



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

COLEGIO DE GEOGRAFIA

INSTITUTO DE GEOGRAFIA  
BIBLIOTECA



INSTITUTO DE GEOGRAFIA

GEOMORFOLOGIA REGIONAL DEL ORIENTE DE MICHOACAN  
Y OCCIDENTE DEL ESTADO DE MEXICO

*Michoacan - Geomorfología regional  
México Edo - Geomorfología regional  
Geomorfología - Michoacan oriente-occidente  
Estado de México*

*120p.*

T E S I S

Que para obtener el título de  
DOCTOR EN GEOGRAFIA

Presenta

JOSE LUIS PALACIO PRIETO

México, D.F.

T  
1985.  
p153p

TG90636



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

A Gilberto Hernández Corzo con afecto  
Siento no dedicarle, por ahora,  
algo mejor



INSTITUTO DE GEOGRAFIA

INSTITUTO DE GEOGRAFIA  
BIBLIOTECA

Quiero expresar mi gratitud al Dr. José Lugo Hubp, director de la presente, a la Dra. Silvana Levi de López, a la Dra. Laura Maderey Rascón, al Dr. Genaro Correa Pérez y al Mtro. Gilberto Hernández Corzo, por sus comentarios y sugerencias.

Mi gratitud también para la Dra. Atlántida Coll de Hurtado, quien dedicó buena parte de su tiempo en la revisión minuciosa de este escrito; sus comentarios y sugerencias contribuyeron definitivamente para que este trabajo tenga menos errores, los que persisten corren por cuenta del autor.

Gracias a la Dra. Ma. Teresa Gutiérrez de Mac Gregor por el apoyo que siempre me ha brindado.

Por último a Gerardo Bocco V. y a Hubert Vaxelaire, por su ayuda en el trabajo de campo. Gracias.

## C O N T E N I D O

Introducción

I Marco Geográfico General

II Geología Regional

A. Estratigrafía

B. Tectónica Regional

C. Historia Geológica

III Geomorfología Regional

A. Zonalidad Geomorfológica

B. Geomorfología Regional

Conclusiones

Bibliografía

## INTRODUCCION

Los trabajos sobre geomorfología en nuestro país suman un número francamente bajo. Asimismo, para la región que comprende el oriente de Michoacán y occidente del Estado de México, que aquí se estudia, este tipo de investigaciones se ve restringido a pequeñas localidades que impiden el conocimiento regional sobre el comportamiento del relieve, que constituye uno de los objetivos del presente estudio.

La importancia de estudios de este tipo es diversa. Por una parte contribuyen al conocimiento del relieve del país, lo que guarda estrecha relación con los procesos geológicos, permitiendo el establecimiento de fases volcánicas, sedimentarias y tectónicas. Es decir, un estudio geomorfológico regional es de interés y utilidad para la Geología, pues ofrece una visión complementaria de comprobada eficacia para el esclarecimiento de problemas específicos inherentes a esta ciencia. También a este respecto puede referirse la utilidad del estudio geomorfológico regional como información complementaria en la prospección de minerales e hidrocarburos. (Tricart, 1969; Paniukov, 1981; Verstappen 1983).

Por otra parte, estudios como el presente permiten establecer relaciones con otros elementos del medio geo-

gráfico. Un ejemplo evidente lo constituye la hidrología, que guarda una relación mutua y objetiva con las características del relieve (Tricart 1969, 1978 y 1982; Gregory y Walling 1973; Scheideger 1975; Hails 1977; Verstappen 1983). La determinación de zonas de recarga freática, como las coladas lávicas recientes, permite la ubicación preliminar de posibles mantos acuíferos de importancia y permite la explicación, en algunos casos, de la existencia de cuerpos lacustres (un ejemplo específico de esta relación la tenemos en el trabajo de Tricart (1984) acerca del Lago de Zacapu). Por otro lado, estos estudios permiten la ubicación de zonas con posibilidades de inundación o drenado rápido, así como el reconocimiento de algunas causas del comportamiento hidrológico de una cuenca dada.

Si reconocemos así la utilidad que para la geología y la hidrología representa el estudio del relieve, se pueden derivar asimismo, relaciones que permiten la explicación de la distribución de los suelos y de la vegetación (Verstappen op cit; Tricart 1978, 1981). Es decir, estas investigaciones interesan a los estudios biogeográficos, edafológicos y son útiles además para la agricultura y la silvicultura.

De lo anterior puede concluirse que estudios como el que aquí se contempla son de interés para profesionales de diversa formación para la resolución de problemas es-

pecíficos. Por lo tanto, su utilidad en la ordenación territorial es evidente en los renglones de minería, ingeniería civil, agricultura, explotación forestal, urbanismo, etc. (Howard y Remson 1978; Lugo H. 1980; Tricart 1982; Versta-ppen 1983; Bocco y Palacio en prensa ).

La elección de la región oriental de Michoacán y occidental del Estado de México surgió a partir del reconoci- miento preliminar de sus características morfológicas, tectó- nicas y volcánicas. La estratégica ubicación de esta región permite evidenciar su importancia para contribuir, a partir de la interpretación geomorfológica regional, a la explica- ción de problemas de índole diversa, entre los que se encuen- tra la evolución geológica misma del Sistema Volcánico Trans- versal. La diversidad de eventos sedimentarios, volcánicos y tectónicos que han dejado su huella en el relieve de la re- gión citada, permite definir su interés por las extrapolacio- nes de que pueden ser objeto los resultados de su estudio. A ello puede agregarse el hecho de la inexistencia de infor- mación geomorfológica regional para el territorio a tratar.

Tres de los trabajos que de alguna manera se re- fieren al relieve de la región son el de López Santoyo (1971) referente al relieve kárstico de Valle de Bravo y los de Co- rrea y Rodríguez (1972) y Correa (1974) sobre las provincias fisiográficas del Estado de Michoacán.

Por otra parte, los trabajos de carácter geológi



co son más abundantes. Entre éstos, cabe destacar aquellos que se refieren específicamente a la región, o bien a porciones de ella, y los que se avocan al estudio de estructuras que desbordan a la región considerada, pero que no por ello son de menor interés en este estudio.

Específicamente para la región, se tienen los trabajos de Blázquez (1956) que refiere la geología del corredor Cd. Hidalgo-Zinapécuaro; Altamirano (1979) realizó un mapa fotogeológico de la zona Maravatío-Zinapécuaro; ambos trabajos quedan comprendidos en la porción centro-norte de la región en estudio. Cantú (1968) describe las características de las rocas eocretácicas de Zitácuaro; Silva (1979) en su tesis doctoral, realizó un estudio petrológico y geológico de las lavas del oriente de Michoacán. También dentro de la región quedan circunscritos los trabajos de Mauvois et al (1976) sobre la depresión Tzitzio-Huetamo y Silva et al (1976) que describe las diferentes fases volcánicas plio cuaternarias en el sector oriental del Estado de Michoacán. por último, se tiene el trabajo de Campos (1984) sobre la geología regional del área Valle de Bravo-Tzitzio.

Los trabajos de carácter general consultados fueron elaborados por Mooser (1961, 1968, 1972, 1972a y 1975) Demant (1976, 1978) y Demant et al (1975 y 1975a), todos ellos tocantes a las características del Sistema Volcánico Transversal. También puede citarse aquí el trabajo de López

Ramos (1979) sobre la geología de México, lo que permite contar con una primera aproximación y descripción de las unidades presentes en la región.

A partir de la consulta de dichos trabajos se consideró pertinente recurrir a estudios elaborados para regiones contiguas con el fin de contar con descripciones estratigráficas y tectónicas que permitieron la correlación con algunos elementos de la región considerada en este estudio. Así, se consultaron a Fries (1960), Fries, Ross y Obregón (1965), De Cserna y Fries (1981) y Ontiveros (1973), que en general tratan sobre la geología y tectónica de la cuenca Morelos-Guerrero, contigua al sureste. Asimismo, se consultó un trabajo de Bocco (1983) sobre la geomorfología de El Bajío, colindante con la región, al norte.

La cartografía utilizada tiene tres fuentes principales. Por un lado, se tienen las cartas geológicas de los Estados de Michoacán y de México editadas por el Instituto de Geología de la UNAM. Por otra parte se cuentan las cartas topográficas y geológicas elaboradas por la DGGTN (INEGI) a diversas escalas. Por último, fué de gran utilidad la cartografía elaborada por Silva (1979).

Como puede observarse, las investigaciones citadas son fundamentalmente geológicas. Algunas de éstas fueron modificadas en esta investigación a partir de los resul

tados obtenidos, como se anotará en su oportunidad.

En el estudio geomorfológico regional del oriente de Michoacán y occidente del Estado de México, nos planteamos los siguientes objetivos:

1. Elaborar el mapa geomorfológico regional del oriente de Michoacán y occidente del Estado de México,

2. Contribuir a la definición de los eventos volcánicos, tectónicos y de la secuencia estratigráfica en la región estudiada.

3. Reconocer, a partir del estudio regional, problemas específicos de estudio.

4. Elaborar una cartografía geomorfológica regional que sintetice los elementos para la definición de eventos geológico-tectónicos y denudatorio-acumulativos en la región.

Los pasos a seguir para este estudio se derivan de las consideraciones de diversos geógrafos y geomorfólogos.

En primer lugar, debe tenerse presente que, como sucede con el estudio geográfico, no existe una metodología única para llevar a cabo una investigación geomorfológica, sino que se retoman "métodos de cada una de las ciencias de las cuales se vale para el conocimiento analítico de los datos que entran en las combinaciones objetivo de sus estudios

fragmentarios o globales " (George, 1973).

Para introducir el método seguido se puede partir de los distintos enfoques del estudio geomorfológico, que pueden definirse a partir de algunos trabajos desarrollados (Tricart 1977; Demek y Embleton 1978; Verstappen 1983). Se distinguen en general cuatro principales enfoques:

1. Geomorfología Estática, que se refiere al estudio de las formas actuales.
2. Geomorfología Dinámica, concerniente a los procesos y cambios "rápidos" de las formas del relieve.
3. Geomorfología Genética o Histórica, que trata sobre los cambios "lentos" que sufre el relieve; y
4. Geomorfología Ambiental, que intenta analizar las relaciones entre las formas del relieve y los demás elementos que conforman al medio.

En el caso de la Geomorfología Estática no se consideran o analizan los procesos ni las etapas evolutivas por las cuales ha pasado un determinado tipo de relieve. Un ejemplo de este enfoque es la morfometría, cuya base es la medición de diversos rasgos del relieve sin que se involucre, de manera precisa, un proceso geomorfológico definido. Un análisis de una carta de pendientes puede incluirse en este caso. Sin embargo, debe resaltarse que en un estudio geomorfológico se puede contar, como herramienta de gran

apoyo, con los trabajos de este tipo. Esto es, la visión "estática", concebida aquí, representa en ocasiones, un medio fundamental para la consecución de un fin establecido.

La Geomorfología Dinámica, también llamada "de procesos", implica el conocimiento más preciso de los fenómenos que se desarrollan sobre el relieve. El caso más evidente lo constituye la erosión acelerada, con lo que refieren cambios relativamente rápidos, observables a escala humana y no geológica, que serían ya objeto de la Geomorfología Genética o Histórica. Este último enfoque queda claramente ilustrado en el llamado "ciclo geomorfológico" de Davis; la diferencia con la Geomorfología Dinámica radica, en tonces, en las escalas de tiempo utilizadas en cada caso y en el hecho de que ésta última permite la prognosis, mientras que el enfoque histórico se refiere más a la evolución pasada en términos geológicos. Por otra parte, el enfoque dinámico presenta ciertas ventajas con respecto al histórico en aspectos de planeación del territorio, debido a su ca rácter actual.

El último enfoque, de Geomorfología Ambiental, constituye hoy en día, uno de los más importantes por su ca rácter interdisciplinario. Así, numerosos grupos de ingenieros, biólogos, ecólogos y geógrafos, no sólo físicos sino también socioeconómicos, consideran en sus estudios al relieve y procesos conexos para la explicación de fenómenos

específicos a sus respectivas especialidades. Así, el suelo, agua, vegetación y uso del suelo, entre otros temas, son interpretados incorporando al análisis a la variable geomorfológica.

Resulta importante considerar que en un trabajo geomorfológico, se pueden encontrar más de uno de los enfoques referidos en una misma investigación.

Es necesario tener en cuenta que, independientemente de la especialidad del profesionalista, el enfoque adoptado y los objetivos planteados se encuentran, en gran medida, influenciados por la escala de trabajo. Por demás está decir que dependiendo de la escala, el detalle varía en forma considerable. Esto es importante pues los enfoques referidos conllevan, implícitamente, una connotación de escala diferente. Para el caso de la Geomorfología ambiental es claro que se requiere de una escala que permita el detalle preciso; si por ejemplo, se intenta relacionar los procesos edafogénicos o de vegetación con aspectos geomorfológicos, el requerimiento esencial será una cartografía a gran escala (1:10 000 a 1:20 000). Lo mismo sucede con la geomorfología dinámica, aunque en este caso es posible trabajar a escalas 1:50 000, dependiendo de objetivos específicos, sin que se niegue la pérdida de detalles interesantes. Así, es importante la consideración de la escala para la definición de métodos y técnicas a emplear y de las limitaciones y alcances del trabajo

final.

Teniendo como marco de referencia a la escala regional, en este caso 1: 250 000, se adoptan algunos elementos metodológicos inherentes al campo de otras ciencias, cada uno de los cuales aporta información específica para la realización del estudio.

Dentro de las determinaciones geomorfológicas que son consideradas aquí están la morfología, incluyendo a la morfometría como parte de las formas del relieve. Algunos de los métodos y técnicas consideradas para la determinación de estos aspectos no son en principio geomorfológicas, sino hidrológicas, aunque el análisis de los resultados está fundamentalmente dirigido a la interpretación geomorfológica. Tal es el caso de la morfometría, que incluye los índices de densidad y de profundidad de la disección, los cuales representan un medio útil para el reconocimiento de la evolución del relieve, sobre todo a nivel regional, en donde el control específico y puntual del accionar erosivo-acumulativo resulta, además de innecesario, irrealizable. Su aplicación a nivel regional permite establecer un mayor número de comparaciones y relaciones con fenómenos geológicos, que por lo general se manifiestan en grandes áreas. La aplicación de esta técnica, utilizada por otros autores (Lugo 1981; Bocco 1983; Moya y Zamorano 1983) nos ha permitido generar en este trabajo nuevos conocimientos que enriquecen a la geomorfolo-

gía per se, al método en general y a la técnica en particular, permitiendo contar con una primera gran visión del comportamiento del relieve de una región poco o nada estudiada. Además, es importante considerar que dichas oportunidades se establecen dentro de una línea de investigación institucional, que consideramos requiere de cuestionamientos y aportes constantes, dado que en nuestro país se encuentra en sus inicios.

Por otra parte, el análisis cartográfico a diferentes escalas facilitó la delimitación de estructuras y procesos geomorfológicos en la región, lo que llevó al planteamiento de supuestos hipotéticos que requerían ser comprobados directamente en el campo. Así, el trabajo de campo resolvió interrogantes y planteó nuevos cuestionamientos y permitió, en gran medida, la generación de información sobre la cual descansan principalmente los aportes de esta investigación. Los recorridos facilitaron la recabación de información: morfológica, a partir de la observación directa del relieve; evolutiva, a partir del estudio de perfiles que permitieron reconocer distintas etapas de desarrollo en estructuras regionales; y dinámica, a partir de la conjunción de los criterios anteriores. Con esto se pudo corroborar hipótesis emanadas del trabajo de gabinete y fue posible asimismo, la detección de problemas particulares, algunos de los cuales eran supuestos.



De lo antes expuesto, puede deducirse que las características del trabajo presente refieren concordancias con los enfoques estático, genético o histórico y dinámico, antes referidos. Debido al control escalar y a los objetivos del estudio, el enfoque ambiental se restringe a unas cuantas relaciones regionales.

Por último, nos parece importante sintetizar aquí el aporte general de este estudio, a reserva del detalle posterior.

Los aportes generales de este estudio, en conclusión, pueden enmarcarse bajo tres grandes rubros.

En primer lugar, los resultados alcanzados permiten inferir la importancia del criterio geomorfológico para la determinación de las edades relativas de las formaciones geológicas, algunas de las cuales son modificadas por nuestros resultados. Los criterios utilizados por varios geólogos a este respecto no han incluido el manejo adecuado de la geomorfología. Nuestras reflexiones y resultados personales demuestran lo anterior y contribuyen al establecimiento correcto de parte de la secuencia estratigráfica.

Un segundo aspecto importante lo representa el aporte a la cartografía geomorfológica regional. El diseño de la carta geomorfológica que sintetiza nuestros resultados y la simbología utilizada no son fortuitos. Corresponden a

la inquietud de representar elementos y eventos conectados con el relieve, de manera tal que un usuario versado en el tema cuente con un documento de fácil lectura y útil, tanto para el conocimiento global del relieve regional como para reconocer aspectos de estudio específicos. Se ha intentado por medio de la elaboración de un mapa legible, sintetizar las relaciones espaciales entre el sustrato, las formas, el proceso y su edad, relaciones que representan la participación general del relieve dentro de un esquema general dentro del cual se incluyen asimismo los demás elementos del medio, incluyendo al hombre. Por ello consideramos particularmente interesante el aporte a la cartografía de este tipo pues en nuestro país no reconocemos un antecedente directo tan completo como el que aquí presentamos. Se contribuye, dentro de una línea de investigación institucional, al desarrollo de una cartografía geomorfológica regional propia. (Ver Geomorfología).

Por último, y no menos importante que los anteriores, es el establecimiento de problemas específicos no regionales, pero sí emanados del estudio regional. Se detectan localmente algunos aspectos que revisten importancia desde distintos puntos de vista. El establecimiento de los problemas referidos surge a partir del estudio regional, lo que permite reconocer su importancia y magnitud.

El estudio está dividido en tres capítulos. El

primero refiere las características geográficas generales, que sin ser propiamente analíticas, permiten la ubicación y relación de los elementos centrales de la investigación. El segundo capítulo incluye la descripción estratigráfica y consideraciones a la tectónica regional y a la historia geológica, información indispensable para el desarrollo del tercer capítulo y central del trabajo, en donde se refieren los resultados alcanzados. Por último se concluye y se anotan específicamente los aportes al conocimiento geomorfológico de la región estudiada.

## I. MARCO GEOGRAFICO GENERAL

La región en estudio comprende una superficie aproximada de unos 25 000 Km<sup>2</sup>. Queda ubicada en la porción nororiental del Estado de Michoacán; además comprende una porción del occidente del Estado de México y sur de Guanajuato. Las coordenadas extremas de la región son: 19° y 20° de latitud norte y 100° y 102° de longitud oeste (ver Fig. 1). La región queda comprendida en la carta Morelia editada por la DGGTN (hoy Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI) a escala 1: 250 000, misma que incluye 24 cartas a escala 1: 50 000 editadas por la misma dependencia (Ver Fig. 2).

En la región destacan como poblaciones importantes la ciudad de Morelia, al centro, Pátzcuaro al oeste, Ario de Rosales al suroeste, Zacapu al noroeste, Cd. Hidalgo y Zitácuaro al oriente y Valle de Bravo en el extremo sureste.

La región queda incluida en las provincias fisiográficas del Sistema Volcánico Transversal y la Depresión del Balsas. La primera comprende fundamentalmente a la porción septentrional de la región, caracterizada por la presencia de estructuras volcánicas cenozoicas, predominando las de edad cuaternaria al norte, noreste y noroeste, así como al este y oeste en general. Estas estructuras bordean, hacia el sur y suroeste, a formas de relieve volcánicas del ter-

Figura 1. LOCALIZACION DE LA REGION EN ESTUDIO.

