

GEOMORFOLOGIA DE LA REGION DE CUERNAVACA-TENANCINGO-IXTAPAN  
DE LA SAL, EN LOS ESTADOS DE MORELOS Y MEXICO

José Luis Palacio Prieto \*

RESUMEN

Se consideran en este estudio las características generales del relieve comprendido en la región de Cuernavaca-Tenancingo-Ixtapan de la Sal, en los estados de Morelos y México. Se clasifica a las formas del relieve en función de su génesis y edad, y se describe su evolución para explicar su dinámica actual.

SUMMARY

Landforms in Cuernavaca-Tenancingo-Ixtapan de la Sal region have been classified from both a genetic and cronological point of view and evolution is described in order to understand their present dynamics.

INTRODUCCION

El estudio geomorfológico implica, en esencia, la correlación entre hechos y fenómenos tanto geográficos como geológicos; comprende, por un lado, el análisis espacial y, por el otro, la evolución del relieve de la Tierra. Es decir, la geomorfología estudia las formas del relieve en función del espacio y del tiempo.

Se intentan determinar en este estudio dichas correlaciones, considerando la influencia de los agentes modeladores sobre los distintos tipos litológicos y morfológicos de una región de México, mismos que,

---

\* Técnico Académico del Instituto de Geografía de la UNAM.

al presentar una gran variedad, confirman la complejidad de todo paisaje geográfico.

El presente trabajo consiste en un estudio geomorfológico de la región de Cuernavaca-Tenancingo-Ixtapan de la Sal, en los estados de Morelos y México, y se intenta establecer el origen y evolución del relieve en función de sus características morfológicas y geológicas.

La región en estudio resulta de interés por su complejidad y juventud. En ella se reconocen ejemplos de los tres grupos de rocas: magmáticas, sedimentarias y metamórficas. Se observa, a primera vista, que para cada tipo geológico hay una representación geomorfológica diferente derivada de la relación de los procesos exógenos y endógenos. Estos últimos se manifiestan hasta nuestros días, como lo evidencia el vulcanismo, y, como reacción, los procesos exógenos llevan a cabo su modelado con intensidades variables reconocidas en una disposición zonal.

#### ANTECEDENTES

Los trabajos de carácter geomorfológico son escasos en nuestro país. En el caso de la zona que aquí se estudia se puede citar a Ortíz Pérez (1977) y Ochoterena (1977). El primero realizó un estudio sobre el origen, evolución y dinámica del llamado "Glacis de Buenavista", situado al noroeste de la ciudad de Cuernavaca, quedando comprendido dentro de la región en estudio. Ochoterena hace una revisión sobre el origen del Tepozteco en Tepoztlán, Morelos, así como de su edad. Aunque en este caso la zona del Tepozteco no queda incluida dentro de la zona considerada, resulta de interés por ser contigua y correlacionable con algunas unidades.

Se deben citar también los trabajos de carácter geológico. El estudio desarrollado por Fries (1960) sobre la región Morelos-Guerrero, permite disponer de una información detallada sobre las características geológicas de aquella zona, permitiendo correlacionarlas con porciones correspondientes a la nuestra. Campa et al (1974) orientaron sus investigaciones a las cadenas montañosas de rocas metamórficas que cir-

cundan a Ixtapan de la Sal, al suroeste de la región. López Ramos (1979), con su recopilación sobre la geología de México, permite situarnos en un margo general de referencia. Por último, De Cserna y Fries (1981) son autores de la cartografía geológica de la región.

## OBJETIVOS Y METODOS

Aunque el objetivo fundamental de la geomorfología es claro, es importante adecuarlo a los propósitos de cada trabajo de este tipo. Así, el objetivo principal, en el presente, es explicar el relieve en función de la relación entre los procesos endógenos y exógenos, creadores y modeladores del mismo, así como determinar su evolución.

La elaboración del estudio implicó un trabajo de interpretación de fotografías aéreas a escalas 1: 50 000 y 1: 25 000, en blanco y negro, tomadas por la DETENAL, hoy Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), mismo que fue ampliado, corroborado y corregido, en su caso, en el campo. Los criterios seguidos para la delimitación de las formas del relieve son comunes a otros estudios de este tipo desarrollados dentro del Instituto de Geografía de la UNAM.

## I MARCO GEOGRAFICO GENERAL

La región en estudio, que se encuentra ubicada en la porción noroccidental del estado de Morelos y suroriental del estado de México, abarca una superficie rectangular de unos 1 500 km<sup>2</sup> y tiene como coordenadas extremas los 18°45' y los 19°00' de latitud norte y los 99°12' y 99°43' de longitud oeste (Fig. 1).

Dentro de las poblaciones más importantes podemos situar a la ciudad de Cuernavaca, hacia el noreste, Tenancingo y Villa Guerrero, al noroeste, y Tonatico e Ixtapan de la Sal al suroeste.

Físicamente, la región se ubica dentro de la cuenca del río Balsas, a escasos kilómetros de la divisoria con la cuenca alta del río Lerma. Su parte norte corresponde a la vertiente sur del Sistema Vol-

# LOCALIZACION DE LA ZONA EN ESTUDIO

FIG. I



cánico Transversal, mientras que en la porción meridional afloran las rocas sedimentarias características de la Sierra Madre del Sur. La región constituye, así, el contacto entre dos megaestructuras.

Las altitudes máximas se reconocen en la porción meridional de la Sierra de Zempoala, con 2 700 msnm, hacia el noreste, presentándose estructuras aisladas cercanas a los 2 500 m, tales como el cerro de La Cruz de Tejaltepec y el cerro El Plan, al sureste de Chalma y oeste de Malinalco, respectivamente. Las estructuras plegadas del sur de la región no presentan altitudes máximas promedio superiores a los 2 000 m, altitud considerablemente menor que la alcanzada por las estructuras volcánicas antes mencionadas. Por otro lado, las altitudes mínimas corresponden a los 1 000 m, aproximadamente, hacia el extremo sureste de la región, al sur del lago de El Rodeo.

Debido principalmente a la diversidad altitudinal, en la zona se presentan climas que van desde los templados, en las partes elevadas, hasta los cálidos en las de menor altitud, siendo éstos los que presentan mayor diversidad atendiendo a la clasificación climática de Koeppen modificada por García (1973). La humedad en ambos casos es elevada, presentándose precipitaciones promedio ligeramente superiores a los 1 000 mm anuales, según los registros de las estaciones meteorológicas de la región. Estas precipitaciones relativamente elevadas determinan en gran parte el régimen de las corrientes fluviales, varias de ellas permanentes.

