consecuencia de las diferencias altitudinales de la región se presentan variaciones climáticas, edafológicas y de vegetación. De acuerdo con la carta de climas (escala 1:500,000) de la clasificación climática de Köppen modificada por Enriqueta García, y con los valores registrados en las estaciones meteorológicas de la zona, se registran dos tipos climáticos principales.

En primer lugar, en la porción comprendida al norte del río Grande Tulancingo predomina el clima seco estepario con régimen de lluvias de verano, precipitaciones que alcanzan hasta los 600 mm anuales y temperatura media anual oscilante entre 12 y 18°C (fig. c). Este clima seco obedece a la presencia de la Sierra Madre Oriental, que actúa como barrera meteorológica e impide así la llegada de los vientos húmedos del Golfo de México.

Hacia el sur de la barranca del río Grande, es decir el resto del municipio, el tipo climático que se presenta es el templado subhúmedo con lluvias de verano, con precipitaciones anuales aproximadas de 700 mm en la meseta y 800 mm en la parte montañosa; la temperatura media anual varía entre 14 y 16°C.

Esta variación en el clima se debe a cambios en la topografía, pero principalmente a que entre la barranca

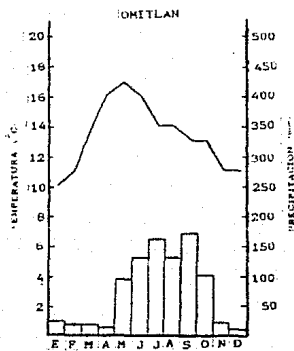
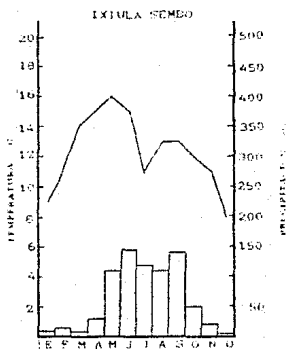
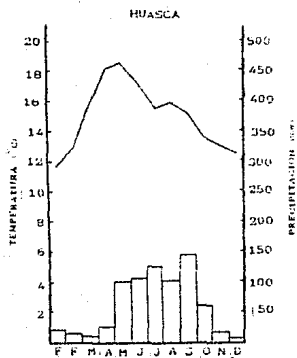


Fig. c. Climogramas del Municipio de Huasca, Hec.

y la misma sierra se presenta una diferencia altitudinal que excede los 1,000 metros (figs. b y c), así como también a que la parte montañosa es una ladera de barlovento a diferencia de la parte norte del municipio.

Los tipos de suelo de esta zona se han obtenido a partir de la carta edafológica (escala 1:250 000) de DETENAL, y se distribuyen de la siguiente manera: en las porciones montañosas predominan los suelos andosol, litosol, luvisol, feozem y regosol asociados. En general estos suelos se caracterizan por derivarse de material volcánico, por ser arcillosos, de poco espesor y ser susceptibles a la erosión debido a la topografía sobre la que yacen. En relación con la vegetación natural y el uso del suelo, se presenta la asociación de bosque de pino-encino y bosque de pino. Algunas actividades económicas importantes localmente son la explotación forestal y, en menor grado, la agricultura.

En el piedemonte de las sierras, los suelos presentes corresponden a la asociación de andosol, luvisol, vertisol, cambisol y feozem. Estos suelos también son arcillosos en una gran proporción, derivan también de material volcánico, sobre su superficie se desarrollan grietas anchas y profundas en época de sequía y durante la época de lluvias presentan problemas de inundación y mal drenaje; asimismo, se erosionan con facilidad incluso cuando se encuentran en pendientes ligeras. La vegetación natural

corresponde a bosque de encino principalmente, aunque las tierras agrícolas predominan en la mayor parte de la zona. Sin embargo, un problema que es necesario señalar es la presencia de erosión en cárcavas (Romero, en proceso), mismo que está destruyendo grandes extensiones de tierras cultivables.

Por otro lado, los suelos de la meseta son asociaciones de feozem, luvisol, vertisol, planosol, regosol y litosol. Algunos de ellos son poco profundos y arcillosos; otros se caracterizan por ser duros y formar grietas superficiales, así como por su impermeabilidad. Estos suelos mantienen casi exclusivamente pastizales inducidos.

Los suelos de las laderas de la barranca corresponden a vertisol, feozem, litosol y regosol asociados, mismos que presentan algunas de las características ya citadas como son poca profundidad, alto contenido de arcillas y susceptibilidad a erosionarse si se encuentran sobre pendientes fuertes. La vegetación natural que se distingue en las laderas es matorral crasicaule, es decir, cardonales, nopaleras y chollales.

Finalmente, el suelo que se presenta en la planicie de inundación se conoce como fluvisol y esta formado por material acarreado por el agua; además presenta capas alternadas de arena, arcilla y grava.

Los recursos hidrológicos con que cuenta la

zona de estudio no son muy abundantes (debido a las características climáticas ya citadas), y únicamente el río Izatla, cuya cabecera y desembocadura son el cerro de Las Navajas y la presa de San Antonio Regla respectivamente, mantiene su curso todo el año; así como también el río Grande Tulancingo, localizado en la parte septentrional y que pertenece a la cuenca de la laguna de Mezquitlán al noroeste de Huasca.

La región cuenta con abundantes arroyos intermitentes, sobre todo en la sierra, los cuales son afluentes de los ríos arriba mencionados. Para aprovechar estas corrientes intermitentes se han construido varias presas y bordos. Las presas más importantes son las de San Antonio Regla y La Luz.

En relación con las actividades económicas, es importante señalar que recientemente se ha introducido la actividad piscícola en dos localidades de la zona. La más importante corresponde a San Miguel Regla, en donde se aprovechan las aguas de los manantiales allí existentes para la cría de truchas y, por otro lado, las aguas del arroyo Agua Dulce, afluente del río Izatla cerca de la localidad de Ixtula Sembo; asimismo, existen algunas canteras en explotación, localizadas hacia el norte de la sierra de las Navajas, cuyo material extraído se utiliza en la construcción a nivel local.

2. MARCO GEOLOGICO

Para realizar un análisis geomorfológico es indispensable apoyarse en la información geológica; esto es, conocer la naturaleza de las rocas (litología), su edad y secuencia de formación (estratigrafía), los procesos endógenos (tectonismo) que las han afectado, así como los que continúan afectándolas y, por último, la distribución geográfica de dichas rocas y de los elementos tectónicos.

Considerando que este estudio es de carácter genético, la base geológica adquiere mayor importancia, ya que el origen y la evolución de las formas del relieve son los aspectos fundamentales de análisis.

La información geológica utilizada como apoyo es de diferentes autores y se encuentra, en su mayor parte, a escala regional, por lo que se ha tratado de conjuntar los diversos criterios, principalmente en cuanto a tectónica. En este tema sobresalen los trabajos de Demant (1976 y 1978), Demant *et al* (1975) y Mooser (1972 y 1975), aunque en algunos puntos divergen entre sí. Por lo que se refiere a la estratigrafía y a la historia geológica se cuenta con los trabajos de Geyne *et al* (1963), en el que se basa fundamentalmente el presente estudio, así como Segerstrom (1956 y 1961), Fries (1963) y López Ramos (1979).

2.1 ESTRATIGRAFIA

2.1.1 MESOZOICO

El grupo de rocas más antiguo de la zona de estudio aflora en una pequeña porción de las laderas de la barranca del río Grande Tulancingo, esto es, al noreste del municipio. Esta formación se conoce con el nombre de El Doctor (Kid).

Se trata de roca caliza de origen marino, perteneciente al Cretácico Temprano; su color es gris y varía de claro a oscuro; se presenta en estratos gruesos plegados; su principal componente es la calcarenita de grano fino y contiene intercalaciones de dolomita (Geyne *et al.*, 1963). En la parte superior de la unidad se encuentran abundantes fósiles tales como los foraminíferos, gasterópodos y pelecípodos; contiene además numerosas partículas, nódulos y lentes de pedernal localmente interdigitados. Se considera que su espesor máximo es de 1,000 metros aproximadamente (Bodenlos, 1956). Aunque su área de afloramiento es poco significativa, esta unidad litológica subyace a las formaciones volcánicas posteriores en toda el área de estudio (Geyne *et al.*, 1963).

En el resto de las laderas de la barranca del

río Grande, dentro de la parte correspondiente al municipio, así como en la barranca de San Antonio Regla y en las elevaciones que conforman la pequeña sierra de Santa María Regla, aflora la Formación Mexcala-Hénder (Ksm) que pertenece al Cretácico Tardío, la cual sobreyace discordantemente a la Formación El Doctor (Geyne et al, 1963). Está compuesta por lutita y arenisca interestratificada de origen marino; se encuentra fuertemente plegada en capas que varían de delgadas a medianas; su color es gris aunque a la intemperie se torna en colores amarillentos y parduzcos (Fries, 1963). Su composición no es homogénea, ya que en la parte superior se presentan pequeñas cantidades de conglomerado de grano fino, en tanto que las capas inferiores son altamente calcáreas. Debido a los intensos procesos erosivos posteriores a los plegamientos, se desconoce el espesor original de esta formación (Geyne et al, 1963).

2.1.2 CENOZOICO

Posteriormente a la depositación de las rocas cretácicas, se presentan movimientos tectónicos de levantamiento acompañados de plegamiento y fallamiento en bloques, seguidos por una intensa actividad erosiva, la cual dió origen a la sucesión clástica no marina de conglomerado

calcáreo bien consolidado en ciertas depresiones durante el Eoceno Tardío y el Oligoceno Temprano (Fries, 1962).

Las rocas volcánicas y sedimentarias más antiguas de esta Era corresponden al Grupo Pachuca (Tomp), al cual se le ha dividido en ocho formaciones por Geyne et al (1963). La mayor parte de estas formaciones están compuestas por derrames de lava, estratos de toba y brecha, y capas piroclásticas y clásticas depositadas por el agua. Se encuentran interestratificadas y sobreyacen discordantemente a las rocas cretácicas ya mencionadas (Fries, 1963).

De acuerdo a su edad, las unidades son las siguientes: Formación Santiago (Oligoceno Temprano y Medio), Formación Corteza (Oligoceno Medio), Formación Pachuca (Oligoceno Tardío y Mioceno Temprano), Formación Real del Monte (Mioceno Temprano y Medio), Formación Santa Gertrudis (Mioceno Medio), Formación Vizcaina (Mioceno Medio y Tardío), Formación Cerezo (Mioceno Tardío y Plioceno Temprano) y Formación Tezuantla (Plioceno Temprano). De estas unidades litológicas que afloran en el distrito minero Pachuca Real del Monte (sierra de Pachuca), únicamente la Formación Vizcaina se presenta en la parte suroeste del área de estudio (Geyne et al, 1963).

A estas sucesiones le siguen otras unidades terciarias más recientes, compuestas por rocas volcánicas basálticas, andesíticas y riolíticas, así como por depósitos

clásticos derivados de las rocas ígneas, y que corresponden a las formaciones Atotonilco El Grande, San Cristóbal y Riolita Navajas.

