

Rita López de Llergo y Soane fue una mujer excepcional para su tiempo, cuya meritoria trayectoria académica habría que rescatar. A ella se debe el desarrollo del Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México, ya que en junio de 1943 se le confirió la tarea de dirigirlo, al haber sido reconocido ese año en forma oficial, por lo que se la considera su primera directora y fundadora.

Entre sus mayores aportes destaca la *Carta Altimétrica de la República Mexicana*, proyección cónica conforme de Lambert, escala 1:4 000 000, que apareció en 1959 junto con la publicación del escrito "Principales rasgos geográficos de la República Mexicana" en *Esplendor del México Antiguo*.

Principales rasgos geográficos de la República Mexicana*

Rita López de Llergo

La República Mexicana está situada entre los paralelos 14° 28' y 32° 43' 35" de latitud norte y, por esto, ocupa la zona de transición en la que los caracteres físicos de la América del Norte van siendo reemplazados por los de la América Central. En efecto, al sur del paralelo 30°, la América del Norte se estrecha considerablemente a causa de la penetración oceánica que ha formado el Golfo de México. El estrechamiento continúa hacia el sur; a la latitud de 20° aumenta más rápidamente al cambiar la dirección de los accidentes más importantes del relieve y, con el Istmo de Tehuantepec, se inicia ya la serie de depresiones e istmos interoceánicos que son uno de los rasgos esenciales del relieve centroamericano.

RELIEVE

El accidente más notable del país al norte del paralelo 20°, es la existencia de una gran meseta, la Altiplanicie Mexicana, que tiene una dirección general NW-SE. Constituyen los bordes este y oeste de la Meseta las cordilleras conocidas con los nombres de Sierra Madre Oriental y Sierra Madre Occidental. Los flancos exteriores de la primera se inclinan hacia el Golfo de México, y los de la segunda, hacia el Océano Pacífico y el Golfo de California.

La Altiplanicie está inclinada de sur a norte; su borde sur está formado por una enorme

aglomeración de aparatos volcánicos que se extiende de este a oeste, a la que se da el nombre de Eje Volcánico. Es en esta serie de montañas donde se encuentran las cimas más elevadas de la República.

Otra cadena de montañas, las Sierras de Zcatecas, se extiende sobre la Altiplanicie, de NW a SE a partir del paralelo 24°. Se une al NW con la Sierra Madre Occidental y al SE con la Sierra Madre Oriental y con el Eje Volcánico.

Al S del paralelo 20° la dirección general del relieve no es ya de NW a SE, sino de oeste a este. Una tercera Sierra Madre, la Sierra Madre del Sur, muy próxima al litoral del Océano Pacífico, forma un gran arco convexo hacia el sur al bordear un macizo muy dislocado contra el que chocaron los empujes que originaron los plegamientos y que constituyen la propia Sierra Madre del Sur y la parte sur de la Sierra Madre Oriental (Sierra de Zongolica). A la existencia de este macizo, al que con toda propiedad puede darse el nombre de Escudo Mixteco, se debe la convexidad que el litoral del Océano Pacífico tiene en la parte comprendida entre el paralelo 20° y el Istmo de Tehuantepec.

La región en donde los empujes que formaron la Sierra Madre del Sur encontraron a los que dieron nacimiento a la Sierra Madre Oriental, esto es, la región situada al este del

*Publicado en *Esplendor del México Antiguo*, Serie Centro de Investigaciones Antropológicas de México, Editorial del Valle de México, S.A., 1959, 5ª edición corregida y aumentada, México, pp. 1-48.

Escudo Mixteco, tiene un relieve muy complicado; se la conoce con el nombre muy poco científico de "Nudo de Zempoaltépetl". Las montañas de esta región bajan, con pendientes muy rápidas, hacia el Istmo de Tehuantepec.

El relieve sigue también la dirección este-oeste al este del Istmo de Tehuantepec. Allí están situadas, de sur a norte paralelas las unas a las otras, cinco regiones: la Sierra Madre, la Depresión Central, las Mesetas Centrales y las Sierras Septentrionales de Chiapas y las Llanuras de Tabasco.

La losa caliza casi plana de la península de Yucatán se inclina de sur a norte, bañada al este por el Mar de las Antillas y al norte y el oeste por el Golfo de México.

La Península de la Baja California, larga y estrecha, es paralela a la Sierra Madre Occidental; la separa del continente el Golfo de California. Una serie de cadenas de montañas que se suceden unas a otras en el sentido de su longitud, conservándose siempre muy próximas al Golfo de California, forma su espina dorsal.

Los fenómenos diastróficos que han actuado en el modelado de la República Mexicana fueron los que tuvieron lugar durante el Paleozoico Superior (probablemente en el Pérmico); en los pisos superiores de los períodos Triásico y Jurásico; a fines del Cretácico Inferior y los que se desarrollaron entre el Cretácico Superior y el Eoceno. La actividad que principió al finalizar el Plioceno tuvo manifestaciones epeirogénicas (movimientos verticales) en todo el país, y parece que continúa todavía actuando.

Sirvieron como macizos resistentes o pilares directores de los fenómenos diastróficos las siguientes unidades estructurales:

1. Un bloque de rocas premesozoicas que forma el basamento de la actual Sierra

Madre del Sur. Parece que estas formaciones estuvieron unidas al este con las que constituyen la Sierra Madre de Chiapas y que, posiblemente, tienen su continuación al NW en la parte occidental de la Baja California, puesto que son análogas a las que forman la Cadena Costera en Estados Unidos y Canadá. Han estado afectadas por fenómenos diastróficos muy intensos y, por esta razón, están muy dislocadas y han sufrido un profundo metamorfismo debido a las grandes intrusiones que en ellas han tenido lugar.

La única parte estable de este bloque ha sido la que forma la Sierra Madre de Chiapas, las demás han estado sujetas a emersiones y sumersiones sucesivas. El Escudo Mixteco es parte de este bloque.

1. Un islote o escudo que emergió al finalizar el Triásico Superior y que, desde entonces, no ha vuelto a sumergirse, ocupa la parte media de la actual Altiplanicie entre los paralelos 20° y 24°. El nombre de Tierra de Zacatecas parece el más adecuado para designarlo.

2. Una extensa isla o pequeño continente, al que Schuchert llama Llanoría, probablemente prepaleozoico, cuyo borde meridional estuvo formado por dos penínsulas que ocuparon, respectivamente, la parte NE de la Altiplanicie (Península de Coahuila), y la región comprendida entre la Sierra Madre Oriental y el Golfo de México al norte del paralelo 20°. Esta tierra sufrió una sumersión que se inició en el Cretácico Inferior, y que fue progresando de sur a norte.

