

LA DISECCIÓN DEL RELIEVE EN EL SUR DE LA CUENCA DE MÉXICO Y PORCIONES ADYACENTES

Por *José Lugo Hubp** y
*Víctor M. Martínez Luna**

RESUMEN

El sur de la cuenca de México y sus porciones adyacentes son el objetivo de este estudio geomorfológico (morfométrico). Se considera el proceso de la disección en función de su densidad y profundidad; información que se resume en dos cartas especiales. Se explica la relación de los valores de la disección con los factores litología, tectónica y zonalidad geomorfológica.

SUMMARY

The southern part of the Mexico Basin (cuenca de Mexico) and its adjacent areas are the object of this Geomorphologic study (morphometric). The dissection process as a function of density and depth were analyzed and the information summarized in two special maps. The dissection values were explained in relation to lithologic, tectonic and geomorphologic zoning factors.

I. INTRODUCCION

Este trabajo tiene como objetivo fundamental cuantificar la erosión del relieve en una región del sur de la cuenca de México, y explicar cuáles son los factores que controlan a ésta. Aunque el interés principal se centra en el territorio de la cuenca de México, el área en estudio se extendió a partir del paralelo 19°30' hacia el sur (Fig. 1), hacia las porciones contiguas, con el fin de tener un marco de referencia mayor.

La cuenca de México consiste en una planicie acumulativa inclinada de norte a

sur, delimitada por varias cadenas montañosas, cuya divisoria principal le da su configuración en planta. Entre la planicie y las ladera de las montañas se extiende una zona transicional, originada por los acarreo de materiales y por acumulaciones volcánicas, ocurridos durante el pleistoceno. Asimismo, la planicie se encuentra desmembrada por cadenas y montañas aisladas de origen volcánico.

En el plano tectónico regional la cuenca de México se encuentra enclavada en el Eje Neovolcánico; al norte y al sur de la misma surgen cadenas montañosas, plegadas, del terciario.

Varios investigadores han publicado tra-

* Investigadores del Instituto de Geografía de la UNAM.

bajos geológicos sobre la cuenca de México, entre los principales se encuentran los de A. Arellano (1953), C. Fries (1956), F. Mooser (1956, 1962, 1963, 1975), C. Schlaepfer (1968), A. Oviedo (1970), A. Gasca-M. Reyes (1977).

Este estudio se llevó a cabo en gabinete, y consistió en la interpretación, de acuerdo con los métodos de análisis morfométrico recomendados por V. B. Polkanova-V. P. Polkanov (1970) y A. L. Spiridonov (1975), de doce cartas topográficas a escala 1: 50 000 (DETENAL) que forman un rectángulo de 140 x 87 km (Fig. 1).

II. LA DISECCIÓN DEL RELIEVE

El relieve terrestre es el resultado de la interacción de los procesos endógenos, creadores de las irregularidades de la superficie de la Tierra, y los exógenos, niveladores de las mismas. Estos últimos se manifiestan por la destrucción de las rocas *in situ* (intemperismo), la remoción de esos materiales (denudación) y su depositación (acumulación). La intensidad con que se presentan estos procesos está condicionada por factores tectónicos, climáticos y litológicos: grado de fractura de las rocas, movimientos de levantamiento y hundimiento, actividad volcánica (tectónicos), precipitaciones pluviales (climáticos) y resistencia de las rocas al intemperismo y la denudación (litológicos).

En la mayor parte del territorio cartografiado predominan las rocas volcánicas. Sólo en ciertas localidades, en el margen sur de la hoja, se manifiestan cadenas montañosas de rocas sedimentarias, principalmente calizas cretácicas.