Mioceno

La Formación Vizcaina (Tomp) ocupa el área más extensa de todo el Grupo Pachuca, pero dentro de la zona estudiada solamente se encuentra en una pequeña porción a 6 kilómetros al suroeste de Huasca de Ocampo y a 8 kilómetros al oeste de este mismo poblado aproximadamente. Esta unidad pertenece al Mioceno Medio y Tardío; esta formada por derrames de lava y capas de brecha y toba, de composición andesítica y dacítica principalmente (Geyne et al, 1963).

Debido a la intensa erosión a que ha estado sujeta la sierra de Pachuca y, por consiguiente, la Formación Vizcaina, es difícil reconocer las fuentes de aprovisionamiento del material volcánico; sin embargo, de acuerdo con Geyne et al (1963) hay algunos cuerpos intrusivos en forma de embudo compuestos de perfidos dacíticos y cuarcíferos, que posiblemente fueron los centros eruptivos de esta formación volcánica.

Un ejemplo de los cuerpos intrusivos se tiene a 600 metros al oriente de Tezuantla en una elevación que alcanza los 3,000 metros de altitud, el cual tiene una longitud superficial máxima de aproximadamente 800 metros.

Este intrusivo, así como otros, se encuentra en la parte de mayor espesor de la formación, lo que indica que fueron posibles bocas volcánicas. La diferencia de composición de las rocas se debe a que este material fue el último extravasado, por lo que puede contener mayores proporciones de sílice (diferenciación magmática).

Estas rocas se encuentran profundamente alteradas y erosionadas, y en lugares cercanos a Pachuca han desaparecido por completo; no obstante, en las cercanías del poblado de Tezuantla su espesor varía entre 500 y 600 metros abajo de la superficie. La Formación Vizcaina sobreyace discordantemente a tres formaciones del Grupo Pachuca (Geyne et al., 1963).

Plioceno

Las formaciones Atotonilco El Grande (Tpg), San Cristóbal (Tpsc) y Riolita Navajas (Tpn) corresponden al Plioceno Medio y Tardío. Por lo que se refiere a la primera formación, sus áreas de afloramiento se encuentran al norte del río Grande Tulancingo, en las laderas de la barranca del mismo río y está en contacto con las rocas del Cretácico a todo lo largo del valle; también aflora en los alrededores de Huasca y San Miguel Regla y al norte de las elevaciones de rocas sedimentarias cercanas a la barranca de San Antonio Regla (Geyne et al., 1963).

Esta unidad litológica se compone de depósitos de material clástico depositado por el agua y derivado de las rocas volcánicas terciarias de la región y, en una pequeña proporción, de las rocas sedimentarias cretácicas preexistentes (Geyne et al, 1963); se encuentra localmente cubierta e intercalada con corrientes de basalto (Segerstrom, 1961). Predominan los conglomerados, las arenas y las arcillas junto con importantes intercalaciones de toba, derrames de lava basáltica (Segerstrom, 1967) y marga. Estos materiales de acarreo se depositaron sobre los valles de los actuales ríos Amajac y Grande Tulancingo (Fries, 1963). Dichos depósitos de material clástico se encuentran interdigitados localmente con las formaciones San Cristóbal y Riolita Navajas.

La Formación San Cristóbal (Tpsc) se localiza al noroeste de Huasca y tiene como límites hacia el norte la barranca del río Grande Tulancingo, al oeste y suroeste (a partir de Omitlán) la Formación Vizcaina y al este la Formación Mexcala-Méndez que aflora en las elevaciones próximas a la barranca de San Antonio Regla. Consiste en rocas de composición andesítica y basáltica. Existen dentro de la sierra de Pachuca varias áreas de afloramiento; sin embargo, la de mayor dimensión se localiza dentro del área de estudio. De acuerdo con Geyne et al (1963) este material provino de diferentes fuentes ubicadas en cada uno de los

afloramientos.

Por lo que corresponde al afloramiento mayor, su fuente de aprovisionamiento parece haber sido el punto más alto de la formación, el cual en la actualidad se localiza en el cerro El Gallo con 2,600 metros de altitud, junto con otros aparentes centros eruptivos parcialmente destruidos por erosión, aunque también es posible que parte de estas corrientes lávicas se hayan generado a través de fisuras. Esta formación descansa discordantemente sobre la Formación Vizcaína; se interdigita con las formaciones Atotonilco El Grande y Riolita Navajas y está cubierta parcialmente por la Traquita Guajolote en su parte meridional.

La siguiente unidad litológica semejante en edad a las anteriores se conoce con el nombre de Riolita Navajas (Tpn) y se distribuye en un área de afloramiento de forma casi triangular, localizada al sureste de Huasca de Ocampo. Como ya se mencionó, esta unidad se interdigita con los derrames lávicos de la San Cristóbal y con los depósitos clásticos de la Atotonilco El Grande. Está compuesta principalmente por derrames de lava riolítica, así como por capas de toba y brecha y por depósitos de nubes ardientes que se encuentran interestratificados. También es preciso señalar que se presentan intercalaciones de material volcánico epiclástico (lahares y conglomerados volcánicos). El material más abundante de esta formación corresponde a los derrames de

lava; presentan un color gris claro y su composición es silicica. Los posibles centros eruptivos se localizan cerca del cerro de Las Navajas, nombre que se le da a la sierra que constituye esta formación. El espesor máximo se encuentra en la parte más alta de la formación y se considera de aproximadamente 500 metros (Geyne *et al.*, 1963).

Cuaternario

Las rocas volcánicas y sedimentarias del Cuaternario que se presentan en la zona consisten principalmente de material extrusivo de composición traquítica, productos volcánicos basálticos y depósitos aluviales.

La unidad litológica más antigua del Cuaternario que aflora en esta zona corresponde a la Traquita Guajolote (Qg), cuya edad es específicamente del Pleistoceno Temprano. Se localiza en una sola área de afloramiento al suroeste de Huasca. Descansa en su mayor parte sobre la Riolita Navajas, es decir, al noroeste de la sierra del mismo nombre; también traslapa a la Formación San Cristóbal hacia el norte y se encuentra en relación discordante con algunas formaciones de la Sierra de Pachuca (Geyne *et al.*, 1963).

La Traquita Guajolote fue el último material de esta zona en extravasarse; es por eso que no se encuentra cubierta por ninguna otra unidad, aunque ha estado sometida a

la erosión. Esta roca se caracteriza por su color gris, su textura traquítica y por ser altamente vesicular. La fuente de origen de esta unidad se ubica en las inmediaciones del cerro Gordo, cono que en la actualidad se encuentra sumamente erosionado. El espesor correspondiente en la parte más gruesa de esta unidad (en el cerro Gordo) puede exceder los 200 metros, aunque en la parte restante del derrame tal vez no alcance ni 60 metros (Geyne et al, 1963).

Al oriente de Huasca se presenta un extenso campo de derrames de lava (Qb) de composición basáltica y andesítica, cubierto con ceniza y aluvión, en el que se localizan algunos conos piroclásticos (Geyne et al, 1963). A estas rocas pleistocénicas no se les ha dado todavía un nombre específico debido a la falta de estudios más concretos.

Estos derrames de lava (Qb) sobreyacen a la Formación Atotonilco El Grande y a la Riolita Navajas, y están en discordancia con las formaciones cretácicas. Por otro lado, se interestratifican a nivel local con material clástico tal como arena, grava, arcilla y ceniza retrabajada. Probablemente estos materiales surgieron a través de fisuras. El espesor varía altamente y de acuerdo con la altura de los conos cineríticos más grandes tal vez sobrepasa los 500 metros; a excepción de estas elevaciones, el espesor general puede ser menor de 300 metros (Geyne et al, 1963).

El material de origen más reciente en la zona es el aluvi6n (Qal) que aparece casi en su totalidad en las márgenes del río Grande Tulancingo. A lo largo de la margen meridional, principalmente, se presentan abanicos aluviales cuya formacion se ha facilitado por la debilidad característica de la lutita perteneciente a la Mexcala-Méndez que aflora en la parte inferior de la barranca. Junto con este tipo de dep6sitos se encuentran también bancos de arena en la llanura aluvial del mismo río (mapa geológico).

2.2 TECTONICA

La zona de estudio presenta una interesante complejidad en su evolución desde el punto de vista tectónico, debido a que se ubica en los límites del Sistema Volcánico Transversal con la Sierra Madre Oriental, e inclusive presenta algunos afloramientos de rocas sedimentarias cretácicas cerca de la barranca de San Antonio Regla, en la misma barranca del río Grande Tulancingo y más al norte de ésta.

En primer lugar, la Sierra Madre Oriental tiene su origen en los mares antiguos que ocupaban durante el Mesozoico las actuales porciones noreste y este de México. No se conocen con exactitud las características del basamento Precámbrico y Paleozoico sobre el que evolucionó la secuencia de rocas mesozoicas de toda esta zona; sin embargo, se cree que debió haber sido fuertemente dislocado por movimientos tectónicos (laterales y verticales) que tuvieron lugar durante la primera mitad del Mesozoico. Tales movimientos favorecieron la distribución de cuencas y plataformas que controlarían la sedimentación hacia mediados del Cretácico (Morán et al, 1984). Posteriormente, hacia el Cretácico Tardío esta zona emergió del mar, y a finales de este período las rocas marinas cretácicas y otras más antiguas fueron

fuertemente plegadas y erosionadas, continuando estos procesos aun hasta el Eoceno Tardío (Geyne et al, 1963).

La Sierra Madre Oriental se inicia, en su parte septentrional, a partir de los estados de Coahuila y Nuevo León. En este sistema montañoso "los pliegues mayores... están orientados en la dirección general nor-noroeste, aunque tienen sus variaciones locales... Los pliegues compuestos más grandes pueden describirse como anticlinorios y sinclinorios formados por grupos de pliegues sobrepuestos más pequeños. El arreglo de los pliegues refleja un sistema regional de fuerzas, en el que la fuerza principal mayor estuvo orientada en la dirección este-noreste u oeste-suroeste, mientras que la fuerza principal menor tuvo orientación prácticamente vertical (movimientos de ascenso)" (Geyne et al, 1963). Estos eventos forman parte de lo que se conoce como Revolución Laramídica.

La zona de estudio se ubica precisamente en donde se unen la Sierra Madre Oriental y el Sistema Volcánico Transversal en el estado de Hidalgo, puesto que las sucesiones volcánicas terciarias y cuaternarias sobreyacen a estratos sedimentarios cretácicos afectados por los mismos procesos que dieron origen a la Sierra Madre Oriental.

En relación con el Sistema Volcánico, existe controversia entre distintos autores para explicar su origen. Sin embargo, la mayoría coincide en que la actividad

volcánica se debe principalmente a la desintegración termal de la corteza marina como consecuencia del constante proceso de subducción de la Placa de Cocos debajo del continente en la Fosa de Acapulco. Dos de las posturas más relevantes son las de F. Mooser y A. Demant.