Los principales rasgos estructurales del relieve actual de la República Mexicana estaban ya formados antes del Plioceno, con excepción de las Sierras Septentrionales de Chiapas y de la península de Yucatán, que datan de este período. A partir del Plioceno, los fenómenos que han determinado la evolución del modelado fueron intensos movi-

mientos epeirogénicos que afectaron en conjunto a todo el territorio y que, al hacerlo emerger, modificaron los ciclos hidrológicos y, consecuentemente, la obra de la erosión. Deben también haber ocasionado cambios en los climas, tanto por el aumento considerable de la altitud, como por la diversa forma en que los vientos debieron influir en la distribución de las precipitaciones al oponerse a su paso barreras más elevadas.

La formación de las Sierras Madre Oriental y Occidental que parece haber terminado en el Eoceno Inferior y los fenómenos volcánicos que en el Mioceno y el Plioceno Inferior tuvieron lugar, y a consecuencia de los cuales se formó el Eje Volcánico, al rodear por un verdadero cerco a la Altiplanicie, la aislaron del drenaje oceánico y, como consecuencia, ocasionaron la formación, en ella, de numerosas cuencas lacustres. Los ríos que escurrían a estas cuencas tenían su origen, principalmente, en las Sierras de Zacatecas y en las sierras plegadas que se formaron al norte de la Tierra de Zacatecas rodeando la Península de Coahuila, así como en la vertiente interior de la Sierra Madre Occidental (como se verá después, la vertiente interior de la Sierra Madre Oriental es muy seca), y corrían unos hacia el sur para desembocar en lagos situados al pie del Eje Volcánico; y otros hacia el norte, siguiendo la inclinación general de la Altiplanicie.

Entre la multitud de sierras que forman el Eje Volcánico, hay pequeñas cuencas rodeadas por cadenas volcánicas, que son casos típicos de las formas de relieve designadas topográficamente con el nombre de "hoyas". Tales son la Cuenca de México, las cuencas de Cuitzeo y Pátzcuaro, los Llanos de Apan y los de San Juan, y tales debieron ser, en otro tiempo, el Valle de Puebla, y el de Toluca. En todas estas hoyas existieron lagos.

Las muy numerosas fallas paralelas al litoral del Océano Pacífico y las que siguieron la

dirección de la Sierra Madre Oriental sobre el Escudo Mixteco, alojaron cuencas lacustres: el Valle de Oaxaca fue un lago y, en forma análoga, hubo lagos de las cuencas superiores de los afluentes del río de las Balsas, del Verde y del Papaloapan.

La disposición de la Sierra Madre Occidental en series de cadenas paralelas, originó la formación de valles longitudinales aislados unos de otros, en los que hubo lagos.

A la existencia de las cuencas lacustres se deben las enormes masas de conglomerados rojos que cubren áreas muy extensas de la parte sur de la Altiplanicie; también los hay sobre la Sierra Madre Occidental, en el Escudo Mixteco y en el Valle de Tehuacán, que ocupa una gran línea de fractura situada al oeste de la Sierra de Zongolica. En la vertiente sur del Eje Volcánico, los poderosos depósitos de la formación Cuernavaca, formados por gruesos cantos rodados, son una prueba evidente de la existencia de lagos; en la parte W. de la misma vertiente, la estratificación de los productos clásticos arrojados por los volcanes, sólo se explica por la presencia de cuencas lacustres en las que los fragmentos quedaron depositados. En la misma forma se originó la toba volcánica llamada "xalnene", típica del Valle de Puebla, y los grandes depósitos de tepetate, también una toba volcánica, de la Cuenca de México.

Playas y conos de deyección sirven para delimitar el área que los lagos ocuparon y su proceso de extinción.

La emersión que se inició en el Plioceno produjo alteraciones importantes en el modelado de la República Mexicana: los depósitos sedimentarios acumulados a lo largo de los litorales sufrieron flexiones. Estos sedimentos son cada vez más modernos al acercarse al litoral. Se formaron líneas de cordón litoral que limitan albuferas particularmente extensas en el litoral del Golfo de México, en el litoral sur del Istmo de Tehuantepec y en

algunas partes del litoral este del Golfo de California. Al mismo proceso se debe la existencia de dunas o médanos que actualmente están alejados del litoral, pero que fueron dunas litorales, en la región húmeda que se inclina al Golfo de México.

El movimiento de emersión debe haber sido intermitente y de amplitud variable, como lo demuestra la existencia de terrazas litorales no equidistantes.

El movimiento de ascenso hizo descender considerablemente el nivel de base de los ríos de las vertientes exteriores, con lo que la pendiente de esos ríos se hizo más pronunciada y su capacidad de excavación aumentó. Profundizaron entonces sus canales en forma muy intensa y tallaron sobre las vertientes de las montañas, valles muy inclinados. Al progresar el trabajo erosivo, las cuencas de los ríos se ampliaron, con lo que el volumen de los aluviones y su depósito en las desembocaduras tuvo un gran aumento.

Mientras que los ríos de las vertientes oceánicas tenían las alteraciones que acaban de señalarse, los de las vertientes interiores proseguían su evolución normal, puesto que al subir también sus respectivos niveles de base, el desnivel entre las cotas extremas de sus perfiles longitudinales se mantenía constante.

Al crecer las cuencas de los ríos de las vertientes exteriores, invadieron las cuencas interiores. Las aguas de las regiones invadidas, al ser solicitadas a la vez por ambos ríos, escurrieron hacia el que tenía mayor capacidad erosiva, es decir, hacia las vertientes exteriores, con lo que la mayor parte de las cuencas interiores quedaron capturadas y los lagos desecados por canalización. Los fondos de los lagos desecados son actualmente llanuras ligeramente inclinadas, en los que el tallado de los canales continúa, cortando los sedimentos lacustres.

Los fenómenos de captura han coordinado las cuencas de ríos primitivamente independientes, para formar grandes ríos que desembocan en los mares. La intensidad erosiva de los ríos, que depende en gran parte de la inclinación de su canal de escurrimiento, variaba mucho de uno a otro antes de la captura, porque cada uno tenía su propio nivel de base. Después de la captura, los procesos erosivos prosiguieron con mucho mayor energía porque el nivel del mar sustituyó, como nivel de base, a los niveles particulares situados a diferentes alturas. Fue así como se formaron las cuencas del río de las Balsas, que coordinó una serie de cuencas lacustres que se extendían de este a oeste entre el Eje Volcánico y la Sierra Madre del Sur; del río Lerma-Santiago que coordinó las cuencas situadas entre la Sierra Madre Occidental, las Sierras de Zacatecas y el Eje Volcánico; el río Pánuco, cuyos formadores corren entre la Sierra Madre Oriental, las Sierras de Zacatecas y el Eje Volcánico y, en la misma forma, quedaron organizadas las cuencas de los ríos Papaloapan, Yaqui, del Fuerte y Grijalva, entre otros.