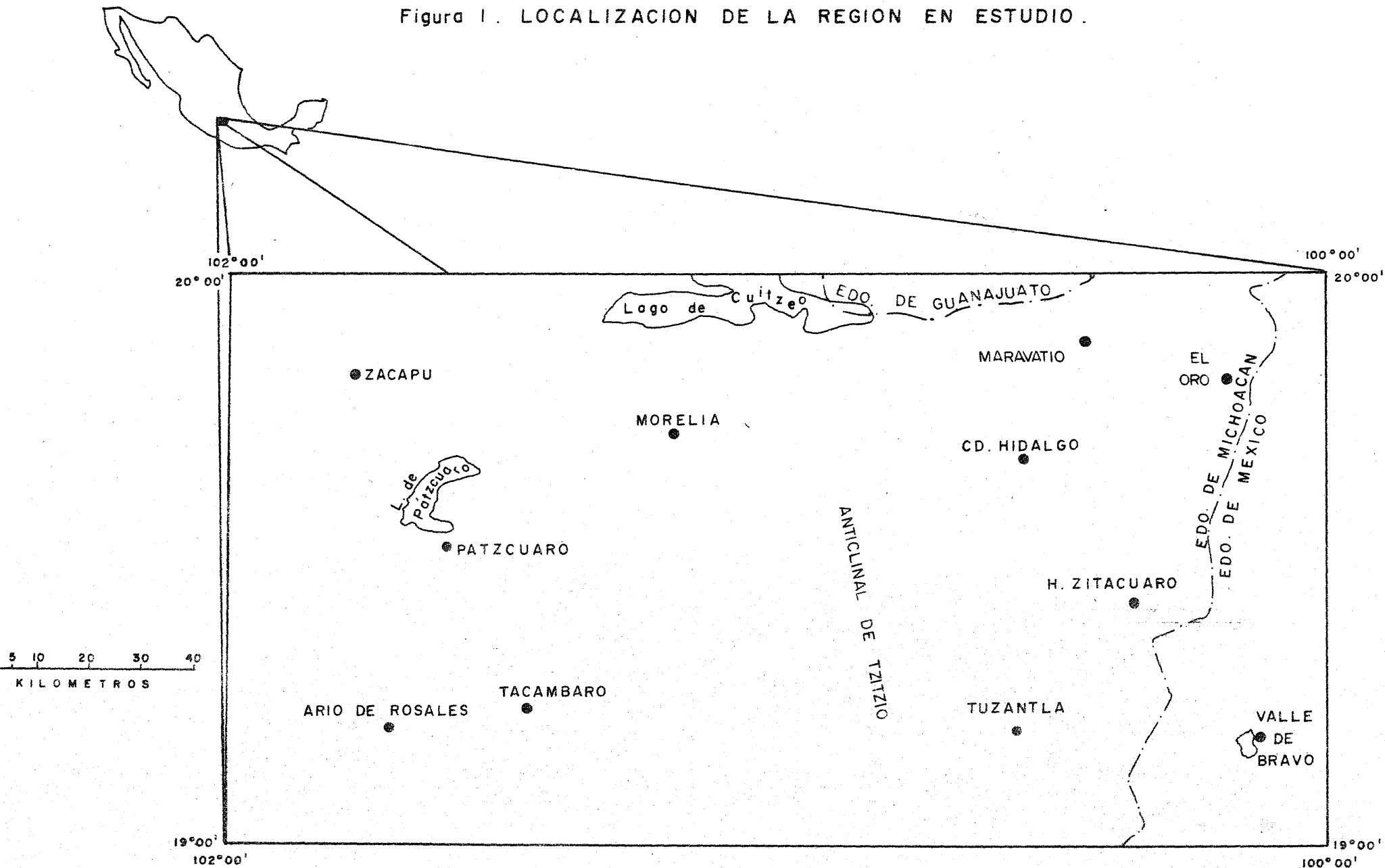
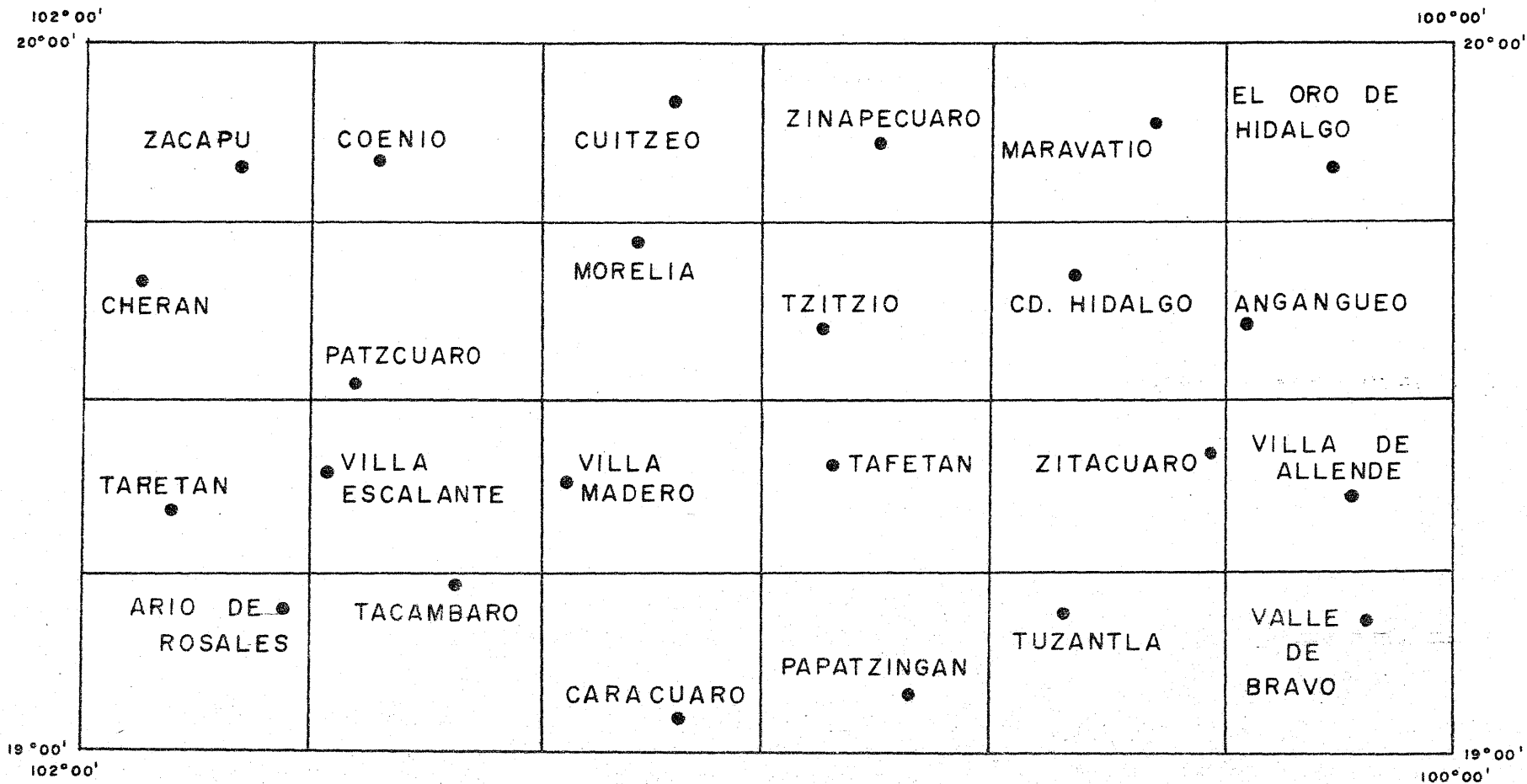


Figura 2. CARTAS A ESCALA 1:50 000 QUE COMPONEN A LA REGION EN ESTUDIO.



ciario, diferenciándose éstas de aquéllas por su grado de ero  
sión, mayor y menor respectivamente. Las principales eleva  
ciones se presentan en esta provincia y sobrepasan claramente  
los 3 000 metros de altitud, como sucede en la Sierra de  
Nahuatzin, al oeste del lago de Pátzcuaro, cuya máxima ele  
vación es superior a los 3 300 metros; en la Sierra de Cua-  
najo y Ozumatlán (Mil Cumbres), al suroeste y este de la ciu  
dad de Morelia, respectivamente, se presentan también altitu  
des cercanas a los 3 000 metros; por último, en la Sierra de  
Zitácuaro, en los límites entre los estados de México y Mi-  
choacán, las altitudes alcanzan los 3 500 metros, siendo las  
máximas para la región.

Hacia el sur y sureste, las altitudes decrecen de  
manera notable, siendo comunes las inferiores a los 1 000 me  
tros, e incluso menores de los 500 metros en el extremo su-  
roccidental, formando parte este territorio de la provincia  
de la Depresión del Balsas.

Como es sabido, el límite de esta última provincia  
fisiográfica no ha sido establecido con exactitud, siendo  
unos de los criterios considerados el topográfico y el geo-  
lógico.

Para Raisz (1964) la Depresión del Balsas constituye  
una subprovincia de la Sierra Madre del Sur. Este crite-  
rio es de alguna manera compartido por la INEGI (1981), que

enmarca a la Depresión del Balsas dentro de la provincia geológica de la Sierra Madre del Sur.

El criterio topográfico designa como Depresión del Balsas a la superficie drenada por el río del mismo nombre que tienen altitudes promedio de 500 metros en el Estado de Michoacán (Correa, 1974). Tamayo, (1962) establece un límite superior hasta de 1 000 metros, aunque coincide en el promedio general de 500 metros, señalado anteriormente. En la porción de la región comprendida en esta provincia, se presentan, además de estructuras volcánicas, principalmente terciarias, estructuras debidas al plegamiento de rocas mesozoicas, representadas por esquistos al sur y sureste, y calizas en algunas localidades de escasa extensión alrededor de la ciudad de Zitácuaro. También se presentan hacia el extremo suroeste, algunos cuerpos intrusivos parcialmente cubiertos por materiales volcánicos más recientes.

Asociada a la diversidad hipsométrica referida antes, la región comprende dos tipos climáticos generales diferentes. En la porción septentrional predominan los climas templados, concentrándose las lluvias durante el verano, aunque en algunas porciones de las partes más elevadas, la precipitación se lleva a cabo durante todo el año. En la citada porción, la precipitación alcanza promedios generales cercanos a los 800 mm. En algunas otras localidades,



también de clima templado, como en los alrededores de Valle de Bravo, las precipitaciones sobrepasan claramente los 1 000 mm, siendo comunes, incluso, precipitaciones del orden de los 1 500 mm. La porción meridional de la región, cuyas altitudes menores ocasionan un ascenso considerable en la temperatura, se caracteriza por poseer un clima tropical en donde las precipitaciones varían entre los 900 y los 1 300 mm. constituyendo una ladera de barlovento en donde se deposita la humedad proveniente del Pacífico.

Las características del relieve y del clima referidas, han determinado que la región cuente con excelentes recursos hidrológicos representados, en la porción meridional, por los ríos Tomendán, Grande, Chiranguero, Tilastoc y Temascaltepec entre muchos otros, mismos que reconocen hacia el Río Balsas. En la porción septentrional, se presenta un comportamiento hidrológico diferente a partir de las condiciones del relieve. Son comunes las depresiones endorreicas, en las cuales aún persisten cuerpos lacustres naturales, como Cuitzeo, Pátzcuaro y Zacapu. El número de corrientes fluviales en esta porción es considerablemente menor al de la parte sur, debido a la gran infiltración a través de las numerosas coladas lávicas existentes.

A partir de la evolución geológica y del clima predominante en la región, se presenta un desarrollo de suelos y vegetación característicos. Los andosoles, suelos forma-

dos a partir de cenizas volcánicas, se reconocen en la porción occidental, central y oriental, disponiéndose en las zonas afectadas por vulcanismo cuaternario. Gran parte de estos suelos se encuentran cubiertos por una vegetación boscosa compuesta por pinos, abetos y encinos, principalmente, aunque una buena parte de esta vegetación se encuentra alterada por la actividad humana. Otra unidad de suelos bastante extendida la constituyen los luvisoles asociados con regosoles, principalmente en la porción centro, sur y suroccidental de la región. La vegetación en este caso está representada por bosque de pino-encino en la porción central y por selva baja caducifolia en la parte más meridional. En este último caso, dadas las condiciones de inaccesibilidad de la zona, la vegetación se encuentra menos trastornada que en los casos anteriores. Otra unidad de suelos representativa está compuesta por los vertisoles, suelos que se encuentran directamente asociados a las planicies ocupadas antiguamente por cuerpos lacustres, principalmente en la parte norte de la región. Dadas sus características topográficas y a la concentración de población, se encuentran sujetos a un uso agrícola, en buena parte intensivo.

Es importante, por último, considerar la participación del hombre en algunas modificaciones al medio, que se reflejan en un comportamiento específico de los procesos geomorfológicos.

Como se mencionó con anterioridad, las poblaciones más importantes en la región se encuentran concentradas en su porción norte. Entre las causas de dicha distribución tenemos la accesibilidad a los recursos naturales, tanto renovables como no renovables, en las que participa de manera evidente la topografía. Esta ha facilitado el desarrollo de una red de carreteras y caminos que comunican densamente las poblaciones del norte de la región, entre sí y con otros puntos del país, lo que no sucede con la parte sur, en donde el relieve, por demás abrupto, y la dispersión de la población en pequeños núcleos ha limitado la construcción de vías de comunicación importantes. Lo anterior supone, entonces, un mayor impacto al medio en la porción norte y menor en la parte sur de la región.

El impacto al medio se traduce, por una parte, en la deforestación de grandes áreas con fines agrícolas, lo que acarrea problemas de tipo geomorfológico, como lo es la erosión de suelos, cuya vocación dista mucho de ser agrícola. También como causante de la deforestación puede citarse a la actividad minera del noreste de la región. En Tlalpujahuá-El Oro y Angangueo la actividad de este tipo les permitió destacar a nivel nacional dentro de los principales productores de plata y oro; es común observar extensas áreas alrededor de los centros señalados que poseen suelos afectados por la erosión, en los que pueden apreciarse trastornos

evidentes a la cuebierta vegetal.

Otras modificaciones impuestas por el hombre al medio pueden referirse al renglón hidrológico.

Un caso de clara influencia a este respecto lo constituye la desecación de cuerpos lacustres, como el caso del antiguo lago de Zacapu, al noroeste. Dicho lago comenzó a ser drenado a fines del siglo pasado a partir de la construcción de canales en Villa Jiménez. En la actualidad, la antigua extensión lacustre se limita a un pequeño cuerpo situado al norte del poblado de Zacapu, mientras que la planicie desecada, que cubre una extensión considerable, se encuentra dedicada a cultivos y pastizales. Por otra parte, los recursos hídricos con que cuenta la zona son aprovechados por el hombre a partir de la construcción de numerosas presas de uso múltiple, lo que queda más claramente representado en el sureste de la región, con las presas de Valle de Bravo, Colorines, Tingambato y Santo Tomás, que junto con la de Villa Victoria constituyen parte del llamado Plan Cutzamala.

## II GEOLOGIA REGIONAL

La región muestra un claro predominio de rocas volcánicas. Estas cubren la mayor parte de la región, y se sobreponen a las rocas mesozoicas representadas por esquistos en su mayor parte, encontrándose también algunas localidades de escasa representación regional en las que aparecen rocas sedimentarias de origen marino (Ver carta geológica).

La región se caracteriza también por la manifestación de fases tectónicas durante el cenozoico de carácter compresivo y distensivo causantes, respectivamente, de la formación de anticlinales y grábenes que influyen notablemente en el accionar de los procesos erosivo-acumulativos en la región.

La complicación tectónica y volcánica se refleja en la dificultad de datar en forma precisa algunos eventos geológicos regionales. Así, es común encontrar un sinnúmero de interpretaciones diferentes acerca del origen de las estructuras regionales y acerca de la edad de las rocas que las constituyen.

En este capítulo, realizado fundamentalmente a partir de consulta bibliográfica, y basado en evidencias de campo, se incluye la descripción estratigráfica, tectónica regional e historia geológica, que se toman como marco de referencia para el análisis geomorfológico posterior.

Los estudios utilizados en la elaboración de este capítulo fueron elegidos con base en distintos criterios: son específicos para la región o bien la incluyen en su marco espacial; son recientes, basados en evidencias emanadas del estudio detallado y en modernas técnicas; contemplan el análisis y discusión de los resultados obtenidos previamente por otros investigadores, etc.

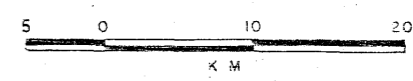
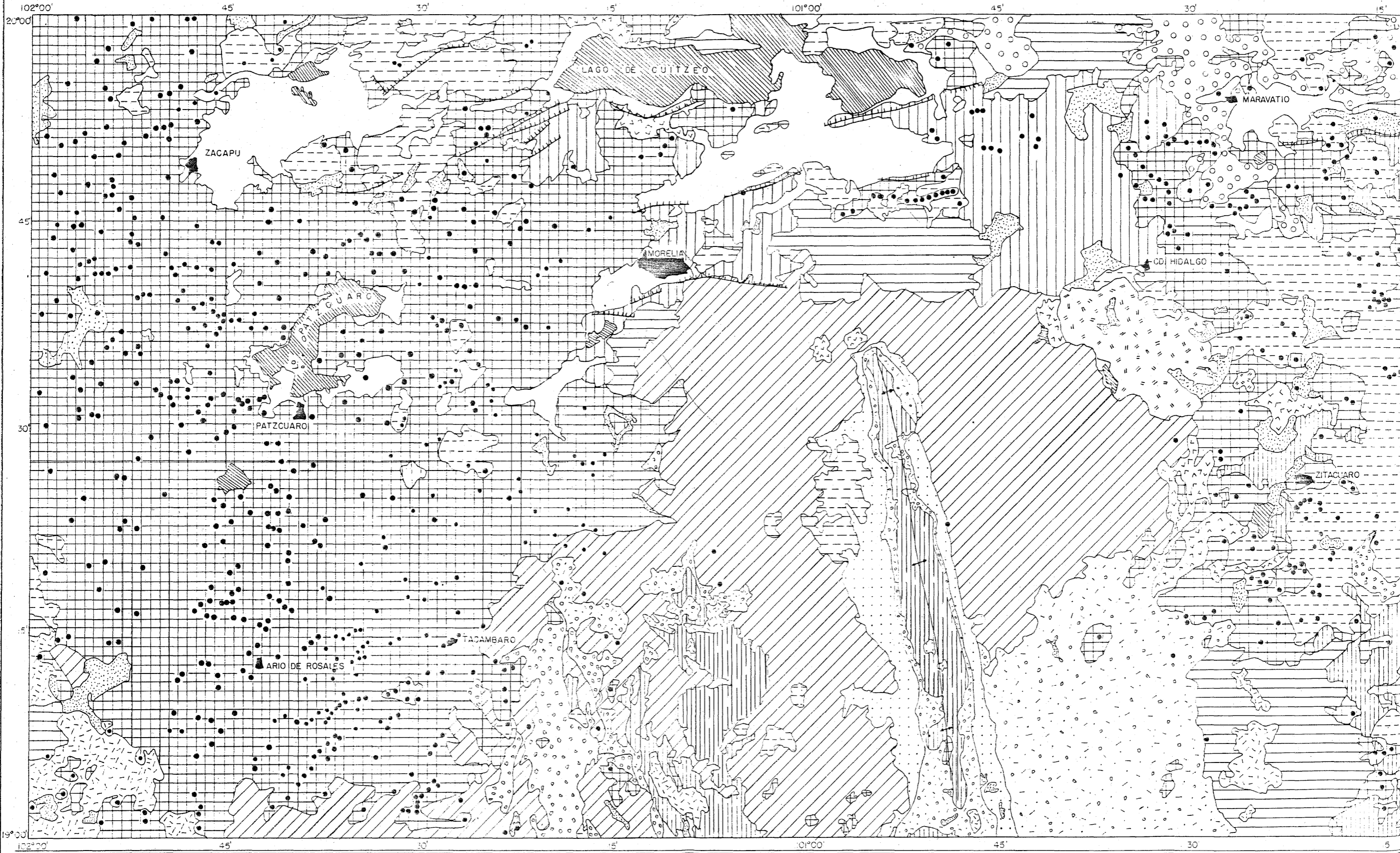
Entre los trabajos que representaron mayor utilidad por su calidad y fundamentos de apoyo se encuentran los de Demant (1976,1978), Demant et al (1975a,1975b), Mauvois et al (1976), Silva et al (1976) y por último Silva (1979) en cuyo trabajo está basada, fundamentalmente, la estratigrafía e historia geológica. Otros estudios consultados se citan en el texto.

#### A. Estratigrafía

##### 1. Mesozoico

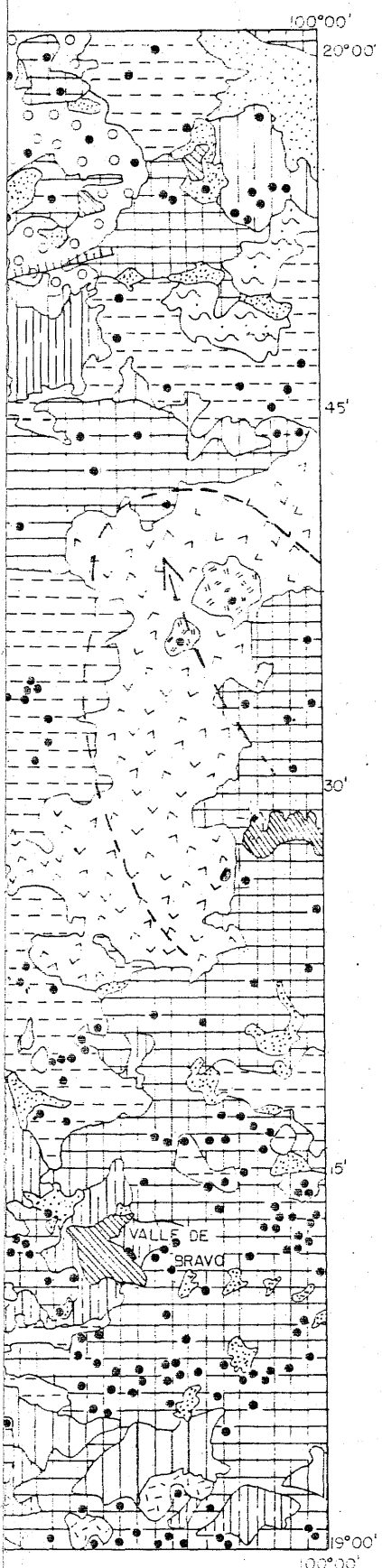
Las rocas más antiguas que afloran en la región corresponden a esquistos verdes y metarriolitas que se presentan, principalmente, en la porción centro, sur y oriental de la misma. Los esquistos verdes, fuertemente plegados, ocupan extensiones considerables al noreste de la región, entre los poblados de Tlalpujahuá y Senguio, constituyendo la prolongación septentrional de la serie Valle de Bravo-Teloloapan (Silva, 1979) estudiada por Campa et al (1974), esta última presenta en la parte sureste de la región. Por otra par

# MORELIA



# CARTA GEOLOGICA

## LEYENDA



- |                    |  |  |                                 |                          |  |                                |
|--------------------|--|--|---------------------------------|--------------------------|--|--------------------------------|
| CUATERNARIO        |  | ALUVION RECIENTE                                     |                                 | SED. LACUSTRES RECIENTES |  | DEPOSITOS DE POZOS DE PALIZADA |
|                    |  | VULCANISMO BASALTICO                                 |                                 | RIOLITAS Y DACITAS       |  | DELUVION VOLCANICO             |
| PLIOCENO           |  | SED. LACUSTRES                                       |                                 | CONGLOMERADO             |  |                                |
|                    |  | VULCANISMO ANDESITICO                                |                                 |                          |  |                                |
| MIOCENO            |  | DOMOS DACITICOS ASOCIADOS A VULCANISMO IGIMBRITICO   |                                 |                          |  |                                |
|                    |  | IGNIMBRITAS  |                                 |                          |  |                                |
| OLIGOCENO          |  | COLADAS BASALTICAS ANDESITICAS Y DACITICAS           |                                 |                          |  |                                |
|                    |  | SECUENCIA DE BASE (Tobas y Brechas volcánicas)       |                                 |                          |  |                                |
| EOCENO             |  | ARENISCA Y LUTITAS                                   | MOLASA CONTINENTAL GRUPO BALSAS |                          |  |                                |
|                    |  | CONGLOMERADO DE BASE                                 |                                 |                          |  |                                |
| JURASICO CRETACICO |  | CALIZA   |                                 |                          |  |                                |
|                    |  | SECUENCIA METAMORFICA (Esquistos verdes y calcáreos) |                                 |                          |  |                                |
|                    |  | VOLCAN   |                                 | FALLA NORMAL             |  |                                |
|                    |  | POBLADO  |                                 | ANTICLINAL               |  |                                |
|                    |  | CUERPO DE AGUA                                       |                                 |                          |  |                                |



te, los afloramientos de metarriolitas son menos extensos que los anteriores, disponiéndose al oeste y suroeste de Zitácuaro.

La edad de estas rocas ha sido motivo de discusión entre los diferentes autores. Así, Flores (1920) les asigna una edad del triásico superior para el sector Tlalpujahua, mientras que Fries (1965) plantea que aquélla corresponde al Triásico-Cretácico. Por otra parte, De Cserna (1975) propone una edad paleozoica para los afloramientos cercanos a Zitácuaro, incluyendo en este caso tanto a las metarriolitas como a los esquistos verdes a que se hace alusión. Sin embargo Campa et al (op cit) asignó, con base en determinaciones en microfauna, una edad Jurásico superior Cretácico inferior para los afloramientos de esquisto de Valle de Bravo. Si consideramos, como menciona Mauvois et al (1976) que los afloramientos de Tlalpujahua y Zitácuaro constituyen con aquéllos una misma unidad, se debe asignar la misma a los afloramientos metamórficos en su totalidad.