Las principales corrientes fluviales son las de Tenancingo y sus afluentes hacia el occidente, drenando de norte a sur por profundas barrencas labradas sobre materiales conglomeráticos de origen continental. También es importante el río Chalma, que drena con el mismo sentido que el anterior, tocando la población del mismo nombre, y se dirige hacia las grutas de Cacahuamilpa, al norte del vecino estado de Guerrero. El río Tembembe, que nace en la sierra de Zempoala, sigue una dirección divagante entre contactos litológicos, y sale de la región por la llanura aluvial que rodea al poblado de Miacatlán, al sureste de la zona. Otras corrientes importantes son los ríos Sabinos y Apatlaco, que con sus numerosos afluentes disecan profusamente el relieve

en la porción oriental de la región.

## II MARCO GEOLOGICO GENERAL

Se mencionó con anterioridad que la región constituye una zona de contacto entre megaestructuras. Este hecho da como resultado la complejidad geológica y geomorfológica de ella. Se presentan desde rocas paleozoicas y mesozoicas, correspondientes a las estructuras plegadas de la Sierra Madre del Sur, hasta los materiales holocénicos producto del vulcanismo.

Como puede apreciarse en el mapa geológico (Fig. 2), las rocas paleozoicas afloran solamente en los alrededores de Ixtapan de la Sal y corresponden al Esquisto Taxco. Por otra parte, se presentan rocas sedimentarias marinas del cretácico, representadas por las formaciones Acuitlapán, Morelos y Mezcala, principalmente al sur de la región, y la Formación Xochicalco, hacia el sureste, en las inmediaciones de la zona arqueológica del mismo nombre.

A partir del cenozoico se presentan cambios fundamentales en los procesos geológicos; terminan los procesos de sedimentación marina para dar paso a los procesos continentales que se continúan hasta el holoceno. Las rocas más antiguas son del Grupo Balsas (Fries, 1960) que corresponden a los conglomerados de tipo continental más antiguos del centro de México.

El vulcanismo comienza a manifestarse en forma importante desde el paleógeno, con emisiones riolíticas y de tipo andesítico, denominadas por Fries (op cit) como Riolita Tilzapotla y Formación Tepoztlán, respectivamente. La primera ocupa una extensión reducida en el sureste de la región, mientras que la Formación Tepoztlán se distribuye ampliamente en la porción norte, en los alrededores de los poblados de Chalma y Malinalco. Durante el mioceno se presentan emisiones que conforman a la Sierra de Zempoala, al noreste de la zona, que el autor señalado designa como Andesita Zempoala. A fines del terciario y principios del cuaternario se desarrollan amplios piedemontes producto de la coalescencia de abanicos aluviales; estos glaciares conglomeráticos reci-



ben la designación de Formación Cuernavaca (Fries, *op cit*) y Formación Chontalcoatlán (De Cserna y Fries, 1981). Por último, el vulcanismo cuaternario determina la formación de conos piroclásticos y derrames lávicos de tipo basáltico que se agrupan dentro de la Formación Chichinautzin, cuyas emisiones continúan hasta tiempos históricos.

A partir de las consideraciones anteriores, se puede resumir la evolución de las estructuras en tres etapas tectónicas características:

- 1) Hundimiento y acumulación; desarrollo de un geosinclinal en el jurásico-cretácico.
- 2) Levantamiento y plegamiento que va desde fines del cretácico hasta el paleoceno temprano y medio.
- 3) Actividad volcánica desde el eoceno tardío hasta el holoceno, que es parte de la última etapa de actividad: la neotectónica.

### III GEOMORFOLOGIA

Con base en la información geológica y en la interpretación de fotografías aéreas, así como en el trabajo de campo, se determinaron los principales rasgos del relieve de la región, mismo que ha sido agrupado en tres grandes grupos genéticos que comprenden varias formas.

1. Relieve debido a factores endógenos
  - a. Conos volcánicos del cuaternario
  - b. Coladas de lava de cuaternario, con cubierta de suelo o de piroclastos.
2. Relieve debido a factores endógenos, modelado por la erosión
  - a. Superficies de divisorias del plioceno y cuaternario, con débil modelado erosivo.
  - b. Laderas de origen volcánico del plioceno y cuaternario, con modelado erosivo moderado.

- c. Laderas de origen volcánico del plioceno, con fuerte modelado erosivo.
  - d. Laderas del mioceno(?) constituidas por rocas metasedimentarias, con fuerte modelado erosivo.
  - e. Laderas de montañas plegadas del mioceno (?), con modelado erosivo moderado, constituidas por rocas sedimentarias.
  - f. Laderas de montañas plegadas del mioceno (?), con modelado erosivo fuerte, constituidas por rocas sedimentarias.
3. Relieve debido a factores exógenos
- A. Denudatorio
    - a. Valles profundos, del cuaternario, modelados por erosión y por procesos gravitacionales sobre estructuras acumulativas.
  - B. Acumulativo
    - a. Planicies aluviales del holoceno
    - b. Planicies proluvial deluviales del pleistoceno
    - c. Superficies de travertino del cuaternario.

Un aspecto destacable de esta clasificación de las formas del relieve de la región es la datación de las mismas. A este respecto, es necesario aclarar lo siguiente: cuando se trata del cuaternario la datación de la forma no constituye mayor problema; los materiales no consolidados que se presentan en forma de llanuras aluviales, terrazas o conos de deyección son cuaternarios. Los conos volcánicos cuaternarios son prácticamente inconfundibles por su morfología bien conservada. Por otro lado, es sabido que las edades de las elevaciones volcánicas anteriores al cuaternario no han sido determinadas con precisión. Para el caso de la datación de las formas volcánicas, en general, existe correspondencia con la edad de las rocas que las forman, plasmadas en la carta geológica. Esta correspondencia no se mantiene para el caso de las estructuras de plegamiento, pues la carta geológica muestra la edad de la roca, mas no de la forma. Así, las rocas mesozoicas son afectadas por la orogenia que se produjo a fines del eoce

no, que pudo ser posterior o bien continuar durante el oligoceno, mioceno o plioceno (Ontiveros, 1973 p. 202); con esto se explica por qué la datación de la roca no corresponde a la forma aquí asignada. Los resultados quedan plasmados en la carta geomorfológica (Fig. 3); la explicación de los rasgos se incluye a continuación.

#### 1. Relieve debido a factores endógenos

Comprende las formas originadas por las fuerzas internas del planeta que conservan sus rasgos originales; es decir, que no han sufrido cambios sustanciales en su estructura por efectos de la erosión. Estas formas corresponden fundamentalmente a estructuras recientes de origen volcánico cuya corta edad da como resultado que los agentes de modelado no hayan contado con el tiempo suficiente como para modificarlas de manera significativa.