No todas las cuencas evolucionaron de igual manera: las de la parte de la Altiplanicie que queda al norte de las Sierras de Zacatecas, se han ido secando a causa del déficit cada vez mayor, entre el total de las precipitaciones y la intensa evaporación. Por esta causa, las antiguas cuencas lacustres son, en la actualidad, llanuras débilmente inclinadas hacia los vasos de los lagos desecados. Estas llanuras se llaman bolsones; los ríos son verdaderos *ueds* (cauce de torrentes en los desiertos), incapaces de arrastrar el enorme volumen de aluviones que antes acarreamos y que cubre la superficie de la llanura; los lagos se han convertido en charcas temporales. Sólo los ríos que reciben agua de la Sierra Madre Occidental, cadena muy elevada, tienen verdadera importancia: el Nazas, el Aguanaval y el Conchos, este último capturado por el río Bravo.

Algunas cuencas lacustres subsisten todavía: unas porque las montañas que las rodean no han podido ser cortadas, como ocurre con las pequeñas cuencas situadas en la parte norte de la Sierra Madre Occidental y en la parte oeste del Eje Volcánico; otras, porque los ríos captores no han tenido capacidad suficiente para realizar la captura, como sucede en los Llanos de Apan y los Llanos de San Juan.

Los ríos que de la Sierra Madre Occidental bajan al Golfo de California y al Océano Pacífico, salen de la Sierra por estrechas y profundas cortaduras, normales a la dirección de la cadena, que reciben el nombre de quebradas.

Los que drenan la Sierra Madre del Sur y los del Escudo Mixteco que desembocan en el Océano Pacífico, han cortado la Sierra para salir al mar, formando cañadas muy angostas. En la vertiente del Golfo de México el modelado del valle inferior de los ríos es diferente porque las lluvias son muy abundantes, el perfil transversal de los valles ha podido ampliarse y la cuenca inferior de los ríos se abre ampliamente hacia la llanura litoral; es así como se ha formado la fértil región conocida con el nombre de las Huastecas

CLIMA

Las latitudes extremas de la República Mexicana, 14° y 32° N, equidistan del Trópico de Cáncer; por lo tanto, este círculo pasa por la parte media del país y, por esto, la República se encuentra dentro de la zona subecuatorial, tropical y subtropical del Hemisferio Norte. Esta circunstancia y la situación del país respecto al Mediterráneo Americano, son factores muy importantes en su régimen de vientos y de precipitaciones; en la distribución de las temperaturas ejerce mayor influencia la variación en la altitud que la latitud.

Una línea que partiera del extremo sur de la Baja California hacia la Sierra Madre Occidental y que, después de pasar por las Sierras de Zacatecas saliera al Golfo de México a la latitud del Trópico de Cáncer, pudiera ser llamada, con toda propiedad, Trópico Climatológico, porque sirve para delimitar fenómenos climatológicos muy importantes: al sur de ella, la curva de 1 000 m fija el límite entre los climas cálidos y los semi-cálidos; al norte, es la curva de 700 m. Las regiones situadas al sur, carecen de verdadero invierno, mientras que las que quedan al norte tienen ya una estación fría bien marcada.

La curva de 1 500 m separa los climas semi-cálidos de los templados, y la de 2 500 m, los templados de los semifríos.

Los vientos dominantes son los del NE, puesto que la mayor parte del país está situada al sur del paralelo 30°, esto es, en la zona de los alisios del Hemisferio Norte. La región NW de la Altiplanicie y la parte norte de la Baja California recibe, en invierno, el sople de las brisas del Oeste.

Los alisios, después de haber atravesado el Golfo de México donde se cargan de humedad, van a chocar contra la vertiente este de la Sierra Madre Oriental y la norte de las Sierras Septentrionales de Chiapas, fenómeno que provoca la condensación del vapor de agua y, por lo mismo, precipitaciones muy intensas. El máximo de pluviosidad está localizado en la zona situada entre los 100 y los 1 500 m de altitud.

Los vientos, ya casi desprovistos de humedad, pasan las sierras antes citadas: la Sierra Madre Oriental y las Sierras Septentrionales de Chiapas separan regiones que difieren mucho por su jerarquía de humedad; casi sin transición se pasa de tipos de climas húmedos, a climas esteparios y aun desérticos.

Afortunadamente, muchas regiones situadas al oeste de la Sierra Madre Oriental y al sur de las Sierras Septentrionales de Chiapas no tienen climas esteparios o desérticos, gracias a las lluvias que les proporcionan los ciclones antillanos, cuyas trayectorias están determinadas por las diferencias de presión, debidas al calentamiento muy intenso que en el verano tienen las tierras que cierran por el norte el Golfo de México, y a las temperaturas menos elevadas de los mares de las Antillas y el Caribe. Estas perturbaciones chocan contra las vertientes meridionales de la Sierra Madre del Sur, del Eje Volcánico y de las Sierras de Zacatecas, y producen en ellas precipitaciones; aumenta la intensidad de las lluvias en las regiones situadas sobre la vertiente del Golfo de México, y hacen húmedos los climas de las vertientes exteriores de la parte sur de la Sierra Madre Occidental y la región este de la Sierra Madre de Chiapas.

Hacia los centros de baja presión, situados en invierno en el Golfo de Tehuantepec y los mares de las Antillas y Caribe, soplan las ondas frías, perturbaciones que tienen su origen en el centro de alta presión de Manitoba. Estos vientos son fríos y secos para casi todo el país, con excepción de la parte norte del Istmo de Tehuantepec, la vertiente norte de las Sierras Septentrionales de Chiapas, las Llanuras Tabasqueñas y la península de Yucatán, adonde llegan después de atravesar el Golfo de México. En estas regiones se les conoce con el nombre de "nortes".

La parte norte de la Altiplanicie y la Baja California tienen climas esteparios y desérticos. Algunos ciclones las atraviesan; pero llegan a ella después de que han dejado su humedad en las vertientes meridionales de la Sierra Madre del Sur, del Eje Volcánico y de las Sierras de Zacatecas.

El examen brevísimo que antecede de los caracteres generales del relieve y de los cli-

mas de la República Mexicana, justifica la división de su territorio en las siguientes regiones o provincias físicas:

1. Altiplanicie Mexicana.
2. Sierra Madre Oriental.
3. Sierra Madre Occidental.
4. Sierra Madre del Sur.
5. Cuencas Superiores de los ríos Balsas, Papaloapan y Verde.
6. Región Istmica.
7. Península de Yucatán.
8. Península de Baja California.