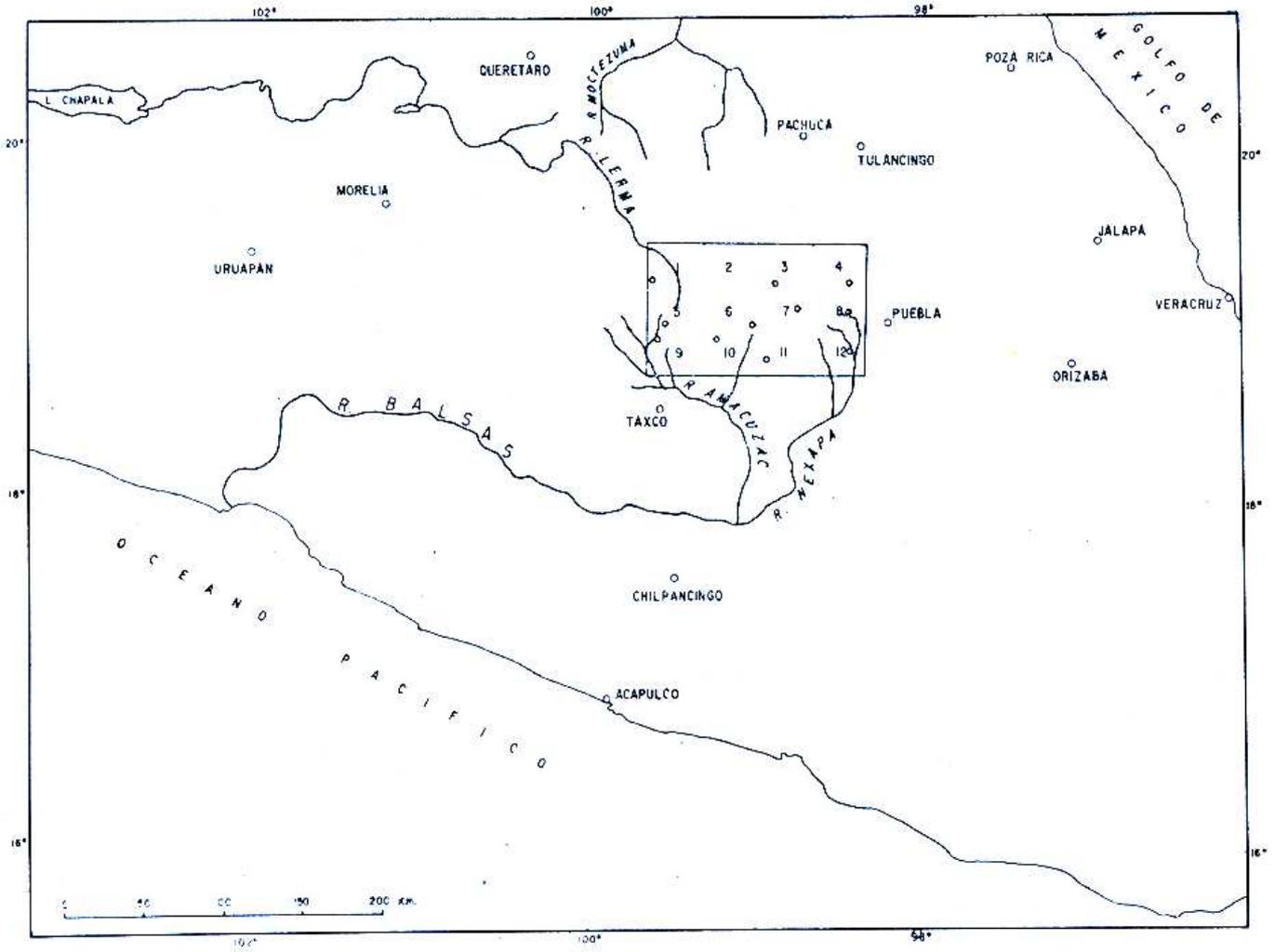
El principal de los agentes modeladores de la superficie terrestre es el agua que diseña el relieve original por medio de las escorrentías y las corrientes temporales y permanentes. Este proceso se analiza en el presente trabajo desde dos puntos de vista: primero, la longitud total de talwegs por unidad de superficie, esto es, la densidad de la disección del relieve, o disección en plano

horizontal; el segundo punto de vista considera la profundidad de corte por la acción erosiva. Este es el tipo de mediciones que se hicieron sobre las cartas topográficas que cubren el área de trabajo. Se eligieron estos métodos morfométricos por considerar que proporcionarían una información objetiva sobre la disección del relieve. Otros métodos que consideran, por ejemplo, distancias horizontales entre talwegs y divisorias, separaciones entre talwegs, longitudes de los mismos, etc., no nos conducirían a las conclusiones o resultados obtenidos.

En el caso de la evaluación de la disección en plano horizontal se procedió a trazar en las cartas topográficas todos los talwegs (los indicados con la simbología de las corrientes fluviales, y los no indicados que se interpretan por la configuración de las curvas de nivel). Posteriormente se dividió cada hoja en figuras geométricas —cuadrados— con superficies aproximadas de 20 km², dentro de cada uno de los cuales se midió la longitud total de los talwegs (en km), valor que, dividido por la superficie (en km²) proporciona la densidad, cantidad que se indica en el centro de cada cuadro.

El siguiente paso consistió en precisar más las mediciones, trazando algunas figuras geométricas auxiliares en las porciones donde se considera que los valores no son totalmente representativos. Posteriormente se eligió una escala convencional cada 500 m (de 0 a 4 000), valores que se obtienen por medio de la simple interpolación. Por último se unieron puntos numéricos con isolíneas, para obtener la carta de la densidad de la disección (Fig. 2).