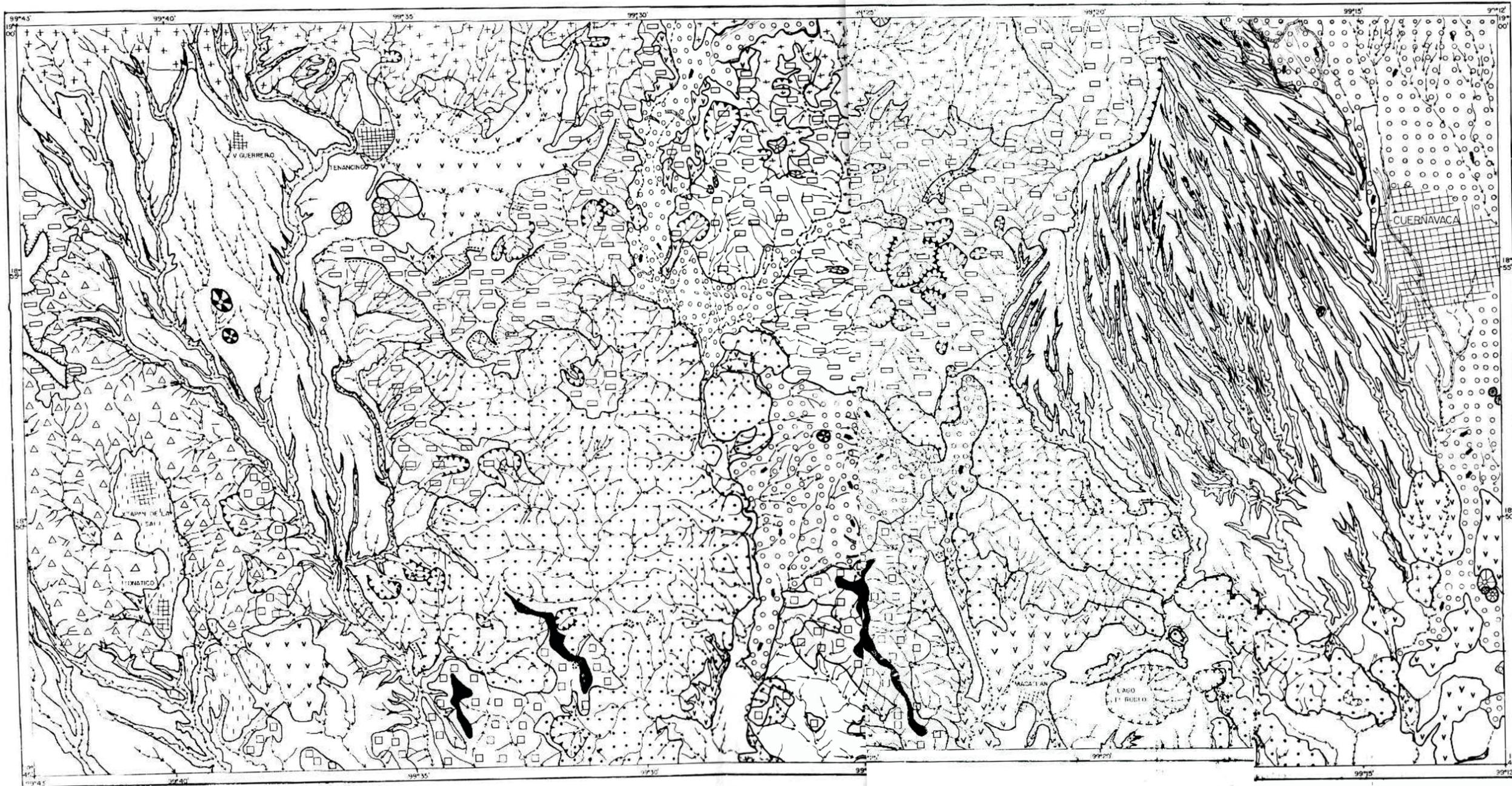
##### a. Conos volcánicos cuaternarios

Se reconocen varios en la región y corresponden a conos cineríticos y conos compuestos tanto de piroclastos como de lavas. Los ejemplos más característicos se localizan al sur de Tenancingo y sureste del mismo poblado, presentándose también al sureste de la región. Todos estos conos presentan características análogas: conservan sus rasgos originales, sus pendientes son homogéneas y no existe una disección notable, por lo que su aparición debe situarse en el pleistoceno tardío

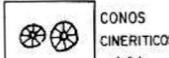
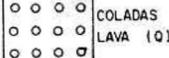
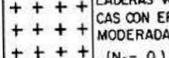
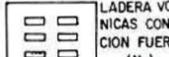
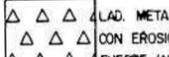
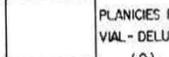
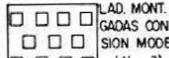
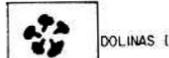
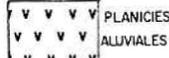
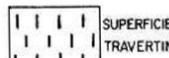
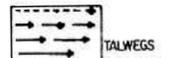
##### b. Coladas de lava del cuaternario, con cubierta de suelo o piroclastos.

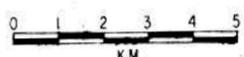
Estas formas están representadas en varias zonas de la región. En primer término, se encuentra al NNW de la ciudad de Cuernavaca uno de los derrames más recientes y mejor conservados. Se trata del derrame basáltico conocido con el nombre de "La Gloria", proveniente de la zona aledaña al parque nacional "Lagunas de Zempoala". En nuestra región aparece únicamente en su parte frontal cubriendo materiales conglomeráticos de origen continental. También en la porción oriental de la región localizamos derrames lávicos con direcciones norte-sur, cu-