REGIONES FÍSICAS

Altiplanicie Mexicana

La estructura de la Altiplanicie Mexicana es el resultado de los fenómenos orogénicos que han tenido lugar a partir del Triásico Superior y de la existencia de dos grandes islotes o pequeños continentes que actuaron como pilares en los que tuvieron apoyo los empujes orogénicos: la Llanoria y la Tierra de Zacatecas.

La Llanoria, emergida desde el Proterozoico, ocupó el NE de la Altiplanicie Mexicana, la parte sur de las Grandes Llanuras y de la Llanura Costera de los Estados Unidos hasta la desembocadura del Mississipi, y la superficie de la actual plataforma continental de esta región. La tierra de Zacatecas emergió a fines del Triásico Superior, al plegarse los sedimentos depositados en este período, y no ha vuelto a sumergirse.

A partir del Jurásico Inferior, los bordes de la Península de Coahuila, extremo SW de la Llanoria, comenzaron a sumergirse y a ser cubiertos por sedimentos depositados por el mar que se extendía entre la Península y la Tierra de Zacatecas. Un ligero plegamiento afectó estos sedimentos al finalizar el Cretácico Medio.

En el Cretácico Superior los mares cubrieron

la mayor parte de la Llanoria e intensos plegamientos formaron sierras cuya dirección general NW-SE quedó modificada muchas veces, al desviarla la Tierra de Zacatecas; de manera que no constituyen un sistema organizado, sino que son sierras aisladas sin aparente conexión unas con otras.

El ciclo de erosión originado por el intenso movimiento de ascenso del Eoceno, convirtió la Altiplanicie en una penillanura. Una nueva emersión que data del Plioceno Superior, parece que continúa actuando.

Esta última fase de actividad provocó la formación de numerosas fallas a lo largo de las sierras plegadas y sobre la Tierra de Zacatecas. Intensas manifestaciones volcánicas y grandes intrusiones fueron la consecuencia de los fenómenos anteriores y han sido uno de los factores más importantes de la morfología de la Altiplanicie; los grandes derrames de lavas cubrieron en algunas regiones el relieve primitivo y modificaron totalmente el desarrollo de los fenómenos erosivos.

Sobre la Tierra de Zacatecas, enormes acumulaciones de riolitas, que en la mayoría de los casos salieron por grietas y pocas veces por chimeneas, formaron las sierras a las que genéricamente hemos dado el nombre de Sierras de Zacatecas. En el borde sur de la Altiplanicie, a través de las rocas muy afalladas del Cretácico Medio, surgieron grandes cantidades de lavas andesíticas, riolíticas y basálticas que formaron infinidad de conos y corrientes, casi desde el litoral del Océano Pacífico hasta el Golfo de México. Los mayores conos están formados por andesitas; entre ellos pueden citarse de este a oeste el volcán y el Nevado de Colima, el Pico de Tancítaro, el Quinceo, el Cerro de San Andrés, el Nevado de Toluca, los volcanes de la Sierra del Ajusco, el Popocatépetl, el Iztaccíhuatl, la Malinche, el Pico de Orizaba y el Cofre de Perote. Los conos formados por los volcanes basálticos son muchos menos elevados, arrojaron grandes cantida-

des de lavas muy fluidas que se extendieron formando mantos llamados pedregales, que en ocasiones están constituidos por numerosas emisiones superpuestas.

Grandes áreas están cubiertas por tobas y cenizas volcánicas; numerosos cráteres de explosión, que reciben el nombre de "xalapascos", son formaciones típicas de los Llanos de San Juan que están situados entre la Malinche, el Pico de Orizaba y el Cofre de Perote, y del Valle de Santiago que se encuentra en la parte media de la vertiente norte del Eje Volcánico.

Los manantiales termales son muy numerosos, tanto en el Eje Volcánico como en las sierras que forman parte del sistema de Zacatecas.

Las Sierras de Zacatecas constituyen un parteaguas que divide a la Altiplanicie en dos regiones, cuya evolución ha sido diferente: la parte norte, región de los bolsones, de climas esteparios y desérticos, y la parte sur, en la que se han coordinado, por capturas, las cuencas de dos ríos muy importantes: el Lerma-Santiago al oeste y el Pánuco al este.

La región de los bolsones, con intensas oscilaciones de temperatura debidas a la sequedad ambiente y a que está expuesta, directamente, al paso de las ondas frías, tiene precipitaciones muy escasas que caen en forma esporádica y violenta y provocan crecientes intensas y rápidas de los ríos, casi siempre secos, durante las cuales hay un arrastre enorme de aluviones que el río se ve obligado a abandonar y que van azolvando los cauces y formando depósitos en los que las aguas se infiltran.

Los ríos que nacen en la Sierra Madre Occidental y en la unión de ésta con las Sierras de Zacatecas son los únicos de verdadera importancia: el Conchos que fue capturado por el Bravo y que, por esto, pertenece a la vertiente del Golfo de México, y

los ríos Nazas y Aguanaval que antes desembocaban respectivamente en las lagunas de Mayrán y de Parras, ahora desecadas, cuyos aluviones han formado la fértil región conocida con el nombre de Comarca Lagunera.

La sequedad del clima, los depósitos de aluviones no consolidados y la fragmentación de las rocas por las oscilaciones diurnas de la temperatura, han favorecido la formación de dunas (médanos) y de depósitos de loes (légamos).

El medio geográfico de la parte sur de la Altiplanicie difiere considerablemente del de la región norte, a causa de los factores climatológicos y de la mayor intensidad de los fenómenos volcánicos.

Sobre el Eje Volcánico, como ya se dijo, quedan localizadas numerosas y pequeñas cuencas. Todas ellas fueron, primitivamente, cuencas cerradas, cuyas partes bajas ocupaban, total o parcialmente, lagos a los que afluían las aguas que bajaban de sus respectivos cerros montañosos. Algunas conservan este régimen, entre otras las pequeñas cuencas lacustres de Michoacán, los Llanos de Apan y los Llanos de San Juan; otras han sido llevadas, por captura, al drenaje oceánico, y sus lagos han desaparecido por canalización. A este tipo pertenecen el Valle de Puebla, en donde tiene su origen el río de las Balsas y el Valle de Toluca, en donde nace el río Lerma. La cuenca de México, que está situada entre los valles de Puebla y Toluca, ha sido drenada hacia el río Pánuco por medio de un canal y un túnel que llevan, fuera de la cuenca los excedentes de aguas, para evitar las inundaciones de la Ciudad de México, que ocupa su parte más baja. El régimen hidrológico de la Cuenca de México ha sido, por lo mismo, modificado por una captura artificial que ha desecado, casi totalmente, los lagos que en ella existían: Texcoco, Zumpango, Xaltocan, San Cristóbal, Xochimilco y Chalco, de los

cuales sólo subsisten el de Xochimilco, ya muy mermado y, parcialmente, el de Zumpango que se utiliza para regularizar el escurrimiento de las aguas del canal de desagüe por el túnel que las saca fuera de la Cuenca.