Para la elaboración de la carta de la profundidad de la disección (Fig. 3) se añadieron a los talwegs ya trazados, las divisorias. Posteriormente, cada cuadrado de la carta (trazado para la elaboración de la anterior) se dividió, a su vez, en cuatro, cada uno con una superficie de 5 km². Para cada uno de los cuadrados se determinó la profundidad máxima (en m), medida en-



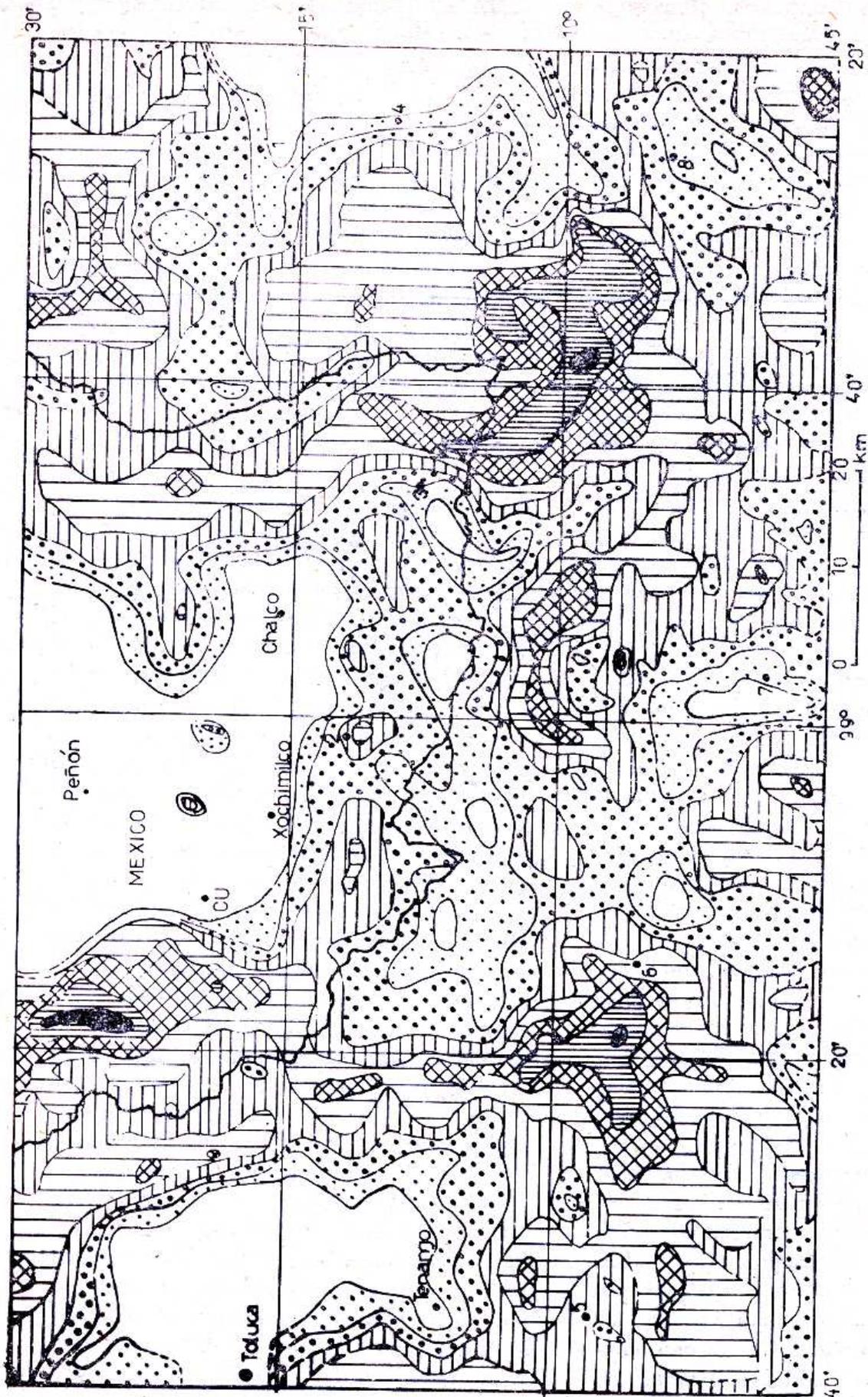


Fig. 2. Carta de la densidad de la diseción del relieve del sur de la cuenca de México y porciones adyacentes. 1 0-0.5 2 0.5-1 3 1-1.5 4 1.5-2 5 2-2.5 6 2.5-3 7 3-3.5 8 >3.5 9 10 1 a 8: Valores de la densidad de la diseción (km/km^2); 9, Divisoria; 10, Poblaciones: 1) Texmelucan, 2) M. Alta, 3) Amecameca, 4) Huejotzingo, 5) Tenancingo, 6) Cuernavaca, 7) Cuautla, 8) Atlixco.