FIG. 3 CARTA GEOMORFOLOGICA DE LA REGION DE CUERNAVACA-TENANCINGO -IXTAPAN DE LA SAL



### LEYENDA

 CONOS CINERITICOS (Q)	 CONOS VOLCANICOS COMPUESTOS (Q)	 COLADAS DE LAVA (Q)	 LADERAS VOLCANICAS CON EROSION MODERADA (N <sub>2</sub> -Q)
 LADERA VOLCANICAS CON EROSION FUERTE (N <sub>2</sub> )	 LAD. MONT. PLEGADAS CON EROSION MODERADA A FUERTE (N <sub>1</sub> ?)	 LAD. METASED CON EROSION FUERTE (N <sub>1</sub> ?)	 PLANICIES PROLUVIAL-DELUVIAL (Q)
 SUP. DE DIVISORIA CON DEBIL. MODE. LADO EROSIVO (N <sub>2</sub> -Q)	 LAD. MONT. PLEGADAS CON EROSION MODERADA (N <sub>1</sub> ?)	 DOLINAS (Q)	 PLANICIES ALUVIALES (Q)
 VALLES PROFUNDOS (Q)	 SUPERFICIES DE TRAVERTINO (Q)	 TERRAZAS FLUVIALES (Q)	 ESCARPE DE FALLA
 ESCARPE LITOLOGICO	 ESCARPE EROSIVO	 CIRCO DE EROSION	 TALWEIGS <small>INCIPIENTE 0-20m 20-60m 60-100m mas de 100m</small>



FORMO: JOSE LUIS PALACIO PRIETO. INSTITUTO DE GEOGRAFIA

briendo también la Formación Cuernavaca, en este caso sus porciones frontales. Estos derrames lávicos provienen, en la porción norte, de los volcanes de la zona de Tres Cumbres, o Tres Marías, y del volcán Tezontle, fuera de la región. En la porción sur, los derrames surgieron de los volcanes de Tezoyuca. Al norte de la región existe otra serie de derrames importantes que discurren en dirección norte-sur, por una depresión estrecha que parece constituir un graben. Estos provienen de los volcanes situados al norte y noroeste del poblado de Sta. Cruz Tezontepec, inmediatamente al norte de las coladas que se describen, fuera de la región. Al sureste de estos derrames se encuentran coladas reconocibles fácilmente, una de las cuales presenta un rumbo norte-sur cubriendo una antigua depresión, un antiguo valle. Por último, un pequeño derrame al sur de Tenancingo, con características similares al escurrimiento lávico, que conforma una de las laderas del conocido Salto de San Antón; presentan ambos casos estructuras columnares. Las coladas a que se ha hecho mención corresponden al Grupo Chichinautzin, siendo la composición de las rocas de tipo básico, lo que determina, en gran parte, la movilidad de los materiales, presentándose en forma más común las mesetas, o, en términos generales, las zonas de menor pendiente. Por otro lado, este relieve volcánico acumulativo condiciona los depósitos aluviales, propiciando su aparición al verse modificadas las características hidrológicas anteriores. Esto se observa al norte y sureste de la región, principalmente.

## 2. Relieve debido a factores endógenos, modelado por la erosión

A este grupo se refieren las formas derivadas de la acción de las fuerzas internas del planeta que han sufrido, en mayor o menor grado, el ataque de las fuerzas exógenas alterando, de esta manera, su estructura original. Se consideran para el relieve de la región tres categorías relativas de modelado: débil, moderado y fuerte. En el primer caso se trata de un modelado representado por barrancos poco profundos, suficientemente espaciados, que permiten reconocer aún la estructura original. El modelado moderado implica la existencia de barrancos profundos, menos espaciados que en el caso anterior, pero que permiten aún la detección de la forma original. El fuerte modelado

erosivo ha impreso su huella en forma suficientemente profunda como para impedir poder detectar en forma clara la estructura original.

- a. Superficies de divisorias del plioceno y cuaternario con débil modelado erosivo.

Con el término de "superficies de divisorias" se designan las áreas más o menos convexas situadas en las porciones elevadas de los interfluvios. Su límite, más claramente expresado en algunos casos que en otros, se encuentra establecido por la concavidad de las laderas, provocada ésta, principalmente, por la acción erosiva remontante de las corrientes fluviales. Estas superficies débilmente modeladas por los agentes de erosión, se encuentran mejor desarrolladas sobre las estructuras plegadas de rocas calizas, alcanzando niveles promedio entre los 1 900 y los 2 000 msnm. La gran resistencia de la roca, por un lado, y el número relativamente bajo de corrientes determinan la conservación de la superficie original, lo que no sucede con las rocas tobáceas de la Formación Tepoztlán, por ejemplo, en la que la alta densidad de la disección ha contribuido a que la superficie original haya sido totalmente alterada.

- b. Laderas de origen volcánico del plioceno y cuaternario, con modelado erosivo moderado.

Encontramos ejemplos de este caso al NNE y NNW de la región (ver Fig. 3). En el primer caso se reconocen principalmente sobre materiales andesíticos, mientras que en el segundo comprenden laderas constituidas por rocas basálticas. Presentan rasgos erosivos de cierta importancia consistentes en barrancos, en ocasiones de profundidades considerables (hasta 100 metros). Sin embargo, estos barrancos no han borrado la superficie original, pues se encuentran relativamente espaciados, por lo que se considera como moderada la erosión ejercida sobre estas laderas.

- c. Laderas de origen volcánico del plioceno, con fuerte modelado erosivo.

Extensas superficies corresponden a este tipo. Las más repre-

representativas se encuentran al noroeste de Cuernavaca, al este de Chalma y oeste de Malinalco. En los tres casos mencionados se encuentra presente la Formación Tepoztlán (ver Fig. 2), en elevaciones montañosas de pendientes fuertes, alto grado de fractura y una litología poco resistente a la erosión. También, por otra parte, en este grupo se incluyen laderas constituidas por rocas andesíticas y basálticas localizadas al sur de Tenancingo (ver Fig. 3), aunque son más representativas las constituidas por brechas volcánicas, citadas con anterioridad. En este caso, la alteración es profunda, las formas cóncavas predominan sobre las convexas en forma por demás notable, las divisorias de aguas son esencialmente lineales y abundan los asentamientos en las cabeceras de los valles.

- d. Laderas del mioceno (?) constituidas por rocas metasedimentarias, con fuerte modelado erosivo.

A este grupo corresponden los afloramientos del Esquisto Taxco, al poniente de la región (ver Fig. 2 y 3), en los alrededores de Ixtapan de la Sal. Como en el caso anterior, las formas presentan un alto grado de alteración producto de la acción de agentes exógenos. Se presentan también asentamientos del terreno hacia las cabeceras de los barrancos, y las divisorias son angostas. El alto grado de fractura, aunado al delgado espesor de los estratos, proveen los puntos de debilidad a través de los cuales la erosión ve facilitado su accionar. A estos hechos se debe añadir la edad, que ha permitido la exposición prolongada a las fuerzas de modelado.

- e. Laderas de montañas plegadas del mioceno (?), con modelado erosivo moderado, constituidas por rocas sedimentarias.