Otra porción en donde pueden apreciarse estos esquistos, corresponde a la parte central, o "corazón" del llamado Anticlinal de Tzitzio, que se dispone con dirección norte sur en el centro de la región. Hacia el occidente del citado anticlinal pueden apreciarse, asimismo, importantes extensiones en las que el esquisto aludido aflora. Estos dos últimos casos presentan, en términos generales, condiciones

semejantes a los esquistos de Tlalpujahua y Valle de Bravo, por lo que comparten sus características.

Es importante mencionar que estas rocas poseen un alto grado de mineralización, cuyo origen está ligado al magmatismo ingnimbrítico que las cubre parcialmente (Silva, op cit). Para ilustrar lo anterior basta recordar que la zona de Tlalpujahua-El Oro ocupó uno de los primeros lugares en México, durante el siglo pasado, en la producción de oro.

Además de los esquistos mencionados, corresponden a este período algunos afloramientos de caliza de menor importancia en función de su escasa extensión a nivel regional. Dichos afloramientos se encuentran al occidente de la ciudad de Zitácuaro.

## 2. Cenozoico.

Durante este período se presentan fenómenos volcánicos tectónicos que imprimen su huella distintiva. Se distingue por el predominio de procesos continentales que comprenden desde la creación de piedemontes posterogénicos al principio del Terciario hasta la aparición de cuencas lacustres originadas a partir de una tectónica distensiva plio-cuaternaria, misma que es acompañada por manifestaciones volcánicas recientes, como las del volcán Nevado de Toluca, con cuya actividad se ve afectada la porción oriental de la región.

### 2.1. Eoceno

Esta etapa está caracterizada por depósitos de tipo molásico localizados al sursureste de la región, descansando en los flancos del Anticlinal de Tzitzio, sobre las rocas metamórficas que lo constituyen. Según Silva (1979), estos depósitos están formados por dos miembros diferentes. El más profundo constituye un conglomerado basal, consolidado, formado por fragmentos de tamaño mediano (2-5 cm) de andesita, cuarzo y rocas graníticas y tiene un espesor aproximado de 200 metros. Sobre éste, completa la serie una potente alternancia de niveles de arenas finas y lutitas rojas muy finamente estratificadas. Los dos miembros forman parte del llamado Grupo Balsas (Fries 1957, 1960) que designa a los depósitos continentales de color rojo que se extienden al sur del Sistema Volcánico Transversal. Su máximo espesor, alrededor de 2 000 metros, se presenta en la cuenca del río del mismo nombre correspondiendo, a la región que se estudia, una porción septentrional del gran depósito. La edad del Grupo Balsas ha sido establecida por correlación estratigráfica; en el sector Huetamo, al sur de la región, el Grupo se encuentra recubriendo a la serie metamórfica del Mesozoico y, a su vez, es recubierto por lavas andesíticas oligomiocénicas, por lo que se les puede asignar una edad del Eoceno (Silva, 1979).

### 2.2. Oligoceno

Las rocas correspondientes a este período constitu

yen una potente serie volcánica de naturaleza calco-alcalina, formada, principalmente, por acumulaciones de tobas y brechas andesíticas alteradas, con algunas intercalaciones de niveles lacustres finamente estratificados (Silva, 1979). Esta serie volcánica fué afectada por el plegamiento que dió origen al Anticlinal de Tzitzio, lo que se distingue a partir de los sistemas de fractura resultantes. A esta fase tectónica, si guió una detrítica, como explica Silva (op cit) lo que da lu gar a que las coladas se cubran con materiales angulosos, que denotan escaso transporte.

En la región en estudio, esta serie volcánica posee una amplia representación. En primer lugar, destaca la porción central de la región, en donde recubren a los sedimentos continentales eocénicos del Grupo Balsas y al esquisto mesozoico. Esta serie se prolonga hacia el sur de la región llegando hasta el poblado de Huetamo, en donde Pantoja (1958) le asigna el nombre de "Serie Characharándaro" Esta serie se presenta también al norte de la región, en los alrededores del Lago de Cuitzeo y la Sierra de Santa Inés, esta última al oriente del Lago mencionado.

La edad de esta serie también ha sido sometida a discusión. Demant (inédito, citado por Mauvois et al, 1976 y Silva, 1979) dató en 14 M.A. las lavas del sector Mil Cumbres, lo que parece demasiado reciente, Pantoja, (op cit)

por su parte, asigna una edad oligomiocénica a esta serie en Huetamo. Un punto esencial para su datación lo constituye, hoy día, la determinación de la edad del Anticlinal de Tzitzio que Mauvois et al (Op cit) fijan en el Mioceno temprano a medio. Ya que esta serie volcánica cubre a los depósitos continentales del Grupo Balsas y son afectados por el plegamiento del Anticlinal de Tzitzio, su edad debe situarse en el Oligoceno.

### 2.3. Mioceno

Se caracteriza esta etapa por la emisión de materiales dacíticos e ignimbritas que se distribuyen preferencialmente en el sector norte y nororiental de la región. La llamada Sierra del Fraile, al sur de Ciudad Hidalgo, se encuentra constituida por lavas relativamente homogéneas de tipo dacítico. En este punto, el intenso modelado erosivo dificulta el reconocimiento de las formas originales, aunque la presencia de depósitos de nube ardiente indica que centros eruptivos importantes funcionaron en esta zona. Las dacitas que constituyen a esta Sierra se encuentran superpuestas a las andesitas oligocénicas. Se considera que este vulcanismo es posterior al plegamiento del Anticlinal de Tzitzio (Silva, op cit) dado que no es afectado por el mismo, por lo que se les puede asignar una edad del Mioceno medio (?).

Los productos ignimbríticos cubren zonas más extensas que las dacitas antes descritas. Silva (op cit) dis-

tingue cuatro sectores en donde se ha manifestado este vulcanismo:

a) Sector Morelia-Lago de Cuitzeo.

Corresponde al norte de nuestra región desde la capital michoacana hasta los bordes del citado lago, extendiéndose aún más al norte del límite regional considerado. La emisión del material tiene su origen en la región de Huaniqueo (al oeste del lago referido) y su edad corresponde al mioceno medio a superior (Silva, op cit).

b) Sector Tlalpujahuá

Se trata de tobas ignimbríticas con xenolitos de andesita. Estas rocas se encuentran cubiertas localmente por pumitas cuaternarias en el sector de Palizada (al oriente de la región). Fries (1965) agrupa a estas ignimbritas dentro de la Formación Las Américas, a la que asigna una edad del cuaternario. Sin embargo, menciona Silva (op cit) que las analogías geológico-geomorfológicas de estos depósitos con los descritos en el sector anterior, permiten concebir una edad compatible; es decir, corresponden al Mioceno medio a superior.

c) Sector Maravatío

Se presenta fuera de la región, al noreste, formando la Sierra de los Agustinos en donde se asocia con la presencia de calderas.

d) Sector Ciudad Hidalgo

Se localiza al occidente de la Sierra del

Fraile, antes descrita. Se encuentran cubriendo andesitas oligocénicas y a su vez se recubren estas ignimbritas con andesitas pliocénicas, por lo que se les puede asignar una edad también miocénica.

Sobre la distribución de esta unidad cabe hacer las siguientes aclaraciones.

En la cartografía elaborada por Silva y su descripción correspondiente, se incurren en algunos errores, atendiendo a nuestros propios resultados. En el sector Morelia-Lago de Cuitzeo Silva delimita incorrectamente a la ignimbrita miocénica, presente al E de Copándaro, al suroeste del Lago mencionado. El autor señalado agrupa como ignimbrita del Mioceno a acumulaciones que sobreyacen a basaltos pliocuaternarios, mismos que a su vez yacen sobre otro depósito de ignimbritas, estas últimas muy probablemente miocénicas. Esto hace suponer, obviamente, dos períodos eruptivos ignimbríticos separados por uno basáltico. También en este sector es llamativa la edad que asigna Silva en su estudio a los derrames basálticos, datándolos como oligocénicos. Si estos derrames cubren a las ignimbritas miocénicas como pudimos observar en campo, no parece posible que correspondan al Oligoceno; a esto hay que agregar que la morfología de estas coladas es pliocuaternaria.

En resumen, la evidencia cartográfica, estratigráfica y de campo muestra una secuencia distinta a la con-

cebida por Silva en su cartografía, misma que se contempla en el mapa geológico anexo a este estudio.

Para el sector de Tlalpujahua se puede señalar también un error importante de interpretación. Parte de la unidad cartografiada como ignimbritas del Mioceno descansa sobre andesitas y basaltos pliocénicos, lo que hace suponer como en el caso anterior, un período volcánico ignimbrítico distinto al miocénico, separado por uno andesítico-basáltico. La morfología de los derrames basáltidos al norte de El Oro es, asimismo, típicamente pliocuaternaria y no oligocénica, como apunta el autor citado. Por lo tanto, no se comparte aquí la opinión expresada por Silva en el sentido de que las evidencias geológicas y geomorfológicas sean compatibles para las ignimbritas del sector Morelia-Cuitzeo y el de Tlalpujahua (op cit, p. 25); son precisamente las evidencias geológico-geomorfológicas, las que impiden concluir de esta manera.

Por lo anterior, nos inclinamos a considerar como certeras las afirmaciones de Fries (1965) en el sentido de que las tobas ignimbríticas pertenecen al Cuaternario, a la Formación Las Américas, en la cual, posiblemente, se incluirían las tobas del sector Morelia-Cuitzeo, que sobreyacen al basalto pliocuaternario.

Ligados a las emisiones que originan a las ignim



britas miocénicas se encuentran algunos domos dacíticos y riolíticos. En la región, estos domos se presentan, fundamentalmente al suroeste de Ciudad Hidalgo, así como al norte del límite regional considerado. Estos domos corresponden, según Silva (op cit), más bien al magmatismo miocénico de la Sierra Madre Occidental y no al Sistema Volcánico Transversal propiamente dicho.

#### 2.4. Plioceno

Durante el Plioceno, las erupciones volcánicas dieron lugar a la aparición de un gran número de edificios, en donde fueron escasas las proyecciones de piroclastos. Para Demant (1976, 1978) estas emisiones constituyen las primeras manifestaciones del Sistema Volcánico Transversal.

Una diferencia notable entre los conos pliocénicos y los cuaternarios es, por un lado, el mayor tamaño de aquéllos y, por otra parte, la presencia casi generalizada de un cono escoriáceo asociado a derrames que caracterizan a las emisiones más modernas. En la región, los ejemplos de la actividad pliocénica pueden apreciarse al SW de Morelia (Cerro La Trampa), al occidente de Tlalpujahuá (Cerro Alto) y hacia el extremo noreste de la región (Cerro Altamirano); todos los anteriores se forman a partir de grandes coladas andesíticas.

Aunque este ciclo volcánico no ha sido datado con precisión, por correlación estratigráfica se conoce que es

posterior al vulcanismo ignimbrítico del Mioceno y anterior al Cuaternario (Silva, op cit). Algunos de estos edificios andesíticos del Plioceno se encuentran afectados por fallas normales que atestiguan una fase tectónica distensiva asociada a la formación de grábenes en la parte norte de la región, mismos que permiten la aparición de los cuerpos lacustres en dicha zona. En la actualidad algunos de estos lagos permanecen aunque sus dimensiones son considerablemente menores. Según Silva (op cit) el nivel actual del Lago de Cuitzeo se encuentra 200 metros por debajo de su antiguo máximo nivel, lo que permite establecer una primera idea acerca de las magnitudes del cuerpo lacustre en cuestión, cuya evidencia actual está representada por depósitos ricos en materia orgánica que cubren vastas extensiones alrededor del actual lago. Ejemplos de lo anterior se presentan, además del caso de Cuitzeo, en los alrededores de Zacapu y Maravatío, lo mismo que en los alrededores del Lago de Pátzcuaro.

#### 2.5. Cuaternario

El vulcanismo cuaternario y sus formas resultantes han impreso su huella claramente en la región, manifestándose principalmente en todo el occidente, norte y oriente de la región. El vulcanismo cuaternario, en atención a las características de los materiales emitidos puede dividirse en dos grupos: el primero agrupa a las lavas andesíticas a basálticas y el segundo a las riolíticas a dacíticas (Silva,

op cit).

a) Vulcanismo cuaternario andesítico y basáltico.

Se caracteriza por la presencia de conos escoriáceos asociados a derrames lávicos. Sin duda representan uno de los más importantes eventos geológicos no sólo en la región sino en todo el Estado de Michoacán, en donde suman más de 3 000 los conos de este tipo; en la región se tienen valores de densidad de volcanes de este tipo del orden de 12 por cada 100 Km<sup>2</sup> (Lugo et al, en prensa) que se cuentan entre los más altos para el Sistema Volcánico en general.

Se trata de conos con cráter definido compuestos por bombas, lapilli y cenizas, a partir de los cuales se extienden potentes coladas. Predomina este tipo de vulcanismo en toda la porción occidental de la región en donde son escasos tipos geológicos diferentes, a excepción del extremo suroeste donde afloran depósitos piroclásticos más antiguos. Un buen número de estas estructuras presentan alineamientos evidentes, controlados por fracturas, como puede observarse al sureste tanto del Lago de Cuitzeo como de Ario de Rosales. También en la porción oriental de la región son numerosas estas estructuras, como se observa en los alrededores de Valle de Bravo, en donde recubren a los esquistos del mesozoico.

b) Vulcanismo Cuaternario Acido.

Se caracteriza por emisiones dacíticas y rio

líticas, así como por proyecciones pumíticas recientes. Las riolitas se presentan principalmente al este de Zinapécuaro, al norte de la región, conformando domos de cima plana (mesas). Esta configuración sugiere una viscosidad relativamente baja (Silva op cit). También se presentan domos al este de Tuxpan, aunque en este caso son dacíticos y la forma de su cima sugiere a la de un cráter. Por otra parte, la porción culminante de la Sierra de San Andrés está compuesta también por dacitas de esta época.

Una característica interesante de estas estructuras es la de estar afectadas por actividad fumarólica, dirigida a través de fracturas, como sucede en Los Azúfres. La actividad hidrotermal ha sido causante de una profunda transformación de la roca, provocando su caolinización. Todos estos fenómenos se encuentran también asociados, repetimos, a la presencia de numerosas fracturas. Las edades de estas rocas son recientes. Para el sector de Zinapécuaro se tienen edades de  $1.57 \pm 0.15$  MA, mientras que para los domos de Tuxpan la edad es de  $0.36 \pm 0.008$  MA; dichas edades fueron determinadas por el método K-Ar por Demant et al (1975).

También pertenecen a esta etapa los depósitos de piedra pómez de la región de Palizada, al este de la región, provenientes de las emisiones del Nevado de Toluca. Mediante dataciones en paleosuelos se han determinado dos erupciones,

hace 24 mil y 11 600 años (Bloomfield et al, 1977), de dicho volcán. Esta manifestación volcánica es la última que afecta al oriente de Michoacán (Silva, op cit).

#### B. Tectónica Regional

Desde un punto de vista regional, el relieve de la región guarda una estrecha relación con los procesos tectónicos y el vulcanismo asociado.

En los últimos 30 años, han surgido numerosas ideas para explicar el origen del Sistema Volcánico Transversal, mismos que a la luz de nuevos descubrimientos, han sido constantemente superadas. Una de las primeras interpretaciones sugiere al Sistema Volcánico como una prolongación de la Fractura Olarión, sobre la cual se encuentran las Islas Revillagigedo. En dicho archipiélago, Mooser y Maldonado-Koerdell (1961) sitúan lo que para ese entonces fué la última erupción en México (Volcán Bárcena, 1952), y la consideran como la manifestación reciente más occidental del Sistema Volcánico Transversal. Sin embargo, Demant (1978) no acepta esta última relación, implicando el carácter alcalino de la citada erupción, característico del vulcanismo de isla oceánica, por lo que no es posible establecer una analogía entre dicha erupción y las que dieron origen al Sistema Volcánico. También Demant (op cit) manifiesta su desacuerdo con la hipótesis que considera al Sistema como una prolongación del sistema de fallas transformantes

del Golfo de Baja California, dado que esta idea implica un movimiento horizontal que en el Sistema Volcánico Transversal no ha sido detectado. Además, el autor citado se basa en pruebas petrológicas que apoyan su desacuerdo.

Mooser (1969) desarrolló otro modelo que implica la existencia de una "Geosutura" paleozoica reactivada en el Terciario; el calentamiento diferencial de la corteza sería el originador de magmas. Esta última idea se vió reforzada al suponer la posible existencia de puntos calientes (hotspots) debajo del Sistema Volcánico Transversal. Sin embargo, la idea se desechó al no existir evidencia litocronológica, pues la hipótesis, para resultar afirmativa, requería que el vulcanismo fuera más antiguo hacia el occidente y más joven hacia el oriente, toda vez que el movimiento de placa norteamericana es hacia el oeste y los puntos calientes son fijos (Demant, op cit).

Así, a la luz de nuevas aportaciones por parte de la Tectónica Global, las interpretaciones iniciales han sido seriamente cuestionadas.

Una de las más recientes interpretaciones es precisamente desarrollada por Demant (1978), en donde se hace intervenir el comportamiento de las Placas del Caribe y la Norteamericana.

Demant caracteriza los eventos geodinámicos de la

siguiente manera. En primer lugar se implica un movimiento diferencial siniestral entre la placa Norteamericana y la del Caribe, considera esta última como fija. Por otro lado, se produjo un cambio en el sentido de rotación en la placa de Cocos hace unos 10 MA. Este desplazamiento siniestral se produjo a lo largo del sistema de fallas Motagua-Polohic-Bartlett. Con lo anterior se explica la edad pliocuaternaria del vulcanismo del Sistema Volcánico Transversal así como la ausencia de paralelismo entre este último y la fosa Mesoamericana (Silva, 1979). La disposición general este-oeste de la zona central del Sistema muestra, así, los esfuerzos tectónicos sufridos por la porción sur de la placa Norteamericana en su desplazamiento hacia el oeste.

Como consecuencia de los esfuerzos generados, se presentan extensos fracturamientos alineados norte-sur, sobre los cuales se desarrollan los grandes estratovolcanes pliocuaternarios del Sistema, mientras que los volcanes monogenéticos, fundamentalmente cuaternarios, tienden a desarrollarse sobre fracturas secundarias orientadas E-W (Demant, 1978). El primer caso no es perceptible en la región que se estudia, mientras que el alineamiento E-W es evidente en diversos puntos, por ejemplo al sureste y noreste de Ario de Rosales, Oeste de Pátzcuaro, al noreste del lago del mismo nombre, al sureste del lago de Cuitzeo, etc.

Asociado estrechamente a la dinámica tectónica re

gional descrita, se encuentra el vulcanismo. Demant (1976) y Demant et al (1976) refieren tres ciclos volcánicos llevados a cabo en México: uno Jurásico superior-Cretácico inferior, otro Oligo-Mioceno y por último uno Pliocuaternario, originador, éste, del Sistema Volcánico Transversal.

El primer ciclo no se encuentra evidenciado en la región estudiada. Su manifestación dió origen a numerosos plutones de edad cretácica media y superior en Baja California, Sonora y Sinaloa, así como en Guerrero.

El ciclo oligomiocénico se presenta luego de un período de relativa calma volcánica y existen algunos ejemplos en la región. Las primeras emisiones, oligocénicas, son andesíticas, recubiertas por gruesos depósitos ignimbríticos ligados al origen de la Sierra Madre Occidental. Este magmatismo es de naturaleza calco alcalina y se manifiesta en un contacto de margen continental activa.

El último ciclo volcánico, Pliocuaternario, que es el único relacionado con el Sistema Volcánico Transversal según Demant (op cit) se encuentra vinculado con la actividad del Golfo de Baja California y la placa del Caribe, que interfirieron la subducción de la placa Pacífica (Silva, 1979). A consecuencia de esta actividad, se individualizan tres dominios volcánicos: la provincia californiana, la oriental y el Sistema Volcánico Transversal. Esta actividad, entonces, determina los alineamientos que controlan el surgi-



miento del vulcanismo calco-alcalino que conforma al Sistema Volcánico Transversal.

### C. Historia Geológica.

Atendiendo a los resultados alcanzados por Silva (1979) se puede resumir la historia geológica de la región de la manera siguiente.

La serie mesozoica es testigo de la existencia de un antiguo arco insular flanqueado por un mar marginal; las rocas volcánicas y sedimentarias son metamorfizadas como consecuencia de un movimiento de compresión durante el Cretácico (fase Albo-cenomaniana). Consecutivamente a esta fase tectónica, el oriente de Michoacán fué escenario de una sedimentación continental de tipo malásico, que conforma al Grupo Balsas.

Durante el Oligoceno se manifiesta un ciclo volcánico de tipo margen continental activa, de naturaleza calcoalcalina, que se evidencia principalmente a través de una potente acumulación andesítica, presente en la porción central de la región. Esta última estructura se ve alterada por una tectónica compresiva que origina al Anticlinal de Tzitzio durante el Mioceno inferior o medio (?). Posterior a la fase tectónica, también en el Mioceno, el vulcanismo se traduce en la formación de estructuras dacíticas, como las de la Sierra del Fraile, y en la formación de capas ignimbríticas. Esta actividad volcánica se relaciona más a la actividad de

la Sierra Madre Occidental que a la del Sistema Volcánico Transversal, cuya actividad, se ha visto, corresponde al Pliocuaternario.

Durante el Plioceno y Cuaternario se presenta un cambio importante en la actividad volcánica y tectónica.

La tectónica se manifiesta a través de movimientos distensivos que originan estructuras alineadas E-W lo que se explica a partir del movimiento diferencial entre América del Norte y la Placa Caribe. Esta tectónica genera grábenes que a su vez permiten la aparición de vastos lagos, algunos de los cuales aún se reconocen, aunque con menores dimensiones que antes. La tectónica citada se manifiesta durante todo el Pliocuaternario afectando a las coladas originadas en dicha época y asociada, también, se encuentra la disposición de los centros eruptivos sobre fracturas con orientación definida.

El vulcanismo pliocénico marca el inicio de la actividad del Sistema Volcánico Transversal y en la región se manifiesta a través de coladas andesíticas y formación de aparatos de grandes dimensiones. El vulcanismo cuaternario es sumamente diversificado y se traduce en la formación de conos escoriáceos y coladas lávicas basálticas y andesíticas que poseen amplia representación regional al norte, este y oeste. Asimismo, durante este período se forman domos riolíticos y dacíticos y, por último las emisiones pumíticas

del Nevado de Toluca cubren importantes áreas al oriente de la región, en la zona de Palizada.

El desarrollo geológico de la región puede resumirse, entonces, en los siguientes eventos.

- a) Acumulación en una cuenca marina marginal durante el Jurásico-Cretácico;
- b) Plegamiento durante el Cretácico superior- Eoceno superior;
- c) Acumulación continental de tipo molásico (Grupo Balsas) en el Eoceno;
- d) Fase volcánica del Oligoceno-Mioceno;
- e) Fase tectónica compresiva durante el Mioceno medio (?) (Anticlinal de Tzitzio);
- f) Emisiones de material ácido (Dacitas e Ignimbritas) durante el Mioceno medio y superior (?);
- g) Fase volcánica del Plioceno;
- h) Tectónica distensiva asociada al origen de los cuerpos lacustres y emisiones volcánicas basálticas, andesíticas y ácidas durante el Pliocuaternario,

Para finalizar, puede decirse que el oriente de Michoacán ofrece una visión completa acerca de los grandes eventos geológicos que afectaron a México después del Mesozoico y presenta, además una gran variedad en cuanto a la dinámica eruptiva y naturaleza de las rocas volcánicas (Silva 1979).