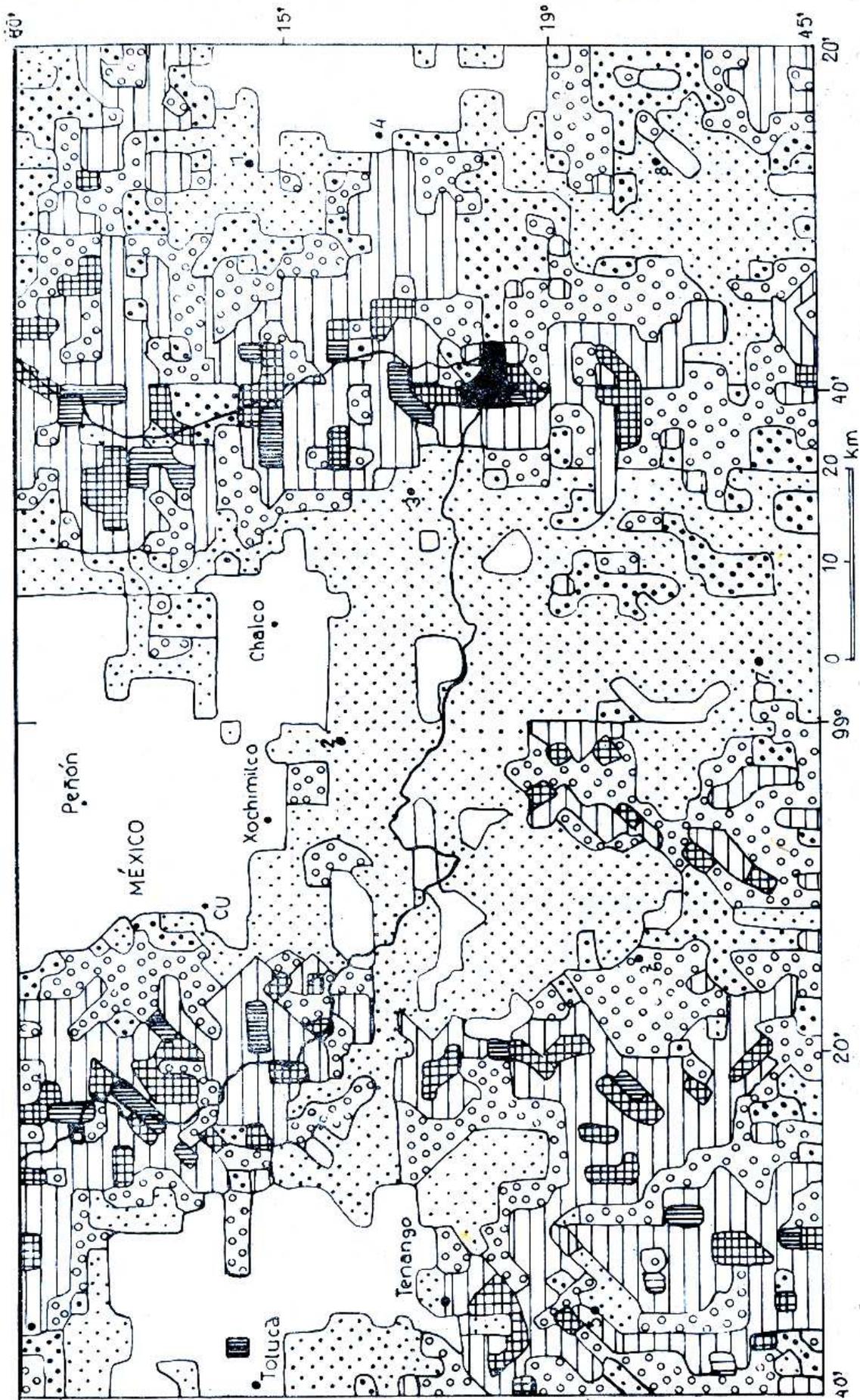


Fig. 3. Carta de la profundidad de la disección del relieve del sur de la cuenca de México y porciones adyacentes. 1 0 2 20 3 40 4 100 5 200 6 300 7 400 8 400 9 >400 10 ●

1 a 8: Valores de la profundidad de la disección (m); 9, Divisoria; 10, Poblaciones (Ver Fig. 2).

