

FISIOGRAFIA

RELACIONES DEL AREA ESTUDIADA CON LAS PROVINCIAS FISIOGRAFICAS MEXICANAS

México ha sido dividido en provincias fisiográficas por varios autores, que no están unánimes al fijar los límites y nombres asignados a las distintas unidades geomorfológicas. La clasificación probablemente más usada por los geólogos es la ideada por Ordóñez (1946) quien tomó en cuenta los rasgos tanto geológicos como geomórficos en un mayor grado que otros autores. Hacia fines de 1959 fue publicada por Raisz una nueva carta geomórfica con otra clasificación de provincias fisiográficas, basada en fotografías aéreas y nuevas cartas geográficas hechas con las mismas fotos. Por consiguiente, esta clasificación es algo más realista que las anteriores y los límites entre las provincias se definen con mayor detalle y precisión.

Siguiendo las divisiones ideadas por Raisz (1959), la región descrita en este informe está localizada en el borde septentrional de la subprovincia denominada Cuenca del Balsas-Mexcala de la provincia fisiográfica llamada Sierra Madre del Sur (véanse figs. 2 y 3). Dicha cuenca es una región bien disecada que muestra afloramientos de rocas que abarcan en su edad desde el Precámbrico hasta el Cuaternario. Tiene un rumbo al oeste-noroeste y mide unos 100 km. de ancho de norte a sur, en la longitud de la región cartografiada. El desagüe de la cuenca es por medio del gran río Balsas, que corre hacia el poniente y desemboca en el Océano Pacífico. El borde austral de la cuenca colinda con la subprovincia denominada Vertiente Meridional de la Sierra Madre del Sur, que desciende a la costa en las cercanías de Acapulco.

El borde septentrional de la región estudiada abarca la zona limítrofe entre la Cuenca del Balsas-Mexcala y la provincia que Raisz denomina Planicie Neovolcánica, que es una faja formada principalmente por lavas y volcanes basálticos pleistocénicos, que atraviesa México en la latitud aproximada de 19° (fig. 3). Esta provincia se ha denominado de diversas maneras: Cordillera de Anáhuac (Virlet d'Aoust, 1866), Sistema Tarasco-Nahua (Zepeda Rincón, 1941), Cordillera Neovolcánica (Robles Ramos, 1942), Eje Volcánico (Galindo y Villa, 1946), Sierra de los Volcanes (Garfias y Chapin, 1949, p. 83-97) y Zona

Neovolcánica (Williams, 1950, p. 167). Tratándose de un rasgo fisiográfico, esta provincia probablemente se describe mejor por el término "planicie" que por cualesquiera de los demás términos propuestos. Sin embargo, en este informe los aspectos geológicos tienen mayor interés que los netamente fisiográficos, por lo cual, al referirse a ella se prefiere el término Zona Neovolcánica de Williams. Siguiendo la terminología de Raiz, la faja de la región cartografiada que queda al norte de la latitud de Cuernavaca-Cuautla pertenece al borde austral de la Planicie Neovolcánica (véanse láms. 4 y 5) y el resto pertenece al borde septentrional de la Cuenca del Balsas-Mexcala (véanse láms. 6 y 7).

CLIMA Y VEGETACION

El clima es extremadamente variado de uno a otro lugar y depende principalmente de la altura sobre el nivel del mar. Aunque el punto más elevado del Estado de Morelos es el volcán Popocatepetl, con una altura de 5,452 m. sobre el nivel del mar, es éste un pico aislado situado un poco al noreste del ángulo nororiental del mapa (véanse lám. 4 y fig. 2). Tiene una cubierta permanente de nieve y recibe precipitación anual que probablemente excede de los 1,400 mm. La serranía que forma el borde septentrional del mapa, desde el Popocatepetl hasta el cerro de Zempoala, tiene una altura media de unos 2,700 m., con picos aislados que alcanzan desde los 3,300 hasta los 3,900 m. y con una precipitación anual de 1,200 a 1,400 mm. En esta zona la temperatura desciende hasta varios grados bajo cero en muchas noches de los meses desde octubre a febrero, pero asciende a 10° C. o más durante el día. El punto de menor altura tiene unos 730 m. sobre el nivel del mar y corresponde a la ciudad de Iguala en la parte norte-central de Guerrero (láms. 1 y 6); aquí la temperatura mínima en el invierno no llega al punto de congelación y la máxima en el verano raras veces excede de 38° C., siendo los valores medios de los meses de mayor y menor temperatura, respectivamente, de 30.7° y 24.5° C. La precipitación anual es de unos 1,120 mm.