### III GEOMORFOLOGIA REGIONAL

En este capítulo, central de la investigación, se incluyen los resultados obtenidos del análisis geomorfológico regional.

Para la determinación y clasificación de las formas del relieve regional se consideraron los siguientes elementos: morfología, génesis, edad, evolución, dinámica y distribución. Estos elementos del relieve fueron determinados a partir del manejo de distintos tipos de información.

La morfología implicó la definición general de las formas del relieve. Dado que la escala regional (1: 250 000) no permite la delimitación y reconocimiento morfológicos se empleó para ello cartografía a mayor escala. Así, la identificación de las formas se llevó a cabo sobre 24 cartas a escala 1:50 000 lo que permitió contar con una mejor aproximación del relieve regional.

Para determinar la génesis de las formas del relieve en la región la base fundamental la constituyó la información geológica. Las características litológicas y la tectónica regional permitieron definir el origen, volcánico o tectónico, de las estructuras. Asimismo, esta información, conjuntada con la morfológica, facilitaron el reconocimiento del origen exógeno de algunas estructuras, como las planicies lacustres y aluviales, o bien los glaciais.

La edad, asimismo, es una determinación emanada

de la información geológica. La datación de las rocas volcánicas definen inmediatamente la edad de las formas constituidas por ellas. La datación de los eventos tectónicos, y no de las rocas afectadas por el tectonismo, define a su vez a la edad de estructuras de ese origen. En algunos casos las edades de las estructuras geomorfológicas son el producto del manejo de nuestros resultados y no de la de otros investigadores, aunque tengan como base los estudios de estos últimos.

La evolución involucra los cambios someros o profundos, que ha sufrido el relieve en el tiempo geológico, considerando tanto los endógenos como los exógenos; es decir, es una determinación que tiene como objeto definir las etapas y procesos geomorfológicos que expliquen la configuración actual del relieve (enfoque genético o histórico). Para su determinación fué considerada la información morfológica, genética y cronológica antes señaladas. Además, se realizó una evaluación cuantitativa del trabajo fluvial misma que al reccionarla con la información hasta ahora descrita (morfología, génesis y edad) facilitó la interpretación evolutiva de las formas regionales.

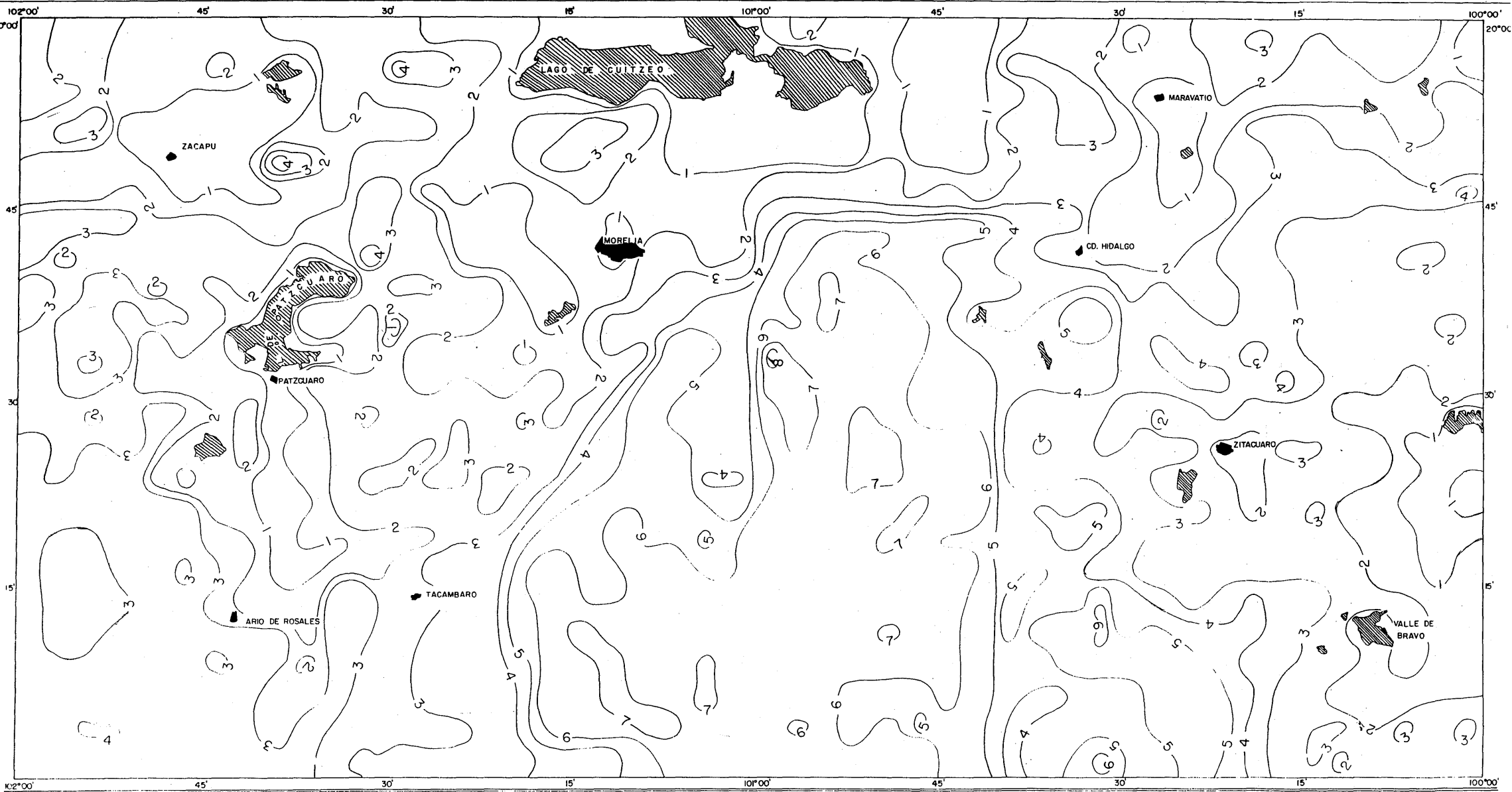
La dinámica está determinada en gran medida por la morfología, origen, edad y evolución, así como por la constitución litológica. Se refiere fundamentalmente a la evaluación de los procesos actuales que influyen sobre el relieve. Dado que dichos procesos, principalmente exógenos

como la erosión de suelos, reptación, sedimentación, etc., deben ser manejados en escalas grandes, en este trabajo sólo se consideran algunos de ellos, que destacan a nivel regional, ya que su tratamiento específico implica un planteamiento teórico diferente al de este estudio.

La distribución del relieve, por último, se resume en un aspecto cartográfico. La elaboración de una carta geomorfológica que resumiera las interpretaciones de la información antes referida nos llevó a considerar un tipo de cartografía que consideramos contiene los principales elementos para la interpretación geomorfológica regional. Dentro de la línea de investigación institucional dentro de la cual este trabajo está incluido, no se cuenta con una cartografía más completa que la que aquí se presenta. Ello constituye un aporte que consideramos importante dado el escaso número de este tipo de estudios y la falta de una cartografía de este tipo en nuestro país.

Para contar con un primer nivel de reconocimiento se elaboró una carta de zonificación geomorfológica (mapa 4) que resume de manera preliminar la información de morfología, génesis, edad, litología y evolución exógena a partir de las cartas de densidad, litología y profundidad de la disección (mapas 2 y 3). La elaboración de estas tres cartas permitió afinar la clasificación de las formas consideradas en la carta geomorfológica final, por lo que inclui-

# MORELIA

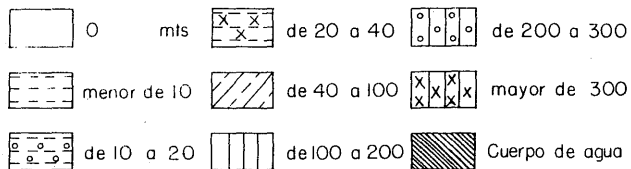
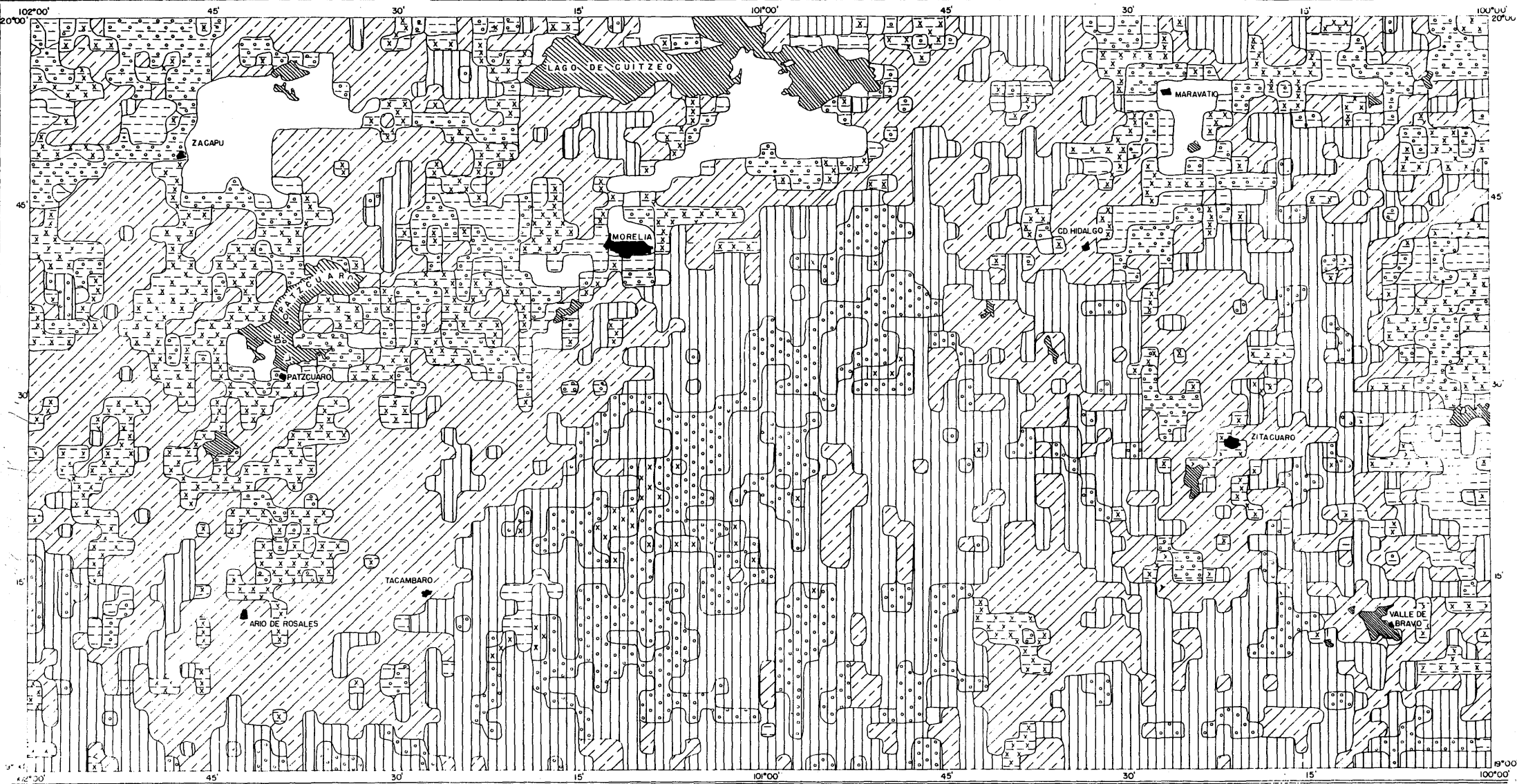


CARTA DE DENSIDAD DE LA  
DISECCION (km de talweg/km<sup>2</sup>)

MAPA 2

FORMADA A PARTIR DE MEDICIONES SOBRE CARTAS  
TOPOGRAFICAS A ESCALA 1:50 000 DEL INEGI

# MORELIA



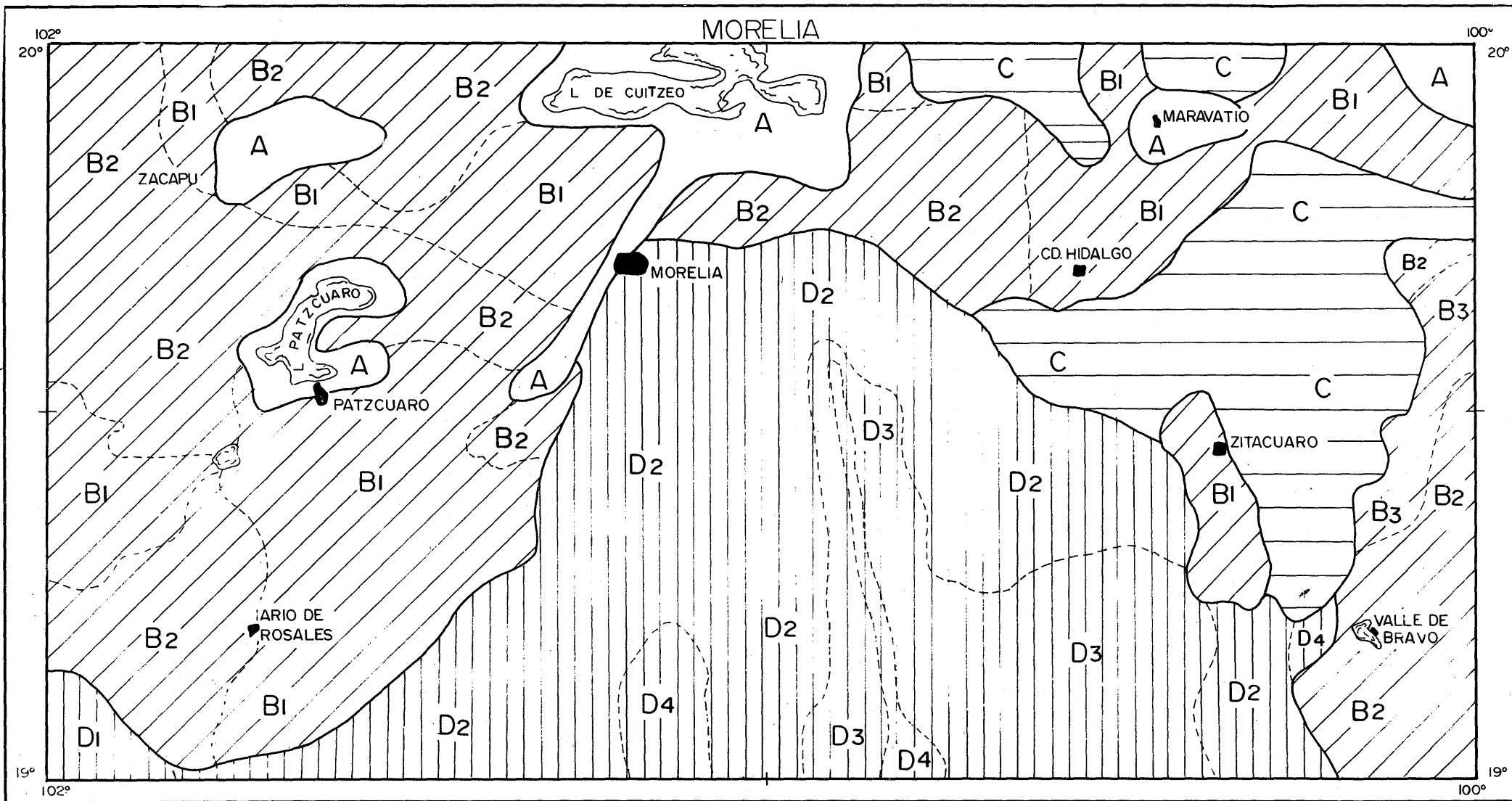
CARTA DE PROFUNDIDAD  
DE LA DISECCION (en mts.)



FORMADA A PARTIR DE MEDICIONES SOBRE CARTAS  
TOPOGRAFICAS A ESCALA 1:50 000 DEL INEGI

MAPA 3





- |  |                              |  |  |
|--|------------------------------|--|--|
|  | A PLANICIES DE NIVEL DE BASE |  | C FORMAS VOLCANICAS (Mioceno-Plioceno)     |
|  | B FORMAS VOLCANICAS (Ts-Q)   |  | D FORMAS ANTIGUAS DE GEOLOGIA DIVERSA (Ti) |
|  | 1 COLADAS                    |  | 1 INTRUSIVOS ACIDOS                        |
|  | 2 EDIFICIOS VOLCANICOS       |  | 2 BRECHAS ANDESITICAS Y COLADAS            |
|  | 3 SUPERFICIE DE PIROCLASTOS  |  | 3 CONGLOMERADOS                            |
|  |                              |  | 4 ESQUISTOS                                |

ZONIFICACION  
GEOMORFOLOGICA

mos a continuación la descripción de la zonalidad geomorfológica.

#### A. Zonalidad geomorfológica (mapa 4).

En esta carta se define la distribución de los tipos de relieve y procesos predominantes en la región; para su elaboración han sido considerados los elementos de morfología, génesis, edad y evolución geomorfológica. Como parte del criterio evolutivo se ha utilizado a la evaluación morfométrica de la erosión fluvial para establecer la diferenciación zonal del relieve. A través de la morfometría se refleja, por lo tanto, la intensidad y magnitud del modelado de las formas, lo que permite distinguir y clasificarlas de manera más completa. Por ello se consideró la elaboración de las cartas de densidad y profundidad de la disección (mapas 2 y 3) para lo cual se han seguido los lineamientos sugeridos en algunas publicaciones (Lugo y Martínez 1981, Palacio 1982, Bocco 1983 y Moya y Zamorano 1983). Se realizaron mediciones sobre las 24 cartas que componen a la región en escala 1 50 000 y se confeccionaron los mapas de densidad y profundidad de la disección (mapas 2 y 3). El primero de ellos refiere la longitud de talwegs o cauces por  $\text{Km}^2$  de superficie, con lo que se cuenta con una apreciación general de la densidad erosiva fluvial. La carta de profundidad de la disección representa el trabajo erosivo vertical llevado a cabo por las corrientes fluviales lo que facilita, junto con la densidad de la disección, contar con un pano-

rama general de la intensidad de la acción exógena sobre las formas del relieve (\*).

De esta manera, incorporando la información morfológica, genética, cronológica y evolutiva se reconocen 4 unidades de relieve regional que se describen a continuación (ver mapa 4).

a. Planicies de nivel de base.

Aunque localmente el número de planicies de nivel de base es elevado, desde el punto de vista regional destacan cinco como principales, ubicadas en la porción septentrional: las de Zacapu y Pátzcuaro al noroeste, Cuitzeo al norte, Maravatío al noreste y una pequeña porción, también en el noreste, de la planicie por la cual discurre el río Lerma. El origen de estas planicies está conectado a los movimientos distensivos pliocuaternarios que dieron lugar a la aparición de fosas tectónicas que albergaron extensos cuerpos lacustres, de los que aún quedan reminiscencias, como Pátzcuaro y Cuitzeo. Debido a cambios tanto naturales como antrópicos los antiguos lagos han desaparecido o bien se encuentran en proceso de extinción. Entre los cambios naturales se encuentran los de tipo climático, que se traducen en un balance hidrológico menos positivo en la actualidad lo que ha traído como consecuencia la disminución del

---

(\*) El desarrollo de la técnica se encuentra en Palacio (1983)

nivel de los lagos e incluso su desaparición (Tricart 1984); además puede agregarse la posibilidad del drenado de los cuerpos lacustres a partir de movimientos tectónicos. La influencia del hombre puede verse claramente expresada en la cuenca de Zacapu, la cual fué drenada artificialmente desde fines del siglo pasado. La desaparición de estos lagos dió lugar a la aparición de planicies de pendientes virtualmente nulas, que corresponden a la unidad geomorfológica que se trata. Dadas sus características, los valores morfométricos, menores de 1 km de talweg/Km<sup>2</sup> para la densidad de la disección y de hecho una inexistente profundización, refieren la predominancia de procesos acumulativos sobre los erosivos. En este caso, la acumulación se ha llevado a cabo y se lleva actualmente en medios lacustres, lo que da características propias y distinguibles al depósito, como son la estratificación paralela, poco o nada disturbada y la predominancia de sedimentos finos, tanto de origen orgánico como inorgánico (estos últimos lacustrecineritas) lo que refleja un medio de depósi- to de bajos niveles de energía. Hacia las márgenes de estas planicies lacustres pueden identificarse aportes fluviales, cuyos sedimentos son heterométricos y se disponen en estra-tos cruzados, lo que demuestra un medio con un nivel de energía superior al de los ambientes lacustres.

La observación detallada de las planicies septentrionales en las cartas topográficas y geológicas 1:50 000

permite considerar que se trata en realidad de una sola, de gran extensión, la que ha sido desmembrada gradualmente por el vulcanismo muy joven, potencialmente activo en la actualidad.

Estas planicies resultan ser así, complejas en su origen y dinámica evolutiva debido a los diversos procesos morfogénéticos que han influido en su desarrollo: cambios climáticos, vulcanismo joven, tectonismo y acumulación.