Como consecuencia de la dirección NW-SE de las Sierras de Zacatecas, una extensa región está localizada entre estas sierras, la Sierra Madre Occidental y el Eje Volcánico, en tanto que otra, mucho más angosta, está situada en el ángulo SE de la Altiplanicie en el que se unen la Sierra Madre Oriental, y el Eje Volcánico con las Sierras de Zacatecas. La primera es la cuenca de Lerma-Santiago; la otra es la cuenca del río Pánuco.

En la cuenca del Lerma-Santiago las mayores precipitaciones ocurren sobre las vertientes de las Sierras de Zacatecas, que es normal a la dirección de los vientos húmedos; por esta causa, en ellas se originan ríos que corren de norte a sur. Estos ríos primitivamente independientes, se vertían en lagos situados al pie del Eje Volcánico, a los que llevaban fértiles aluviones producidos por el desgaste de las rocas volcánicas en que las corrientes tallaron sus valles.

Al intensificarse la erosión fluvial por el ascenso del Continente en el Plioceno, los ríos fueron capturados uno después de otro por un nuevo cauce paralelo al Eje Volcánico que desecó los lagos al canalizarlos, y convirtió a los ríos en afluentes suyos. Los sedimentos depositados por los lagos forman una fértil llanura llamada el Bajío. La última en ser capturada fue la cuenca que estuvo alojada en el Valle de Toluca; su captura tuvo lugar a través de la estrecha cortadura de la Cañada de Ixtlahuaca.

El Lago de Chapala que tiene una cuenca de alimentación más amplia, y que está probablemente alojado en una fosa tectónica, es el único de los lagos de este tipo que ha subsistido, aun cuando su caudal está muy

mermado en la actualidad. El río Lerma, después de atravesar el Bajío, entra al Lago de Chapala, de donde sale el río Santiago que, con fuertes desniveles, corre en el fondo de grandes barrancas y, muy encajonado, atraviesa la Sierra Madre Occidental para desembocar en el Océano Pacífico.

La región que del Bajío y los valles de los afluentes del Lerma-Santiago sube a las Sierras de Zacatecas, es conocida con el nombre de Los Altos.

El río Moctezuma-Pánuco nace en la vertiente norte de las sierras que limitan por el norte la Cuenca de México; corre encajonado por la región muy seca situada al pie de la vertiente interior de la Sierra Madre Oriental, y sale de la Altiplanicie por barrancas fuertemente inclinadas que se abren ampliamente hacia la llanura del Golfo de México.

La intensidad de los fenómenos volcánicos en la Altiplanicie explica la abundancia de vetas y filones metalíferos que están localizados principalmente en los lugares en que la Tierra de Zacatecas y las sierras plegadas que la rodean han sido afectadas por fenómenos volcánicos, esto es, en el contacto de ellas con las sierras de Zacatecas y el Eje Volcánico. En la primera se encuentran los distritos mineros de Fresnillo, Sombrerete, Zacatecas, Mazapil, Concepción del Oro. Catorce, Guadalcázar, Guanajuato y Pachuca; en la segunda, los del Oro, Tlapujahua, Temascaltepec y Taxco.

Sierra Madre Occidental

El sistema montañoso que limita a la altiplanicie por el oeste y cuya vertiente exterior se inclina hacia el Océano Pacífico, es la Sierra Madre Occidental. Está formada por series de cadenas sensiblemente paralelas de flancos occidentales muy pendientes, que son cada vez más altas de oeste a este. Su parte más elevada, las Cumbres del Gato, está

situada en los paralelos 26° y 28°.

En su parte NW, las montañas no forman series continuas, son grupos de colinas y pequeñas sierras que han sufrido una erosión muy intensa, pero que tanto por la dirección de sus ejes, como por la disposición de los ríos que corren por ellas, tienen los mismos caracteres que las otras partes de la Sierra Madre. Entre las sierras se extienden planicies formadas por conos de deyección muy tendidos y por depósitos eólicos debidos al carácter desértico del clima.

Los movimientos orogénicos que afectaron las partes sur y oeste de la República Mexicana al iniciarse el Cretácico Medio, plegaron e hicieron emerger un geanticlinal que se extendió de la parte este de la Baja California a la Sierra Madre Occidental, desde la actual frontera con los Estados Unidos hasta una línea que sigue toscamente el curso inferior del río Lerma-Santiago. Los fenómenos del Cretácico Superior plegaron también la región y provocaron intrusiones batolíticas de granitos. Durante el Plioceno Superior y el Pleistoceno, un intenso movimiento de emersión dio lugar a la formación de fallas e intensificó el trabajo erosivo de los ríos por la iniciación de nuevos ciclos.

La estructura de la Sierra Madre Occidental ha sido en gran parte determinada por la abundancia de rocas ígneas: en diferentes épocas han tenido lugar emisiones volcánicas muy intensas y fenómenos intrusivos. Las emisiones terciarias y cuaternarias fueron sucesivamente de andesitas, riolitas y basaltos. Las andesitas son muy abundantes en toda la sierra: al sur del río Santiago formaron el Cerro de Tequila y han sido las que el Volcán del Ceboruco ha arrojado en sus últimas erupciones. Las riolitas ocupan, principalmente, la zona comprendida entre los paralelos 20° y 24°, sus mantos han dado lugar a la formación de amplias mesetas de las que se desciende por escalones debidos a la alternancia de capas de diferente es-

estructura. Los basaltos tienen también una distribución muy amplia en toda la Sierra; forman en ocasiones conos como los Volcanes de Ixtlán, en la parte sur y el Macizo del Pinacate en la región norte, y, a veces, extensos malpaíses; hay también corrientes con estructura columnar.

La disposición en series paralelas que parece haber sido originada por la distribución de las formaciones premesozoicas, y que se advierte ya en la dirección de los sinclinales mesozoicos, originó que, desde los movimientos orogénicos mesocretácicos, se manifestara una marcada tendencia a la formación de valles longitudinales dirigidos de norte a sur, o de NW a SE. Su desarrollo se debió a la gran altura que alcanzaron las cadenas. La abundancia de conglomerados y de capas de yeso en los valles, indica que existieron lagos a los que se tributaban los ríos que tallaron esos valles. El ascenso del Plioceno intensificó el trabajo erosivo de los ríos de la vertiente externa de la Sierra, que, al tallar valles transversales, cortaron la Sierra normalmente a su dirección con lo que capturaron a los ríos que corrían por los valles longitudinales intermontanos. Las cortaduras practicadas en la Sierra por los ríos captadores, son barrancas profundísimas, conocidas con el nombre de quebradas. Pero el fenómeno no se limitó a la captura de los valles próximos al borde exterior de la Sierra, sino que hizo que los valles longitudinales quedaran comunicados entre sí por barrancas análogas a las quebradas. Es ésta la causa de que los ríos tengan cambios bruscos de dirección que corresponden a codos de captura, y tramos paralelos unidos por barrancas estrechas y profundas.