Puede obtenerse una mejor idea del clima por los datos medios de Cuautla y Puente de Ixtla, que están situadas en llanuras bajas, relativamente extensas y bien pobladas de la parte central de Morelos. En Cuautla, por ejemplo, las temperaturas medias de los meses más frío y más cálido del año, son respectivamente de 19.2° y 24.7° C., mientras que en Puente de Ixtla son de 20.4° y 27.8° C. La precipitación anual en Cuautla es solamente de unos 640 mm., cifra que refleja su localización en la sombra pluvial del alto volcán Popocatepetl,

pero en Puente de Ixtla asciende a 940 mm. La mayor parte de la lluvia cae en los meses de junio a septiembre y casi no hay precipitación en los meses de enero a marzo. Las tempestades eléctricas del verano pueden ser muy severas y causar considerables daños por erosión de los terrenos y carreteras. Gran parte de la región, con excepción de la zona montañosa alta, tiene un clima de sabana o de estepa.

Con pocas excepciones, como por ejemplo, las llanuras bajas y los terrenos muy elevados, los suelos son delgados y alcalinos y en muchos lugares aflora la roca madre. El caliche (evaporita calcárea) está esparcido en el suelo hasta una profundidad de 1 a 3 m. en los terrenos debajo de 1,500 m. de altitud y forma capas aún más gruesas en ciertos sitios. Generalmente se muestra más denso y de mayor espesor sobre las calizas que en otros lugares. La cubierta vegetal no es muy tupida debajo de 1,500 m. de altitud, con excepción de los cauces que llevan agua corriente y de los sitios que tienen humedad. Si se excluyen los lugares donde la vegetación está tupida o donde el caliche forma un pavimento duro que protege el suelo inferior, la región queda sujeta a una erosión relativamente rápida por las lluvias tempestuosas del verano.

La flora de la región es aún más variada que el clima, ya que depende principalmente de la altitud y de la cantidad de precipitación. Fue descrita con algo de detalle por Gándara y Muñoz Lumbier (1935) y posteriormente por Miranda (1941, 1947). En vista de las descripciones más recientes, completas y detalladas de Miranda, el Dr. F. Bonet hizo el favor de extractar para el autor las notas que siguen.

“Por encima de los 1,700 m. de altitud, es decir, en las montañas que constituyen el borde septentrional del mapa geológico al norte de la latitud de Cuernavaca, las condiciones climáticas determinadas por la altitud juegan un papel preponderante en la distribución de las asociaciones vegetales, que resultan dispuestas en una clara zonación altitudinal. En esta parte la flora en conjunto presenta claras afinidades boreales. Desde el límite de las nieves perpetuas alrededor de los 5,000 m., hasta los 4,300 m., se extiende la ‘tundra volcánica’, formada exclusivamente por plantas herbáceas, como *Festuca* y *Calamagrostis* en los lugares más secos y *Carex* en los húmedos, junto con otras plantas muy llamativas de porte alpino. Sigue por debajo, hasta los 4,000 m., una zona ocupada por el ‘matorral de *Juniperus*’, formado por manchones aislados del enebro *Juniperus monticola* v. *compacta*, junto con otras especies arbustivas bajas y gramíneas, tales como *Aira*, *Festuca* y otras.