#### b. Formas volcánicas pliocuaternarias

Corresponde esta unidad a formas del relieve derivadas de las últimas fases volcánicas que afectaron a la región, lo que para Demant (1981) constituye propiamente al Sistema Volcánico Transversal. Se trata, en su mayoría, de estructuras monogénéticas dentro de las cuales se agrupan conos cineríticos de diversas dimensiones, coladas de lava, principalmente basáltica y planicies ligeramente onduladas cubiertas por piroclastos pumíticos recientes. Tanto los conos cineríticos como las coladas de lava se distribuyen en la mayor parte de la región, a excepción del centro y sur de la misma, que constituye otra unidad distinta por sus características morfológicas. Destaca dentro de la unidad que se trata el occidente de la región en donde pueden apreciarse conos y coladas como formas predominantes (ver mapa 5) muchos de los cuales son cuaternarios. Otro punto donde estas estructuras predominan se localiza en los alrededores de Va-

lle de Bravo, al sureste. Este último punto, junto con el ocidente de la región, constituyen dos de las zonas más activas del Sistema Volcánico Transversal (Lugo et al, en prensa) También en esta unidad queda incluida una planicie ligeramente ondulada situada en el extremo oriental de la región, que se encuentra cubierta por una capa de espesor variable de piroclastos pumíticos provenientes de las últimas erupciones del Nevado de Toluca, vecino inmediato al oriente, llevadas a cabo hace tan sólo 24 600 y 11 600 años (Bloomfield y Valastro 1977). La edad de estas formas ha impedido que la erosión de las mismas haya borrado su expresión original lo que se refleja en la obtención de valores morfométricos bajos, menores de 3 Km de talweg/Km<sup>2</sup> y menos de 40 metros de densidad y de profundidad de la disección, respectivamente. En ello ha intervenido también la estructura de las coladas de lava que restringe el escurrimiento debido a la presencia de numerosas fracturas a través de las cuales se infiltra el agua impidiendo la integración superficial de la red de drenaje y con ello un mayor modelado erosivo.

c. Formas volcánicas del Terciario (mioceno-plioceno)

Esta unidad está compuesta por formas derivadas de la actividad volcánica miopliocénica compuestas por andesitas y riolitas principalmente. Se presenta en el sector noreste de la región, incluyendo a las sierras de Santa Inés, El Campanario y El Fraile. En este caso los valores morfométricos

acusar un incremento de hasta 3-5 Km de talweg/Km<sup>2</sup> para la densidad de la disección y de hasta 100 metros para la profundidad de la misma. Estos valores corresponden a los intermedios obtenidos para la región que se estudia (ver mapas 2 y 3) y se pueden considerar como el reflejo de la predominancia de los procesos erosivos sobre los acumulativos. En este caso los factores que han favorecido la erosión de las formas son por un lado la edad y por otro lado la pendiente, que en su mayor parte son superiores a los 30° de inclinación mismas que, por otro lado, son el resultado de la acción erosiva.

d. Formas antiguas de geología diversa (Terciario inferior)

Se consideran aquí como antiguas a las formas cuyo origen data del Terciario inferior, desde el Eoceno hasta principios del Mioceno. Se conciben como antiguas por comparación con las demás unidades regionales de relieve que generalmente datan del neógeno-cuaternario. Se trata de una unidad relativamente homogénea en cuanto al comportamiento regional de la disección, tanto en densidad como en profundidad de la disección (ver mapas 2 y 3). Los valores morfométricos obtenidos para estos dos parámetros son los más elevados que se han reportado para el Sistema Volcánico Transversal y sus zonas adyacentes (\*), alcanzando hasta más de 8 Km de talweg/Km<sup>2</sup>

---

(\*) Se han realizado mediciones semejantes en la cuenca de Oriental (Moya inédito), región de Puebla-Tlaxcala (Moya y Zamorano 1983) Cuenca de México (Lugo y Martínez 1981)

para la densidad y más de 300 metros para la profundidad de la disección. Desde el punto de vista geológico la unidad puede subdividirse en cuatro subunidades. La primera corresponde a cuerpos intrusivos exhumados por erosión de la roca sobreyacente; son de composición ácida y presentan una alta densidad de fracturas, lo que ha facilitado la implantación de una asimismo densa red de drenaje que ha modelado profundamente a la estructura. La zona más representativa corresponde al extremo suroccidental de la región, aunque otros intrusivos con características semejantes, pero de dimensiones menores se ubican en los alrededores de Valle de Bravo (estos últimos no se representan en la carta de zonificación geomorfológica debido a la escala, aunque si se consideran en las cartas geológica y geomorfológica). La segunda subunidad es la más extensa de este grupo. Se trata de una potente acumulación de brechas y coladas andesíticas oligocénicas profundamente alteradas por la erosión, de manera que no pueden reconocerse formas volcánicas originales. Esta subunidad sobreyace a los depósitos molásicos del Grupo Balsas, que constituyen la tercera subunidad. Esta última se encuentra claramente alterada por tectonismo de carácter compresivo que dió origen al Anticlinal de Tzitzio; como en la subunidad anterior, la erosión ha plasmado una profunda

---

-----Cuenca de Toluca e Ixtlahuaca (Lugo, inédito), región de Cuernavaca-Ixtapan de la Sal (Palacio, 1982) y El Bajío (Bocco, 1983).



huella en su morfología. La última subunidad corresponde a afloramientos de esquistos mesozoicos plegados durante el paleógeno y mioceno (?). Afloran en el sur de la región y a lo largo del eje del Anticlinal de Tzitzio. Para el caso de esta unidad en su conjunto se pueden definir distintos factores que han controlado la evolución de la exogénesis. En primer lugar la edad juega un papel determinante; ésta se encuentra relacionada en proporción con los valores morfométricos obtenidos, ya que es la unidad más antigua y la más profundamente alterada por erosión. Por otra parte, buena parte de su litología, como son las brechas y el conglomerado del Grupo Balsas, son susceptibles a la erosión, y más si consideramos el accionar de las fuerzas tectónicas que se traducen en la generación de numerosas fracturas que facilitan la acción denudatoria del escurrimiento. Por último, en esta unidad las pendientes son las más pronunciadas de la región, lo que es resultado por un lado del tectonismo y por otra parte de la misma acción denudatoria.

De la zonificación del proceso erosivo fluvial se desprenden las siguientes relaciones.

El comportamiento de los valores morfométricos reflejan diferencias en la evolución no sólo exógena sino también endógena. Así, se pueden definir áreas afectadas por el vulcanismo reciente en donde la acción erosiva no es aún importante a nivel regional y zonas en donde los proce-

Los volcánicos creadores del relieve no han jugado un papel importante en épocas recientes, lo que se traduce en una predominancia de rasgos erosivos sobre el relieve. Ejemplo de esto último es la exhumación de cuerpos intrusivos en el sur y suroeste de la región lo que implica una mayor acción de la exogénesis que del vulcanismo. Una relación inversa a ésta, se presenta en zonas donde el vulcanismo es reciente, como en el occidente, norte y oriente de la región, en cuyo caso el vulcanismo es más importante que la acción modeladora exógena, toda vez que pueden reconocerse claramente las estructuras derivadas del vulcanismo.

Estas cuatro zonas geomorfológicas (a,b,c y d) muestran una clara secuencia progresiva de los procesos denudatorios, sobre todo de la erosión fluvial que pasa de nula en la primera zona a intensa en la última. Todo esto se presenta en estrecha relación con los procesos volcánicos jóvenes que también en forma progresiva que varían de intensos a nulos de la primera a la última zona, por otro lado, no se deben descartar la actividad tectónica de levantamiento, que en apariencia se presenta en el bloque en que se sitúa el Alticlinal de Tzitzio.

Por último, es claro que la zonificación del comportamiento de la disección permite contar con un apoyo más para la clasificación geomorfológica, toda vez que se diferencian a las formas en función de la intensidad con que han actuado las fuerzas de modelado sobre ellas.

### E. Geomorfología regional.

La carta geomorfológica (mapa 5) resume los resultados alcanzados para la región en estudio. Se considera aquí importante, antes de pasar a enumerar las características del relieve, resumir los lineamientos generales seguidos para su elaboración.

El primer aspecto relevante que debe ser considerado y que repercute tanto en la metodología como en los resultados alcanzados es la escala. Como se mencionó con anterioridad, la información contenida en el mapa depende, fundamentalmente, del grado de detalle permitido por la escala. Así, los mapas geomorfológicos detallados (escala 1: 10 000 por ejemplo) contienen información precisa acerca de fenómenos específicos, como serían los procesos de modelado, que constituyen la base fundamental de la cartografía geomorfológica de este tipo. Pero a medida que la escala disminuye, la información morfodinámica se torna más difícil de ser considerada, dada la pérdida de precisión, que se requiere en este tipo de estudios de dinámica exógena.

Es entonces en escalas medias, como la que aquí se considera (1: 250 000), en donde las características morfoestructurales se refieren en estrecha relación con la geología, que posee una expresión regional, con el obvio menor detalle que la cartografía antes referida. En este tipo de escalas, refiere Tricart (1966), el trabajo de gabinete so-

bre cartas constituye una parte fundamental en la delimitación de las formas, aunque no por ello el trabajo de campo queda eliminado de la metodología.

En primer lugar, y como se indicó, un punto esencial para elaborar la carta geomorfológica, es el contar con información geológica precisa. Para el caso que nos ocupa, esta información, salvo en algunos puntos específicos indicados anteriormente, puede considerarse adecuada para los fines planteados. Una vez obtenida la base geológica, misma que fué revisada en escala 1: 50 000 y directamente sobre el campo, se procedió a la delimitación morfológica dentro de las unidades geológicas, lo que permitió contar con una primera aproximación geomorfológica. Con esta base preliminar y apoyados en la carta de zonificación geomorfológica y sobre todo en el trabajo de campo se procedió a la afinación de las formas del relieve preestablecidas. El trabajo de campo dió como resultado, además, la necesidad de considerar nuevos tipos y clases de relieve que la interpretación cartográfica de gabinete no permitió establecer con claridad. Por otra parte, el reconocimiento de campo posibilitó el contar con información acerca de algunos procesos que, aunque en la carta geomorfológica no son indicados debido a la escala, sí se consideran en el texto explicatorio, lo que facilita la interpretación del relieve regional en su conjunto y algunos aspectos específicos subre-

gionales, que merecen estudio aparte.

Debido a las características generales del estudio, no se considera el uso de fotografías aéreas, dado que la fotointerpretación supone la generación de información específica que a la escala de representación no hubiese sido posible simbolizar.

En función de lo anterior, es necesario referir las características de la clasificación utilizada en la carta geomorfológica. La clasificación regional de las formas del relieve que se estudia es el resultado del manejo de información geológica y morfogenética. De la geología (ver capítulo II, Geología regional) se han extraído elementos para la definición geomorfológica tales como la génesis de la forma, las características de las rocas que las constituyen y la edad de las mismas. La zonificación geomorfológica permitió, por otra parte, diferenciar a las formas según su grado de alteración erosiva.

De esta manera, se considera al relieve de la región en estudio como resultado de la interacción entre procesos morfométricos y el sustrato geológico por lo que puede considerarse a la clasificación utilizada como de tipo morfogenético, cuyas características permiten la estructuración evolutiva del relieve de la región, lo que se presenta a manera de resultado general, en la carta geomorfológica regional (mapa 5).

Atendiendo a los criterios señalados como dife-  
renciadores de las unidades morfológicas, se determinan tres  
grandes grupos de relieve: endógeno, endógeno modelado y  
exógeno, mismos que se subdividen, según el caso, en clases  
y tipos específicos de formas. Además, se contemplan den-  
tro de la misma carta geomorfológica y el texto explicato-  
rio, símbolos e información complementaria de tipo lineal,  
que permiten el reconocimiento de formas particulares y que  
facilitan, asimismo, la interpretación de las característi-  
cas morfológicas de la región en estudio. La clasificación  
es la siguiente:

I. Relieve debido a factores endógenos.

1. Relieve volcánico acumulativo

1.1. Coladas basálticas y andesíticas (Q)

1.2. Laderas de volcanes (Q)

1.3. Conos piroclásticos (Q)

1.4. Domos riolíticos y dacíticos (Q)

II. Relieve debido a factores endógenos modela-  
do por la erosión.

2. Laderas de origen volcánico con fuerte mo-  
delado erosivo.

2.1. Constituídas por brechas y tobas ande-  
síticas (Oligoceno)

2.2. Constituídas por coladas basálticas,  
andesíticas y dacíticas (Oligoceno)

2.3 Constituídas por ignimbritas (Mioceno)

3. Laderas de origen volcánico con débil mo  
delado erosivo.

3.1. Constituidas por ignimbritas (Mioceno)  
cubiertas por piroclastos puniticos (Q)

3.2. Constituidas por piroclástos (Ts-Q)

3.3. Constituidas por coladas riolíticas,  
andesíticas y basálticas (Ts-Q)

4. Domo riolítico de Agostitlán (Mioceno) con  
fuerte modelado erosivo.

5. Laderas constituidas por esquistos del Js-  
Ki, con fuerte modelado erosivo.

5.1. Originadas por plegamiento (Eoceno?)

5.2. Originadas por plegamiento (Mioceno?):  
Anticlinal de Tzitzio.

6. Laderas constituidas por rocas del Grupo  
Balsas originadas por plegamiento (Mioceno?) con fuerte  
modelado erosivo.

7. Cuerpos intrusivos (Mesozoico) exhumados,  
con fuerte modelado erosivo.

### III. Relieve acumulativo

8.1. Planicies de origen lacustre (Ts-Q)

8.2. Planicies aluviales (Q)

8.3. Superficies cubiertas por deluvión  
volcánico piroclástico (Q)

9. Relieve acumulativo erosivo

9.1. Piedemonte con disección moderada  
(Ts-Q)

### IV. Rasgos complementarios

10. Escarpes

- 10.1. Falla
- 10.2. Erosivo-litológico
- 10.3. Hog Back y cuesta
- 11. Cráter de explosión (Calderas)
- 12. Divisoria de Aguas principal
- 13. Hidrotermalismo

A continuación se describen cada uno de los grupos y sus variantes, señalando sus características y relaciones con otras estructuras y refiriéndolas a las correspondientes zonas geomorfológicas.

I. Relieve debido a factores endógenos.

Desde un punto de vista genético, este grupo de formas se refiere a aquéllas debidas al tectonismo o el vulcanismo, procesos formadores, y en las que, además, los agentes exógenos de modelado no han borrado su expresión original. Este grupo incluye, fundamentalmente, a formas que quedan incluidas dentro de la zona morfogenética de formas volcánicas pliocuaternarias (ver mapa 4), cuya corta edad ha impedido que la erosión haya impreso su huella alterando la forma primaria. Las formas tectónicas no ocupan un lugar en este grupo debido a que este tipo de formas, debido a su velocidad de formación, tienden a presentar rasgos erosivos más o menos notables, a diferencia de las formas volcánicas, que en el tiempo geológico pueden considerarse como instantáneas. Se comprenden las siguientes clases y tipos (ver mapa 5):



## 1. Relieve volcánico acumulativo.

Corresponden a formas de origen volcánico derivadas de la acumulación de lava y piroclastos. Constituyen estas formas, atendiendo a lo expuesto por Demant (1981) estructuras directamente relacionadas con la actividad del Sistema Volcánico Transversal, esencialmente pliocuaternaria. Se distinguen los siguientes tipos:

### 1.1. Coladas basálticas y andesíticas (Q)

Desde un punto de vista regional, este tipo de formas ocupa un lugar distintivo, dadas sus dimensiones y frecuencia; puede observarse que, en mayor o menor cantidad, las coladas referidas están presentes en 21 de las 24 cartas a escala 1: 50 000 que conforman la región. Pueden distinguirse distintos sectores a lo largo de la zona de estudio donde la frecuencia de estas formas es importante:

#### a) Sector occidental.

Destacan, a grandes rasgos, diferentes localidades en este sector: en las inmediaciones de Zacapu, al noroeste, al sur de Pátzcuaro, al noroeste de Morelia y oriente de Ario de Rosales, principalmente. La fluidez de la lava que las constituye determinó tanto su extensión como su configuración: cimas planas (mesas en la toponimia local) y frentes abruptos, que se disponen a distancias hasta de 10 kilómetros del centro de emisión. Su alto grado de conservación se explica, en general, por su corta edad; puesto que una

buena parte de las coladas son incluso holocénicas, los agentes de modelado no han contado con el tiempo suficiente como para alterar la forma original, no existiendo, aún, un drenaje integrado sobre estas estructuras. Esta falta de integración del drenaje se debe además, a la estructura de malpaís de algunas de estas coladas, lo que guarda a su vez relación con los cuerpos de agua como Pátzcuaro, Zirahuén y Zacapu, mismos que cuentan, en las coladas, con una fuente de alimentación hídrica a partir de la infiltración de agua pluvial a través del sinnúmero de fracturas presentes en dichos malpaís. Las características mencionadas explican la obtención de valores morfométricos bajos para la profundidad y densidad de la disección antes descritos.

b) Sector Valle de Bravo (Sureste de la región)

Posee, este sector, características análogas al anterior. Se presentan extensas coladas de pendientes suaves y bordes o frentes abruptos, que reflejan una alta fluidez del material lávico. Recubren en buena parte a esquistos jurásico-cretácicos, como puede observarse a lo largo del rosario de presas en el sector, a partir de la de Valle de Bravo hasta Ixtapantango, en donde la profunda barranca que alberga dichos cuerpos de agua permite observar los frentes lávicos mencionados. Los valores morfométricos de densidad son bajos aunque los de profundidad de disección reflejan más que la alteración de las coladas, la presencia de

disecciones notables en los esquistos contiguos.

Llama la atención la extensa superficie de lavas cuaternarias que descansan en forma discordante sobre rocas plegadas mesozoicas. Este hecho permite considerar que la actividad del Sistema Volcánico Transversal sufre migraciones y la zona de Valle de Bravo se vió afectada por un intenso vulcanismo en el Cuaternario, proceso que durante el Mesozoico y el Terciario estuvo prácticamente ausente. Este no es el caso común en el Sistema Volcánico Transversal, donde bajo las rocas volcánicas cuaternarias descansan otros materiales terciarios del mismo origen, desconociéndose el espesor general de las vulcanitas sobre las rocas plegadas del mesozoico. Es de suponer también que las montañas plegadas, como en el caso de Valle de Bravo pertenecen a un sistema orogénico en actividad, que se manifiesta por procesos de levantamiento y de vulcanismo hacia las márgenes de mayor debilidad.

Sobre este problema no podemos profundizar ya que hasta la fecha es mínima la información existente sobre las relaciones estructurales profundas entre la Sierra Madre del Sur y el Sistema Volcánico Transversal. La geomorfología nos está señalando en la zona de Valle de Bravo, una de las porciones más interesantes a este respecto.

c) Sector Zitácuaro.

Aunque en menor número y extensión, en este

sector también se presentan coladas de este tipo, disponiéndose en los alrededores de la ciudad de Zitácuaro. Recubren materiales de diferente naturaleza y edad, desde esquistos mesozoicos hasta andesitas pliocénicas. Su grado de conservación es alto y se presentan, como en casos anteriores, formando mesas con bordes abruptos, que atestiguan frentes de colada. Dada su extensión y debido a la presencia de diferentes estructuras, no poseen distinción regional en las cartas morfométricas elaboradas. Constituyen, por otra parte, unidades de alimentación de mantos freáticos y de cuerpos de agua, en este caso artificiales (presa El Bosque) debido a su alta permeabilidad favorecida por el elevado número de fracturas.

Otras coladas aisladas se presentan al noreste de la región; poseen características análogas a las ya señaladas.

Las coladas andesíticas y basálticas que constituyen a esta unidad se encuentran asociadas, casi por lo general, a conos escoriáceos dispuestos en los centros emisores de dichas coladas. En algunas ocasiones pueden distinguirse claramente al centro emisor y su respectiva colada; en otros casos, las coladas se entremezclan, impidiendo con ello su individualización clara.

De manera general en la región en estudio destacan, por la dimensión de sus coladas, el cerro de Quinceo, con cerca de 2 800 metros de altitud y unos 10 kilómetros de diámetro (al NW de Morelia) y el cerro El Frijol con poco

más de 3 000 metros (al SE de Pátzcuaro); son innumerables los ejemplos de dimensiones menores.

Los rasgos erosivos sobre la unidad, aunque incipientes a nivel regional, constituyen un aspecto digno de estudio detallado. Como consecuencia del intemperismo, principalmente del basalto, se presenta una capa eluvial de sedimentos de color rojo, de pocos metros de espesor. Las características granulométricas de dicho eluvi6n determinan una propensi6n al escurrimiento local en superficie, dando como consecuencia la aparici6n de bad lands o barranqueras. Por otra parte, tambi6n las capas de piroclastos estratificados suelen alterarse, dando como resultado la aparici6n de arcillas que facilitan los movimientos de remoci6n en masa a trav6s de los planos estratificados. De manera general puede observarse que los bad lands desarrollados sobre el eluvi6n o alterita basáltica tienden a la convexidad en sus formas, mientras que en los piroclastos llegan a presentarse laderas rectas, e incluso c6ncavas, lo que hace pensar que los estratos de piroclastos y las alteritas basálticas responden en forma distinta a los procesos de modelado. Este fen6meno es usual a lo largo de la regi6n, aunque por la escala de trabajo no fueron incluidos en la cartografía correspondiente.

Las coladas de lava son en general j6venes, y se disponen con caracter zonal donde los fen6menos volcánicos han sido mäs activos en la parte alta del cuaternario. Hay que contemplar a estas formas del relieve no simplemente como

elementos estáticos, sino como resultado de una intensa diná  
mica creadora del relieve que ha continuado hasta el presen-  
te siglo, con los volcanes del Paricutín y Jorullo en Michoaca  
cán.

La posición de las lavas nos señala los diver-  
sos ambientes en que ha tenido lugar el vulcanismo joven:  
lacustres, orogénicos (plegamiento), erosivo (volcánico anti-  
guo) o incluso sobreponiéndose a otras lavas y volcanes jóvene  
s. Estudios geomorfológicos de detalle permitirían hacer  
reconstrucciones del relieve clasificando las lavas en orden  
cronológico y determinando sus espesores. Esto se puede aplica  
r específicamente para la porción noroccidental de la zona  
de estudio.

#### 1.2. Laderas de volcanes (Q)

Se incluyen en este caso a los flancos de  
estructuras relativamente jóvenes, que en la zona se encuen-  
tran constituidos, de manera predominante, por basaltos y an-  
desitas. La mayor parte de esta unidad está representada en  
el occidente de la región y se encuentra íntimamente relaciona  
da, tanto espacial como genéticamente, a las coladas descri-  
tas en el apartado anterior. En menor medida, encontramos  
también estas laderas en el sector oriental, al sur de El Oro  
y al norte de la presa Villa Victoria. Se caracterizan por  
presentar debido a su edad, escasos estragos causados por la  
erosión lo que se refleja en los valores morfométricos re-  
lativamente bajos. A diferencia de las coladas lávicas antes

descritas, en este caso se presenta una mayor integración del drenaje, aún incipiente en la mayoría de los casos, de tipo radial debido a la forma tendiente a la conicidad de las estructuras volcánicas. A la escala regional, esta unidad destaca como una de las predominantes afectando notablemente la zonificación morfométrica de los parámetros de la densidad y profundidad de la disección. Por otra parte, son comunes los conos piroclásticos que coronan a estas laderas. Las dimensiones de estas formas destacan a nivel regional, como sucede con el cerro El Aguila, al soroeste de Morelia, que posee un diámetro de más de 10 Km y una altitud superior a los 3 000 m sobre el nivel del mar; al oeste del lago de Pátzcuaro son comunes estructuras de este tipo con altitudes superiores también a los 3 000 m, como en el caso del volcán Curumbinos, de forma cónica, que mide aproximadamente 1 000 m de altura desde su base. En algunos casos, sobre las partes bajas de estas laderas, llegan a presentarse también mecanismos erosivos semejantes a los descritos para la unidad anterior. En este caso, los movimientos de remoción en masa se ven favorecidos a partir de la estratificación de piroclastos con elevado buzamiento.