El desarrollo de las cuencas en la parte este de la Sierra ha sido análogo, pero menos intenso, porque el nivel de base de los ríos no era el océano, sino los lagos de la Altiplanicie. Por la misma causa el parteaguas de la Sierra queda muy próximo a su borde este y, además, existen sobre esta parte de la

Sierra Madre, cuencas que no han sido capturadas.

La parte de la Sierra que queda al norte de la margen derecha del río Santiago, está cortada por una serie de barrancas encajonadas, estrechas y profundas, por donde corren algunos de los afluentes del Santiago.

Al sur del río Santiago las cadenas no están ya dispuestas en series paralelas dirigidas de NW a SE, sino que empieza a notarse la tendencia a tomar la dirección oeste-este, dominante al sur del paralelo 20°; la dirección de las cadenas de los valles cambia mucho, y el relieve es muy complicado. Los ríos no corren ya por estrechos cañones de fuerte pendiente, sino por amplios valles poco inclinados. La actividad volcánica ha sido muy intensa: en esta región están localizados el Volcán del Ceboruco, el Sangangüey, el Tequila y el grupo de volcanes de la Sierra de Ixtlán.

La abundancia de cordón litoral que en algunas regiones forman dos y aun tres series, es una prueba del movimiento de emersión. Existe gran cantidad de albuferas, pero también hay excelentes bahías, por la proximidad de las montañas al mar; entre ellas las de Guaymas y Mazatlán.

Sierra Madre Oriental

La región que se inclina hacia el Golfo de México entre el Istmo de Tehuantepec y el río Bravo, está formada por varias series montañosas y por llanuras. El eje principal de las primeras, situado en el borde oeste de la región recibe el nombre de la Sierra Madre Oriental; las llanuras se extienden hacia el este y bajan suavemente al Golfo de México interrumpidas con frecuencia por series secundarias y montañas aisladas. Como la morfología de las llanuras está íntimamente relacionada con la tectónica de la Sierra Madre, es preferible examinarlas en conjunto.

La Sierra Madre Oriental tiene, al sur del paralelo 19°, una dirección bien definida de NNW a SSE; recibe en este tramo el nombre de Sierra de Zongolica. Entre los 19° y los 20°, la altura de la Sierra aumenta por la existencia de enormes volcanes: Sierra Negra, Pico de Orizaba y Cofre de Perote y está dirigida de sur a norte. Sobre el paralelo 20° la Sierra forma una especie de espolón que avanza casi hasta el litoral; desde allí hasta el paralelo 25° sigue una dirección NW-SE y es muy elevada. Sobre el paralelo 25° parece dividirse en dos partes: una de ellas, la más elevada, toma la dirección este-oeste y se interna en la Altiplanicie; la otra, mucho menos alta, formada por cadenas aisladas, continúa de SE a NW. Es esta última parte de la sierra la que obliga al río Bravo a formar la gran comba que los americanos llaman "Big Bend".

El cambio de dirección de la rama principal de la Sierra Madre Oriental a la latitud de 25° se debió a la situación de las penínsulas terminales de la Llanoria, que actuaron como directrices de los empujes orogénicos.

Al este de la Sierra Madre Oriental y más o menos paralelas a ella, se extienden series de anticlinales que forman sierras y colinas a las que se da el nombre de Sierras Frontales. Entre los 23° y 25° la llanura está interrumpida por una serie de montañas estructurales: las sierras de San Carlos y de Tamaulipas; estas estructuras se continúan hacia el sur con la célebre Faja de Oro, tan abundante en yacimientos de petróleo.

Al principiar el Cretácico Medio, intensos movimientos orogénicos plegaron enérgicamente las rocas al sur del paralelo 19°, por lo que un geanticlinal se elevó en el lugar que ocupa la Sierra Madre Oriental. Al finalizar el Cretácico Superior, el mar comenzó a retroceder hacia el este como consecuencia de la iniciación de movimientos orogénicos. Entre el río Bravo y su afluente el Salado hay capas de carbón formadas, según parece, en

lagos y pantanos litorales. Las oscilaciones de los mares mesozoicos fueron los factores determinantes de la morfología de la región; por esto, los sedimentos tienen muy diferentes facies, fenómeno muy importante para la localización de los mantos petroleros.

La actividad tectónica que formó la Sierra Madre Oriental se intensificó al finalizar el Eoceno; al terminar el Mioceno, la formación de la Sierra estaba concluida.

Fenómenos volcánicos importantes afectaron la Sierra y las llanuras en diferentes épocas: como observación general puede decirse que en la parte situada al norte del paralelo 20° los fenómenos intrusivos fueron más frecuentes que los eruptivos; al sur del propio paralelo estos últimos tienen una importancia excepcional. Las intrusiones se manifestaron en filones, diques y lacolitos. Los cuellos basálticos son muy numerosos al sur de la Sierra de Tamaulipas, uno de los más notables es el Bernal de Horcasitas, formado por una columna basáltica de 1 km de diámetro y 600 m de altura. Mesas basálticas están localizadas entre la parte sur de la Sierra de Tamaulipas y las Sierras Frontales y al norte de la Sierra de San Carlos.

Entre los paralelos 19° y 20°, grandes cantidades de material volcánico cubren la Sierra Madre Oriental. Sobre la parte más elevada de los plegamientos se formaron enormes conos andesíticos; sucesivamente aparecieron el Cofre de Perote, la Sierra Negra y el Pico de Orizaba. Pequeños conos se encuentran en la vertiente este de estas montañas.

Separada de la Sierra de Zongolica por la extensa llanura de los ríos Papaloapan y San Juan, y muy próxima al litoral, hay una pequeña cadena volcánica formada por rocas basálticas: la Sierra de San Martín. La parte central de la Sierra tiene una depresión, que se inclina hacia la llanura del

Papaloapan y que está ocupada por el Lago de Catemaco. Uno de los mayores volcanes de la Sierra es el de San Andrés, situado en la parte oeste.