“El límite superior del bosque está situado hacia los 4,000 m. y desde esta altitud hasta los 3,500 m. se extiende el bosque llamado por Miranda ‘pinar superior’, formado casi exclusivamente por *Pinus hartwegii*, árbol de 10 a 20 m. de altura, con una subvegetación de gramíneas y otras formas herbáceas. Por debajo, entre los 3,500 y los 3,000

ó 2,800 m., se encuentra el denso y majestuoso "bosque de oyameles", cuya especie dominante, *Abies religiosa*, alcanza hasta los 60 m. de altura. En él se intercalan con frecuencia especies de pinos (*Pinus montezumae*, *P. ayacahuite*) e incluso en la parte baja, ciertas especies propias del encinar.

Donde las pendientes son menos abruptas y el terreno es más seco, los pinos antes mencionados y *P. rulis* substituyen total o parcialmente a los oyameles. La subvegetación consiste principalmente en praderas de zacatón (*Epicampes macroura*, *Stipa ichu* y otras) que se conservan donde el pinar es destruído por tala o incendio, como ocurre por ejemplo en Tres Cumbres (cuad. B-6).

"Desde el límite inferior del bosque de oyameles hasta los 1,800 m. se encuentran dos asociaciones principales. En las laderas suficientemente inclinadas se desarrolla el 'encinar con madroños'. Es éste un bosque de encinos muy denso y rico en especies, con abundante subvegetación arbustiva y muchas epifitas. Entre los encinos más abundantes cabe citar *Quercus sideroxyloides*, *Q. reticulata dugessii*, *Q. incarnata* y otros, de hojas anchas y tardíamente caedizas. Otros árboles frecuentemente intercalados son los madroños (*Arbutus xalapensis*), chaquiras (*Ceanothus coeruleus*) y diversas especies de pinos. En las laderas más secas el pinar con *Pinus montezumae*, *P. teocote* y *P. oocarpa* puede substituir al encinar. En la misma zona altitudinal pero en las barrancas con mayor humedad, se encuentra el 'bosque mesofítico de montaña', muy denso y rico en especies, con exuberante vegetación y gran abundancia de trepadoras y epifitas, sobre todo bromeliáceas y orquídeas. Presenta árboles tropicales de montaña como *Meliostoma dentata* (sabiáceas), *Styrax ramirezii* (estiracáceas), *Oreopanax jaliscanum*, *O. xalapensis* (araliáceas) y muchos otros, junto con árboles menos exclusivamente tropicales (*Prunus*, *Hex*, *Morus*) y otros típicamente boreales de zonas templadas y hojas caedizas, como *Carpinus*, *Tilia*, *Fraxinus* y encinas de hoja delgada (*Quercus callophylla*).

"Por debajo de los 1,800 m. en general y con un límite inferior muy variable según los lugares, desde 1,000 a 1,700 m., hay una zona de transición. Donde las laderas son poco inclinadas predomina el pinar de *Pinus montezumae*, por ejemplo, en Ocotepéc al norte de Cuernavaca (cuad. C-6), pero en terrenos más accidentados un bosquecillo de enebros (*Juniperus flaccida*) puede substituir al pinar, como en los alrededores de Taxco (cuad. H-1) y en Tepoztlán (cuad. C-7). En terrenos calcáreos se desarrolla el palmar de soyal (*Brahea dulcis*), que también puede verse en los alrededores de Taxco.

"Por debajo de la zona de transición la flora presenta un carácter netamente tropical y la distribución de sus diversas asociaciones es gobernada más directamente por factores edáficos que por la altitud. En los llanos aluviales con suelos profundos la vegetación primitiva ha sido completamente destruída por los cultivos. Parece ser que estos parajes estaban ocupados por un bosque de leguminosas espinosas constituido por huamúchil (*Pithecolobium dulce*) en los sitios húmedos, y por mezquite (*Prosopis juliflora*) en los más secos. En los terrenos abandonados por los cultivos se desarrolla una vegetación secundaria, como las ahualcaleras de *Tithonia tubaeformis*, que más tarde son invadidos por huizache (*Acacia farnesiana*).