En este caso se comprenden laderas de montañas plegadas que no han perdido su expresión original por efecto de la erosión. Encontramos ejemplos en la porción SSE, principalmente, presentándose también en los cerros de Salinas y Tlacochoaca, al sureste, y el cerro Ayochi al SSW. Sobre estas estructuras los rasgos fluviales son escasos, ya sea por la resistencia de la roca caliza que la constituye o por un

grado relativamente bajo de fractura que facilite su modelado. A este hecho debemos agregar, como factor de suma importancia, la cercanía altitudinal entre las cimas y los niveles de base, lo que determina una profundización de las corrientes de poca envergadura. Por lo mismo, las superficies de las divisorias son amplias, llegándose, incluso, a dificultar su delimitación.

- f. Laderas de montañas plegadas del mioceno (?), con modelado erosivo fuerte, constituidas por rocas sedimentarias.

Se incluyen en este grupo las montañas plegadas del centro y sur de la región, así como la Sierra de Xochicalco, al sureste, con sus prolongaciones en dirección noroeste. Estas laderas ya presentan estragos producidos por la erosión, representados por abarrancamientos desarrollados a lo largo de fracturas de gran extensión. La red fluvial se presenta con mayor densidad que en el caso anterior, aunque su acción no es todavía importante hacia las cabezales, a excepción de contados casos. Además del modelado representado por barrancos, es importante señalar la presencia de numerosas depresiones causadas por disolución. Las zonas con mayor desarrollo de estas formas de disolución se localizan en la porción sureste de la región (ver Fig. 3) aunque se presentan, con características diferentes, al centro de la misma. Al sureste se localizan dos grandes dolinas, correspondiendo la mayor al lago "El Rodeo". Al oriente de dicho lago se presenta otra dolina de menor extensión, cubierta por arcillas residuales producto de la decalcificación de la roca caliza, que se presenta en la mayor parte de las dolinas reconocidas. La ubicación de estos cuerpos es puramente litológica (ver Fig. 2), aunque controlada por la presencia de fracturas, que favorece su desarrollo.

### 3. Relieve debido a factores exógenos

En este grupo se incluyen las formas derivadas de la acción de los procesos externos modeladores del relieve. Los rasgos son, así, el resultado de la exogénesis, incluyéndose, por tanto, los originados por la erosión y la acumulación. Cabe aclarar que en el apartado

anterior se considera, de alguna manera, la explicación de los rasgos erosivos que afectan a las estructuras endógenas de origen, mismas que se representan en la carta geomorfológica (Fig. 3) con líneas de diferente magnitud de acuerdo con la profundidad que han alcanzado las corrientes fluviales. Sin embargo, es necesario incluir aquí a los barrancos desarrollados sobre materiales conglomeráticos que, por su origen exógeno, no han sido examinados en el apartado anterior.

#### A. Denudatorio

- a. Valles profundos, del cuaternario, modelados por erosión y por procesos gravitacionales sobre estructuras acumulativas.

Estos valles presentan una clara zonificación litológica, ya que tienen desarrollo sobre las estructuras conglomeráticas de las formaciones Cuernavaca y Chontalcoatlán, al este y oeste de la región, respectivamente. El amplio crecimiento de estos valles propicia que sobre sus laderas los fenómenos gravitacionales, así como los movimientos en masa sean comunes, tal como sucede al norte de la zona arqueológica de Xochicalco.

#### B. Acumulativo

- a. Planicies aluviales del holoceno

Como se ha mencionado con anterioridad, en muchos casos las planicies aluviales guardan estrecha relación con las formas recientes de origen volcánico, sean conos o coladas lávicas. La alteración de las anteriores condiciones de drenaje incrementa el depósito de materiales, favoreciendo la aparición de estas llanuras, como sucede al este de Tenancingo, alrededores de Malinalco y en el extremo sureste de la región en estudio. En otros casos, sin embargo, como sucede en las planicies de Miacatlán y El Zapote, al SSE y SSW, respectivamente, la influencia del vulcanismo puede considerarse nula o bien indirecta. En el caso de Miacatlán, la planicie recibe los aportes de los ríos Tembembe y La Lima, principalmente, que provienen, el primero, del Glacis de Buenavista, y el segundo, de las zonas basálticas situadas al norte, por lo que es

común encontrarnos clásticos de origen volcánico, principalmente andesíticos, bastante redondeados. A diferencia de esta planicie, la de El Zapote se encuentra cubriendo superficies de travertino, características de la zona de Ixtapan de la Sal.

b. Planicies deluviales-proluviales del pleistoceno.

Dentro de este grupo se incluyen los materiales acarreados por el agua, que son depositados al perder competencia las corrientes que los transportan. Corresponden estos sedimentos a superficies de pendientes suaves originadas a partir de abanicos coalescentes. Encontramos dos grandes unidades que componen este grupo: una al este y otra al oeste, correspondiendo a las formaciones Cuernavaca y Chontalcoatlán, respectivamente, ambas con una dirección general de norte a sur (ver Figs. 2 y 3). Como puede notarse en la carta geológica, las edades asignadas a estas formaciones, consideradas contemporáneas, corresponden al plioceno. Sin embargo, como lo cita Ortiz Pérez (op cit, p. 34), la edad de la Formación Cuernavaca posee un límite superior más alto que el que Fries (op cit) le asignó en principio. La prueba concluyente de lo anterior son las interestratificaciones lávicas contemporáneas al Grupo Chichinautzin. Es por esta razón que en este apartado se considera al pleistoceno como edad representativa de las planicies proluviales deluviales de piedemonte, aunque en la carta geológica se respeta la asignación dada por sus autores (De Cserna y Fries, 1981)

Estas superficies corresponden a lo que en geomorfología se conoce con el nombre de "glacis", término francés que se aplica a lo que Derruau (1970, p. 225), define como "una topografía de pendiente longitudinal neta (media entre 1° y 5°) constante o ligeramente cóncava, pero sin pendiente lateral; dicho en otra forma, los rill (riachuelos poco profundos, ligeramente sinuosos) los recorren sin hundirse sensiblemente, en tal forma que lecho e interfluvio no pueden distinguirse. Si la corriente se encaja en el glacis, es debido a que sufre un rejuvenecimiento y el glacis es una forma del pasado". Este concepto puede aplicarse indistintamente a las dos unidades proluviales deluviales ya mencionadas.