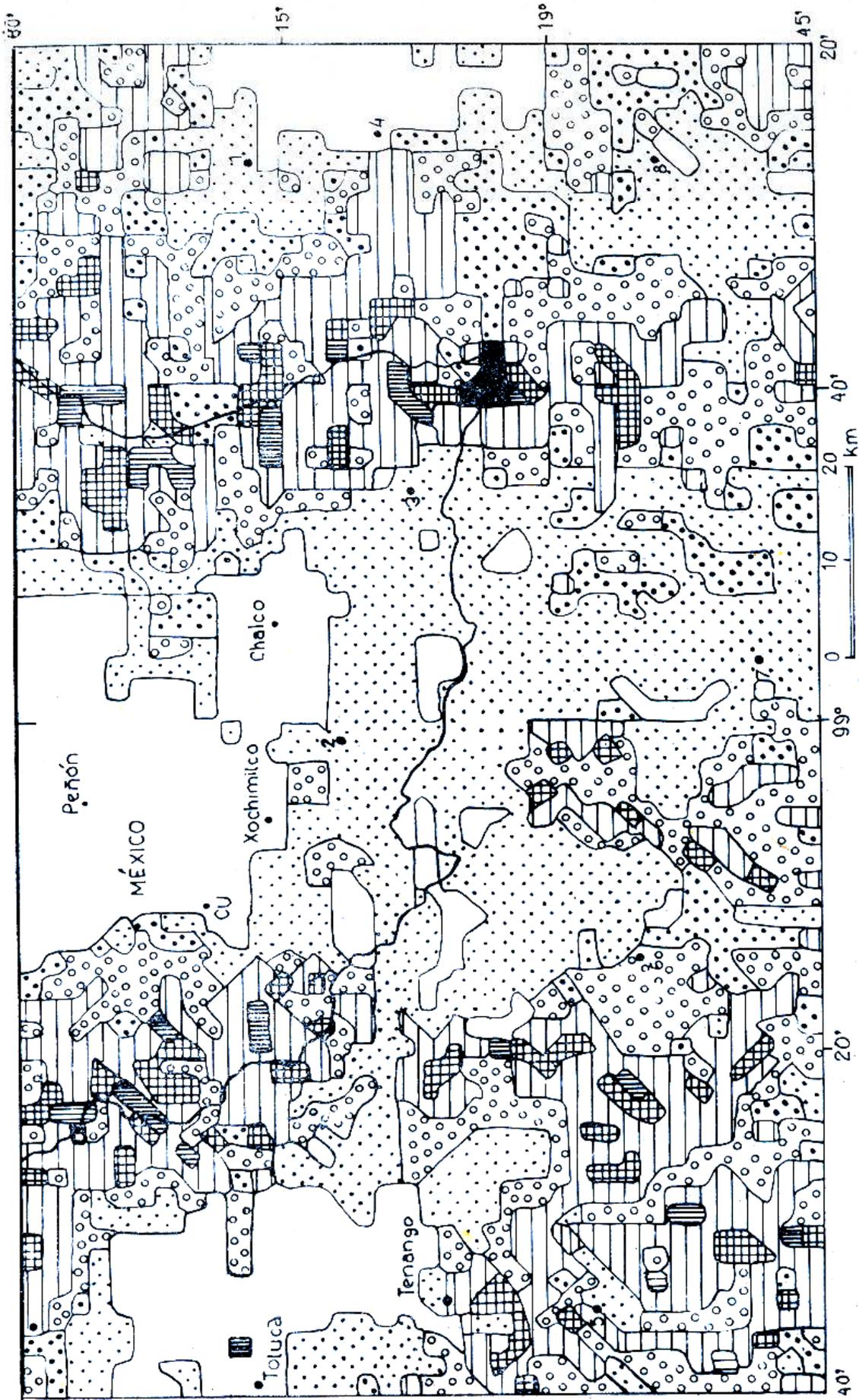


Fig. 3. Carta de la profundidad de la disección del relieve del sur de la cuenca de México y porciones adyacentes. 1 0 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1 a 8: Valores de la profundidad de la disección (m); 9, Divisoria; 10, Poblaciones (Ver Fig. 2).

tré un talweg y su divisoria correspondiente, altura interpretada como profundidad de corte por la acción de la erosión. La cantidad obtenida se indicó en el centro de cada cuadro, y se estableció una escala convencional. En la configuración de esta carta no se hacen interpolaciones, sino simplemente se unen valores que quedan comprendidos en una misma categoría. La simbología que se da a una y otra carta tiene el objeto de facilitar su "lectura".

Es conveniente señalar que este tipo de cartas morfométricas sólo es posible elaborarse cuando se cuenta con cartas topográficas de gran precisión, a escala grande (1 : 25 000 a 1 : 100 000).

Carta de la densidad de la disección del relieve.

Los valores más altos de la densidad de la disección (>3.5) se reconocen en tres porciones de la carta:

1. En el frente oriental de la Sierra de las Cruces, en una parte intermedia entre el pie de la cadena montañosa y la divisoria continental, al norte de Cuajimalpa, entre las cotas de 2 500 y 2 600 m, con pendientes de las laderas de 6° .
2. Al WNW de Cuernavaca, en laderas proluviales de pendientes de $6-7^\circ$, entre las cotas de 1 850-1 950 m.
3. Al SW de la cima del volcán Popocatepetl, en altitudes que varían de 3 200 a 3 700 m, en laderas de pendientes moderadas.