"En el fondo de las barrancas de paredes escarpadas, con insolación reducida y más humedad, se desarrolla un bosque que recuerda por sus características el bosque tropical húmedo. Se le denomina 'capomal' por estar constituido en gran parte por capomos

(*Brosimum alicastrum*) de unos 20 m. de altura, junto con otros árboles, como los ramones (*Trophis racemosa*), amates blancos (*Ficus segoviae*), parotas (*Enterolobium cyclocarpum*) y otros. En las paredes escarpadas es característico el amate amarillo (*Ficus petiolaris*). Un buen ejemplo de capomal puede verse en la barranca de Dos Bocas por debajo de Cacahuamilpa (cuad. F-3). A lo largo de los cursos de agua que surcan las llanuras prospera un bosque en galería, a veces muy denso, formado por amates (*Ficus mexicana*, *F. padifolia*, *F. glaucescens* y otros), sauces (*Salix humboldtiana*) y ahuehuetes (*Taxodium mucronatum*), formando la llamada 'asociación *Ficus-Salix-Taxodium*'.

"Los cerros calcáreos tan abundantes en la región están cubiertos por el 'cuajitotal'. Se trata de un bosque más o menos cerrado de árboles con escasa altura (de 4 a 12 m.), que pierden las hojas durante la larga temporada de las secas y permanecen desprovistos de follaje gran parte del año (de 7 a 8 meses). Su nombre se debe a la predominancia de 'cuajotes', tales como el cuajote colorado (*Bursera longipes* y *B. morelensis*), cuajote amarillo (*B. odorata*) y muchas otras especies del mismo género, entre ellas los copales (*B. jorullensis*) y el linaloe (*B. aloexylon*). Además de las burseráceas forman también parte del cuajitotal otros árboles como el pochote (*Ceiba parvifolia*), los cazahuates (varias especies de *Ipomea*), anacardiáceas como el tetlate manso (*Actinocheita filicina*) y otros.

"Otra asociación semejante a la anterior es el 'bosque de tetlates' en el que domina de manera casi absoluta el tetlate (*Pseudosmodium perniciosum*), de tronco rojo y follaje glauco que alcanza hasta 8 m. de altura. Abunda esta asociación entre Alpuyeca y Cacahuamilpa (cuad. E-5 y al suroeste). En los écnaves yesosos se presenta una vegetación gipsófila caracterizada por el 'rabo de iguana' (*Fouquieria ochoterenae*), arbolillo de unos 8 m. de altura y tronco muy corto."

La región entre la latitud de Cuernavaca y el río Amacuzac, hacia el sur, produce numerosas frutas y otros productos agrícolas, como guayaba, chirimoya, nananche, mango, chico-zapote, mamey, toronja, naranja, limón, lima, plátano, papaya, ciruela, anona, coco, piña, café, caña de azúcar, arroz, frijol, higuera, cacahuete, jícama, chile, tomate, melón, sandía, maíz, calabaza y legumbres de varias clases.

Hacia el sur de Iguala hasta el río Balsas la región está aún más árida y tiene menos vegetación que la parte central de Morelos. Abundan las cactáceas y aparecen en varios lugares bosques de "órganos". La cubierta de caliche en esta región es generalmente gruesa y ayuda a detener lo que podría ser una erosión rápida si no existiera.