Por otra parte, del trabajo de Ortiz P. (op cit), acerca del glacis de "Buenavista", que se encuentra constituido por la Formación Cuernavaca, como ya se mencionó, cabe destacar lo siguiente: en dicho estudio se pone énfasis en el origen del citado glacis; los cambios climáticos son fundamentales para su explicación. Se hace mención sobre la acción del hielo en la Sierra de Zempoala, fuente del material que compone al glacis. Durante las épocas glaciales, el proceso de gelifracción sobre la sierra permite la preparación de grandes cantidades de materiales que son removidos a partir de lluvias torrenciales, hasta conformar el extenso piedemonte. Hasta este punto se ha implicado al proceso acumulativo del glacis, quedando a discusión, por tanto, la explicación acerca del origen de su disección, claramente representada en estas formas, tanto al oeste como al este. En el caso del glacis de Buenavista, hemos elaborado un modelo sobre la posible causa de la disección.

Como lo indica Derruau en el concepto ya citado, las corrientes pueden encajarse a partir de un "rejuvenecimiento". No se intenta explicar dicho rejuvenecimiento a partir de movimientos tectónicos, sino a partir de una captura de cuencas.

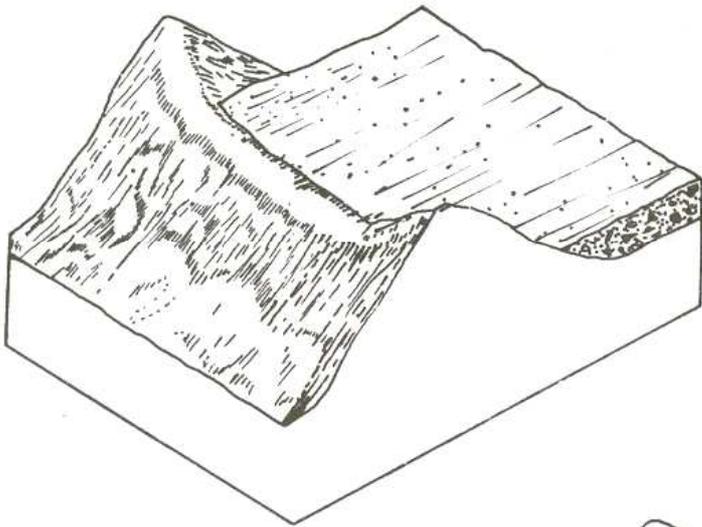
El glacis presenta una limitante en su expansión hacia el sur, al presentarse la Sierra de Xochicalco, lo que determina una acumulación y la subsecuente elevación de la superficie del glacis. Existen evidencias al noroeste de Xochicalco, de que el glacis alcanzó altitudes superiores a los 1 300 metros, como lo demuestran los conglomerados andesíticos en dicho punto. Si observamos las altitudes de las depresiones intermontanas, tenemos una base para pensar en un desbordamiento del glacis hacia el sur de la sierra mencionada. En el equema evolutivo (Fig. 4) implicamos las fases en el desarrollo de la forma. En la primera fase (a), llamada aquí de acumulación, se considera el proceso agradatorio del glacis que, al repercutir en la elevación del terreno, pasa a una etapa de colmatación; la segunda fase (b), donde las porciones más bajas de la Sierra de Xochicalco son alcanzadas por el depósito. La tercera fase (c) será la de desbordamiento, al continuar la acumulación de materiales. En este momento se ha efectuado la captura de la cuenca del glacis (d), por lo que las corrientes tende-

rán a la erosión lineal del puerto en búsqueda de su nuevo nivel de base y perfil de equilibrio, lo que se ilustra en la cuarta fase, de cambio de nivel de base. A partir de dicho cambio de nivel comienza el proceso erosivo hacia las cabeceras de los ríos (e), mismo que tiende a incrementar la longitud en sus valles por crecimiento remontante. Este caso se presenta en tres zonas bien definidas: la primera sobre el río Tembembe, inmediatamente al oeste de las ruinas de Xochicalco; otra en el río Cuentepec, al pie del Cerro de Xochitepec, al oeste del punto señalado anteriormente; el tercer punto se encuentra intermedio a los dos mencionados y tiene un tamaño menor que aquéllos.

Para comprobar este hecho, basta decir que el río Tembembe, en la salida del glacis, aguas abajo, corta estructuras conglomeráticas de tipo andesítico, lo que constituye la prueba del desbordamiento. Al desbordarse en este punto, el depósito enfrenta otro obstáculo, lo que favorece la amplitud del depósito, al sureste de los materiales retrabajados, para, posteriormente, abrirse paso de nuevo hacia el sur. En este caso se ilustra, en general, con el concepto de Derruau (1970, p. 225) que menciona que el glacis "pudo ser erosionado y establecerse otro glacis a un nivel inferior". Este hecho está plenamente confirmado. El glacis es una forma dinámica que "camina", lo que explica que Fries (1960) considere los límites de la Formación Cuernavaca más allá de lo que es propiamente el glacis.

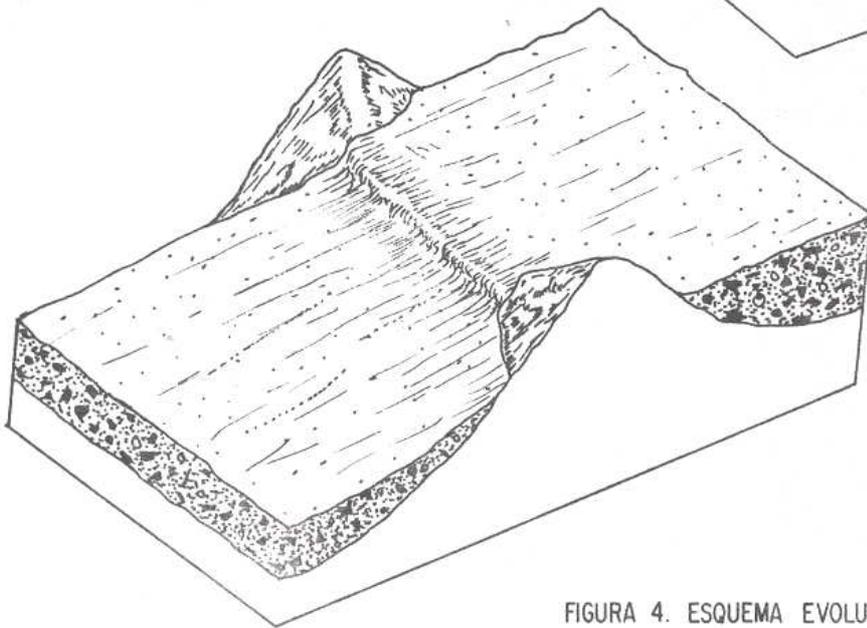
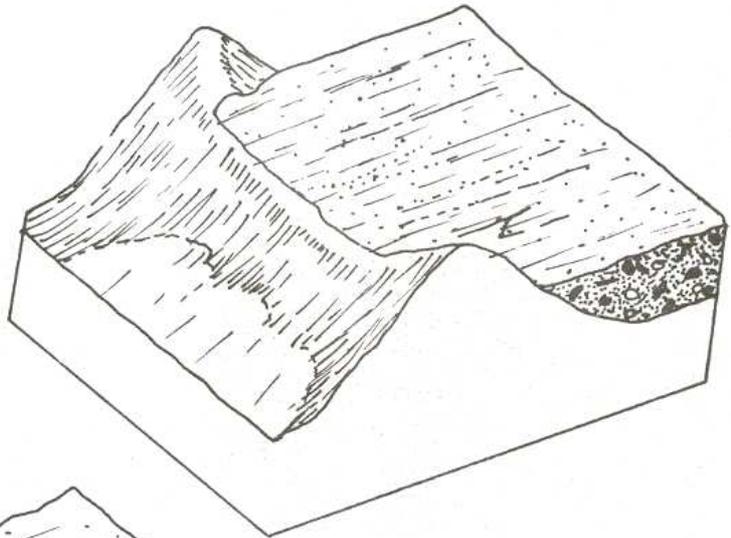
El origen de la disección del glacis del oeste es, ciertamente, distinto. El cambio de nivel de base que implica el rejuvenecimiento parece estar ligado al tectonismo. Se observa un estrechamiento del glacis hacia la parte baja del depósito. En dicho punto estrecho observamos un afallamiento normal que debió haber jugado un papel importante en la reactivación de los procesos erosivos, o, dicho en otra forma, una inversión de los procesos acumulativos a erosivos, favoreciendo la incisión en forma de barrancas. De esta manera explicamos el origen de la disección o etapa erosiva del glacis.