Otros valores elevados de la disección (2.5 a 3.5) se presentan en zonas que bordean a las porciones antes descritas. Estas se reconocen en el frente oriental de la Sierra de las Cruces, orientadas al noroeste, ocupando la porción media entre la divisoria y la planicie acumulativa de nivel de base. Al noroeste de Cuernavaca, con una orientación de norte a sur y de ostenoroeste al estenoroeste. En el volcán Popocatepetl estos valores proporcionan una configuración semicircular, con mayor represen-

tación al sur de la divisoria continental (cuenca del Balsas).

Valores de 2.5 a 3.0 se observan en varias porciones de la carta:

1. Al norte de Cuautla se aprecia una zona estrecha, orientada de este a oeste, con forma de media luna, situada en una parte media entre la divisoria continental y la planicie acumulativa, sobre la que se asienta la ciudad de Cuautla. Corresponde al frente sur de la Sierra del Chichinautzin, entre las cotas de 2 000 y 2 400 m, donde las pendientes varían de 6 a 8° .
2. Al noroeste de Texmelucan (al sur de la divisoria), sobre las laderas que bajan hacia la depresión de Puebla, con pendientes menores de 20° . Otras porciones de menor importancia, por lo reducido del territorio que ocupan, son:
3. En el frente occidental de la Sierra de las Cruces, en una porción intermedia entre la divisoria y la planicie acumulativa de Toluca.
4. Al sur de las poblaciones de Tenango y Tenancingo, en las laderas de pendiente media de las montañas volcánicas.
5. Al suroeste de Cuautla, en una cadena montañosa plegada, entre las cotas de 1 200 y 1 400 m, con pendientes de aproximadamente 15° .
6. En los frentes oriental y occidental de la Sierra Nevada (por encima de los 2 500 y 3 500 m, respectivamente).
7. Al norte y estenoroeste de Cuautla. En el primer caso se trata de un punto en las laderas volcánicas, entre los 1 500 y 2 000 m de altitud. En el otro caso se trata de la disección de las laderas de cadenas montañosas de rocas sedimentarias.
8. En el extremo sureste de la hoja, en cadenas montañosas plegadas, entre las altitudes de 1 500 a 1 700 m, en laderas de pendientes de $6-8^\circ$.

Mayor extensión sobre la carta tienen los valores de la densidad de 2.0 a 2.5. Se presentan formando franjas extendidas paralelamente a las estructuras orográficas principales: en los frentes oriental y occidental de la Sierra de las Cruces; en las cadenas montañosas que se extienden entre Cuernavaca y Tenango; en las cadenas montañosas plegadas que se reconocen al sureste de Cuernavaca, este de Cuautla y suroeste y sureste de Atlixco, y en ambos frentes de la Sierra Nevada.

La densidad de la disección cuyos valores fluctúan entre 1.5 y 2.0 se reconoce prácticamente en toda la hoja, formando una franja estrecha que sigue las orientaciones de las estructuras orográficas. En el relieve se reconocen en: a) Las zonas de las divisorias de las Sierras de las Cruces y Nevada; b) En los frentes de todas las cadenas montañosas, representando una zona de transición obtenida fundamentalmente por la interpolación de valores.

Una densidad débil de 0.5 a 1.5 se presenta en franjas que bordean las principales estructuras montañosas, mismas que delimitan a las depresiones de Toluca, México y Puebla. Su presencia en la carta es resultado de la interpolación de valores. Por esto, en algunas porciones se hace imposible su representación cartográfica a escalas menores de 1: 150 000.

Estos mismos valores son resultado de las mediciones hechas en la porción de la hoja que corresponde a la Sierra de Chichinautzin, donde la débil disección se debe a la extrema juventud de las rocas y a su alto grado de permeabilidad.

Se reconocen varias porciones con valores próximos a cero (menos de 0.5), mismos que corresponden:

1. A tres grandes planicies acumulativas (en realidad una sola desmembrada por la actividad orogénica neogénico-cuaternaria) que, de occidente a oriente, son: Toluca (2 600 m), México (2 240

m) y Puebla (2 100 m), con pendientes menores de 0.5° .

2. A cinco pequeñas localidades situadas en la Sierra del Chichinautzin, y otra al oeste de Cuautla, en una planicie acumulativa.

La región cartografiada se caracteriza por una intensa actividad tectónica durante el neógeno y el cuaternario, misma que se ha manifestado por la actividad volcánica. Como una reacción a los procesos endógenos formadores del relieve han actuado los exógenos: la erosión fluvial principalmente.

Tanto las rocas volcánicas como las sedimentarias que afloran en el área en estudio presentan un alto grado de fractura. Las fisuras, tanto las primarias como las secundarias, son elementos que facilitan la acción de las aguas superficiales, mismas que, al modelarlas, forman surcos, barrancos, valles fluviales.

En la zona en estudio es importante el factor edad de las rocas, en su relación con la densidad de la disección del relieve. Se aprecia, por ejemplo, un contraste notable entre las cadenas montañosas volcánicas neogénicas de Las Cruces y Nevada, y la del Chichinautzin, cuaternaria.