DESAGÜE

Desagüe actual

El límite septentrional del mapa de la lámina 1 marca aproximadamente el partearguas entre la cuenca endorreica de México, hacia el norte, y la ver-

tiente del río Balsas o Mexcala hacia el sur (véanse figs. 2 y 3). Gran parte de la región desagua en el río Amacuzac, cuyos principales afluentes nacen en los terrenos altos que forman los flancos australes de la Zona Neovolcánica y se extienden desde el volcán llamado Nevado de Toluca o Xinantécatl, en el poniente, hasta el volcán Popocatepetl en el oriente. Al sur de Jojutla y Zacatepec (cuad. G-6) el Amacuzac vira hacia el sur y llega a ser uno de los afluentes principales del río Balsas (fig. 2), que es el más grande del sur de México. El río Amacuzac está formado por la confluencia de dos afluentes importantes, que son el Chontalcoatlán y el San Jerónimo, los que entran por separado en túneles disueltos en caliza y se juntan en un solo río poco después de emerger en las cercanías de las grutas de Carlos Pacheco y de Cacahuamilpa, respectivamente (cuad. F-2 y fig. 2). Dichas grutas no son sino los cauces subterráneos abandonados, más altos y más antiguos, de los mismos dos afluentes.

La parte suroccidental, situada aproximadamente al suroeste del anticlinal de Coxcatlán (láms. 1 y 3), desagua en el río Iguala, que corre hacia el sur-suroeste hasta llegar al río Balsas por una ruta más corta que la del Amacuzac. Pequeñas porciones del terreno desaguan por cursos subterráneos de longitud considerable y resurgen al final a través de grandes manantiales, como son los de Las Estacas (cuad. F-7) y Fundición (al sur de Tehuixtla sobre el río Amacuzac) (cuad. H-5).

El río Balsas corre al poniente y llega a formar el lindero entre los Estados de Guerrero y Michoacán, dando al final una vuelta forzada hacia el sur para desembocar en el Océano Pacífico (fig. 1). El curso de este río es anómalo, en un sentido, pues atraviesa casi en ángulo recto el rumbo predominante de los pliegues de las rocas cretácicas, que es casi al norte, lo que sugiere que el río fue antecedente o quedó sobrepuesto desde una cubierta clástica terciaria, aunque también participaron en su desarrollo otros factores, tales como el fallamiento y el combamiento ocurridos durante el Terciario.

Desagüe del final del Plioceno

La efusión de las rocas basálticas que forman la Zona Neovolcánica, llamadas aquí Grupo Chichinautzin, tuvo un efecto profundo en el sistema de desagüe en gran parte de la región cartografiada. El basalto debió haber interrumpido el desagüe exorreico hacia el sur del antiguo valle de México para producir la actual cuenca endorreica. En la lámina 3 se ha intentado señalar la interpretación del autor de las líneas de desagüe prepleistocénicas. Parece que dos líneas de desagüe principales se extendieron hacia el sur a partir del anti-

guo valle de México, una que pasa aproximadamente por debajo del cerro de Chichinautzin (cuad. A-7) y desde allí sigue el sinclinal de San Gaspar hasta el río Amacuzac (cuad. II-6); la otra, desde un punto situado 12 km. al poniente de Amecameca (cuad. A-11), pasa hacia el sur por Cuautla y por el valle del actual río Chinameca (cuad. E-9). El último paleocurso de desagüe fue sugerido también por Osorio Tafall (1946, p. 148-149), aunque este autor atribuyó la interrupción del desagüe a la extravasación de andesita en tiempos miocénicos, fecha que el autor de este trabajo considera innecesariamente remota y no comprobada por datos de campo. Los valles actuales que marcan los cursos del desagüe antiguo tienen una anchura anómala y están patentemente desajustados al desagüe de hoy día.