El primero de ellos sostiene que la faja volcánica coincide con una zona de debilidad cortical, a la que él llama geosutura (cicatriz) del Paleozoico, originada por la unión de dos antiguas masas cratónicas, y que los magmas se forman debajo de la corteza por un calentamiento diferencial de ésta. Asimismo, señala la presencia de un sistema ortogonal básico de fracturas a todo lo largo del Sistema Volcánico, mismo que controla el ascenso de los magmas dentro de la corteza y rige la formación de fosas y pilares. Otro aspecto importante es que asigna edades correspondientes al Eoceno Tardío a las primeras rocas volcánicas, hasta del Cuaternario para las últimas (Mooser, 1972 y 1975).

Por otro lado, Demant (1978), con una interpretación más reciente, afirma que ha habido un desplazamiento siniestral de la Placa Norteamericana con respecto a la del Caribe a partir del Oligoceno, con lo cual únicamente se pudo desarrollar el proceso de subducción en la Fosa de Acapulco después del movimiento hacia el oeste de la Placa Norteamericana. El cambio que sufrió el polo de

rotación de la Placa de Cocos durante el Mioceno Tardío favoreció el desarrollo del Sistema Volcánico; por lo tanto, a estas rocas volcánicas Demant les asigna una edad plio-cuaternaria y su distribución, de acuerdo con él, no sigue una dirección general este-oeste, sino que se distinguen cinco focos principales de actividad, con orientación y características específicas. Además, señala que las rocas volcánicas oligo-miocénicas que afloran al norte y al sur del Sistema Volcánico Transversal constituyen el "basamento" de las rocas plio-cuaternarias y representan la prolongación meridional de la Sierra Madre Occidental (Demant et al., 1975; Demant, 1976 y 1978).

No obstante los fundamentos en que se apoya Demant, por un lado, para asignar edad plio-cuaternaria a las rocas del Sistema Volcánico (como ya se señaló en la parte de estratigrafía), por otro lado, Geyne et al. asignan edad oligo-miocénica a las rocas ígneas que conforman la sierra de Pachuca y las incluyen dentro del Sistema Volcánico Transversal. En cambio para Demant, estas rocas no forman parte de este sistema, pero tampoco constituyen, por supuesto, la prolongación de la Sierra Madre Occidental.

Debido a la falta de estudios más específicos con base a la interpretación de Demant sobre el área de trabajo, el presente estudio se fundamenta en las hipótesis desarrolladas por Mooser y Geyne et al. De acuerdo con éstos

Ultimos "...las rocas de composición predominantemente máfica y de edad pleistocénica, junto con las rocas... del Plioceno Tardío y del Pleistoceno Temprano, tales como las de las formaciones San Cristóbal, de la Riolita Navajas y de la Traquita Guajolote se considera que forman parte de la Zona Neovolcánica..." (Geyne et al, 1963).

Asociados al volcanismo del Plioceno, en particular, se encuentran los fracturamientos, mismos que fueron obtenidos a partir de la interpretación de fotografías aéreas. Esto se evidencia fundamentalmente en la sierra de las Navajas, donde se puede apreciar una intensa red de fracturas (mapa geológico). La dirección de algunas de estas fracturas coincide con la dirección noroeste-sureste de los alineamientos que presentan los conos piroclásticos localizados en la zona de las coladas de lava pleistocénicas. Estos son, en primer término, el alineamiento que siguen los cerros de Tecoa-co-Verde-Prieto (los dos primeros en los Reyes Tepetzala y el tercero, al noreste de la sierra), y el correspondiente a los cerros Tezoantle-Aguatepec-Tepenacasco (al este de la barranca de San Antonio Regla, al este de los Reyes Tepetzala y al sur de Acatlán, respectivamente).

Otro rasgo topográfico importante que presenta un alineamiento similar a los anteriores y que coincide perfectamente con la dirección de los conos Tezoantle-Aguatepec-Tepenacasco, es una tramo de la barranca

del río Grande Tulancingo, a partir de la localidad de San Bartolomé y a lo largo de 12 kilómetros, aproximadamente, hacia el noroeste. Es probable que dicha orientación tenga relación con los alineamientos de los conos piroclásticos antes mencionados.

2.3 HISTORIA GEOLOGICA

De acuerdo con lo expuesto anteriormente y con base en Fries (1963), la historia geológica de la zona de estudio se resume a continuación.

A partir de fines del Cretácico Inferior se inicia la acumulación de los sedimentos que componen la Formación El Doctor en una amplia cuenca marina. Es en esta época cuando la zona estuvo totalmente cubierta por las aguas y se acumularon limos y arenas de carbonato cálcico junto con restos de animales marinos sobre las aguas poco profundas de la cuenca.

Es posible que este proceso haya continuado hasta los inicios del Cretácico Superior, cuando se presenta una emersión general del relieve junto con un ligero combamiento de las capas sedimentarias, lo cual favoreció la erosión diferencial. Posteriormente, durante el mismo Cretácico Superior se presenta una inmersión de la región, aunque algunas partes permanecieron ligeramente emergidas.

La inmersión continuó y a la vez los sedimentos fueron cambiando debido a los aportes de material clástico originado por el volcanismo que actuaba en la parte occidental de México a la par de movimientos ascendentes. Este material clástico dio lugar a la formación de capas de

arenisca y lutita de origen marino conocidas con el nombre de Formación Mexcala-Méndez. La región emergió del mar antes de finalizar el Cretácico y el levantamiento continuó hasta el Eoceno Temprano, culminando con la Revolución Laramida, en la que se originó la Sierra Madre Oriental (Fries, 1963).

A este levantamiento y plegamiento prosiguió una intensa erosión de las partes más elevadas, removiendo las cimas de los anticlinales y dejando al descubierto las formaciones Mexcala-Méndez en algunos sitios y El Doctor, en otros. Después del plegamiento se inició una etapa de fallamiento normal que dio lugar a la formación de fosas, pilares y bloques escalonados en donde se depositaron los sedimentos provenientes de la erosión de las rocas cretácicas entre el Eoceno y el Oligoceno Temprano (Geyne et al, 1963).

El fallamiento cesó casi por completo cuando se inició el volcanismo activo que originó la sierra de Pachuca a partir del Oligoceno Temprano hasta principios del Plioceno (Fries, 1963). Los materiales extravasados fueron principalmente derrames de lavas, tobas y brechas de composición variable. A lo largo de toda esta etapa se presentó la erosión que denudó las sucesiones volcánicas terciarias de esta zona y que dio lugar a la discordancia entre ellas. Posteriormente removió los materiales depositados en los valles (Segerstrom, 1956).

La combinación tanto del volcanismo como de

los procesos erosivos causaron significativos cambios en la topografía y en la red hidrográfica de esta zona. Es preciso señalar que la extravasación de los últimos materiales volcánicos en la sierra de Pachuca (Plioceno Temprano) estuvo acompañada por la intrusión de numerosos diques, así como por fallamiento activo y mineralización metálica en el distrito de Pachuca y otros lugares cercanos (Fries, 1963).

Hacia mediados del Plioceno nuevamente se inicia otra etapa de volcanismo (Formación San Cristóbal y Riolita Navajas) en los alrededores del distrito de Pachuca. Estos derrames se extendieron más allá del distrito minero hasta 30 y 40 kilómetros hacia el norte, noreste y este.

En esta época también se acumularon extensos depósitos provenientes de material volcánico (Formación Atotonilco El Grande) y, de acuerdo con Fries (1963), el "fallamiento pudo haber sido una causa de la acumulación de dichos sedimentos y es seguro que la extravasación de lava máfica causó la interrupción del desagüe en ciertos sitios, para producir lagos efímeros". Esto continuó hasta principios del Pleistoceno, periodo en el que también prosiguió el volcanismo máfico (Traquita Guajolote y derrames basálticos) y el fallamiento normal (Segerstrom, 1956).

Al finalizar el volcanismo, de nuevo la erosión afectó activamente esta zona, removiendo gran parte de los sedimentos pliocénicos de la Formación Atotonilco El

Grande (Fries, 1963). Probablemente en esta etapa se inició la disección de la barranca del río Grande Tulancingo.

3. GEOMORFOLOGIA

En este capítulo se presenta la parte más importante de este trabajo, que consiste en el análisis geomorfológico del municipio de Huasca de Ocampo, Hidalgo, desde un punto de vista genético, así como el procedimiento de elaboración del mapa geomorfológico.

La metodología utilizada para la elaboración del mapa geomorfológico se basa fundamentalmente en el Sistema de Análisis y Clasificación del Terreno del ITC (International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences) de Holanda que, como se mencionó en un principio, se considera adecuado dados los objetivos del estudio.

De acuerdo con Van Zuidam (1985), el sistema del ITC se fundamenta en el análisis de las formas del relieve, en donde el muestreo de parámetros es de gran utilidad, específicamente en estudios detallados y semidetallados de carácter general, como el presente.

Este análisis parte de principios geomorfológicos que consideran a las formas del relieve, a la litología y a la génesis como principales criterios de clasificación, y agrupa a las formas del relieve en unidades y subunidades de acuerdo con ciertos parámetros o características del terreno.

El producto final de un estudio de este tipo es un mapa con unidades y subunidades del terreno, y una leyenda (cuadro de Unidades del Terreno, fig. 5) que describe brevemente algunas características importantes de cada unidad (Damen, 1987).

Los pasos a seguir, propuestos por esta metodología (Van Zuidam, 1985), son los siguientes:

PROCEDIMIENTOS DE ANALISIS, CLASIFICACION Y EVALUACION DEL TERRENO UTILIZANDO FOTOGRAFIAS AEREAS.

ANALISIS DEL TERRENO	1. Reconocimiento de varias características del del terreno, basado en la detección de las formas del relieve relación con procesos los geomorfológicos, los tipos de roca y su estructura, los suelos, la hidrología y la vegetación.
CLASIFICACION DEL TERRENO	2. Delimitación de las grandes unidades del terreno (zonalidad geomorfológica). 3. Delimitación de las unidades del terreno de acuerdo a las unidades geomorfológicas. 4. Especificación, selección y delimitación de varias subunidades o rasgos particulares del terreno, de acuerdo a las características físicas relevantes para el objetivo de estudio.
EVALUACION DEL TERRENO	5. Obtención de valores y promedios de las unidades y subunidades del terreno de acuerdo a algunas características específicas. 6. Evaluación final de las grandes unidades y subunidades de acuerdo a los objetivos de estudio.

Fuente: Table 3.3 Terrain analysis, classification and evaluation procedures using aerial photographs. VAN ZUIDAM, R. et al (1985), p. 14.

El primer paso se relaciona, en este trabajo, con la descripción de la geología del municipio de Huasca de Ocampo (descrita en el capítulo anterior) y de las formas del relieve, lo cual permite el reconocimiento de las grandes unidades del relieve. A partir de esta primera aproximación se realizó la carta de zonabilidad geomorfológica (fig.2), que tiene por objeto presentar la distribución de los principales tipos de relieve.