La pendiente del terreno y la resistencia de las rocas al intemperismo y la denudación son también factores de gran importancia. Los barrancos —formas características del relieve volcánico— ven favorecido su desarrollo en condiciones de presencia de materiales no consolidados, pendientes mayores de 3° y precipitaciones pluviales de temporada.

En sí, todos estos factores se encuentran en estrecha relación, y, naturalmente, todos en menor o mayor grado influyen en la disección del relieve.

Esta carta morfométrica señala las zonas de mayor a menor desarrollo de la red fluvial; asimismo, presenta una evaluación sobre la intensidad de la erosión. Sin embargo, para mejor apreciación de ésta, es necesario un análisis de la profundidad de la disección, lo que se describe a continuación.

Carta de la profundidad de la disección del relieve.

El valor más alto que se reconoce de la profundidad de la disección del relieve supera los 400 m, y se localiza en las proximidades de la divisoria continental, en su extremo SE, sobre las laderas del Popocatepetl. Corresponde este corte por erosión a la Cañada de Nexpayantla, cuyo borde superior, en la parte más profunda se encuentra por encima de los 4 000 m de altitud. Las laderas en que ha tenido desarrollo la erosión están constituidas por materiales volcánicos, y las pendientes son de aproximadamente 20°.

Otros valores también fuertes (mayor de 300, menor de 400 m) se reconocen en la carta como pequeñas porciones aisladas:

1. En la Sierra de las Cruces, esencialmente en su frente oriental (cuenca de México). En general, se localizan cerca de la divisoria. En la ladera opuesta (depresión de Toluca) se localiza un solo punto con estos valores de disección.
2. Pequeñas localidades se reconocen en las laderas montañosas proluviales, al oeste y suroeste de Cuernavaca, de pendientes menores de 13°.
3. En ambos frentes de la Sierra Nevada, predominando en el occidental.

Los valores de corte por erosión, de 200 a 300 metros, se observan en las mismas estructuras que los de la categoría anterior, pero con mayor extensión espacial. Aparecen, asimismo, en otra zona: en las cadenas montañosas plegadas; al oriente de Cuernavaca y al noreste de la misma ciudad, en los límites sur de la Sierra del Chichinautzin.

La siguiente categoría comprende los valores de profundidad de 100 a 200 m. Cubre un territorio considerablemente mayor. Su expresión en la carta permite diferenciar las siguientes zonas:

1. Cubriendo ambos frentes de la Sierra de las Cruces, se extiende desde la divi-

soria hasta la parte inferior de las laderas. La planicie de nivel de base se encuentra delimitada con esta zona por otra de valores menores correspondientes a la categoría de 40-100 m.

2. En las laderas de las montañas que se extienden de Cuernavaca a Tenango (incluyendo la zona proluvial).
3. En ambos flancos de la Sierra Nevada que, al igual que en el caso de la Sierra de las Cruces, se extiende desde la divisoria hasta las cercanías de la planicie de nivel de base, esto es, de México a Puebla.

Otras zonas de la misma categoría de valores se observan como porciones aisladas, mismas que tienen desarrollo en las cadenas montañosas aisladas, en el sur de la hoja (al este de Cuernavaca).

Las profundidades de 40 a 100 m tienen una representación menor en la carta que las de la categoría anterior, y se reconocen:

1. Localmente, delimitando a las cadenas montañosas extrusivas, Sierra de las Cruces y Sierra Nevada, de sus respectivas planicies de nivel de base.
2. Se presenta en franjas estrechas en las montañas que se extienden de Cuernavaca a Tenango.
3. En algunas localidades de la Sierra del Chichinautzin.
4. En las cadenas montañosas de rocas sedimentarias. Y, en general, en la parte inferior de los piedemonte.

Las dos siguientes categorías, de 20 a 40 y menor de 20 m cubren un amplio territorio (considerablemente mayor la segunda).

1. Representan el límite entre las grandes planicies de nivel de base y las cadenas montañosas.
2. Cubren casi en su totalidad a la Sierra del Chichinautzin (valores menores de 20 m).
3. Son característicos de las planicies débilmente inclinadas que se reconocen en Cuautla y Atlixco, por ejemplo.

Por último, se encuentran las zonas donde la disección, en general, es nula o casi nula. Estas porciones corresponden con las de la carta anterior, esto es, tres grandes planicies acumulativas con pendiente menor de 0.5° , y pequeñas localidades en la Sierra del Chichinautzin y planicies en las cercanías de Cuernavaca y Cuautla.