Otros depósitos proluvial-deluviales de gran interés se presentan al sur de la región, al noroeste de Miacatlán y en los alrededores de Coyotla. En este caso los materiales parecen provenir de la Formación Tepoztlán y constituyen testigos de antiguos desagües, hacia el



A) DESARROLLO ACUMULATIVO DEL GLACIS. A PARTIR DE LA ACUMULACION EL NIVEL DEL GLACIS SE VE INCREMENTADO.

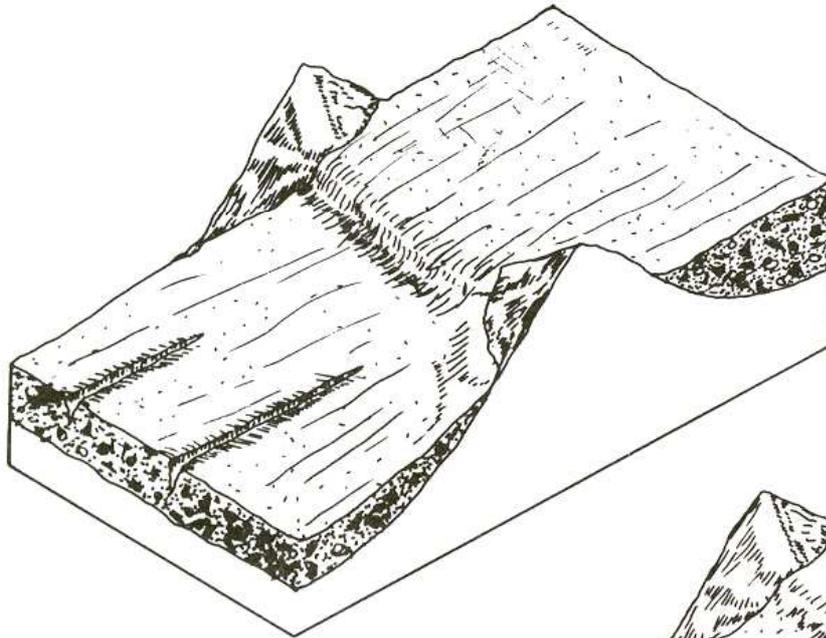
B) COLMATACION. AL INCREMENTARSE EL NIVEL DEL GLACIS, EL DEPOSITO ALCANZA LOS "PUERTOS" O DEPRESIONES INTERMONTAÑAS DE LA SIERRA DE XOCHICALCO.



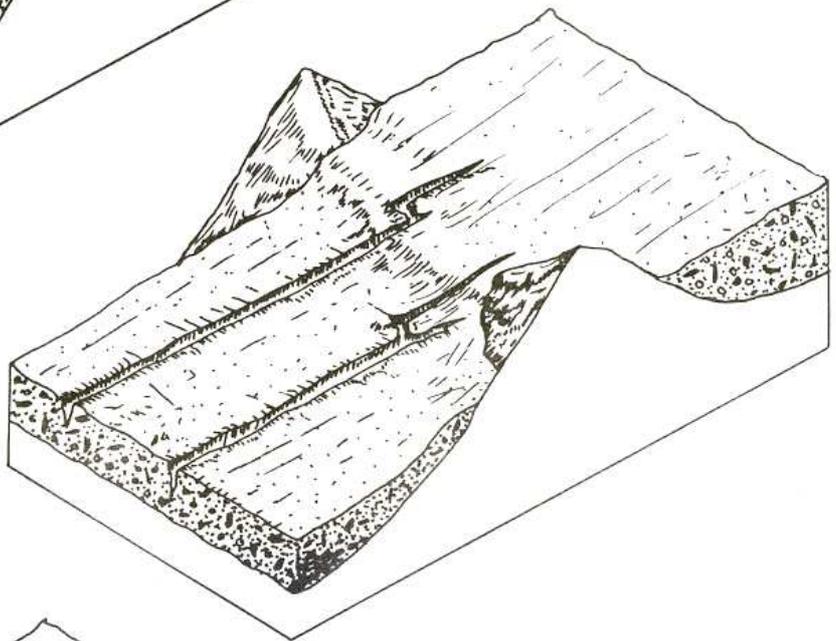
C) DESBORDAMIENTO. AL PROSEGUIR LA AGRADACION EL GLACIS DESBORDA LOS PUERTOS DE LA SIERRA DE XOCHICALCO.

FIGURA 4. ESQUEMA EVOLUTIVO DEL GLACIS DE BUENAVISTA.