La actividad tectónica que hizo emerger la región, al intensificar la capacidad erosiva de los ríos, provocó el tallado de profundas y amplias barrancas y el depósito de grandes cantidades de aluviones que cubren en gran parte las formaciones mesozoicas y cenozoicas de la llanura. Particularmente importante ha sido la acumulación de aluviones en la región comprendida entre la Sierra de Zongolica y la de San Martín, en donde la llanura tiene una gran amplitud; estos acarrees han sido efectuados principalmente por el río Papaloapan y sus afluentes.

Como consecuencia de la escasa inclinación de la llanura y de que la extensa plataforma continental que la prolonga es muy tendida, grandes líneas de cordón litoral, que limitan extensas albuferas, han podido formarse. La dirección de los vientos y de las corrientes marinas también ha incrementado la formación del cordón.

La escasa intensidad de las mareas y el arrastre de aluviones son la causa de que todos los ríos desemboquen formando barras.

Sierra Madre del Sur

Las series de cadenas que constituyen la Sierra Madre del Sur forman el borde meridional del Escudo Mixteco y están tan próximas al litoral, que no existe realmente llanura costera, de modo que, en algunas partes, los flancos de las montañas bajan directamente al Océano Pacífico.

La cordillera se extiende al sur del paralelo 19°, desde la Sierra de Coalcomán, que está situada al sur de la zona comprendida entre los volcanes de Colima y el Pico de Tancitaro, hasta la región del Zempoaltépetl, en la que los empujes orogénicos que la hicieron

surgir encontraron, al chocar contra el Escudo Mixteco, a los que dieron origen a la parte sur de la Sierra Madre Oriental, dando lugar, así, a la formación de la serie de sierras muy elevadas cuyas direcciones parecen no seguir orden alguno.

Dos rasgos muy bien definidos caracterizan el relieve de la Sierra Madre del Sur:

1° La existencia de valles paralelos a la dirección del litoral del Océano Pacífico, alojados unos entre los pliegues de las cadenas que forman la cordillera, y otros, sobre la línea que separa la Sierra Madre del Sur de la vertiente sur del Eje Volcánico al oeste, y del Escudo Mixteco al este.

2° Una serie de cañadas muy estrechas que cortan a la Sierra normalmente a su dirección, por las que los ríos salen de la Cordillera al Océano Pacífico. Al pasar de los valles antes mencionados a las cañadas, los ríos cambian bruscamente la dirección oeste-este por la norte-sur.

El plegamiento que formó la Sierra Madre del Sur se inició en el Cretácico Superior y tuvo sus fases finales en el Eoceno. La intensidad del fenómeno provocó la formación de fallas que siguen, casi siempre, la dirección de los ejes de los sinclinales, esto es, la paralela al litoral; estos ejes sirvieron de directrices al drenaje en la Sierra. El examen de las curvas batimétricas de esta región, muestra que muy próximas al litoral existen profundas fosas oceánicas. Intrusiones batolíticas de granodiorita tuvieron lugar a lo largo de los anticlinales.

Los movimientos de ascenso que afectaron a todo el país a partir del Eoceno y que se intensificaron en el Plioceno al aumentar la pendiente de los ríos de la vertiente oceánica de la Sierra, incrementaron su capacidad de excavación, lo que les permitió tallar las estrechas cañadas que antes han sido mencionadas y llevar al Pacífico por capturas

sucesivas, no sólo las aguas de las cuencas intermontanas, sino las de las cuencas lacustres que existieron sobre el Escudo Mixteco y las localizadas en la vertiente sur del Eje Volcánico.

La formación de terrazas a lo largo del litoral, fue también originada por la emersión a la que la Sierra estuvo sujeta.

La proximidad de la Sierra al litoral ha permitido la formación de excelentes bahías, entre otras pueden mencionarse la de Acapulco y la de Zihuatanejo.

Cuencas Superiores de los Ríos Balsas, Papaloapan y Verde

Entre el Eje Volcánico, la Sierra Madre del Sur y la Sierra Madre Oriental está localizada una región muy importante cuyo relieve no ha podido ser satisfactoriamente explicado porque no se ha hecho un análisis cuidadoso de sus caracteres esenciales y del contraste tan marcado que existe entre estos caracteres y los de las regiones que las rodean. En efecto, al observar una carta hidrográfica de la parte sur de la República Mexicana, se advierte que, además de los cambios de dirección que antes han sido mencionados al hablar de los ríos que de la Sierra Madre del Sur van al Océano Pacífico, existen cambios de dirección también muy marcados al pasar los ríos del Escudo Mixteco y de la vertiente sur del Eje Volcánico a las líneas que separan estas regiones de las Sierras Madre Oriental y del Sur. Por otra parte, mientras que en su curso medio los ríos corren por valles estrechísimos, verdaderos cañones muy profundos y de paredes abruptas, en su curso superior sus valles son amplios y poco inclinados.

Las observaciones anteriores sugieren que los cursos medios de los ríos fijan una línea de demarcación entre regiones afectadas por ciclos de erosión de edades diferentes, y que el relieve del Escudo Mixteco era ya el re-

sultado de pliegues y fallas muy intensos y de una erosión muy enérgica cuando las Sierras Madres aun no se habían formado. Los empujes orogénicos que dieron origen a las dos Sierras, se apoyaron en el Escudo Mixteco y, como consecuencia, éste sufrió un afallamiento muy intenso. Las fallas del escudo pueden agruparse toscamente en dos sistemas principales: son paralelas unas a la Sierra Madre Oriental, y otras, a la Sierra Madre del Sur.

La más importante de las fallas es la que formó el valle de Tehuacán, situado entre el borde este del Escudo Mixteco y la Sierra de Zongolica.

La formación de las fallas ocasionó también una intensa actividad volcánica.

El carácter marginal de las dos Sierras Madres respecto al Escudo Mixteco y a la vertiente sur del Eje Volcánico, favoreció la formación de cuencas lacustres que ocuparon las partes menos elevadas y las regiones afectadas por fracturas. Un lago, largo y angosto, ocupó el valle de Tehuacán; probablemente el valle de Oaxaca estuvo también ocupado por un lago, y muchos otros estuvieron localizados en los sistemas de fallas del Escudo.

La formación del Valle de Tehuacán, situado a menor altura que el Escudo Mixteco, obligó a fluir hacia el lago que lo ocupaba a los ríos del borde NE del Escudo y a los de la vertiente interior de la Sierra Madre Oriental. La gran inclinación de los sinclinales por los que estos últimos corren, hizo que pudieran ser tallados cañones muy profundos de los que el más conocido es el de Tomellín. Los ríos del borde este del Escudo (Sierra de Zapotitlán) tallaron también cauces muy profundos y capturaron a los ríos que primitivamente desembocan en los lagos situados en la parte este del Escudo.