Las líneas de desagüe prepleistocénicas que convergían hacia el terreno ahora ocupado por el lago de Tequesquitengo son muy parecidas a las actuales, aunque el volumen de agua que pasaba por los cursos antiguos debió haber sido mucho mayor. Por el ramal situado más al poniente desaguaba todo el valle de Toluca, pasando por Ocuilán, Malinalco y Coatlán del Río, antes de que fuera interrumpido por la extravasación basáltica de la Zona Neovolcánica. El río Amacuzac en tiempos prepleistocénicos parece haber tenido un curso situado algo más al norte del actual y sus aguas corrían en la superficie a través de un puerto o paso erosionado en la serranía caliza existente al norte de Cahuamilpa, cerca del punto donde el río San Jerónimo entra ahora en el túnel calizo (fig. 2). El río Chontalcoatlán probablemente confluía con el San Jerónimo antes de pasar por dicho puerto. El afluente San Jerónimo del río Amacuzac fue también interrumpido por la extravasación basáltica de la Zona Neovolcánica. Los actuales afluentes altos del río Lerma al oriente y al sureste de Toluca (véase fig 2) desaguaban anteriormente en el río San Jerónimo y por su intermedio en el Amacuzac. La interrupción mencionada arriba redujo aún más el volumen de agua que pasaba por el valle inferior del río Amacuzac. El tiempo pleistocénico se caracterizó por una incisión general, acompañada por la sobreposición de los cursos de todas las aguas corrientes de la región. El volcanismo basáltico cambió las redes locales de desagüe repetidas veces, interrumpiendo el proceso de incisión en algunos sitios.

La comunicación anterior de las aguas del sistema del Balsas con las del sistema del Lerma y las de la cuenca de México queda confirmada por las especies de peces que se encuentran actualmente en las aguas de los tres sistemas, según fue señalado hace tiempo por Alvarez (1949, p. 40). Este autor indicó que en 1904 Meek publicó datos comprobando que las aguas del río Lerma y de la cuenca de México estuvieron comunicadas en tiempos remotos

(p. 44). Meek citó los géneros de peces *Girardinichthys* y *Lermichthys* procedentes de la actual cuenca de México y de las aguas del Lerma, respectivamente, diciendo que tuvieron un parentesco común. Una especie de *Lermichthys* encontrada en las lagunas de Zempoala es similar a una especie del mismo género en las aguas del Lerma. El presente autor piensa que las lagunas de Zempoala fueron separadas del sistema Amacuzac-Balsas hacia el final del Pleistoceno. Las aguas del sistema del Lerma fueron separadas de la cuenca del Amacuzac en tiempos pleistocénicos algo posteriores a la separación de las aguas de la cuenca de México de las del Amacuzac. En otras palabras, hacia principios del Pleistoceno tanto la cuenca de México como el alto río Lerma formaban parte de la cuenca hidrológica Amacuzac-Balsas.

RASCOS GEOMORFOLOGICOS

Gran parte del terreno situado entre el río Amacuzac y el límite septentrional del mapa de la lámina 1 muestra rasgos juveniles en el ciclo de erosión, pues tiene una topografía construccional o de depósito, debida en primer término a la inundación y sepultura de valles y llanuras bajas por grandes abanicos aluviales entrelazados de la Formación Cuernavaca (véanse láms. 4 y 5), y en segundo término a las erupciones volcánicas y efusiones de lava basáltica en tiempos pleistocénicos y recientes del Grupo Chichinautzin. El proceso de aluviación pliocénico causó el enterramiento de gran parte de la topografía madura anterior y produjo grandes llanuras aluviales con inclinaciones de 3° a 5° hacia el sur, en la zona septentrional, hasta un mínimo de 1° a 2° en la zona austral. Los cerros y serranías más elevados de la topografía madura asomaban en forma de islotes por encima del mar de aluvi6n. Se borraron todas las líneas de desagüe anteriores estableciéndose una red nueva de drenaje.

La erosión y disección de las llanuras aluviales habían progresado hasta un grado poco avanzado, antes de que las erupciones volcánicas de la Zona Neovolcánica llegaran a ser un proceso predominante. Las erupciones y la efusión de las lavas continuaron hasta tiempos históricos, originando gran parte de la topografía actual al norte de la latitud de Yautepec (cuad. D-8). Las corrientes basálticas que inundaron el valle situado al oriente de Cuernavaca llegaron hasta el río Amacuzac, hacia el sur; pasaron por Jojutla (cuad. G-6) y prosiguieron por el cañ6n del río casi hasta el punto donde el río llega al límite austral del mapa (cuad. H-6). Corrientes basálticas análogas recorrieron al valle seguido por el río Yautepec hasta varios kilómetros al sur de Yautepec, y lo mismo

ocurrió parcialmente con el valle en que está situada Cuautla. Como resultado, en tiempos pleistocénicos tardíos y recientes se originaron amplias llanuras casi a nivel, que fueron ampliadas por los aluviones de los valles afluentes. Dichas llanuras contienen las tierras más ricas y con mayor producción agrícola de toda la región.