En este trabajo se optó por presentar en una sola hoja los mapas geológico (fig. 1), de zonabilidad geomorfológica (fig. 2) y de pendientes (fig. 3), así como el mapa geomorfológico (fig. 4) junto con la leyenda de este último (cuadro de Unidades del Terreno, fig. 4a), además de una sección geológica (fig. 1a), la columna estratigráfica (fig. 1b) y algunos perfiles transversales (fig. 5), con el objeto de contar con un solo documento que contenga toda la información cartográfica indispensable.

3.1 MAPA DE ZONALIDAD GEOMORFOLOGICA

Este primer nivel de zonificación del relieve de Huasca de Ocampo permite contar una base para la clasificación de las unidades de terreno, tal y como se muestra en el cuadro explicativo de las unidades del terreno (fig. 4a), anexo al mapa geomorfológico (fig.4).

La carta de zonalidad geomorfológica muestra la distribución de los principales tipos de relieve. Dicha carta permite, posteriormente, la elaboración de un mapa de mayor detalle que, en este caso, es el geomorfológico.

Para la elaboración de este mapa se utilizaron las cartas topográficas de DETENAL a escala 1:50,000, los mapas de pendientes a escala 1:50,000 y geológico a escala 1:40,000 elaborados para la zona de estudio junto con la interpretación de fotografías aéreas, de cuyo análisis se reconocen tres grandes unidades de relieve que se describen a continuación (mapa de zonalidad geomorfológica, fig. 2):

SIERRAS

Se distribuyen en la parte sur-suroeste y noreste de la zona de estudio, y ocupa la mayor extensión, tomando en cuenta que dentro de esta gran unidad se considera

el piedemonte.

La primera parte comprende una porción de la sierra de Pachuca, la sierra de Las Navajas y la sierra de Santa María Regla al sur y centro de la zona, que están compuestas, a excepción de la última, por rocas volcánicas de composiciones variables. Parte de estas rocas, específicamente las que conforman la sierra de Pachuca, corresponden al volcanismo oligo-miocénico, mientras que las más recientes, como son las coladas de lava de la parte centro-este de la zona, son de edad pleistocénica. Simultáneamente al amplio periodo de volcanismo durante el cual se generaron tales rocas ígneas, se sucedieron intensas etapas de fallamiento y erosión que dieron como resultado diferencias en el modelado del relieve de esta unidad. Por otro lado, las pendientes máximas de estas sierras llegan a superar los 30° .

Por lo que se refiere a la sierra de Santa María Regla, que se localiza al norte de Huasca, su origen es diferente al del resto de esta unidad, pues está formada por rocas sedimentarias (lutitas y areniscas) plegadas por movimientos tectónicos anteriores al volcanismo de la zona, es decir, durante el Cretácico. Esta sierra es mucho más pequeña en extensión que las anteriores y, a la vez, menos accidentada. Tiene un rango de pendiente que varía entre 6° y 12° .

Existe, además, una porción de la sierra de Huasca que se localiza

entre la sierra de Pachuca y la sierra de Las Navajas, que corresponde en su mayor parte a la Traquita Guajolote (Og) y abarca una pequeña parte de la Formación San Cristóbal (Ipsc) cerca del poblado de Omitlán. Observando la sección geológica AB (fig. 1a), se puede apreciar que dicha formación se generó sobre las estratificaciones de las sierras anteriores. La pendiente máxima de esta porción es de 12° .

Por otra parte, la sierra que se localiza hacia el noreste de la zona de estudio también es de origen volcánico aunque, a diferencia de la porción sur, su periodo de formación únicamente abarca el Plioceno. Se compone principalmente por conglomerados, tobas y derrames de lava basáltica, y los valores de las pendientes de esta sierra llegan a ser superiores a los 30° .

BARRANCA

La segunda gran unidad se localiza en la parte norte del municipio y corre en dirección oeste-este; recibe el nombre del río Grande Tulancingo. Su origen se debe tanto a factores endógenos (tectonismo) como a factores exógenos (erosión fluvial y depositación). La profundidad máxima de la barranca, aproximadamente de 500 metros, ha dejado al descubierto rocas sedimentarias (lutitas, areniscas y calizas) del Cretácico. Esta combinación de rocas

sedimentarias y volcánicas de diferentes edades le ha dado mayor complejidad al proceso erosivo-fluvial.

La barranca presenta una amplia planicie aluvial, que en algunos tramos llega a alcanzar aproximadamente 800 metros de amplitud.

MESETA

La tercera gran unidad de relieve corresponde a la meseta, actualmente dividida por la barranca del río Grande Tulancingo; se compone en su mayor parte por coladas de lava generadas a través de fisuras. Sobre ellas se presentan conos piroclásticos de pequeñas dimensiones.

Esta unidad, en general, posee pendientes inferiores a los 6°, aunque predominan las menores de 3°. La baja pendiente aunada a la aparente ausencia de fracturamientos impiden un fuerte desarrollo de la disección fluvial, con excepción de la barranca del río Tulancingo y afluentes como el San Antonio Regla.

3.2 MAPA GEOMORFOLOGICO

La clasificación de las unidades del terreno que aquí se presenta, basada en el sistema del ITC, consiste en la agrupación de las diferentes formas de modelado del relieve, en una variedad de categorías con base en la comparación de las mismas formas y de sus características (Damen, 1987).

La escala original que se escogió para trabajar el mapa geomorfológico fue 1:40,000 y, por otro lado, la escala de las fotografías aéreas con que se contó fue 1:25,000; sin embargo, el mapa final se presenta en reducción 1:75,000 pues, como ya se explicó, esto facilita su manejo.

3.2.1 ELEMENTOS DE CLASIFICACION DE LAS UNIDADES DEL TERRENO.

Las características que se tomaron en cuenta para cada una de las unidades, y que se incluyen en la leyenda, son las siguientes:

LITOLOGIA.- Se presenta una breve descripción de las rocas que conforman cada una de las unidades, debido a la relación

que existe con las formas del relieve, los suelos y la hidrología.

PENDIENTE.- Esta característica del relieve permite distinguir fácilmente las diferentes formas del modelado y los procesos geomorfológicos de cada unidad. Para ello se elaboró un mapa de pendientes a escala 1:50,000, cuya reducción a escala aproximada 1:150,000 se presenta en la fig. 3.

AMPLITUD DEL RELIEVE.- Se refiere al promedio máximo de las diferencias de altura (en metros) entre el talweg de un valle y sus correspondientes divisorias de aguas. Este parámetro equivale a la profundidad de la disección en otras metodologías consultadas (Lugo, 1984; Palacio, 1982 y 1985), aunque su aplicación no se restringe únicamente a la erosión fluvial. Los valores resultantes representan el trabajo erosivo vertical desarrollado por las corrientes fluviales.

El procedimiento de obtención de los promedios se llevó a cabo por medio de la selección de áreas representativas (4 km^2) de cada una de las unidades sobre las cartas topográficas.

DENSIDAD DEL DRENAJE.- Es la longitud de talwegs o cauces

por unidad de superficie (1 km²); su aplicación da como resultado una apreciación clara de la densidad fluvial y, a la vez, complementa los valores de la amplitud del relieve, proporcionando de esta manera, un panorama general de la intensidad de la acción exógena sobre las formas del relieve. El procedimiento de obtención de estos valores fue similar al anterior.

PATRON DE DRENAJE.- Es la disposición que siguen los cursos de agua y sus afluentes, cuya configuración depende, principalmente, de controles topográficos, estructurales o litológicos y se encuentra, en consecuencia, en relación directa con el modelado del relieve. Su determinación se obtuvo a través del análisis cartográfico y de la fotointerpretación de cada una de las unidades.

FORMA DEL VALLE.- Se refiere a la forma del perfil transversal de un valle, que depende de factores litológicos, estructurales y topográficos. Esta característica se obtuvo básicamente por medio de la interpretación de fotografías aéreas.

SUELO.- En este apartado se incluyen el tipo, la textura y la fase física de los suelos característicos de cada unidad. Esta información se tomó primeramente de la carta edafológica

(hoja Pachuca) a escala 1:250,000 de DETENAL, además de la Leyenda para la Descripción de Suelos de la Carta Edafológica de DETENAL y de muestro de campo.

Tipo de suelo.- Se basa en la clasificación de suelos de la Leyenda para la Descripción de Suelos de la Carta Edafológica de DETENAL.

Textura.- Se refiere al contenido de partículas de diversos tamaños en la parte superficial del suelo (30 cm) tales como arenas (textura gruesa), limos (textura media) y arcillas (textura fina).

Fase física.- Es la característica física del terreno que impide o limita el uso agrícola del suelo, o el empleo de maquinaria agrícola.

USO DE SUELO Y VEGETACION.- Estas características de las unidades se determinaron a través de fotografías aéreas y de trabajo de campo.

3.2.2 CLASIFICACION DE LAS UNIDADES DEL TERRENO POR SU ORIGEN

Con base en la zonalidad geomorfológica se dividió a las grandes unidades del relieve por su origen en dos grandes grupos: estructural y estructural-modelado.

UNIDADES DE ORIGEN ESTRUCTURAL-MODELADO (D)

Son aquellas formas del relieve originadas por procesos endógenos, tales como tectonismo y volcanismo, que muestran una marcada influencia de los procesos exógenos, los cuales pueden llegar a modificar sustancialmente las estructuras originales.

Para el caso del presente análisis, se distinguen dos grandes unidades de origen estructural-modelado: las sierras (DS) y la barranca (DB) que, a su vez, se subdividen en unidades más detalladas.

SIERRAS DE ORIGEN VOLCANICO CON DISECCION ALTA ($> 3.0 \text{ km/km}^2$)
(DS_v).

Esta unidad comprende la sierra de Pachuca, la sierra de Las Navajas y la sierra del noreste. El patrón de drenaje más sobresaliente es el subdendrítico, aunque también se presentan las configuraciones dendrítica y angular. El desarrollo de estos tipos de drenaje indica diferencias en la resistencia de los materiales y la influencia de control estructural por medio de fracturas. El modelado de esta unidad, en general, refleja una intensa acción fluvial que se

manifiesta en barrancos cuyas profundidades llegan a alcanzar hasta 160 metros.

La sierra de Las Navajas, en particular, muestra una alta complejidad en el modelado de las laderas de los valles, pues presenta valles en forma de "V", en forma de "U", asimétricos y otros más con laderas convexas.

La mayor parte de los valles tienen forma de "V", lo que muestra que el principal proceso de modelado ha sido la erosión vertical; esto contrasta con el modelado del principal río de esta sierra, que recibe el nombre de Izatla, el cual presenta en un tramo cercano a su cabecera la forma de "U", lo que indica un cambio de la erosión vertical predominante a erosión lateral. Un posible factor que propicia esta variación es el control estructural a que se encuentra sujeto dicho río casi desde su cabecera. La forma de los valles, tanto en "V" como en "U", favorece los procesos de resaca en masa.