### 1.3. Conos piroclásticos (Q)

Si se atendiera al número más que a la superficie comprendida los conos piroclásticos representarían el tipo de relieve más común en la región en estudio (\*). Esen-

(\*) Existen cerca de mil volcanes en la región, de los cuales el 70 % aproximadamente, puede ser incluido en este tipo de relieve.

cialmente cuaternarios, los conos piroclásticos se asocian a las formas descritas con anterioridad y comparten algunas de sus características, como serían la composición basáltico-andesítica y su notable grado de conservación en el mayor número de los casos; concuerdan también a su distribución, tanto al occidente como al norte y oriente de la región.

Lugo et al (1984) en su trabajo acerca de las zonas más activas del Sistema Volcánico Transversal refieren seis zonas importantes atendiendo a la densidad de volcanes piroclásticos cuaternarios (Pleistoceno tardío-Holoceno, principalmente) para dicho sistema. De las seis zonas referidas, tres corresponden al estado de Michoacán y una al occidente del Nevado de Toluca; cada una de estas zonas posee una densidad de 12 o más conos por cada  $100 \text{ Km}^2$  de superficie. El sector occidental de la región, que tiene como límite oriental a la Sierra de Mil Cumbres, constituye una de las zonas mencionadas. En este caso, se observa gran cantidad de conos piroclásticos, generalmente monogenéticos, que en diversos casos presentan alineamientos notables E-W, como en las inmediaciones de Ario de Rosales y hacia el oeste del lago de Pátzcuaro, lo que atestigua zonas de debilidad cortical. Este mismo caso de alineamiento de conos piroclásticos cuaternarios es evidente al sureste del lago de Cuitzeo; en este caso, el alineamiento concuerda con las grandes fallas orientadas en la misma dirección y que representan



los bordes del sistema de fosas tectónicas Chapala-Acambay, que discurre al norte de la región en estudio.

Otra zona de alta concentración de conos piroclásticos se localiza al sur de Zitácuaro y se encuentra asociada a derrames basálticos andesíticos igualmente recientes. Por último, la zona de Valle de Bravo constituye una zona más de máxima actividad volcánica dentro del Sistema Volcánico Transversal. En este caso, los conos y coladas asociadas se desarrollan sobre esquistos mesozoicos y sobre intrusivos de esa misma edad.

Una variante de este tipo de relieve la constituyen los cráteres de explosión o maares, que aunque en número reducido, únicamente dos, atestiguan un vulcanismo explosivo particular en diversos puntos del Sistema Volcánico Transversal. Estos maares se ubican: uno al norte de Zacapu y el otro al oriente de Coenio de la Libertad, ambos en el sector noroccidental de la región. Representan la manifestación más meridional del vulcanismo monogenético explosivo que originó las numerosas calderas de la zona de Valle de Santiago descritas por Bocco (1983), localizada al norte de la región que aquí se considera. La existencia de este grupo de cráteres puede asociarse a la presencia de potentes mantos freáticos que determinen explosiones a las que Gasca (1981) denomina como freatomagmáticas. En este tipo de explosiones el agua desempeña un papel importante en la géne-

sis de la eyección violenta, al aumentar súbitamente la presión del magma al vaporizarse el agua que entra en contacto con la masa de material fundido. Para reforzar este hecho, se pueden citar los grupos de maares de la cuenca de Oriental y las aquí mencionadas, todos ellos originados en medios lacustres hoy extintos o en proceso de serlo. Las calderas presentes en la región contienen agua, por lo que la toponimia local las denomina como "albercas".

#### 1.4. Domos riolíticos y dacíticos (Q)

Corresponden a formas derivadas de la actividad volcánica cuaternaria, diferenciándose en la región dos grupos de domos con distinta morfología. El primer grupo corresponde a domos riolíticos cuya forma recuerda a la de una mesa: cima plana y bordes abruptos; se localizan al sureste del lago de Cuitzeo. Los rasgos erosivos son escasos lo que permite la conservación y reconocimiento de la forma original, presentándose únicamente algunos barrancos de pequeñas dimensiones sobre los bordes abruptos que circundan a la planicie superior.

El otro grupo de domos, en este caso dacíticos, se localizan al sureste de Ciudad Hidalgo. A diferencia de los domos de cima plana, en este caso la forma culminante de las estructuras sugiere a la de un cráter y su tamaño, en general, es menor que las del primer grupo. Por

otra parte, esos domos presentan al igual que los ya descritos, rasgos erosivos poco desarrollados debido, entre otros factores, a su corta edad; no obstante, este hecho no es muy evidente en el comportamiento de los datos de densidad y profundidad de la disección a causa, principalmente, de su escasa extensión a nivel regional lo que les impide destacar en las cartas morfométricas realizadas.

II. Relieve debido a factores endógenos modelado por la erosión.

En este grupo quedan comprendidas todas aquellas formas que, habiendo sido originadas por procesos endógenos han sido modeladas de manera significativa por los agentes denudatorios.

Las formas que se incluyen en este grupo corresponden a las unidades morfogenéticas denominadas como Formas volcánicas terciarias (mioceno-plioceno) y formas antiguas de composición geológica diversa (Ti) (ver mapa 4), siendo tanto de origen tectónico como volcánico. En atención a sus características particulares se distinguen las siguientes clases y tipos (ver mapa 5).

2. Laderas de origen volcánico con fuerte modelado erosivo.

Dentro del grupo de formas de origen endógeno que han sido modeladas en mayor o menor grado por la erosión, esta clase de relieve ocupa un lugar destacado dada su exten

sión regional lo que se refleja en el comportamiento de los valores morfométricos obtenidos. Un elemento determinante para la interpretación de la morfología de esta unidad lo constituye la edad de la roca que lo forma, que implica el tiempo de acción de los diferentes agentes denudatorios sobre la estructura. Comprende esta clase tres tipos de laderas atendiendo a su edad y tipo de roca.

#### 2.1. Constituidas por brechas y tobas andesíticas (Oligoceno).

Representa, junto con el relieve volcánico cuaternario, el tipo morfológico más extendido en la región. Consiste en laderas fuertemente inclinadas sobre las cuales son comunes los rasgos erosivos fluviales, tanto por su densidad como por su profundidad. Este tipo de laderas se distribuye preferencialmente en el centro de la región, bordeando en su casi totalidad al Anticlinal de Tzitzio. Las rocas que las constituyen cubren directamente al Grupo Balsas y junto con este, muestran perturbación por el tectonismo creador del citado anticlinal, lo que se refleja, según Silva (1979) en el sistema de fracturas resultante del movimiento compresivo. Un aspecto general de interés, lo constituyen los escarpes erosivos que se distribuyen en forma paralela a la estructura del anticlinal de Tzitzio, tanto al este como al oeste. Aunque en el presente estudio dichos escarpes no fueron analizados a fondo, se puede mencionar a modo de

hipótesis, que son el resultado de distintos impulsos tectónicos que se reflejan en el relieve por diferentes etapas de erosión regresiva sobre la unidad de formas que se consideran. De esta manera, estas laderas en principio de origen volcánico, fueron afectadas por movimientos tectónicos que influyeron, de alguna manera, sobre las formas erosivas resultantes. Serían entonces, un ejemplo de relieve volcánico-tectónico-erosivo, lo que lo individualiza como un tipo morfológico sustancialmente distinto debido a su génesis en extremo compleja. Dadas la evolución referida, su extensión y edad, estas laderas intervienen de manera notable sobre el comportamiento de los elementos morfométricos obtenidos. Así, se observa una predominancia de valores elevados, tanto para la densidad como para la profundidad de la disección. Esta última comprende valores generales superiores a los 100 m y en muchos casos cercanos y superiores a los 300 m de corte vertical por erosión, que representan numerosos barrancos cuyas corrientes fluyen con dirección sur, hacia la depresión del río Balsas. La erosión sobre estas laderas, se asocia con algunas formas acumulativas, consideradas en este estudio como glacis, como sería el caso de piedemonte acumulativo localizado al sureste de Tacámbaro, en cuya formación intervino el aporte de material de las laderas volcánicas que se han descrito.

2.2. Constituidas por coladas basálticas, andesí-

ticas y dacíticas (Oligoceno).

Este tipo de relieve comprende laderas formadas por rocas de composición variable a las que Silva (1979) atribuye una edad oligocénica. Se presentan tres localidades en las porciones centro y norte y una cuarta hacia el oeste de Valle de Bravo, al sureste de la región. Esta última localidad se distingue de las primeras tanto por su ex ten sión, mayor en este caso, como por el hecho de encontrar se recubriendo cuerpos intrusivos que afloran debido a la erosión. Las otras localidades ocupadas por estas laderas se distinguen al sur de Morelia, al norte del Anticlinal de Tzitzio y al oriente del lago de Cuitzeo. Las cuatro localidades mencionadas presentan como consecuencia de la edad de las rocas que las constituyen, un fuerte modelado erosivo que se refleja en el comportamiento regional de los valores morfométricos obtenidos, de medios a altos. La morfología de esta unidad es fundamentalmente erosiva lo que la dis tingue de manera clara de las estructuras más recientes, que muestran en general una morfología menos alterada por la ero sión. Es por este hecho y con apoyo en el criterio estratigráfico, que los límites de las laderas de rocas oligocénicas que aquí se consideran no concuerdan con el límite geológico determinado por Silva (op cit). Este autor incurre en errores de datación, lo que se comprueba como se explicó antes, a partir de la evidencia estratigráfica y el criterio geomor

fológico, que distingue claramente a las estructuras volcánicas en función de su edad.

### 2.3. Constituidas por ignimbritas (Mioceno).

Representa una unidad reducida en cuanto a su extensión, distribuyéndose en dos sectores. El primero de ellos se ubica en algunos bordes de la porción occidental del lago de Cuitzeo. Se trata de laderas profusamente disecadas por la acción prolongada de los procesos denudatorios sobre una litología relativamente poco resistente. Su morfología es distinta a la de las laderas ubicadas en el extremo sureste y sur del lago mencionado, no obstante que ambas están constituidas por ignimbritas; la diferencia resulta, al parecer, de la distinta edad de ambas unidades. Para Silva (1979) las ignimbritas cubren una extensión bastante mayor que la que aquí le hemos asignado (ver mapa geológico). Como se mencionó con anterioridad, el área de ignimbritas cartografiada por Silva como una sola unidad está compuesta, en realidad, por dos elementos distintos, provenientes de dos etapas eruptivas distantes en el tiempo, entre las cuales se intercalan derrames basálticos que el mismo Silva data como oligocénicos. Como ya se ha mencionado, la morfología dista mucho de corresponder a esta época, por lo que las consideraciones hechas por Silva deben ser revisadas. Se tiene, entonces, sobre las laderas de ignimbrita miocénica, una morfología debida fundamentalmente al trabajo erosivo, a diferencia de la morfología menos

alterada de las laderas compuestas por la ignimbrita que sobreyace al basalto, que aquí se considera pliocuaternario. Esto es importante dado que se ha referido también como miocénica a la ignimbrita del sector de Tlalpujahuá, basándose en criterios geomorfológicos y geológicos que, como se vió apoyan más bien la idea de Fries (1965) que considera a la ignimbrita de Tlalpujahuá como cuaternaria.

Por otra parte, este tipo de laderas también se distingue al norte y oeste de Zitácuaro y poseen características análogas a las primeramente señaladas: fuerte grado de disección, tanto en densidad como en profundidad. Como sucede en el caso de otros tipos de relieve espacialmente reducidos, esta unidad no representa de manera clara un comportamiento específico de los valores morfométricos.

Los tipos de relieve mencionados de rocas terciarias de origen volcánico son testigos de la diversa actividad que se manifestó del Oligoceno al Plioceno, en algunas zonas representadas en el mapa geomorfológico. El vulcanismo fué interrumpido por un tiempo prolongado aunque tal vez continuó la actividad tectónica, favoreciendo los procesos erosivos que actúan de manera diferente dada la diversidad litológica. Algunos de estos tipos de relieve volcánicos antiguos se vieron reactivados por un vulcanismo joven en el cuaternario; otros no lo han sido y continúan siendo erosionados.





### 3. Laderas volcánicas con debilitamiento erosivo.

Este tipo de formas se caracteriza por poseer rasgos erosivos de poco desarrollo, tanto de densidad como de profundidad de corte. Dicho modelado se relaciona claramente con la edad de estas formas, que por lo general son pliocuaternarias, y con la pendiente que presentan, relativamente suave. Las formas de este grupo se diferencian de las que han sido consideradas como relieve endógeno debido a que existe en este caso una mayor integración del drenaje. Resultan ser, entonces, formas que muestran un modelado erosivo intermedio entre las formas volcánicas endógenas, casi totalmente conservadas y aquéllas que han perdido sustancialmente su expresión original, como serían las laderas constituidas por tobas y brechas que bordean al Anticlinal de Tzitzio.

3.1. Constituidas por ignimbritas (Mioceno) cubiertas por piroclastos pumíticos (Q).

Esta unidad se localiza al oriente de la región. Se encuentra constituida por ignimbritas miocénicas recubiertas por piroclastos pumíticos recientes, provenientes estos últimos del Nevado de Toluca, situado unos cuarenta kilómetros al oriente. La forma del depósito piroclástico original se encuentra recortada por barrancos de profundidad variable mayor hacia el sur o occidente y menor en su porción central y occidental, lo que coincide proporcionalmente a la distribución de las pendientes. Sobre las laderas de dichos barrancos, de poca profundidad en general, puede apreciar

se la sobreposición de la ignimbrita miocénica y la pumita reciente.

Desde el punto de vista morfométrico no existe una relación clara entre los parámetros trabajados y la unidad que se trata, aunque en el caso de la profundidad de la disección se refleja de cierta manera la presencia de esta estructura.

### 3.2. Constituidas por piroclastos (Ts-Q).

Este tipo morfológico se encuentra representado en diferentes localidades de la región, destacando entre ellas por la extensión que ocupa, el sector Morelia-Lago de Cuitzeo comprendido en la porción norte de la zona en estudio. La mayor parte de los piroclastos que constituyen a esta unidad son considerados por Silva (1979) como miocénicos; sin embargo, como se explicó, estos piroclastos corresponden a emisiones pliocuaternarias, que cubren relieves preexistentes con espesores de varios metros conformando las laderas referidas. En la mayor parte de los casos, estos piroclastos de composición variable se asientan sobre lavas andesíticas y basálticas, consideradas como cuaternarias en la cartografía de la DGGTN (INEGI, SPP) lo que implicaría una etapa eruptiva reciente que afectó a este sector y dió origen a las laderas piroclásticas. Un aspecto también interesante lo constituye el hecho de que los piroclastos situados al noreste y sur de Morelia se encuentran relacionados con depósitos lacustres que atestiguan una extensión meridional del lago de Cuitzeo,

lo que representa las variaciones cuaternarias de dicho cuerpo lacustre. Incluso, por las características detectadas en dichos piroclastos, es posible pensar en que fueron depositados en agua, lo que sería un indicador acerca de una antigua extensión del lago. Esta unidad también comprende laderas sobre las que se asientan conos cineríticos cuaternarios, como puede observarse al sureste del Lago de Cuitzeo y en todos los casos, como se mencionó antes, se distingue por su caso modelado erosivo. Otros sectores donde se presentan ejemplos de estas laderas son: los alrededores de El Oro al sureste y suroeste de Valle de Bravo al occidente de la región en los alrededores de Cherán y en el extremo suroeste del área que se estudia. Todos los casos se relacionan con vulcanismo pliocuaternario y poseen, como en el caso antes descrito, rasgos erosivos característicos a nivel regional.

3.3. Constituidas por coladas riolíticas, andesíticas y basálticas (Ts-Q).

Las laderas que constituyen este tipo de relieve poseen rasgos erosivos distinguibles a la escala 1: 50 000 y están representados por barrancos de relativamente escasa profundidad. Se distinguen tres sectores en la región: norte y oriente de Zacapu; algunas localidades de la porción nororiental y por último hacia el sur de Valle de Bravo, en el extremo sureste del área que se estudia. En el primer sector, destacan como ejemplos representativos los cerros "El Brinco

del Diablo" y "Tipicato", al norte y sureste de la planicie lacustre de Zacapu, y los cerros "Las Tetillas" y "Las Cruces", ambos al noreste de la misma. Se trata de estructuras compuestas por andesita cuya edad es pliocénica, según de DGGTN (SPP), en donde los barrancos de algunas decenas de metros de profundidad, no han borrado la expresión original de la forma volcánica. Hacia el noreste, la unidad más extensa corresponde a la Sierra El Campanario, que sirve como límite estatal entre Michoacán y el Estado de México. Hacia el norte y sur de la citada serranía, se desarrollan también estas laderas que comparten sus características con las del sector de Zacapu; es decir, los rasgos erosivos, aunque detectables fácilmente, no han borrado aún la expresión original de la forma. Por último, se presentan estas laderas al sur de Valle de Bravo, donde su constitución es riolítica. En dicho punto, dada la intercalación de estas formas con coladas cuaternarias más recientes, se establece la diferencia entre estas laderas y las formas consideradas como de origen endógeno. En las cartas morfométricas, estas laderas se disponen preferentemente en zonas de valores intermedios, revelando la transición del proceso de modelado erosivo entre las formas conservadas (relieve endógeno) y las fuertemente disecadas (relieve endógeno modelado, con fuerte modelado erosivo).

4. Domo dacítico de Agostitlán (Mioceno), con fuerte modelado erosivo.

Este domo dacítico miocénico destaca por sus di mensiones como el mayor de los que quedan comprendidos en la región; se le aplica en este trabajo el nombre del poblado que se asienta en su ladera suroriental. Destaca como forma relevante al suroeste de Ciudad Hidalgo, en el sector centro oriental de la región en estudio. Con cerca de 10 Km de diá metro y más de 300 metros de altura con respecto a su base, este domo presenta rasgos erosivos fluviales importantes, que si bien no de una densidad notable, si poseen profundidades superiores a los 100 metros. Dicho trabajo erosivo de corte vertical se ve favorecido por el intenso grado de fractura a que ha sido sometida esta estructura.

5. Laderas constituídas por esquistos del Js-Ki, con fuerte modelado erosivo.

Este tipo de relieve, no obstante estar formado por el mismo tipo de roca, se ha subdividido en dos grupos en función de la probable época en que tuvo lugar el plegamiento de la estructura en que se presentan; aún cuando muestran al gunas similitudes, como es el intenso modelado erosivo de que han sido objeto por parte de los agentes exógenos.

#### 5.1. Originadas por plegamiento (Eoceno?)

Constituyen laderas fuertemente erosionadas que se encuentran cubiertas parcialmente por rocas volcánicas y sedimentarias continentales cenozoicas de diferentes edades. Se distribuyen preferencialmente al sur y en la porción orien

tal de la región, desde Tlalpujahuá hasta Valle de Bravo, en donde se recubren con derrames lávicos cuaternarios. Aunque son abundantes en número las localidades que ejemplifican este tipo de relieve, su escasa extensión les impide destacar como una unidad regional, reflejándose su presencia en forma local, sobre todo al oriente de la región. Un aspecto interesante de esta unidad lo constituye la mineralización de las rocas que la conforman; en este sentido, el caso más representativo es el sector de Tlalpujahuá antes citado. En el caso de la unidad que aflora al sur de la región no se reportan yacimientos minerales aunque es una zona que, debido a su diversidad geológica, abundante presencia de diques y otros cuerpos intrusivos y la alta concentración de fracturas, detectadas de manera indirecta a partir de los altos valores en la densidad de la disección, parece susceptible de presentar dichos yacimientos. Cabe agregar que la toponimia local parece reflejar fenómenos de hidrotermalismo a través de nombres tales como "Agua Caliente", "Agua Hedionda". etc.

#### 5.2 Originadas por plegamiento: Anticlinal de Tzitzio (Mioceno Medio ?)

Mauvois et al (1976) atribuyen el origen del Anticlinal de Tzitzio a un plegamiento de fondo llevado a cabo durante el Mioceno. Dicha edad se atribuye a partir de la perturbación de rocas eocénicas y oligocénicas que rodean al anticlinal y a la falta de alteración por plegamiento de

rocas del Mioceno superior. Dada su edad y los esfuerzos concentrados a lo largo del eje del antiforme, la porción central del mismo, en la que aflora directamente el esquisto referido, ha sido desventrado por acción erosiva lo que se traduce en la formación de una depresión alargada flanqueada por escarpes (cuestas y Hogbacks) paralelas a la dirección del anticlinal. Las laderas que comprenden este tipo de relieve se concentran en la porción central del anticlinal desventrado. Desde el punto de vista morfométrico, y debido a la configuración alargada del anticlinal, los valores definen a la estructura. En la figura 3 se muestra la configuración del Anticlinal de Tzitzio a través de un perfil topográfico-geológico, en donde pueden apreciarse las cuestas que flanquean a los afloramientos de esquistos que se tratan.

6. Laderas constituídas por rocas del Grupo Balsas originadas por plegamiento (Mioceno Medio ?) con fuerte modelado erosivo.