El borde septentrional de la región cartografiada está cubierto por un manto de 1,500 a 2,000 m. de lavas, brechas y tobas basálticas en cuya superficie emergen los conos cineríticos y escoriáceos más jóvenes, de los cuales se muestran más de 100 en el mapa de la lámina 3. Gran parte del área de afloramiento de las rocas basálticas carece de una red hidrológica integrada, con excepción de los flancos de los conos y los campos lávicos más viejos. Las llanuras aluviales formadas por la Formación Cuernavaca están surcadas por barrancas profundas de costados acantilados, separadas por llanuras relativamente poco afectadas por la erosión.

Los cerros y serranías que no fueron sepultados por la Formación Cuernavaca muestran una topografía madura, casi desprovista de terrenos llanos, ni en las cumbres ni en los valles erosionados en ellos. Las serranías formadas por caliza muestran generalmente un aspecto redondeado, pero las formadas por lutita, rocas volcánicas o rocas clásticas prepliocénicas tienen una apariencia más angular y están más complejamente disecadas; los amontonamientos volcánicos terciarios tienden a mostrar flancos con pequeños acantilados. Toda la zona al sur del río Amacuzac presenta el mismo aspecto. Los tipos de forma topográfica mencionados están bien ilustrados en las fotografías aéreas oblicuas de las láminas 6 y 7, que muestran la apariencia característica de la provincia fisiográfica de la Cuenca del Balsas.

Los valles principales de toda la región están orientados por lo general entre norte y noroeste, reflejando las estructuras predominantes de las rocas cretácicas. La mayoría de ellos ocupan los sinclinales, pero dos ejemplos conspicuos de valles ocupando anticlinales son el situado entre Yautepec (cuad. D-8) y Tlaltizapán (cuad. F-7), que ocupa el anticlinal de Tecumán-Tlaltizapán, y el situado al sur de Tlaquiltenango (cuad. F-7). Las rocas terciarias también tienden a ocupar estructuras sinclinales de las rocas cretácicas infrayacentes, muchas de las cuales conservan aún restos de la Formación Mexcala (unidad cretácica más joven) debajo de las unidades clásticas y volcánicas terciarias. Este rasgo es característico también del terreno situado a distancias variables de decenas a cientos de kilómetros más al norte, oriente y sur de Morelos.

Formas cársticas se han desarrollado encima de las principales formas topográficas anteriormente descritas. Estas se presentan con mayor abundancia en

terreno calizo, pero existen también en áreas de lutita, de rocas volcánicas y aun de rocas clásticas terciarias poco cementadas, donde las rocas carbonatadas quedan a poca profundidad. Algunas de las formas más grandes son poljes desarrollados en la Formación Cuernavaca por disolución de las rocas carbonatadas infrayacentes. El mejor ejemplo es el lago de Tequesquitengo (cuad. *G-5*); otros poljes ocupados por lagos son los de El Rodeo (cuad. *E-5*), Coatetelco (cuad. *F-4*) y Tuxpan (cuad. *J-2*). Los poljes no ocupados por lagos son las áreas aluviales situadas como sigue: cerca de Cuautlita (cuad. *F-4*), al poniente de Alpuyecá (cuad. *F-5*), al sur de Xochitepec (cuad. *E-6*), al poniente y al norte de Puente de Ixtla (cuad. *G-5*), y al oriente de Tlaltizapán (cuad. *F-7*). Cuatro dolinas se encuentran en la Riolita Tilzapotla a unos 2 km. al noreste del pueblo de este nombre (cuads. *I-5* y *H-5*), debidas a la disolución de las rocas carbonatadas infrayacentes. Se presentan con abundancia dolinas pequeñas en todo el terreno calizo, notablemente en los afloramientos calcáreos situados entre Cacahuamilpa (cuad. *F-3*) e Iguala (cuad. *J-2*). Los poljes y dolinas se formaron en tiempos posteriores al principio del Pleistoceno, puesto que son más recientes que la Formación Cuernavaca, pero algunos pudieron haberse iniciado, quizás, con anterioridad.