Por su parte, los valles asimétricos se presentan en una pequeña porción sobre el mismo río Izatla, cerca de la población de Ixtula Sembo. Esta asimetría se caracteriza por presentar una vertiente recta y de fuerte pendiente y otra, de menor inclinación y de forma convexa; dicho cambio puede deberse a diferencias en la resistencia de las rocas y a que, posiblemente, esta parte del valle esté controlada por una falla o una fractura.

En esta misma sierra, también se presentan rasgos particulares, como son los circos erosivos (DSV_c) y los escarpes erosivo-fluviales (DSV_f). Los primeros deben su formación a la erosión remontante de las cabeceras de los valles, incluso existen algunos casos en que estos circos llegan a unirse entre sí, dando lugar a la formación de algunos escarpes erosivo-fluviales. Probablemente en estos últimos se manifiesta la erosión diferencial entre las capas de tobas, brechas y derrames de lava que se encuentran sucesivamente fracturados. Los procesos de resaca en masa que se presentan en estas formas pueden ser: deslizamientos de tierras (asentamientos por paquetes con movimiento rotacional) y tarumbes (por caída libre).

Un dato histórico referente a esta sierra es que durante la época prehispánica fue una importante mina de obsidiana, abastecedora de Teotihuacán, así como del centro de México.

Por lo que corresponde al modelado erosivo-fluvial de la sierra de Pachuca, se presenta una configuración de drenaje subdendrítica-angular, similar en buena parte a la de la sierra de Las Navajas, lo que permite determinar el control que ejercen en dicho modelado las fracturas. Asimismo, los valles presentan forma de "V", al igual que la sierra anterior.

En relación a los procesos fluviales que

predominan en la sierra noreste, se pueden apreciar en el mapa geomorfológico (fig. 4) dos tipos de configuración del drenaje: subdendrítica y angular. Se advierte que en esta área las corrientes evidencian un control estructural y, además, los tributarios forman con los principales cauces diversos ángulos sin llegar al recto, por ajustarse a los sistemas de fracturamiento.

Con respecto a la forma de los valles de la sierra noreste, una de ellas corresponde a la de "V" en la parte más alta de la sierra, en tanto que en las partes más bajas (piedemonte) se presentan vertientes convexas. Es notorio que los primeros están siendo erosionados verticalmente con mayor intensidad, dado que su forma presenta un mayor estrechamiento.

Por otra parte, los suelos característicos de toda la unidad (DSV₁) se derivan fundamentalmente de la roca "in situ". Son susceptibles a la erosión debido a las fuertes pendientes y a la reducida profundidad; no obstante, en este caso, la cubierta vegetal juega un papel importante en el proceso de pérdida de suelos. En general, estas áreas se encuentran cubiertas por bosques de pino y encino, y las tierras de cultivo son mínimas, por lo que los problemas de erosión de suelos no son considerables.

SIERRAS DE ORIGEN VOLCANICO CON DISECCION BAJA ($< 3.0 \text{ km/km}^2$)
(DS_v₂)

Esta unidad comprende una sola porción localizada al suroeste del poblado de Huasca de Ocampo y está formada en su totalidad por coladas de lava.

Una característica sobresaliente es una porción de coladas de lava, cuya dirección e inclinación es de 6 a 12°, que favorece el desarrollo de un patrón de drenaje en forma paralela, el cual se encuentra controlado principalmente por la topografía.

Los valores morfométricos indican una menor intensidad del modelado en comparación con la unidad anterior. Esto es consecuencia de las diferencias de pendiente, de la edad y de la resistencia de las rocas, así como de la aparente ausencia de fracturas.

Dentro de esta misma unidad, en su límite con la sierra de Pachuca, se presenta una configuración de drenaje muy irregular. Una vertiente del río Salazar presenta un patrón subparalelo, que se ha desarrollado por la fuerte pendiente de la sierra de Pachuca, en tanto que los cauces de la otra vertiente se encuentran controlados por pendientes inferiores a los 6°. Es importante señalar que el río Salazar corre precisasente sobre un contacto litológico, lo que origina las irregularidades en este patrón de drenaje.

Los rasgos particulares del relieve presentes en esta unidad corresponden a los conos lavicos (DSv_7v) y a las planicies aluviales (DSv_2p). Los conos se ubican en la parte noroeste de la unidad y reciben los nombres de cerro El Gallo y cerro Gordo. El primero de ellos se encuentra erosionado considerablemente, mientras que el otro, de mayor tamaño, ha sido menos atacado por los factores exógenos.

El otro rasgo característico es la presencia de planicies aluviales (DSv_2p); poseen una pequeña extensión y el material transportado se caracteriza por ser arcilloso. Debido a sus características se han utilizado, principalmente, para el cultivo de pastizales.

El tipo predominante de suelo corresponde al andosol que se deriva de ceniza volcánica, aunque también se ha desarrollado el litosol en menor proporción, el cual se localiza en los límites con la sierra de Las Navajas.

La mayor parte del área está cubierta por bosque de pino-encino, aunque también se encuentran algunas zonas dedicadas al cultivo de pastizales y a la agricultura.

SIERRA DE PLEGAMIENTO (DSp)

Son elevaciones de poca extensión, que apenas cubren unos 6 km^2 . La sierra en cuestión se ubica al norte de

Huasca de Ocampo y recibe el nombre de Santa María Regla.

La principal configuración del drenaje es la dendrítica y, en menor grado, la angular que se evidencia por la presencia de ciertos cauces tributarios que forman ángulos casi rectos con relación al principal. Los valles más profundos llegan a alcanzar hasta 40 metros y su forma general es de "v", mientras que la densidad del drenaje varía entre 2.0 y 3.0 km/km².

Un rasgo particular del modelado de la sierra es la presencia de circos erosivos (DSpc), originados por la erosión remontante y cuya forma favorece los procesos de renovación en masa.

Las características generales de los suelos (luvisol y cambisol) son: enriquecimiento de arcillas, poca profundidad y susceptibilidad a la erosión. La erosión de suelos, en este caso, no se manifiesta claramente puesto que la sierra se encuentra cubierta por bosque de pino-encino y carece de tierras dedicadas a la agricultura y al pastoreo.

PIEDEMONTES (DSpi)

Esta unidad de terreno corresponde a la transición entre las sierras (de Pachuca, de Santa María Regla y de Las Navajas) y la meseta de lava. Los materiales

que conforman esta unidad son coladas de lava andesítica y basáltica.

Se caracteriza por tener pendientes inferiores a los 6° . Debido a la uniformidad de la pendiente, los cauces se desarrollan con gran paralelismo entre sí y tienen una mínima cantidad de tributarios. El valor máximo para la amplitud del relieve (60 m) está referido exclusivamente a dos arroyos, uno de los cuales recibe el nombre de Las Animas y del otro se desconoce el nombre. A excepción de estos dos cauces, el promedio de profundidad no sobrepasa los 20 metros. Asimismo, la densidad del drenaje es baja, teniendo como valor máximo 2.0 km/km^2 .

Existen diferencias en el modelado erosivo-fluvial de esta unidad de terreno, pues puede reconocerse la forma de "V" relativamente estrecha de los cauces más profundos, en tanto que los valles de menor profundidad tienen mayor amplitud y presentan fondo plano.

Como formas particulares del relieve dentro de esta unidad se encuentran las coladas de lava cubiertas por piroclastos (DSpic), las cuales ocupan casi la totalidad de la misma, y las crestas laterales (DSpic) de dichas coladas. Existe una zona (de 16 km^2 aproximadamente) al costado oeste del cerro Aguatepec, en la que se pueden distinguir las crestas laterales de las coladas de lava y, a su vez, se aprecia la sobreposición de las mismas coladas. Fuera de esta

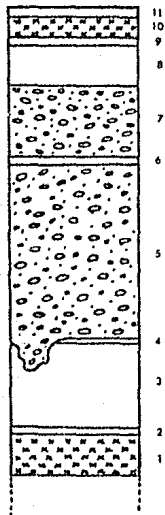
zona es difícil individualizar las coladas de lava, por lo que este rasgo se agrupa en uno solo (DSpip).

Especialmente los conos piroclásticos se ubican sobre las coladas de lava que en la actualidad conforman el piedemonte; su origen es posterior a la emisión de los flujos basálticos, ya que los piroclastos cubren casi por completo a las coladas. Sin embargo, en este trabajo, se les clasifica genéticamente dentro de la meseta y serán descritos junto con tal unidad.

Es necesario anotar que la erosión modificó considerablemente el piedemonte original de la sierra de Las Navajas, y que sus vestigios fueron cubiertos por las coladas de lava arriba citadas. En la columna estratigráfica (fig. d) del afloramiento que se presenta en el kilómetro No. 1 de la carretera Huasca-Acatlán (localizado en la meseta), pueden apreciarse claramente los eventos acumulativos (conglomerados, tefras y lavas), así como los eventos de estabilidad (paleosuelos) que se generaron a partir de la erosión del piedemonte.

Otro rasgo particular del piedemonte es la pequeña meseta sobre la que se localiza el poblado de Ixtula Sembo, dentro de la sierra de Las Navajas. Es importante señalar que dicha área funcionó, en un momento dado, como piedemonte de la sierra, el cual quedó parcialmente cubierto por las coladas de lava traquítica (Og) en la parte oeste y

FIG. 4 COLUMNA ESTRATIGRAFICA DEL CORTE LOCALIZADO EN EL KM. 1 DE LA CARRETERA HUASCA-ACATLAN.



- 11 SUELO ROJO.- Derivado de la alteración de la colada de lava subyacente y de cenizas volcánicas (luvisoles); de poco espesor.
- 10 COLADA DE LAVA.- De composición basáltica; las partes superior e inferior presentan mayor alteración debido a la desgasificación y rápido enfriamiento; está solidificada en forma de columnas burdas; se aprecia una serie de pseudocraquelos debido al enfriamiento por paquetes.
- 9 PALEOSUELO.- El contacto entre la colada de lava y el paleosuelo es uniforme y continuo; presenta un color rojizo derivado del cocimiento del suelo.
- 8 TEFRA.- Es de color gris claro y su espesor es de 4 m aprox.; presenta una gradación normal y se encuentra bien consolidada; desaparece localmente por erosión.
- 7 CONGLOMERADO.- Rocas con poca alteración de hasta 30 cm de diámetro y de composición riolítica (obsidianas); el contacto entre la tefra y el conglomerado es muy irregular; se trata de un conglomerado; las partículas presentan redondeamiento, falta de clasificación y estratificación.
- 6 PALEOSUELO.- Es de color café claro; su espesor es de 50 cm. aprox.; presenta poco desarrollo.
- 5 CONGLOMERADO.- Son partículas más pequeñas (promedio máximo de 15 cm. de diámetro), que el conglomerado anterior, es de la misma constitución geológica; se presenta cierta clasificación de partículas y estratificación cruzada; los materiales se encuentran poco alterados.
- 4 PALEOSUELO.- Es de color café claro; su espesor es de 30 cm. aprox.; presenta una marcada discordancia erosional con la tefra y el conglomerado.
- 3 TEFRA.- Partículas en general angulosas, líticas, hasta de 4 cm de diámetro; son partículas de riolita y pómez; se encuentran sin clasificar en una matriz de arenas finas de color gris claro sin consolidar; fácilmente deleznable; se presenta una banda de pómez no consolidada de aprox. 20 cm y abajo una capa de arena blanca no consolidada; se presentan pequeñas fracturas verticales con rumbo NW-SE.
- 2 PALEOSUELO.- Es de color café claro; su espesor aprox. es de 60 cm; tiene estructura columnar característica de suelos arcillosos.
- 1 COLADA DE LAVA.- De composición riolítica; se encuentra muy alterada; es la unidad más antigua del corte.

por las coladas de lava basáltica (Ob) en la parte este. Sin embargo, la meseta de Ixtula Seabo ha quedado aislada del resto del actual piedemonte como consecuencia del desarrollo de dos valles a ambos lados de ella.