Por su origen, esta unidad constituye un tipo de relieve de interés particularmente importante para el conocimiento del tectonismo en la región y sus zonas adyacentes. Las laderas que se contemplan dentro de este grupo son generalmente asimétricas y se disponen de manera general con una dirección NNW-SSW; se localizan en los contornos del Anticlinal de Tzitzio, formando incluso parte de él, y al sureste del mismo (ver Fig. 3) en donde se extiende hacia el

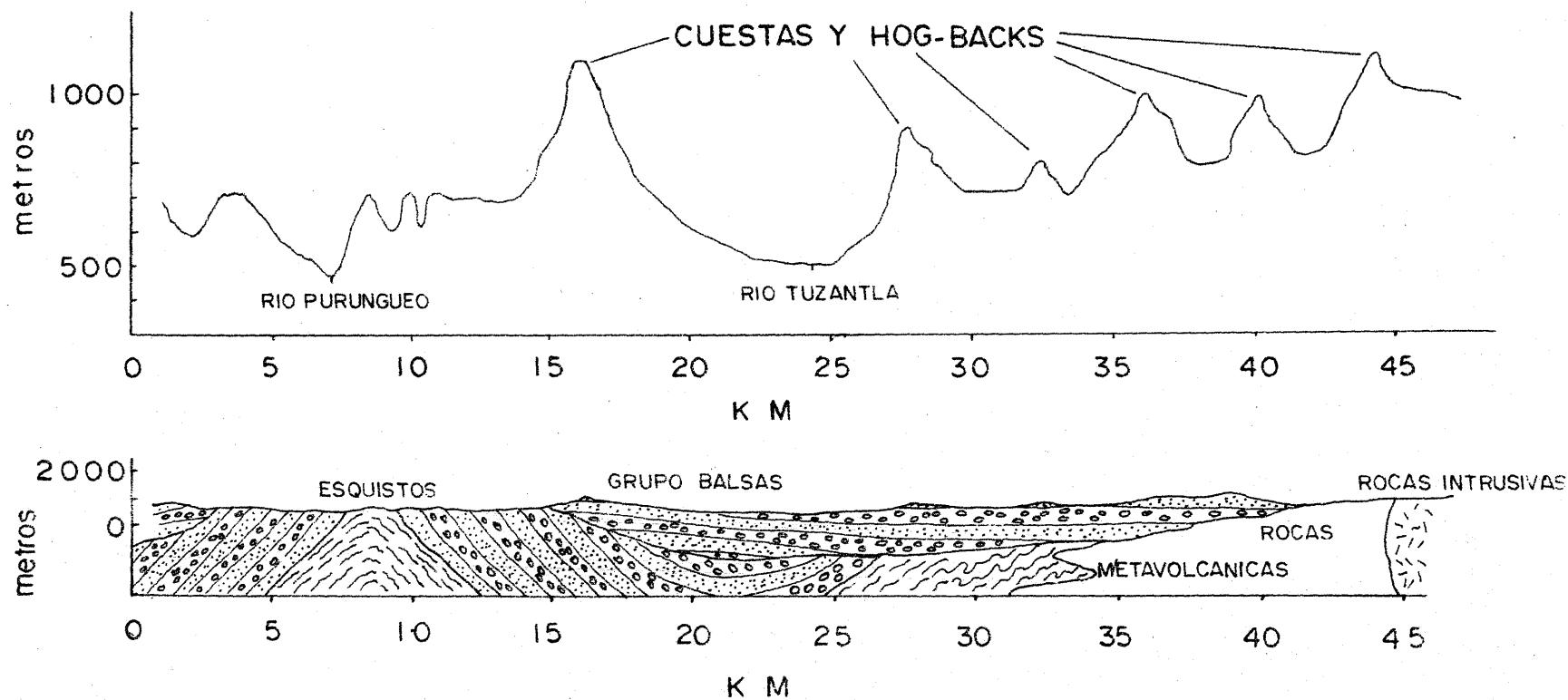


Figura 3. Se pueden observar en este esquema los estratos de areniscas y conglomerado (Grupo Balsas) plegados como consecuencia de un movimiento de fondo. El eje del anticlinal de Tutzio corresponde a los afloramientos de esquistos que se señalan en el perfil geológico. El perfil topográfico, exagerado, muestra la sucesión de cuevas y hog backs derivados de la acción tectónica y denudatoria, los cuales se encuentran más claramente expresados hacia el oriente del eje anticlinal (Basado en Campos M. (1984) modificado)



oriente por unas decenas de kilómetros. El origen de la unidad se encuentra relacionado directamente con el movimiento compresivo que dió lugar al anticlinal referido. Dicho plegamiento trastornó notablemente los depósitos sedimentarios estratificados del Grupo Balsas, lo que se infiere a partir de su buzamiento, mayor hacia los flancos del antiforme y cada vez menores a medida que nos alejamos de dicha estructura hacia el oriente de la misma, donde alcanza la unidad su mayor extensión.

Las laderas referidas y su asimetría muestran un claro control a partir de los estratos buzantes; dicho buzamiento es en general de tipo radial a partir del anticli-nal, con lo que las laderas muestran que la ladera interior es escarpada, lo que muestra un truncamiento del estrato por efectos erosivos. La morfología de las laderas y el control estratigráfico definen entonces a estas laderas como hogbacks y cuestas, diferenciándose entre sí por su pendiente, mayor en el primer caso. Principalmente al sur de la unidad en cuestión se presentan algunos intrusivos (diques) que po-drían relacionarse en su génesis con el movimiento compresi-vo. Por otra parte, dada la extensión regional de esta uni-dad, su presencia es advertida por los valores morfométricos; se presentan en general valores elevados lo que caracteriza su alto desarrollo erosivo.

7. Cuerpos intrusivos (Mesozoico) exhumados, con

fuerte modelado erosivo.

Las rocas que constituyen a esta unidad representan, junto con los esquistos, las más antiguas de la región. Se trata de cuerpos intrusivos de composición ácida, principalmente granitos y granodioritas, con un intenso modelado erosivo, favorecido en gran medida por la densa red de fracturas que se presentan en ellos. Todos estos cuerpos intrusivos se distribuyen en la porción sur de la región, desde las inmediaciones de Valle de Bravo hasta el extremo suroccidental de la misma. Los mayores cuerpos exhumados por erosión se localizan precisamente al sureste de Ario de Rosales, destacando por los profundos barrancos que disecan profusamente a estas estructuras graníticas, hecho que contrasta con la casi nula disección de las formas volcánicas cuaternarias que los cubren parcialmente. Estos plutones exhumados, dadas sus proporciones y debido al contraste morfológico con las unidades de relieve antiguas, reflejan un comportamiento de los valores morfométricos, que se elevan atestigüando la presencia de una unidad morfológica erosiva. También desde un punto de vista dimensional, destaca el plutón granítico localizado al occidente de Valle de Bravo, al norte del cual se presenta otro plutón de forma alargada orientado NW-SE. Poseen, junto con los intrusivos que afloran al sur de Valle de Bravo, características análogas a las del sector oriental aunque éstos no reflejan de manera clara un comportamiento específico de los parámetros morfométricos

dadas sus dimensiones más reducidas que la de los descritos primeramente. El afloramiento de estos cuerpos intrusivos supone una acción erosiva sobre la roca sobreyacente y permite establecer que en épocas recientes no ha existido un proceso volcánico generador de formas, sino que la denudación de las mismas ha predominado. Un grupo de plutones, morfológicamente distintos a los citados, los constituyen los diques, de expresión lineal más que superficial, que sería el caso de los anteriores. En la porción sur, y más concretamente en la zona correspondiente a las cartas Carácuaro, Papatzingán y Tuzantla (Ver Fig. 2) se cuentan por decenas los diques que, con una dirección general E-W, intrusionan en la parte superficial a las rocas del Grupo Balsas, brechas volcánicas oligocénicas y esquistos, siendo más abundantes en la primera unidad geológica. Esta relación, hace pensar que dichos intrusivos se originaron después del Eoceno una vez que el Grupo Balsas hubo alcanzado cierto desarrollo. Por sus características morfológicas resulta difícil establecer relación alguna con el comportamiento de los valores morfométricos en la región.

### III. Relieve debido a factores exógenos.

A diferencia de los grupos de relieve descritos anteriormente, en este se incluyen las formas derivadas de la acción de los procesos exógenos, tanto erosivos como acumulativos, aunque en algunos casos el tectonismo y el vul

canismo hayan jugado un papel determinante en su desarrollo de manera directa o bien indirecta. Corresponden a formas esencialmente acumulativas dentro de las cuales destacan las planicies de origen lacustre, consideradas dentro de la unidad morfogenética de planicies de nivel de base (ver mapa 4). Además se refieren algunos otros tipos de relieve más locales que permiten reconocer la dinámica particular de zonas específicas de la región. Las formas de origen erosivo, como son los valles fluviales se han considerado ya, de alguna manera, en el grupo de relieve endógeno modelado, por lo que se incluyen aquí principalmente a las formas derivadas de la acumulación de sedimentos. Comprende las siguientes clases y tipos (ver mapa 5).

#### 8. Relieve acumulativo.

Se incluyen en esta clase morfológica tipos de relieve que guardan estrecha relación con procesos tectónicos distensivos y con el vulcanismo pliocuaternario. La influencia de estos dos procesos puede verse a partir de la generación de depresiones relativas que permiten un comportamiento hidrológico que da origen a formas debidas a la acumulación.

##### 8.1. Planicies de origen lacustre (Q)

Un tipo importante en la región, tanto por su número como por la extensión que ocupan, son las planicies de origen lacustre. Se trata de superficies prácticamente

horizontales que aparecen como consecuencia de la desaparición de cuerpos de agua y que atestiguan, desde otro punto de vista, la presencia de antiguos lagos o la extensión de algunos de los que aún persisten en la región. Este tipo de formas son características de la porción septentrional de la región, en donde destacan las reminiscencias de los lagos de Cuitzeo, Pátzcuaro y Zacapu. En la porción nororiental se ubican también planicies de este tipo en los alrededores de Maravatío y al noreste de El Oro, por las cuales discurre el río Lerma. El origen de estas planicies se encuentra estrechamente ligada al tectonismo pliocuaternario y al vulcanismo que afectaron a la región y que se traduce en la formación de depresiones endorreicas que facilitaron el almacenamiento de grandes volúmenes de agua. Aunque el tectonismo distensivo generador de las depresiones citadas comienza a manifestarse en el Plioceno, existen evidencias de que continúa durante el cuaternario. De ello son testigos los derrames lávicos pliocuaternarios que se encuentran afectados por fallas normales; otra prueba de esta prolongación cuaternaria del tectonismo la constituye el hecho de que, al oriente de la región sobre la llamada "Falla de Toxi", algunos abanicos aluviales se encuentran dislocados por fallas de este tipo (Ortíz Pérez, comunicación personal). Debido a que la citada falla constituye una prolongación del sistema E-W que en la región en estudio discurren en la misma dirección, se puede pensar en un

comportamiento "temporal" similar del tectonismo en ambas zonas. Otra prueba la constituye el grado de conservación de los escarpes lo que implica un tiempo relativamente corto desde que fueron originados por lo que la erosión no ha borrado la expresión primaria de la forma. Por otra parte, el vulcanismo pliocuaternario influyó también de manera importante sobre el desarrollo de los cuerpos lacustres y por ende, en la formación de las planicies que se tratan. La importancia del proceso volcánico tiene diferentes matices. En primer lugar, algunas depresiones que albergan lagos no son puramente tectónicas, sino tectónico-volcánicas; es decir que a partir de la distensión y generación de fallas E-W, se desarrolló una parte del vulcanismo pliocuaternario. Una evidencia de lo anterior es el alineamiento de estructuras volcánicas como sucede, entre otros puntos; al sureste del Lago de Cuitzeo. La acumulación de material lávico y piroclástico a lo largo de fallas contribuyó, entonces, a definir más claramente los límites de la depresión lacustre. Esto se observa, en general, en los alrededores de todas las planicies antes mencionadas. Por otra parte, el vulcanismo, sin implicar la acción distensiva del tectonismo de manera evidente, ha dado lugar a depresiones, producto de las acumulaciones irregulares de las coladas de lava, que actualmente contienen agua, como sería el caso del Lago de Zirahuén. Por último, parte del vulcanismo cuaternario se manifiesta sobre medios lacustres, como lo atestiguan las cineritas lacustres

al noreste de Morelia. Esto hace pensar que los lagos tuvieron extensiones superiores a las actuales, mismas que disminuyeron a partir del desarrollo de coladas de lava y emisiones piroclásticas que mermaron sus dimensiones. Además, la importancia de las formas volcánicas cuaternarias que rodean a la casi totalidad de los cuerpos y planicies lacustres radica en el hecho de que representan áreas de alimentación hídrica debido a la gran densidad de fracturas, lo que facilita la infiltración y el consecuente aporte y almacenamiento de agua en las depresiones de nivel de base. Por otra parte, dadas las características de pendiente de estas superficies, se destinan principalmente a uso agrícola y pastizales aunque presentan algunos problemas derivados de su mal drenaje como son los encharcamientos y la salinización de los suelos. Estas planicies, como se mencionó en un principio, cubren grandes extensiones, su presencia se caracteriza en los parámetros morfométricos, tanto de densidad como de profundidad de la disección. En el caso de Zacapu y Cuitzeo, que constituyen los ejemplos más representativos, se observa que los valores representan anomalías negativas, dominadas por cifras cercanas a cero, lo que denota la predominancia de los procesos acumulativos sobre los erosivos.

Un aspecto interesante dentro de esta unidad lo constituyen las variaciones cuaternarias de los lagos en la región. Entre ellos pueden citarse los casos de los la-

gos de Cuitzeo, Pátzcuaro y Zacapu, este último prácticamente extinto, como los más representativos. En el trabajo de campo pudieron distinguirse diferentes procesos evolutivos en dichos lagos. En el caso del Lago de Cuitzeo se aprecian diferentes niveles alrededor de la planicie lacustre. Al sur del citado lago se pueden detectar sedimentos limoarcillosos estratificados, intercalados esporádicamente con lentes de materiales más gruesos que muestran un evidente redondeamiento. Esta característica sugiere la presencia de un ambiente litoral lacustre, que se ve influenciado por aportes fluviales, reconocidos por los lentes conglomeráticos. Estos estratos se presentan sin aparente buzamiento y se encuentran apoyados sobre rocas miopliocénicas. El nivel de ocurrencia de estos sedimentos lacustres es de 1900 metros sobre el nivel del mar, (unos 60 m por encima del nivel lacustre actual) dado que constituye un elemento importante a ser considerado. Por el nivel repetido de ocurrencia en la margen sur de la depresión lacustre podría pensarse que en otros lugares alrededor del lago deberían encontrarse estos sedimentos con relativa frecuencia; sin embargo, es aquí donde interviene la tectónica. Los sedimentos lacustres referidos se encuentran en la porción meridional de la depresión tectónica en la que se desarrolla el Lago de Cuitzeo. Hacia el norte, las fallas normales han originado el basculamiento de grandes bloques lo que ha ocasionado que los estratos presenten un buzamiento hacia el sur. Debido a este



basculamiento, en la porción del bloque basculado que mira hacia el sur no afloran sedimentos lacustres, mientras que sobre el espejo de la falla, que mira hacia el norte, pueden detectarse algunos sedimentos de origen lacustre, semejantes a lacustrecineritas, es decir, piroclastos depositados en un ambiente acuático, mismos que concuerdan con el nivel de 1900 metros de los sedimentos meridionales antes referidos. La distribución de estos sedimentos y su buzamiento hacen pensar que los depósitos meridionales arcillo-limosos reflejan el límite sur de la cuenca lacustre y a su vez, el límite sur de la depresión tectónica del norte de Michoacán. Este aspecto, que requiere de un estudio más detallado, puede constituir un elemento importante en el estudio de las estructuras tectónicas de la llamada depresión Chapala Acambay. En el caso de los Lagos de Pátzcuaro y Zacapu la evolución y dinámica son distintas; los probables niveles superiores de fluctuación lacustre se encuentran sepultados por el vulcanismo cuaternario que circunda a las planicies. Para el caso de Zacapu, Tricart (1984) realizó una reconstrucción paleogeográfica a partir de excelentes descripciones de campo y de dataciones por carbono 14 de turbas lacustres. Menciona en su estudio la falta de evidencia de tectonismo sobre los sedimentos lacustres, los cuales conservan su posición original, unos cuantos metros apenas sobre el nivel actual de la planicie. En realidad, se trata de depósitos lacustres recientes, a diferencia de los descritos para

el caso de Cuitzeo, considerados por Silva (1979) como plio-cuaternarios. Advierte Tricart (op cit) la contemporaneidad del lago y de las emisiones piroclásticas, definidas por la clasificación de los piroclastos, a los cuales considera en general como hidrocíneritas y como lacustrecineritas en este caso particular. La presencia de dicho lago se determinó en hace 28 000 años, lo que refleja la existencia de un balance hidrológico más positivo que el actual. Estos dos casos, Cuitzeo y Zacapu, constituyen ejemplos representativos de ambientes que, si bien ambos son lacustres, se rigieron y rigen actualmente por mecanismos evolutivos y dinámicos diferentes, lo que merece un estudio de detalle.

#### 8.2. Planicies aluviales (Q)

Las planicies de este tipo, aunque más numerosas que las anteriores, no son de una extensión notable debido a la predominancia a nivel regional del relieve abrupto, lo que dificulta la deposición aluvial a gran escala. Aunado a este hecho, debe citarse la influencia del material volcánico moderno, que facilita la infiltración y reprime el escurrimiento, lo que dá por resultado un escaso movimiento de material en superficie. Esto se observa en el sector occidental de la región, en donde los depósitos aluviales de dimensión regional están virtualmente ausentes. Hacia el sureste, sin embargo, se presenta un buen número de casos de planicies de este tipo, las cuales se disponen en las depresiones

relativas derivadas de la sobreposición de coladas lávicas. En la región, el aluvión se deriva principalmente de cenizas volcánicas que originalmente cubrieron a las coladas. Además es importante el aporte de arcillas derivadas del intemperismo del basalto las cuales son fácilmente acarreadas. La mayoría de estas planicies, dadas sus características, se encuentran sujetas a un uso agrícola y debido a sus escasas dimensiones, carecen de representatividad en las cartas morfométricas elaboradas.

### 8.3. Superficies cubiertas por deluvión volcánico piroclástico (Q).

Corresponde este tipo morfológico a laderas volcánicas cuaternarias parcialmente cubiertas por capas de piroclastos de diferente espesor, más delgadas pendiente arriba. Los piroclastos que las constituyen son subredondeados, lo que denota un transporte local, de corta distancia. Ejemplos representativos de este tipo de relieve se localizan al noroeste de El Oro.

Los materiales piroclásticos, por su calidad de incoherentes, son inestables en cuanto a que están sujetos a remoción desde el momento en que son depositados sobre la superficie terrestre, excepto cuando dan origen a planicies. Es común que durante la misma etapa de actividad de un volcán se produzcan fuertes remociones de material, condicionadas por la pendiente del terreno y las condiciones meteorológicas, entre

los factores principales.

En las laderas empinadas se producen desde derrumbes y flujos de material hasta caídas esporádicas de rocas. Todo este material que cambia de su posición original se deposita en la base de la ladera, formando un manto de suave pendiente. El grado de pulimento de los materiales que lo componen y su clasificación, da idea del transporte sufrido por éstos.

Estos criterios nos permiten establecer diferencias entre las acumulaciones de piroclastos in situ y aquellas en las que ha existido un proceso de transporte posterior a su inicial deposición. Es lo que ha ocurrido, precisamente, con el deluvión volcánico.

#### 9. Relieve acumulativo-erosivo.

En esta clase de formas del relieve se incluyen tipos morfológicos de origen esencialmente exógeno, producto de la acumulación y que, debido a un cambio en el balance acumulación-erosión, ésta se ha intensificado de manera que se ha modelado sustancialmente la forma original.

##### 9.1. Piedemonte con disección moderada (Ts-Q)

Este tipo de relieve corresponde a una extensa acumulación proluvial que se desarrolla al oeste de Tacámbaro. Se encuentra constituido por cantos andesíticos y dacíticos redondeados cada vez más finos hacia el sur, lo que atestigua una dinámica de cono de deyección. Dicho cono, o abanico, se desarrolló a partir de tobas y brechas oligocénicas.

cas, que constituyen a la unidad morfológica que bordea al Anticlinal de Tzitzio. El proceso agradatorio del piedemonte en la actualidad no reviste mayor importancia; más bien, dicho abanico se encuentra en etapa de destrucción, lo que denota cambios ambientales que han invertido el proceso.

Las características morfológicas de las zonas adyacentes al abanico, muestran que éste alcanzó dimensiones superiores a las que hoy pueden detectarse. En primer lugar, se presentan restos de material conglomerático separados de la acumulación principal por barrancos profundos, que vistos en perfil permiten la reconstrucción de un nivel continuo; es decir, constituyeron una sola unidad. Además, el típico patrón de drenaje de los abanicos, semiradial, puede observarse sobre el material suyacente al abanico, hoy exhumado, lo que demuestra la sobreposición de un drenaje de este tipo, o sea, la anterior presencia de un abanico más extenso, hoy disminuido por erosión.

Otra característica importante del abanico, es su alta permeabilidad, debida a su estructura conglomerática, lo que garantiza la presencia de corrientes fluviales permanentes que lo surcan con dirección norte-sur.

Aunque la profundidad de los barrancos que se desarrollan en el abanico es considerable, no se distingue de manera clara esta estructura en las cartas morfométricas, debido a su escasa dimensión a nivel regional y debido también a las

características del relieve contiguo, que muestra asimismo, un elevado desarrollo erosivo.

Por último, es importante aclarar acerca de la edad asignada a esta unidad. En este caso, el criterio estratigráfico no permite establecer con precisión la edad de la forma; el abanico se desarrolla a partir de rocas oligocénicas, por lo que no constituye un dato muy preciso para establecer la edad de la forma. El criterio geomorfológico permite concebir que, dado el grado de erosión que presenta y debido a la conservación de la superficie original del piedemonte este no debe tener una edad superior al plioceno y es posible pensar que ha principios del cuaternario aún continuó el proceso acumulativo, lo que explicaría la conservación de la superficie. Esta concepción es, obviamente, relativa; surge de la comparación con piedemontes acumulativo erosivos más antiguos que no presentan rasgos de la superficie original.

## CONSIDERACIONES FINALES Y CONCLUSIONES

A partir del estudio sobre la geomorfología regional del noreste de Michoacán y occidente del Estado de México se derivan las siguientes consideraciones.

### a) Sobre la metodología.

Sin duda alguna, un primer aspecto que revisite gran importancia e interés a lo largo del desarrollo del estudio es la escala en que queda enmarcada la investigación. Dado que en un trabajo previo (Palacio, 1982) tuvimos oportunidad de realizar un estudio geomorfológico de una área más reducida trabajando a escala mayor, podemos concluir sobre algunas de las diferencias más notables que existen en los trabajos geomorfológicos y que emanan del manejo de escalas distintas.

Como se mencionó en su oportunidad, en el estudio geomorfológico se considera a la morfología, génesis, edad, evolución, dinámica y distribución del relieve. Cada una de estas determinaciones se ven afectadas en mayor o menor medida por la escala.

En el caso de la génesis y la edad no puede reconocerse una influencia directa de la escala, dado que se trata de aspectos aespaciales que no requieren, estrictamente hablando, de un marco espacial específico para su determinación. La morfología y la distribución se ven afectadas por la escala en función del detalle que esta permita, lo que redun-

dará en la exactitud de las formas y sus límites. En el caso de la evolución y la dinámica la influencia va más allá de la simple posibilidad de contar con mayor o menor detalle en el estudio de las formas, pues una variación en ella implicará que la investigación adquiriera características en esencia diferentes.

En el caso de un estudio en escalas grandes el detalle permite la incorporación de variables puntuales o específicas ligadas a los procesos y a las formas del relieve, como son la erosión acelerada, reptación o la remoción en masa. Por ejemplo, pueden incorporarse, sin mayor dificultad, variables tales como vegetación, suelos, clima, acción del hombre, etc. En estos casos, por otra parte, resulta más complicada la integración de variables tales como la tectónica, por ejemplo, por ser éste un fenómeno o proceso geológico-geomorfológico que en la mayor parte de los casos requiere de un tratamiento regional, por la extensión en que se manifiesta por lo común. Por otra parte, en estudios geomorfológicos regionales, o de escalas pequeñas, resulta difícil la incorporación de variables puntuales, como las señaladas de vegetación, suelos y clima entre otras, por la falta de detalle necesaria. Esto permite considerar que el manejo de la información a diferentes escalas repercute directamente en dar mayor o menor peso a la evolución y dinámica geomorfológicas.



En escalas pequeñas, la falta de detalle preciso y la imposibilidad de incorporar variables específicas implica no poder establecer de manera profunda, relaciones de tipo dinámico; es decir, debido a que el estudio regional guarda más ligas con fenómenos extendidos en el tiempo, las relaciones serán más de tipo evolutivo. Por lo tanto, desde el punto de vista regional el relieve es contemplado en función del accionar de procesos, tanto endógenos como exógenos, llevados a cabo en el tiempo geológico.