El polje más profundo es el ocupado actualmente por el lago de Tequesquitengo, cuya profundidad máxima es de 36 m., con un promedio de 19 ó 20 m., según J. Alvarez (comunicación escrita, 15-X-58). La parte más profunda del lago está localizada un poco al poniente del centro. El agua es ligeramente salobre y varía en temperatura unos 2° ó 3° C. en el curso del año. El nivel del espejo de agua es superior al del río Amacuzac, al poniente, en unos 30 m., y tiene una variación aproximada de 1 m. entre las estaciones de secas y de lluvias, en años normales. Durante la década de los años de 1950-60, sin embargo, el nivel ha subido lentamente unos 2.5 m. hasta inundar las construcciones a lo largo de la playa, causando tanta destrucción que se decidió perforar un túnel de desfogue en el flanco occidental del lago, cerca de un punto llamado El Hoyanco (cuad. *G-5*), que es una pequeña dolina, para conducir el excedente de agua a un arroyo tributario del río Amacuzac. En 1960 se comenzó la perforación de dicho túnel, que tendrá 1.5 km. de longitud. Aunque el desagüe quedará asegurado por medio del túnel, es probable que se hubiera podido dar salida al excedente con un costo mucho menor, mediante la perforación de pozos de absorción en la Formación Morelos, que aflora muy cerca del extremo sur del lago, del cual está aislada por un espesor relativamente pequeño de material poco permeable perteneciente a la Formación Cuernavaca.

Es de suponer que todas las salidas naturales de este polje han quedado tapadas por los depósitos de limo y arcilla.

La disolución de la caliza ha causado en muchos lugares el derrumbe de los flancos calizos muy pendientes, así como la formación de ríos subterráneos, de los cuales los más notables son el Chontalcoatlán y el San Jerónimo, que se juntan para formar el río Amacuzac cerca de las grutas de Cacahuamilpa. Son numerosos los manantiales que nacen en la dolomita de la formación Morelos; los más notables son los de la Fundición sobre el río Amacuzac (cuad. H-5), con un gasto de 3,000 litros por minuto, y los de Las Estacas (cuad. F-7), que en conjunto probablemente tienen el doble del gasto mencionado. Sobre los terrenos calizos más elevados donde la precipitación es mayor, la disolución ha producido superficies de lapies o *karren* en las que los surcos generalmente no exceden de 1 m. de profundidad, aunque excepcionalmente alcanzan hasta 3 m. de hondo. En tales terrenos y particularmente sobre los flancos que desde alguna distancia parecen estar formados por afloramientos calizos desprovistos de suelo, los campesinos siembran sus milpas plantando las semillas en pequeñas bolsas de suelo retenidas en el fondo de los surcos. Este rasgo de disolución puede encontrarse casi en todas las superficies elevadas del terreno calizo, pero particularmente en la serranía que se extiende hacia el sur a partir del cerro de Barriga de Plata (cuad. D-7) hasta Monte Negro y el cerro de Ectopan. Más al sur se presenta notablemente en el cerro de Temilpa (cuad. F-8), el cerro de Santa María (cuad. G-7), el cerro de Jojutla (cuad. H-7) y en la región mencionada arriba entre Cacahuamilpa e Iguala. Dicho rasgo de disolución es de gran importancia para la economía agrícola de la región.