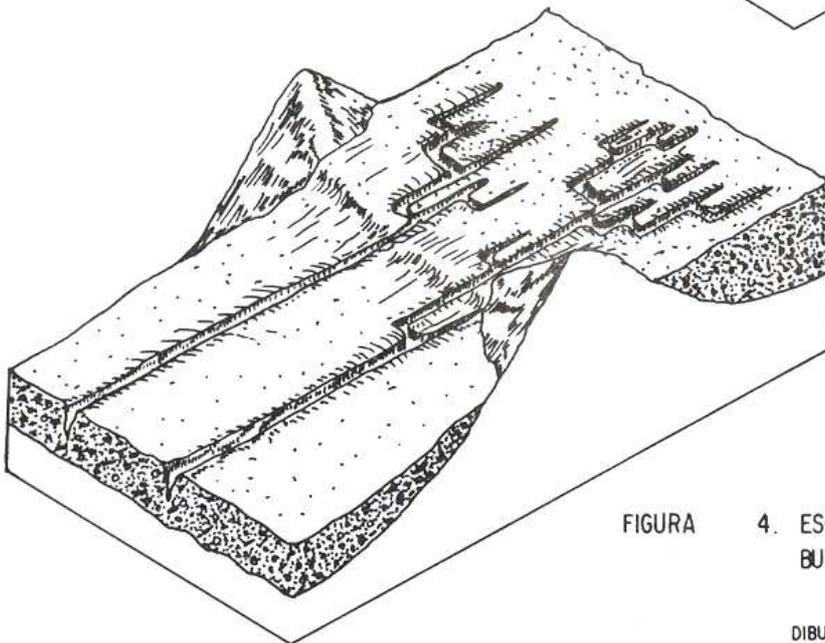
DIBUJO: ARTURO L. RESENDIZ CRUZ



D ) CAPTURA DE CUENCAS. LAS  
CORRIENTES RECONOCEN UN  
NUEVO NIVEL DE BASE



E) EROSION REGRESIVA. A PARTIR  
DEL NUEVO NIVEL DE BASE  
COMIENZA EL ACCIONAR DE LAS  
CORRIENTES EN SUS CABECERAS  
INCREMENTANDO LA LONGITUD DE  
LOS BARRANCOS.



F ) FASE ACTUAL.

FIGURA 4. ESQUEMA EVOLUTIVO DEL GLACIS DE  
BUENAVISTA ( Cont. )

DIBUJO: ARTURO L. RESENDIZ CRUZ

sur, hoy interrumpidos por el vulcanismo cuaternario que rellenó los cauces, alterando el transporte de dichos materiales.

c. Superficies de travertino del cuaternario.

En esta unidad se incluyen las planicies localizadas al sureste y norte de Ixtapan de la Sal, en la porción suroccidental de la región en estudio. Constituyen éstas una evidencia de antiguos depósitos hidrotermales provocados por la precipitación de sales contenidas en solución en el agua. La extensión de estas superficies es considerable, de aproximadamente 20 kilómetros cuadrados, en su conjunto, encontrándose cubiertas por una capa de aluvión que reduce su amplitud superficial.

#### CONSIDERACIONES FINALES

Los criterios seguidos en la clasificación del relieve de la región considerada, que se plasman en la carta geomorfológica (Fig. 3), permite reconocer una secuencia evolutiva de las formas. Dicha secuencia puede resumirse, en términos generales, de la manera siguiente.

Durante el terciario, el plegamiento de las rocas mesozoicas dio lugar a elevaciones montañosas reconocibles en la porción sur de la región. Es de suponer que la extensión que ocupaban dichas elevaciones era considerablemente mayor, pero debido a las emisiones volcánicas, tanto de piroclastos como de lavas, la superficie que ocuparon se ve reducida de manera notable al ser cubiertas por aquéllas. Estas primeras emisiones volcánicas de importancia corresponden, en general, al fin del paleógeno y principalmente al neógeno (miocenoplioceno). Hacia fines de este último y principios del cuaternario, los procesos denudatorios se manifiestan intensamente sobre las elevaciones montañosas de origen volcánico, principalmente en la Sierra de Zempoala y el Nevado de Toluca, ocasionando la deposición de grandes abanicos coalescentes que conforman a los glacis, tanto en el este como en el oeste de la región (formaciones Cuernavaca y Chantalcoatlán, respectivamente). Contemporáneas y posteriores a la formación de dichos glacis, se

presentan emisiones volcánicas que modifican sustancialmente el relieve preexistente. Algunas modificaciones indirectas se reflejan a partir de cambios en el comportamiento hidrológico, que afectan el balance erosión-acumulación; esta última se ve incrementada, como lo atestigua un gran número de planicies aluviales de dimensiones variables que se desarrollan como consecuencia de las irregularidades creadas por las coladas de lava cuaternarias, como se observa en las inmediaciones de Tenancingo y al sur de Cuernavaca.

Por último, a partir de los resultados obtenidos, se observa que para las estructuras de origen volcánico, por lo general, se muestra una clara relación entre la forma y la edad de las rocas que la constituyen. Así, puede establecerse una datación relativa entre las formas a partir del modelado erosivo que presentan: a medida que se incrementa la edad la forma muestra mayor alteración. Sin embargo, esta relación no puede establecerse entre distintos tipos litológicos, lo que resulta evidente si observamos el modelado sobre rocas sedimentarias marinas, por ejemplo, en las que los estragos causados por la erosión no son tan evidentes como los que se plasman sobre algunas estructuras volcánicas terciarias, no obstante ser, éstas, considerablemente más jóvenes.

## BIBLIOGRAFIA

- Campa Uranga, María, Mario Campos, Roberto Flores y Ramón Oviedo. 1974. "La secuencia volcánico-sedimentaria metamorfizada de Ixtapan de la Sal, Teloloapan, México" Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, XXXV, pp 7-28. México.
- De Cserna, Zoltán y Carl Fries Jr. 1981. Carta geológica de México serie 1: 100 000, Hoja Taxco 14 Q-h(7) Instituto de Geología, UNAM. México.
- Derruau, Max. 1960. Geomorfología. Ed. Ariel, Barcelona, España.
- Fries Jr., Carl 1960. "Geología del estado de Morelos y de partes adyacentes de México y Guerrero, región central meridional de México". Instituto de Geología, UNAM. Boletín 60, México.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, UNAM, México.
- López Ramos, E. 1979. Geología de México. S/E. Tomo II y III.
- Ochoterena Fuentes, H. 1977. "Origen y Edad del Tepozteco" Instituto de Geografía, UNAM, Boletín 8, pp 41-54. México.
- Ontiveros, 1973. Estudio estratigráfico de la porción noroccidental de la cuenca Morelos-Guerrero. Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, Volúmen XXV (4-6) pp 190-234, México.
- Ortiz Pérez, M.A. 1977. "Estudio geomorfológico del Glacis de Buenavista, estado de Morelos". Instituto de Geografía, UNAM. Boletín 8 pp 24-40. México.