Lo anterior lleva también a considerar lo relativo de los términos evolución y dinámica. ¿Qué define a cada uno de estos términos y que concepción temporal implican? Pensamos que el problema fundamental proviene del manejo de concepciones distintas, una geológica y otra geográfica.

El tiempo geológico implica, en geomorfología, cambios "lentos" en las formas del relieve; es decir, implica evolución, misma que se lleva a cabo a escalas de cientos de miles o millones de años. El tiempo geográfico o histórico, más restringido que el anterior, implica en geomorfología los cambios "rápidos" que sufre el relieve y que son registrados a partir de la escala temporal humana; es decir, implica la dinámica de las formas del relieve. Resulta también interesante tener presente al criterio geológico para designar a la dinámica, mismo que desborda a la concepción geográfica o humana referida anteriormente. Así, en geología se puede referir como dinámica del relieve, por ejemplo, a los

procesos desarrollados durante el cuaternario. Esto, en el tiempo geográfico implicaría, más que una continuidad, un conjunto de etapas de modelado diferentes, la última de las cuales correspondería a la dinámica geomorfológica.

Por lo tanto, podemos afirmar que en un estudio regional el manejo de eventos geológicos, necesario para interpretar el relieve a esta escala, da como resultado que el estudio sea predominantemente evolutivo y no dinámico, que tendería, este último, a caracterizar a la mayor parte de los estudios geomorfológicos a grandes escalas. El levantamiento geomorfológico regional que aquí se presenta es, entonces, predominantemente morfogenético más que morfodinámico, pues se establecen los principales eventos que han determinado el estado actual de las formas del relieve, pero sin puntualizar, debido a la escala, en aspectos tales como erosión acelerada, remoción en masa, reptación, etc., que caracterizan a la dinámica actual de las formas y procesos geomorfológicos.

Por otra parte, también dentro de las consideraciones a la metodología, un aspecto importante lo constituyó la utilización de técnicas morfométricas que permitieran reconocer el comportamiento regional del relieve. Ello permitió contar con un apoyo más para la diferenciación y clasificación de las formas regionales. La cuantificación del trabajo erosivo fluvial resume la participación de algunos elementos intrínsecos del relieve, como son la pendien-

te, litología, edad, grado de fractura, etc. Consideramos que la utilización de esta técnica es más valiosa a nivel regional que a nivel local, dado que permite el establecer el comportamiento específico de estructuras tectónicas y volcánicas; es decir, permite establecer un mayor número de relaciones con estructuras cuyo origen debe encuadrarse generalmente en un marco regional de interpretación.

Por otro lado, quedó de manifiesto que los resultados de la morfometría, en conjunción con los criterios geomorfológicos constituye una herramienta útil para reconocer secuencias evolutivas en las formas de relieve volcánicas y por tanto, en la definición de edades relativas, lo que representa un apoyo de interés al establecimiento de la secuencia estratigráfica. La geomorfología puede apoyar a la geología en sus interrogantes cronológicas, por lo que es recomendable su consideración, que actualmente se restringe a un dato complementario, en el mejor de los casos, en los estudios geológicos.

Por último nos referiremos a las características de la cartografía geomorfológica regional que se presenta adjunta al trabajo. El mapa geomorfológico regional resume las determinaciones hechas al relieve de la región estudiada. Para su elaboración se han tomado en cuenta todos aquellos elementos que permiten la interpretación sobre su evolución: origen, edad, litología, tectónica regional y desarrollo exógeno. Además, se ha considerado, dentro de lo

posible, la inclusión de una simbología clara al versado en el tema, lo que constituye un intento por desarrollar una cartografía propia, adecuada al relieve mexicano. Consideramos que el mapa referido se encuentra entre los más completos a nivel regional de los que hasta se han realizado en nuestro país, aunque reconocemos la necesidad de realizar estudios a mayor escala, que conjuntamente permitan una mejor apreciación del comportamiento actual del relieve.

b) Sobre la geomorfología regional.

La región en estudio presenta una morfología derivada fundamentalmente de fenómenos tectónico-volcánicos cenozoicos, dentro de los cuales han influido mayormente los llevados a cabo durante el Neógeno-Cuaternario. Derivado de esta evolución, el modelado exógeno se manifiesta con diferentes intensidades, lo que se refleja en las cartas morfométricas y de zonificación geomorfológica adjuntas.

En función de lo anterior, en la región pueden definirse claramente dos subregiones. La primera comprende al relieve de origen endógeno, conservado, representado por formas de origen volcánico pliocuaternarias, que se disponen al oeste, norte y oriente de la región. La segunda subregión corresponde esencialmente a la porción sur, en donde el vulcanismo pliocuaternario está virtualmente ausente y los rasgos erosivos están más extendidos.

La determinación de las dos subregiones referi-

das permite también reconocer un comportamiento hidrológico diferente. Mientras que en la subregión compuesta por materiales volcánicos pliocuaternarios se presenta una mayor propensión a la infiltración debido a la presencia predominante de coladas de lava , en la segunda subregión se conforma un sistema de drenaje con características opuestas; es decir, bien integrado en superficie. Ello se debe, entre otras cosas, a la edad de las formas y de las rocas que las constituyen, lo que pone de manifiesto el accionar de los procesos exógenos en distinta intensidad y magnitud.

En el renglón geológico ha quedado patente la necesidad de revisar los resultados alcanzados hasta ahora. Particularmente interesante nos parece el estudio y datación de los diferentes eventos volcánicos que han afectado al norte de la región, para lo cual el enfoque geomorfológico debe ser tomado en cuenta, pues como se vió en su oportunidad, los estudios realizados presentan serias objeciones que impiden su plena aceptación. El caso más patente lo hemos referido a los alrededores del Lago de Cuitzeo, en donde existen evidencias geomorfológicas y estratigráficas que permiten inferir una evolución distinta a la que otros investigadores han considerado (ver Geología Regional y Geomorfología Regional). También desde el punto de vista geológico pueden referirse algunas características del llamado Anticlinal de Tzitzio. La presencia de cuevas y hogbacks al oriente de dicho anticlinal, dispuestas a distancias de varias decenas de kilómetros, re-

fleja una estructura debida a movimientos de gran amplitud. Sus dimensiones son mayores a las consideradas en algunos trabajos de corte geológico. Este punto es importante dado que refleja una fase tectónica relativamente reciente que afecta a estructuras basales del Sistema Volcánico Transversal, por lo que es un aporte para su evolución geológica y geomorfológica.

Otro punto de especial interés lo constituyen los lagos, algunos de ellos desaparecidos y otros en proceso de extinción, que se disponen en la porción septentrional de la región. Dichos cuerpos lacustres, principalmente Zacapu, Cuitzeo y Maravatío, tuvieron durante el cuaternario dimensiones superiores a las actuales, que se deducen a partir de los depósitos lacustres dispuestos en sus alrededores. Dichos cuerpos lacustres muestran una clara relación con fenómenos volcánicos y tectónicos pliocuaternarios. No obstante compartir algunas características cada uno de estos lagos siguió una evolución distinta, que depende de las variaciones espaciales y temporales del tectonismo y del vulcanismo. Por otra parte, la disposición de las fallas que originaron las fosas tectónicas ocupadas por los lagos delimitan en la región al movimiento distensivo al que deben su génesis. Ello también es importante para la interpretación de estructuras más amplias, como puede ser el Sistema Volcánico Transversal mismo, o bien estructuras más locales, como El Bajío.

c) Sobre la necesidad de estudios más profundos.

A partir del desarrollo del trabajo y del relevamiento regional de las formas del relieve se reconocen algunos aspectos específicos de interés tanto para la geomorfología como para otras disciplinas, cuyo estudio permitiría contar con elementos útiles para resolver problemas de índole diversa. Anotamos a continuación algunos de estos aspectos más relevantes.

1. Evolución cuaternaria de los cuerpos lacustres.

Aunque en algunos países se llevan a cabo estudios sobre el comportamiento de cuerpos lacustres durante el cuaternario, en nuestro país el número de este tipo de investigaciones es definitivamente bajo. Los pocos estudios al respecto se han desarrollado en el INAH y otros han sido desarrollados por investigadores franceses (Tricart, 1984) y británicos (\*).

El problema que plantea el estudio de las variaciones de los cuerpos lacustres durante el cuaternario requiere la participación de diversos especialistas dado que los análisis e interpretaciones necesarias implican la consideración de técnicas diversas. De esta manera, el problema debe ser planteado por un grupo de investigación, dentro del cual participan biólogos, geólogos, geomorfólogos y químicos entre otros, dado que se requiere realizar determinaciones botánicas, fau-

---

(\*) No se cuenta con autorización para citar el trabajo del grupo de investigación británico.

nísticas, palinológicas, dataciones en sedimentos, análisis químicos de agua y sedimentos, mineralogía, estratigrafía, etc.

El conocimiento de la evolución lacustre durante el cuaternario en nuestro país, y específicamente a lo largo del Sistema Volcánico Transversal, permitiría establecer relaciones interesantes para la determinación de las variaciones climáticas, paleobotánicas y paleogeográficas en general. Por otra parte, su estudio permitiría establecer relaciones con la evolución tectónica y volcánica y contribuiría, por lo tanto, a la definición de eventos geológico-geomorfológicos en el Sistema Volcánico Transversal. Su estudio permitiría, en resumen, contar con mayores bases para la investigación en diversos campos y contribuiría al conocimiento específico de un fenómeno que en México, presenta condiciones ideales para su investigación.

## 2. Definición de la secuencia estratigráfica.

Ligada al punto anterior y emanada también de las conclusiones del presente trabajo se plantea la necesidad de revisar los resultados sobre la geología de la región estudiada. Siendo éste un problema de tipo geológico no debe por ello olvidarse la importancia de los criterios geomorfológicos como elemento que permite la datación relativa de las formas y en varios casos de las rocas que las constituyen. Consideramos que las dataciones radiométricas son necesarias para definir la secuencia estratigráfica, no obstante ser difi-



cil en algunos casos de llevarlas a cabo. La geomorfología puede ayudar a resolver esta dificultad al menos en parte, a partir de estudios particulares sobre las formaciones a datar, lo que permite al geólogo apreciar al relieve como un elemento evolutivo y dinámico y no estático. La importancia del establecimiento de la secuencia estratigráfica permitiría, como en el caso del estudio de los cuerpos lacustres, contar con más elementos para la interpretación tectónica, volcánica y geomorfológica del Sistema Volcánica Transversal y sus zonas adyacentes.

### 3. Erosión acelerada sobre alteritas.

Debido a que buena parte de la morfología de la región es el resultado de manifestaciones volcánicas plio-cuaternarias, los procesos de modelado exógeno poseen una dinámica ajustada a dichas condiciones. La generación de alterita provenientes de la intemperización de piroclastos y de lavas basálticas ha favorecido la aparición de suelos arcillosos muy susceptibles a la erosión. Este fenómeno puede ser observado en extensas superficies del relieve volcánico en la región.

No obstante su extensión regional, el problema que se trata no puede ser abordado ni atacado en ese contexto. Requiere para su tratamiento de un alto grado de detalle para reconocer las causas físicas de su comportamiento; es un estudio a desarrollar, principalmente, en el campo y en el laboratorio.

Como en casos anteriores, este estudio requiere de la participación de un grupo interdisciplinario de investigación dentro del cual deben contarse agrónomos, geólogos, químicos y geógrafos, no solo físicos sino también sociales, dado que el hombre es una causa del problema y a su vez sufre sus consecuencias. El estudio específico de arcillas requiere, asimismo, la participación de un especialista en el tema.

La importancia de un estudio de este tipo no es exclusivo para la región. En gran parte del Sistema Volcánico Transversal, este problema está latente, por lo que el conocimiento acerca del funcionamiento erosivo sobre las alteritas permitiría seguramente, contar con bases más sólidas para su tratamiento.

## BIBLIOGRAFIA

- Altamirano, A. (1970) Mapa fotogeológico Maravatío- Zinapécuaro SOP Dirección de Proyectos México.
- Alvarez, M.Jr. (1949) Unidades tectónicas de la República Mexicana Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana V. 14 p 1-22, México.
- (1961) Provincias fisiográficas de la República Mexicana Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana Tomo 24 México.
- (1961a) El mecanismo del ciclo tectónico mexicano Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros Vol. 13 # 7 y 8, México.
- Blásquez, L. (1956) Vulcanismo terciario y reciente del Eje Volcánico de México XX Congreso Internacional de Geología Exc. A-15.
- (1961) Los géiseres, solfataras y manantiales de la Sierra de San Andrés, Michoacán Boletín del Instituto de Geología de la UNAM # 61 p 1-34 México.
- Bloomfield, K. y Valastro, S. (1974) Late pleistocene eruptive history of Nevado de Toluca volcano, central Mexico. Geological Society of America Bulletin # 85 p 901-906.
- Bloomfield, K. (1977) Late quaternary tephrocronology of Nevado de Toluca volcano, central Mexico Overseas Geologic and Mineralogic Researches # 46.
- Bocco, G.H. (1983) Estudio Geomorfológico de la región comprendida en la carta Querétaro 1: 250 000 Tesis de Maestría en Geogra-

- fía, Facultad de Filosofía y Letras UNAM.
- Bocco, G.H. y Palacio, J.L. (En prensa) Utilidad de la cartografía geomorfológica en la evaluación y planeación del territorio. Anuario de Geografía Colegio de Geografía, Facultad de Filosofía y Letras UNAM.
- Campa, M.F., Flores, R. y Oviedo, R. (1974) La secuencia mesozoica volcanosedimentaria metamorfizada de Ixtapan de la Sal, México-Teloloapan, Guerrero. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana V. 35 p 7-28.
- Campos, E. (1984) Estudio geológico regional del área de Valle de Bravo-Tzitzio, Edos. de Mex. y Mich. Tesis de Ingeniero Geólogo. Facultad de Ingeniería, UNAM.
- Cantú, C. (1968) Las rocas eocretácicas de Zitácuaro. Instituto Mexicano del Petróleo Monografía 2 p3-18.
- Correa Pérez, G. (1974) Geografía del Estado de Michoacán Tomo I Geografía Física.
- Correa, G. y Rodríguez, T. (1972) Provincias fisiográficas del Estado de Michoacán VI Congreso Nacional de Geografía Uruapan, Michoacán.
- Cserna, Z.de y Fries, C. (1981) Carta Geológica de México serie 1:100 000 Hoja Taxco, con Resumen de la Geología de la Hoja Taxco, Estados de Guerrero, México y Morelos. Instituto de Geología de la UNAM.
- Demant, A. (1976) Contribución a la definición de las diferentes fases volcánicas y tectó-

- nicas del Eje Volcánico Transmexicano  
III Congreso Latinoamericano de Geología Resúmenes, p 45.
- (1976a) Algunos caracteres petrográficos de las rocas del Eje Neovolcánico Transmexicano IV Convención de la Sociedad Geológica Mexicana Resúmenes p 17.
- ( 1978) Características del Eje Neovolcánico Transmexicano y sus problemas de interpretación Revista del Instituto de Geología UNAM Vol. 2 # 2 p 172-187.
- (1981) L'Axe Neovolcanique Transmexicain; Etude volcanologique. Signification Geodynamique These Docteur es Sciences Marseille, France.
- Demant, A. y Robin, C. (1975a) Las fases del vulcanismo en México; una síntesis con relación a la evolución geodinámica desde el Cretácico Revista del Instituto de Geología UNAM 75-1 p 70-83.
- Demant, A., Mauvois, R. y Silva, L. (1975b) Estudio geológico de las Hojas Morelia y Maravtío de Michoacán CFE-UNAM Inédito.
- Demek, J. y Embleton, C. (Editores) (1978) Guide to Medium Scale Geomorphological Mapping International Geographical Union Commission on Geomorphological Survey and Mapping. Stuttgart.
- Flores, T. (1920) Estudio geológico minero de los distritos El Oro- Tlalpujahuá. Boletín del Instituto de Geología UNAM #37.
- Fries, C., Ross, C. y Obregón, A. (1965) Mezcla de vidrio en los derrames cineríticos "Las Américas" de la región El Oro-Tlalpujahuá,

- Estados de México y Michoacán, parte centro meridional de México. Boletín del Instituto de Geología UNAM #70.
- Gasca Durán, A. (1981) Algunas notas sobre la génesis de los lagos cráter de la Cuenca de Oriental Colección Científica Prehistoria INAH # 98 México.
- George, P. (1973) Los Métodos de la Geografía Ed. Oikos-Tau, Colección ¿Que sé? Barcelona.
- Gregory, K. y Walling, D. (1973) Drainage basin, form and processes Arnold, London.
- Guzmán, E. y Cserna, Z. de (1963) Tectonic History of Mexico Amer. Assoc. Petrol. Geol. Memorias # 2 p 113-129.
- Hails, J.R. (1977) Applied Geomorphology Elsevier Publishing Co. N.Y.
- Hanson, R. (1975) The geology of some clay deposits in the Transmexican Volcanic Belt and central Mexico plateau. International Clay Conference Field Trip 1 p 72-121, México.
- Howard, A. y Remson, I. (1978) Geology in environmental planning Mac-Graw Hill New York.
- López Ramos, E. (1979) Geología de México S/E México.
- López Santoyo, A. (1971) El relieve kárstico de Valle de Bravo. Boletín del Instituto de Geografía Vol. IV p 87-94. UNAM
- Lugo Hubp, J. (1978) La geomorfología y sus aplicaciones a la Ingeniería Civil II Reunión Nacional de Intercambio Técnico de Geología y Geotermia. Memoria CFE Chiapas México.
- (1981) La disección del relieve en la porción centro oriental del Sistema Vol-

- Lugo Hubp, J. y Martínez Luna, V. (1981) La disección del relieve en la porción sur de la Cuenca de México y porciones adyacentes Boletín del Instituto de Geografía UNAM # 10 p 55-64.
- Lugo, J., Ortíz, M., Palacio, J.L. y Bocco, G. (En prensa) Las zonas más activas del cinturón volcánico mexicano (entre Michoacán y Tlaxcala) Geofísica Internacional México.
- Mauvois, R., Demant, A. y Silva, L. (1976) Estructuras terciarias en la base del Eje Neovolcánico; ejemplo de la Depresión Tzitzio-Huetamo, Estado de Michoacán. III Congreso Latinoamericano de Geología. Resúmenes p 87.
- Mooser, F. (1961) Informe Geológico de la Cuenca de la Cuenca del Valle de México Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México, SRH.
- (1968) The Mexican volcanic belt structure and development; formation of fractures by differential crustal heating. Panamerican Symposium p 15-22.
- (1972) El Eje Volcánico Transversal, debilidad cortical pre-paleozoica reactivada en el Terciario. Convención Nacional de la Sociedad Geológica de México. Mazatlán, Resúmenes p186-188.
- (1972a) The Mexican Volcanic Belt; Structure and Tectonics. Geofísica Internacional Vol 12 p 55-70.
- (1975) The Mexican Volcanic Belt; Interpretation derived from fractures and form. Transamerican Geophysical Union Vol 56 Resúmenes.

- Mooser, F. y Maldonado K. (1961) Penecontemporaneous tectonics along the Mexican Pacific coast. Geofísica Internacional Vol 1 p 1-120.
- Moya, J.C. y Zamorano, J.J. (1983) Estudio geomorfológico del Volcán La Malinche y sus zonas adyacentes Tesis de Licenciatura en Geografía, Colegio de Geografía, Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM.
- Moya Sánchez, J.C. (En preparación) Estudio Geomorfológico de la Cuenca de Oriental.
- Ollier, C.D. (1967) Maars, their characteristics, varieties and definitions. Bulletin Vulcanologique (31) p 45-73 Nápoles.
- (1974) Phreatic eruptions and maars, en Physical Vulcanology Elsevier Publishing Co. Amsterdam.
- Ontiveros, G. (1973) Estudio estratigráfico de la porción noroccidental de la Cuenca Morelos-Guerrero. Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros Vol XXV (4-6) p 190-234, México.
- Palacio, J.L. (1982) Análisis geomorfológico de la región de Cuernavaca-Tenancingo-Ixtapan de la Sal, Estados de Morelos y México Tesis de Maestría en Geografía, Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM.
- (1983) Metodología para los estudios geomorfológicos a escala 1:50 000. I Congreso Interno del Instituto de Geografía UNAM.
- Paniukov, P. (1981) Geología aplicada a la Ingeniería Ed. MIR Moscú.
- Pantoja, J. (1964) Estudio geológico de reconocimiento de la región de Huetamo, Estado de Michoacán. Consejo de Recursos Natura-



- les no Renovables Boletín # 50 México.
- Raisz, E. (1964) Landforms of Mexico Cambridge, Massachusetts, 2nd Edition, Escala 1:3 000 000.
- Scheideger, A. (1975) Physical Aspects of Natural Catastrophes Elsevier Publishing Co. New York.
- Silva Mora, L. (1979) Contribution a la connaissance de l'Axe Volcanique transmexicain; Etude Geologique et petrologique des laves du Michoacan Oriental . Tesis de Doctor-Ingeniero. Universidad d'Aix Marseille, France.
- Silva, L., Demant, A. y Mauvois, R. (1976) Las diferentes fases volcánicas pliocuaternarias del sector oriental del Estado de Michoacán; caracteres petrográficos y su significación. III Congreso Latinoamericano de Geología Resúmenes, p.87.
- Síntesis Geográfica del Estado de México (1981) Secretaría de Programación y Presupuesto México.
- Tamayo, J. (1962) Geografía General de México Instituto Mexicano de Investigaciones Económicas, México.
- Tricart, J. (1969) La Epidermis de la Tierra Nueva Colección Labor, Barcelona.
- (1977) Precis de Geomorphologie; Geomorphologie Dynamique SEDES, París
- (1978) Geomorphologie Applicable Masson, Paris.
- (1981) Precis de Geomorphologie; Geomorphologie Climatique SEDES, Paris.
- Tricart, J. y Kilian, J. (1982) La Eco-Geografía y la ordenación del medio natural Ed. Anagrama, Barcelona.

- Tricart, J. y Ríos Paredes, M. (1984) L'ancien lac de Zacapu, mise en évidence d'une transgression lacustre au quaternaire récent. Bulletin du CEMCA 82/2/84.
- Urrutia, J. Castillo, L.del (1977) Un modelo del Eje Neovolcánico Mexicano. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Vol. XXXVIII p 18-28.
- Verstappen, Th. (1983) Applied Geomorphology Elsevier Science Publishing Co. Inc. Amsterdam.
- Waitz, M. (19 ) Phenomenes Post-Paroxismiques du San Andrés. X Congreso Internacional de Geología. Exc. X.

#### CARTOGRAFIA

Secretaría de Programación y Presupuesto. Dirección General de Geografía del Territorio Nacional (INEGI) Cartas Topográficas y Geológicas a escala 1:50 000. Claves: E 14 A 11,12, 13,14,15,16,21,22,23,24,25,26,31,32,33,34,35,36,41,42,43,44, 45,46. Escala 1:250 000 clave: E 14 A 1.