Los suelos de esta unidad (luvisol, andosol, cambisol, vertisol y feozem asociados) se caracterizan, en general, por ser rojizos y derivados de material volcánico, poco profundos y transportados, por agrietarse y endurecerse cuando están secos y por presentar problemas de inundación y mal drenaje, lo que dificulta su uso. Todas estas características los hacen susceptibles a la erosión.

Un problema sobresaliente que se presenta con mayor incidencia en el piedemonte es la erosión en cárcavas (Bomero, en proceso), mismo que está directamente relacionado con las características de los suelos arriba citados, con la topografía y con la deforestación, así como con el sobrepastoreo. Este proceso afecta gravemente las tierras cultivables que están sujetas casi exclusivamente a la actividad agrícola.

PLANICIE ALUVIAL (DBp)

Dentro de las unidades de origen estructural-modelado se encuentra la barranca (B), en la que

a su vez se ubica la planicie aluvial (DBp).

Estrictamente una planicie aluvial es una forma de relieve acumulativo; sin embargo, de acuerdo con la metodología empleada se incluye en las formas de origen estructural-modelado debido a que la clasificación de las formas del relieve por su origen se refiere primordialmente a las grandes unidades del relieve y no propiamente a sus subunidades y rasgos particulares. Por lo tanto, quedan incluidas en las formas de origen estructural-modelado tanto las sierras (S) como la barranca (B) y, por extensión, sus subunidades y rasgos particulares.

La planicie aluvial (DBp) corresponde al fondo de la barranca del río Grande Tulancingo. Una característica notable es la amplitud máxima del fondo que, en algunos tramos, alcanza aproximadamente 800 metros.

El patrón de drenaje es el anastomosado, característico de las llanuras de inundación, el cual revela una nivelación en la topografía que puede apreciarse fácilmente en la pendiente (inferior a 1.5°) del perfil longitudinal del río Grande Tulancingo (fig. 3, mapa de pendientes).

Como rasgos particulares de la planicie y relacionados al patrón de drenaje, se presentan los bancos de arena (DBpb) que consisten en acumulaciones de material aluvial, originados por el gran aporte de sedimentos y la

baja pendiente del cauce.

Otro rasgo más es la presencia de abanicos aluviales (DBpa) en las márgenes del río que se han originado por la depositación de sedimentos en las desembocaduras de los cauces afluentes, por lo cual están relacionados directamente con la dinámica de los afluentes y no con la dinámica de la planicie en sí. Los abanicos son formas que presentan clasificación del material del que están compuestos.

La mayor parte de los abanicos aluviales se localizan en el trazo de la barranca que presenta una orientación noroeste-sureste; la longitud de los abanicos (a partir de su vértice hasta la parte frontal más baja) varía entre 400 y 700 metros aproximadamente. Las pendientes máximas calculadas para estas formas no sobrepasan los 6°.

El suelo característico de la planicie de inundación es el fluvisol, compuesto por sedimentos de textura variable; estos suelos son fértiles, aunque en ciertas temporadas de lluvias se encuentran sujetos a inundaciones, por lo que las tierras dedicadas a la agricultura son poco extensas.

LADERAS CON MODELADO EROSIVO (DB1)

Esta unidad de terreno forma parte de la barranca del río Grande Tulancingo. Existen diferencias en el modelado erosivo-fluvial de las laderas, lo que es consecuencia de la combinación de las rocas volcánicas y sedimentarias (fig. 1, mapa geológico).

La erosión fluvial y la remoción en masa son los procesos que han modelado principalmente a las laderas, de tal manera que se refleja en los valores morfométricos. Así pues, la amplitud del relieve es de 180 metros, considerando únicamente a las laderas. Es importante señalar que el valor de la amplitud del relieve para toda la barranca es superior a los 500 metros. En cuanto al valor de la densidad del drenaje, el rango estimado se encuentra entre 3.5 y 4.5 km/km².

A partir de las diferencias litológicas se presentan dos tipos principales de patrones de drenaje. Uno de ellos, el dendrítico, predomina en la parte este de la barranca y se desarrolla junto con el paralelo. En relación con la parte oeste, predomina únicamente el patrón de drenaje paralelo. La forma del valle característica de estas laderas es la de "V" que, en algunos casos, se presenta muy estrecha y, en otros, con mayor amplitud.

Por otro lado, la pendiente de las laderas es,

en general, superior a los 12° e incluso supera, en algunos casos, los 30°. Dicho factor favorece los procesos de remoción en masa que, a su vez, se relacionan con la presencia de circos erosivos (DB1c) y escarpes de lava (DB1e).

Los circos erosivos existentes (DB1c) fueron divididos en dos categorías: circos erosivos profundos superiores a 300 metros y circos erosivos poco profundos inferiores a 300 metros. En general, los circos erosivos de menor profundidad se distribuyen en la vertiente sur de la barranca, mientras que los circos de mayor profundidad se localizan en la vertiente norte, así como en la parte oeste de la barranca del río Grande.

Por lo que se refiere a los escarpes de lava (DB1e), la mayor parte se localiza en la porción este de la barranca. Su origen se debe a la erosión diferencial favorecida por el cambio litológico entre las rocas basálticas sobreyacentes y las rocas sedimentarias subyacentes (areniscas, lutitas y calizas) en general, menos resistentes a la erosión.

Las laderas de la barranca se encuentran sujetas a procesos de remoción en masa, tales como deslizamientos de tierras y derrumbes, lo que constituye un riesgo para los asentamientos humanos y la actividad agrícola sobre la planicie aluvial. Existen varios ejemplos de

deslizamientos los que, en su mayoría, están relacionados con los circos erosivos; el de mayor magnitud está representado en el perfil transversal AA' (fig. 5), en el que se manifiesta, de manera clara, el escalonamiento de la ladera norte.

En esta unidad se encuentran suelos (vertisol, feozes, litosol y regosol asociados), cuyas características más importantes son: poca profundidad, contenido variable de arcilla, derivados de la roca "in situ". En general, están sujetos a la erosión; sin embargo, en este caso, las laderas se encuentran cubiertas por una capa arbustiva que limita tal proceso.

UNIDADES DE ORIGEN ESTRUCTURAL (E)

Son las formas del relieve que se originan a partir de los procesos endógenos, tales como volcanismo y tectonismo, y en las que los factores exógenos no han actuado considerablemente.

Dentro de esta división solamente se incluye la meseta de lava (M), con sus respectivos unidades del terreno y rasgos particulares del relieve.

MESETA DE LAVA CON DISECCION ALTA ($> 2.0 \text{ km/km}^2$) (EM_1)

La meseta de lava de mayor disección (EM_1), se localiza inmediatamente al norte de la barranca del río Grande. La amplitud del relieve apenas alcanza 20 metros de profundidad y la densidad del drenaje varía entre 2.0 y 3.0 km/km^2 , aunque existen algunas porciones al oeste del poblado de San Pedro Vaquerías y al este de la población de Santa Cruz, en donde los valores morfométricos son inferiores a los representativos para la meseta. Esta diferencia en el modelado fluvial se debe a que en dichas porciones afloran derrames de lava basáltica y, asimismo, a la mínima pendiente que no sobrepasa los 3° , aunque el rango de pendiente de esta

unidad, en general, varía entre 1.5 y 6°.

El patrón de drenaje característico es el subdendritico, que muestra un control estructural por fracturamiento. No fué posible determinar la red de fracturas de la meseta debido a la falta de cubrimiento de las fotografías aéreas, por lo que únicamente se determinó dicha configuración con base en las cartas topográficas.

Otro rasgo del modelado de esta unidad del terreno es la forma de laderas convexas que presentan los valles, los cuales se caracterizan por ser bastante amplios.

En esta unidad predominan los suelos feozem, regosol y litosol asociados, cuyas características más importantes son: poca profundidad, arcillos, con capa superficial de materia orgánica y, específicamente el regosol, no presenta una estructura bien definida. El principal uso de suelo a que se les destina es al cultivo de pastizales.

MESETA DE LAVA CON DISECCION BAJA ($< 2.0 \text{ km/km}^2$) (EM₂)

Se ubica inmediatamente al sur de la barranca del río Grande y al norte de las sierras de Pachuca y de Las Navajas. Está constituida por lavas basálticas y andesíticas que fluyeron a través de fisuras.

La pendiente máxima de la meseta no sobrepasa los 6° , aunque predominan las pendientes entre 1.5 y 3° . La baja pendiente propicia un bajo desarrollo fluvial. Como consecuencia de la baja pendiente y de la uniformidad del terreno los cauces fluyen paralelamente entre sí y con dirección hacia la barranca; asimismo, alcanzan valores muy bajos para la densidad del drenaje, siendo su rango entre 1.0 y 2.0 km/km^2 . Por lo que respecta a la profundidad de los valles, el valor es inferior a los 20 metros. El fondo de los valles se caracteriza por ser plano.

En esta unidad sobresalen tres rasgos particulares del relieve que se encuentran relacionados entre sí, y son: las coladas de lava cubiertas por piroclastos (EM_2p), las crestas laterales de las coladas de lava (EM_2c) y las depresiones (EM_2d). Estos rasgos son la prolongación de los rasgos descritos en la parte del piedemonte.

En primer lugar, el rasgo que ocupa mayor extensión en la parte este de la meseta es la presencia de las coladas de lava cubiertas por material piroclástico (EM_2p), las cuales por su modelado son más difíciles de individualizar, a excepción de una pequeña porción entre los poblados de Tlaxocoyucan, Aicholoya y San Miguel Cacalcoapan, donde se distinguen claramente las crestas frontales de varias coladas de lava. Fuera de esta zona, la forma característica de las coladas se manifiesta únicamente a

través de ligeras ondulaciones en el terreno y de las crestas laterales (EM_2c). En la figura d se muestra un corte transversal de las coladas de lava, en el que se aprecia la columna estratigráfica cerca del poblado de San Miguel Regla.