Esta carta muestra las zonas de mayor intensidad de la erosión vertical, misma que está controlada por diversos factores:

1. Tiempo. En la Sierra del Chichinautzin la edad holocénica del relieve volcánico acumulativo y su alta permeabilidad determinan la presencia de una erosión incipiente.
2. Fractura de las rocas. Los barrancos más profundos que se localizan en las sierras de Las Cruces y Nevada se han desarrollado a lo largo de fracturas. Obviamente, hay una relación directa entre las dimensiones de ambos elementos.
3. Litología. Las elevaciones montañosas de rocas sedimentarias, en las que predominan las calizas, presentan una natural resistencia a la erosión. Sin embargo, ésta ve favorecido su desarrollo a lo largo de las fracturas de las rocas, donde ha modelado valles fluviales. En el caso del relieve volcánico acumulativo la presencia de materiales no consolidados favorece su remoción por los procesos erosivos y gravitacionales, y este proceso ha originado las amplias zonas de barrancos de alto grado de desarrollo.
4. Pendiente. Su importancia radica en que controla la velocidad del escurrimiento. Se reconoce la siguiente zonificación:
de 0 a 0.5° la erosión está ausente
de 0.5 a 3° , débil
de 3 a 6° , moderada
de 6 a 15° , fuerte
mayor de 15° , intensa.

5. Zonalidad geomorfológica. Los valores más altos de profundidad se reconocen en las proximidades de la divisoria de las cadenas montañosas, y se van reduciendo gradualmente hacia la planicie de nivel de base. El clima juega, obviamente, un papel importante en esta zonalidad.

Para explicar el proceso de la disección vertical es necesario considerar todos estos factores que, en uno u otro grado, juegan un papel importante.

III. CONCLUSIONES

El análisis de las dos cartas morfométricas de la disección del relieve muestra que no existe una relación directa entre los valores máximos de ambas cartas: los más elevados de una corresponden a los intermedios de la otra. En el caso de las categorías inferiores de valores se aprecia una coincidencia general.

Los flancos de las cadenas montañosas pertenecientes a la cuenca de México muestran, en general, un grado mayor de erosión que sus correspondientes externos. Esto en lo que se refiere a las sierras de Las Cruces y Nevada.

La Sierra del Chichinautzin se aprecia como una zona de erosión incipiente, donde la infiltración de las precipitaciones pluviales supera considerablemente al escurrimiento.

El incremento del grado de fractura de las rocas se muestra indirectamente en la carta de la densidad de la disección: los valores más altos señalan anomalías en este sentido. En la carta de la profundidad de la disección se indican indirectamente las fracturas principales, en este caso, de tensión.

En las dos cartas se reconoce con claridad una zonalidad geomorfológica:

- Planicie de nivel de base: disección nula
- Piedemonte inferior: disección débil

- Piedemonte superior: densidad de la disección, fuerte; vertical, de moderada a fuerte.
- Laderas montañosas volcánicas y sedimentarias: densidad de la disección, fuerte; vertical, de moderada a fuerte.
- Proximidades de la divisoria principal: densidad de la disección, moderada; profundidad, fuerte.

El conjunto del Chichinautzin representa una excepción por las causas ya mencionadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arellano, A. "Estratigrafía de la Cuenca de México", *Memoria del Congreso Científico Mexicano*, Vol. 3, México, 1953.
- Gasca Durán, A., Reyes Cortés, M. *La cuenca lacustre plioleustocénica de Tula - Zumpango*, INAH, México, 1977.
- Fries, C. *Bosquejo geológico de las partes central y occidental de los estados de Morelos y áreas contiguas de Guerrero y México*, XX Congreso Geológico Internacional, México, 1956.
- Mooser, F. "Los ciclos de vulcanismo que formaron la Cuenca de México". En: *Vulcanología del Cenozoico*; XX Congreso Geológico Internacional, México, 1956.
- Mooser, F. *Bosquejo geológico del extremo de la Cuenca de México*, XX Congreso Geológico Internacional, México, 1962.
- Mooser, F. "Historia tectónica de la Cuenca de México", *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros*, Vol. 15, México, 1963.
- Mooser, F. "Historia geológica de la Cuenca de México". En: *Memoria Obra del Sistema de Drenaje Profundo*, D. F. México, 1975.
- Oviedo, A. "El conglomerado Texcoco y el posible origen de la Cuenca de México", *Rev. Instituto Mexicano del Petróleo* 2 (3), México, 1970.
- Polkanova, V. B., Polkanov, V. P. "Las cartas de la intensidad de la disección del relieve". En: *Aplicación de los métodos geomorfológicos en los estudios geológicos estructurales*, Ed. Niedra, Moscú, 1970 (En ruso).
- Schlaepfer, C. *Resumen de la geología de la hoja México, D. F. y Estados de México y Morelos*, (14 Q-h(5), Escala 1: 100 000. Instituto de Geología de la UNAM, México, 1968.
- Spiridionov, A. I. *La cartografía geomorfológica*, Ed. Niedra, Moscú, 1974. (En ruso).