En relación a las crestas laterales (EM_2c), en general, carecen de continuidad y muestran, en algunos casos, bloques fragmentados de lava. Estos rasgos poseen suelos muy delgados. Las depresiones (EMd), por otro lado, se caracterizan por una gran amplitud del relieve que, en algunos casos, alcanzan casi 500 metros; sin embargo, la profundidad no sobrepasa los 20 metros. Los arroyos que corren por los fondos planos de las depresiones son, por lo general, superficiales y de bajo caudal. Con respecto a los procesos geomorfológicos, predominan los erosivos sobre los acumulativos.

Por lo que se refiere a los suelos de la meseta, predominan en la parte este el vertisol, el planosol y el feozem cuyas características generales son: alto contenido de arcillas, alta impermeabilidad, presencia de agrietamiento, endurecimiento en época de sequía y problemas de inundación y mal drenaje. En este caso la pérdida de suelo no es considerable, pues las pendientes son bastante bajas y limitan dicho proceso. Por sus características estos suelos son utilizados para la agricultura y el cultivo de pastizales.

Por otro lado, los suelos de la parte oeste de la meseta corresponden a los luvisoles, que se caracterizan por ser arcillosos y susceptibles a la erosión. Se encuentran cubiertos por una escasa capa arbustiva y se utilizan para la agricultura y el cultivo de pastizales.

CONOS PIROCLASTICOS (EMc)

Los conos piroclásticos (EMc) se ubican tanto en la meseta de lava (cerros Tezontle de 60 metros de altura, Aguatepec de 140 y Tepenacasco de 100), como en el piedemonte (cerros Tecoco de 60 metros, Verde de 80, Chato de 60 y Prieto de 80). Para la explicación de su origen ver Piedemonte (DSpi).

Los conos piroclásticos generalmente son construídos rápidamente y en la últimas etapas de una erupción basáltica (Ollier, 1969). Los materiales que forman al cono se clasifican al momento de ser arrojados hacia los límites del cráter a partir de donde caen por gravedad, de tal forma que los más gruesos se acumulan cerca de la cima y los más finos en las pendientes más bajas, lo que origina la formación de las laderas ligeramente cóncavas características de los conos piroclásticos. Las pendientes varían entre 12 y 30°.

La amplitud del relieve, en algunos casos, alcanza hasta 60 metros, mientras que la densidad del drenaje no sobrepasa los 2.0 km/km^2 . Los valores morfométricos antes señalados pertenecen al cerro Aguatepec, el cual presenta un modelado fluvial mayor a diferencia de los otros conos.

Las corrientes fluviales adoptan el patrón de drenaje característico de los cerros aislados conocido como radial. Por su parte, estos valles presentan la forma de "V".

Los conos están constituidos por suelos derivados de la alteración de material volcánico, generalmente son de textura fina. Su vegetación natural es de bosque de pino-encino.

PLANICIES ALUVIALES (EMP)

Al igual que la Planicie Aluvial (DBp), la presente unidad se encuentra incluida en las formas de origen estructural debido a que forma parte de la meseta, la cual si corresponde a tal origen.

Dentro de la zona de estudio se localizan dos planicies aluviales (EMP). Una de ellas, la de mayor extensión, se ubica en la porción sureste, de la que sólo aparece una pequeña parte que se encuentra rodeada por la meseta de lava. La pendiente es inferior a 1.5° .

El patrón de drenaje que se distingue es el subparalelo, representando por los cauces que provienen del piedemonte de la sierra de Las Navajas y al llegar a la planicie, se dirigen hacia la barranca de Alcoiyoa. Una parte del material que constituye a la planicie proviene del material de acarreo del mismo piedemonte. El valor de la densidad del drenaje es bastante bajo y varía entre 0.0 y 1.0 km/km².

El suelo predominante es el vertisol que se caracteriza por ser altamente arcilloso, pegajoso bajo condiciones de humedad y duro cuando está seco. Debido a la baja pendiente los suelos de las planicies son poco erosionables. El uso al que se les destina es al agrícola.

La planicie aluvial de menor extensión se encuentra localizada inmediatamente al norte de la cabecera municipal Huasca de Ocampo. Ocupa una extensión de dos kilómetros cuadrados aproximadamente. Los sedimentos que componen la planicie provienen tanto de materiales volcánicos (de las sierras de Pachuca y de Las Navajas, así como de las coladas de lava traquítica) como sedimentarios (de la sierra de Santa María Regla). La pendiente de esta pequeña planicie es inferior a 3°. Gran parte de las aguas de escurrimiento de las sierras llegan a la planicie y se infiltran, para posteriormente surgir a manera de manantiales a un costado de la presa de San Antonio Regla.

Las principales actividades económicas que se desarrollan son la agricultura y la piscicultura (cría de truchas); esta última se lleva a cabo en la zona de manantiales.

ESTA ZONA DE MANANTIALES
SALUD DE LAS MANANTIALES

CONCLUSIONES

A partir del estudio sobre la geomorfología del municipio de Huasca de Ocampo, Hgo., se derivan las siguientes conclusiones.

El levantamiento geomorfológico del municipio de Huasca de Ocampo es de carácter morfogenético, pues establece los principales eventos que han determinado el estado actual del relieve.

La región de estudio muestra una morfología derivada de fenómenos tectónicos y volcánicos que abarcan amplios periodos de tiempo geológico, específicamente desde inicios del Cretácico. Dicha morfología, en la mayoría de los casos, se encuentra fuertemente influenciada por los factores exógenos que le han dado las características que presenta actualmente.

Para comprender la evolución del relieve de Huasca de Ocampo se realizó una primera aproximación de su modelado (ver 3.1 Mapa de Zonación Geomorfológica y fig. 2) que se subdividió en tres grandes unidades, cada una de ellas con características distintivas.

La primera de las unidades agrupa a las sierras, cuyo origen es principalmente el volcánico. Las sierras muestran una gran influencia de los factores modeladores del relieve. Un ejemplo de los anterior puede apreciarse en la modificación o desaparición del antiguo piedemonte de la sierra de Las Navajas, así como también en la fuerte integración de las redes de drenaje.

La segunda unidad denominada barranca presenta un origen tectónico-erosivo. Su complejidad morfológica se manifiesta en la combinación de diferentes tipos de roca y en el marcado cambio topográfico que existe entre la barranca y la meseta, el cual contrasta fuertemente con el modelado de las otras unidades.

La última unidad corresponde a la meseta de lava que presenta una mayor resistencia al trabajo de los factores modeladores del relieve, lo que se evidencia a través del bajo desarrollo de la red hidrográfica.

Es necesario mencionar que cada una de las unidades anteriores no están representadas en su totalidad debido a que exceden de los límites del municipio de Huasca (390 km² aproximadamente) y aun de la zona de estudio (300 km² aproximadamente). El área de estudio se caracteriza pues,

en su conjunto, por su pequeña extensión y porque en ella coinciden tres unidades de distinto modelado del relieve y, por consiguiente, por su diferente evolución geomorfológica derivada del distinto origen de los tipos de roca, el amplio período de edad de las mismas, la diversidad de materiales y de procesos que han actuado sobre ellas.

Finalmente, el método de análisis aplicado (morfo-genético) ha sido de gran utilidad al haber cubierto los objetivos del estudio en cuanto a la clasificación del relieve. Por otro lado, la cartografía geomorfológica del municipio de Husaca hace más accesible la representación de las formas del terreno, así como su comprensión, ya que la leyenda del mapa geomorfológico complementa la información gráfica por medio de diferentes características y parámetros de cada una de las unidades.

BIBLIOGRAFIA

- ALVAREZ, M. (1949) "Unidades tectónicas de la República Mexicana". Boletín de la Soc. Geol. Mex. Tomo 14, pp. 1-22, Mexico.
- (1961) "Provincias fisiográficas de la República Mexicana". Boletín de la Soc. Geol. Mex. Tomo 24, núm. 2, México.
- (1961a) "El mecanismo del ciclo tectónico mexicano". Boletín de la Asoc. Mex. de Geol. Petrol. Vol. 13, núms. 7 y 8, pp. 279-282, Mexico.
- BELOUSOV, V. (1974) Geología Estructural. MIR, 303 p. Moscú.
- BOCCO, C. y Palacio, J. (1982) "Utilidad de la cartografía geomorfológica en la evaluación y planeación del territorio". Anuario de Geografía. UNAM, pp. 29-40, México.
- BODENLOS, A. (1956) "Notas sobre la geología de la Sierra Madre Oriental en la sección Zimapan-Tamazunchale". Excursiones A-14 y C-6. XX Congreso Geológico Internacional. pp. 293-310, Mexico.

- BONET, F. et al (1956) Estratigrafía del Cenozoico y del Mesozoico a lo largo de la carretera entre Reynosa, Tamps. y México, D.F. Tectónica de la Sierra Madre Oriental. XX Congreso Geológico Internacional. 323 p., México.
- CANTU, S. (1953) La vega de Metztitlan en el estado de Hidalgo. Tesis maestría, Colegio de Geografía. UNAM, México.
- DEMANT, A. y Robin, C. (1975) "Las fases del vulcanismo en México. Una síntesis con relación a la evolución geodinámica desde el Cretácico". Revista del Instituto de Geología. UNAM, núm. 75(1), pp. 70-83, México.
- DEMANT, A. (1976) "El Eje Neovolcánico Transmexicano". Memorias del III Congreso Latinoamericano de Geología. pp. 3-16, México.
- (1978) "Características del Eje Neovolcánico Transmexicano y sus problemas de interpretación". Revista del Instituto de Geología. UNAM, Vol. 2, núm. 2., pp. 172-187, México.
- DERRUAU, M. (1978) Geomorfología. Ariel, 528 p., Barcelona.

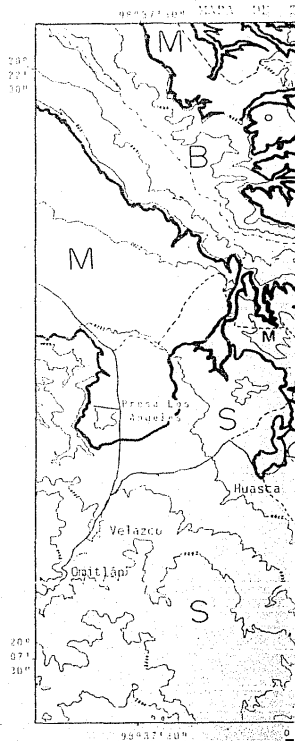
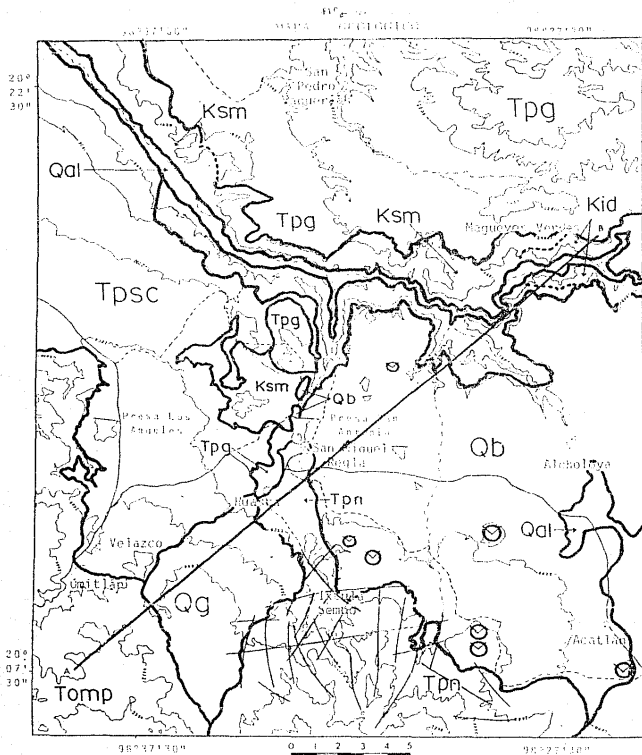
- DUNBAR, C. (1961) Geología Histórica, CECSA, México.
- FRIES, C. (1963) Resumen de la geología de la hoja Pachuca, escala 1:100 000, Instituto de Geología, UNAM, México.
- GEYNE *et al* (1963) Geología y yacimientos minerales del distrito de Pachuca-Real del Monte, estado de Hidalgo, México, Consejo de Recursos Naturales no Renovables, 222 p., México.
- LEJSEC, R. *et al* (1978) "Interpretación geodinámica del Golfo de México y el Eje Neovolcánico". Boletín de la Soc. Geol. Mex. Tomo 39, num. 2, pp. 77-90, México.
- LONGWELL, Ch. y Flint, R. (1965) Geología Física, Limusa, 545 p., México.
- LOPEZ RAMOS, E. (1979) Geología de México, Tomos I y II, s/e, México.
- LUGO, J. (1984) Geomorfología del sur de la cuenca de México, Instituto de Geografía, UNAM, Serie Varia num. 8, 95 p., México.
- MOOSER, F. (1957) "Los ciclos del vulcanismo que formaron la cuenca de México". XX Congreso Geológico Internacional. Vulcanología del Cenozoico, Tomo II,

pp. 337-348, México.

- (1972) "The Mexican Volcanic Belt: Structure and Tectonics". Geofísica Internacional, Vol. 12, pp. 55-70, México.
- (1975) "Historia geológica de la cuenca de México". Memorias de las Obras de Drenaje Profundo del Distrito Federal, Tomo 1, pp. 7-38, México.
- MORAN, F. et al (1984) Geología de la República Mexicana. INEGI, 88 p., México.
- MOYA, J. y Zamorano, J. (1983) Estudio geomorfológico del volcán La Malinche y sus zonas adyacentes. Tesis licenciatura, Colegio de Geografía, UNAM, 96 p., México.
- OLLIER, C. (1969) Volcanoes. MIT Press, 177 p., Cambridge.
- PALACIO, J. (1982) Análisis geomorfológico de la región de Cuernavaca-Tenancingo-Ixtapan de la Sal, estados de Morelos y México. Tesis maestría, Colegio de Geografía, UNAM, 98 p., México.

- (1983) "Metodología para los estudios geomorfológicos a escala 1:50 000". I Congreso Interno del Instituto de Geografía. UNAM, Mexico.
- (1985) Geomorfología regional del oriente de Michoacan y occidente del estado de Mexico. Tesis doctorado, Colegio de Geografía, UNAM, 120 p., Mexico.
- PEREZ, H. (1971) Estudio geografico del estado de Hidalgo. Tesis licenciatura, Colegio de Geografía, UNAM, Mexico.
- SEGERSTROM, K. (1956) "Estratigrafía y tectónica del Cenozoico entre Mexico, D.F. y Zimapan. Rep. Excursiones A-14 y C-6. XX Congreso Geológico Internacional. pp. 311-323. Mexico.
- (1961) "Geología del sureste de Hidalgo y noreste del estado de Mexico". Boletín de la Asoc. Mex. de Geol. Petrol. Vol. 13, pp. 147-168, México.
- THORNBURY, W. (1969) Principles of Geomorphology. Wiley, 594 p., New York.
- VAN ZUIDAM, R. et al (1985) Aerial photo-interpretation in terrain analysis and geomorphologic mapping. Smits Publishers, La Haya.

- VASILIEV, Y. et al (1977) Geologia general e historica. MIR, 404 p., Moscu.
- VAZQUEZ, L. (1985) Estudio geomorfológico del noroeste de la cuenca de Puebla-Tlaxcala. Tesis Licenciatura, Colegio de Geografía, UNAM, 182 p., México.
- VERSTAPPEN, H. (1983) Applied geomorphology. Elsevier Science Publishing, 437 p., Amsterdam.
- VIERS, G. (1973) Geomorfologia. Oikos-tau, 320 p., Barcelona.



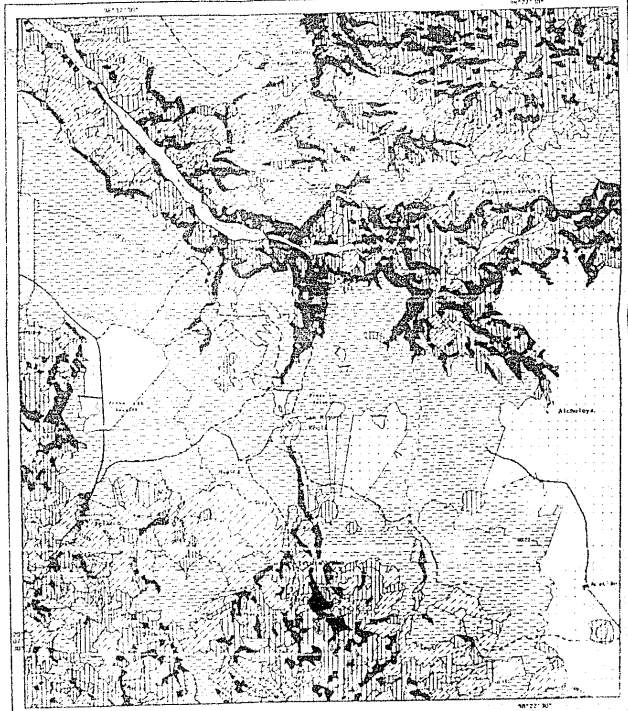
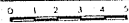
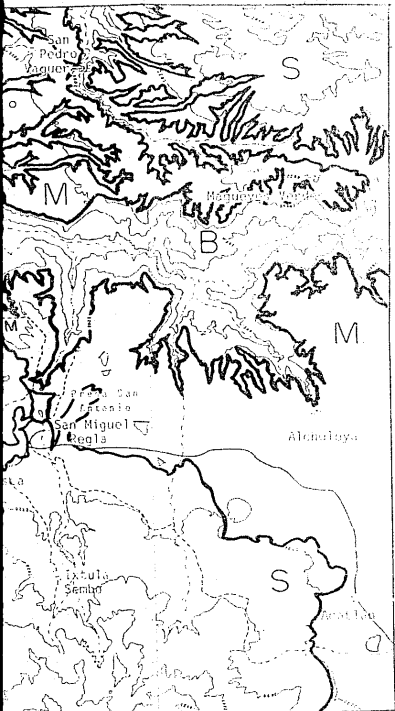
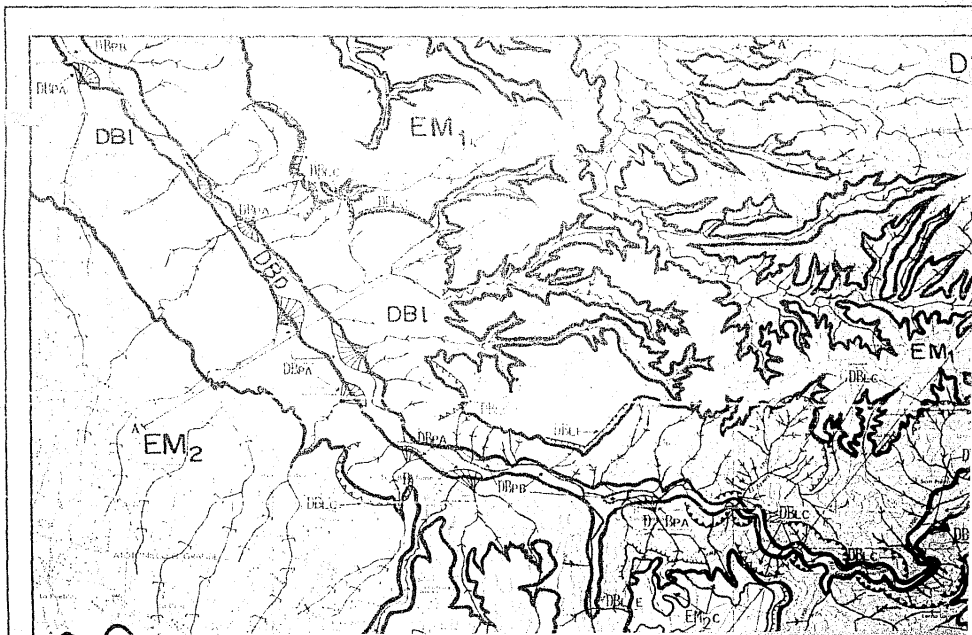
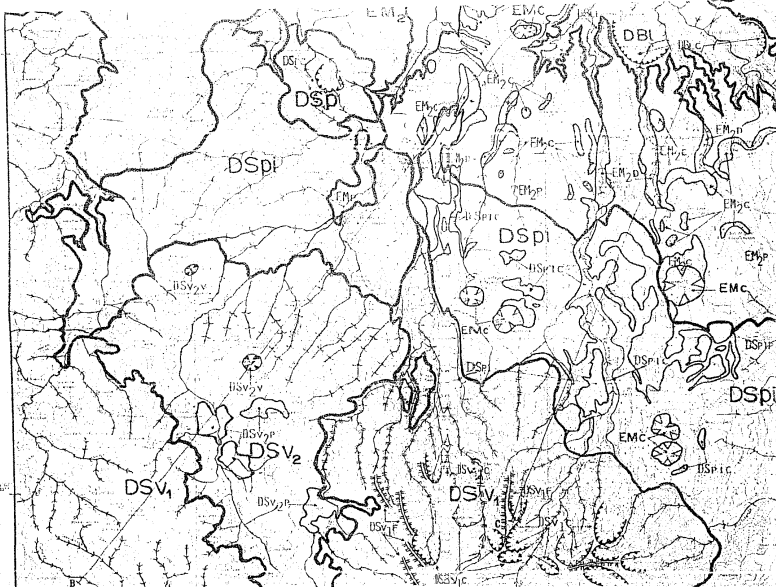




FIG. 3a

FIG. 4





valles f. en forma de fracturas (20-300 m)



valles f. profundos (8-300 m)



conos estratigráficos



conos tectónicos



fallas normales



fallas normales profundas



aplanos aluviales



bancales de arena



fallas normales de la isla olímpica



Escaleras

valles f. en forma de fracturas



valles f. anastomóticos



valles f. con linderos



valles f. forma de



valles f. controlados por fracturas