El tantas veces mencionado movimiento de

emersión de la República que principió en el Eoceno tuvo como resultado la captura de las cuencas lacustres para el drenaje oceánico, con lo que las tres grandes cuencas de los ríos Verde, Papaloapan y Balsas quedaron coordinadas a expensas de las pequeñas y numerosas cuencas primitivamente independientes. El proceso de evolución de los tres ríos es casi idéntico: no hay diferencia apreciable entre la morfología del Cañón de Santo Domingo que al cortar la Sierra Madre Oriental da salida a las aguas de los ríos Salado y Quiotepec, formadores del Alto Papaloapan, la Cañada de Coahuayutla por la que el río de las Balsas atraviesa la Sierra Madre del Sur y el Cañón del Río Verde, que también corta a esta Sierra.

Región ístmica

La región situada entre el Istmo de Tehuantepec y la frontera con Guatemala puede ser llamada con toda propiedad región ístmica porque el angostamiento del Continente, aunque no tan marcado como en el Istmo de Tehuantepec, se manifiesta en toda ella.

Esta región queda morfológicamente dividida en cinco zonas dispuestas en fajas paralelas al litoral del Océano Pacífico, esto es, dirigidas de WNW a ESE; mencionadas de sur a norte estas zonas son: la Sierra Madre de Chiapas, la Depresión Central, las Mesetas Centrales, las Sierras Septentrionales y las Llanuras de Tabasco. En general hay una marcada correspondencia entre la morfología de cada zona y la edad de los depósitos sedimentarios que en ella dominan: a medida que se avanza de sur a norte son estos más recientes.

La Sierra Madre de Chiapas tiene dos rasgos morfológicos peculiares: una gran diferencia de la inclinación de sus vertientes y una gradual disminución en altura de SE a NW. La vertiente sur es muy inclinada y sobre ella existen terrazas litorales escalonadas; los aluviones acarreados por los ríos han for-

mado una llanura costera que se angosta de SE a NW. En su parte este la Sierra Madre ha sido afectada por fenómenos volcánicos muy intensos; sobre ella está el Volcán del Tacaná, enorme cono de rocas andesíticas.

Al norte de la Sierra Madre se extiende la Depresión Central, llanura ligeramente ondulada que, contrariamente a la Sierra, se inclina de NW a SE y por la que corre de este a oeste el río Grande de Chiapa, formador del Grijalva, en un cauce cada vez más encajonado a causa de la inclinación de la Depresión. Hacia la Depresión bajan, de la Sierra Madre, los valles de los afluentes del río Grande de Chiapa.

Un gran acantilado de calizas cretácicas casi verticales forma el límite norte de la Depresión, es el flanco de una gran flexión formada por el movimiento ascendente que dio origen a las Mesetas Centrales. En éstas, las rocas calizas tienen una posición casi horizontal. Un sistema de fallas paralelas a la Depresión ha originado la formación de cañones al acelerar el desarrollo del ciclo kárstico; por estos cañones corren hacia el este, ríos que van al Lacantún, afluente del Usumacinta. Otro sistema de fallas, casi perpendiculares a las que acaban de citarse, formó la Depresión de Ixtapa, que divide en dos secciones a las Mesetas; inició la formación del Cañón del Sumidero por donde el río Grande de Chiapa sale de la Depresión y, probablemente, originó la formación del cauce del río Lacantún.

Fenómenos volcánicos formaron, sobre las Mesetas, los conos del Zontehuitz y el Hueytepec.

El borde norte de las Mesetas es una región de rocas terciarias intensamente plegadas en la que la muy intensa humedad debida a la abundancia de las precipitaciones ha producido una gran alteración: son las Sierras Septentrionales de Chiapas, cuyas últimas estribaciones descienden hacia las Llanuras

de Tabasco y hacia el Petén. De estas Sierras proceden poderosos ríos que corren de sur a norte para unirse en las Llanuras de Tabasco al sistema de los ríos Grijalva y Usumacinta.

Las Llanuras de Tabasco han sido llamadas con toda justicia Delta Tabasqueño porque, en efecto, han sido formadas por los depósitos aluviales de ríos primitivamente independientes que, al crecer la llanura, han quedado unidos en la parte baja de sus cuencas y forman el sistema Grijalva-Usumacinta. La escasa inclinación de la llanura, el gran caudal de los ríos y la enorme cantidad de aluviones que arrastran, hacen los cauces muy inestables y provocan la formación de infinidad de lagunetas llamadas "popales".

Península de Yucatán

La península de Yucatán es una loza caliza casi plana que se inclina de SE a NW, bordeada al este por el Mar de las Antillas y al norte y el oeste por el Golfo de México. Los empujes orogénicos que tuvieron lugar del Cretácico Superior al Eoceno, al ser desviados por los Montes Mayas, formaron amplios pliegues muy poco elevados, que probablemente sirvieron de fundamento a la meseta de escasa elevación que constituye la parte central de la península y a las ligeras elevaciones de su parte oeste que reciben el nombre de Sierra.

La permeabilidad de las rocas calizas impide la formación de corrientes y depósitos de agua en la superficie de la península: la circulación de las aguas es toda subterránea. Los cambios en la profundidad de los mares que cubrieron hasta el Plioceno la península, ocasionaron la formación de depósitos sedimentarios de diferente estructura y, por lo mismo, de diferente grado de permeabilidad, por lo que el manto subterráneo de agua no tiene un nivel uniforme en toda la península, y el desarrollo del proceso kárstico no puede seguir su proceso natural de evolución.

Durante el Plioceno se formaron numerosas fallas paralelas a la dirección del litoral del actual Mar de las Antillas. En ellas están alineadas las Bahías de la Ascensión, del Espíritu Santo y de Chetumal, el Lago Bacalar, el río Hondo y la serie de escalones, probablemente escarpas de falla, por las que se desciende de la pequeña meseta central de la península hacia la región baja que la rodea.

La circulación de esta agua a través de cavernas, ocasiona el desgaste de la parte superior de éstas por disolución de las calizas. Al hundirse el techo de las cavernas, queda accesible el manto de agua en el fondo de cavidades cónicas o en pozos dentro de una gruta, que reciben el nombre de "cenotes", equivalente regional de dolina. La evolución de las dolinas en las regiones afalladas, forma los *akalchés*, bajos ocupados por pantanos; en los lugares en que la diferente estructura de las calizas permite que se formen depósitos suspendidos, hay pequeñas charcas llamadas aguadas.

Península de la Baja California

El rasgo estructural más importante de la Baja California es la existencia de una serie montañosa que sigue la dirección NW-SE dominante en la Península a la que parece servir de espina dorsal en toda su longitud, y que está formada por cadenas que se suceden unas a otras, separadas por valles y puertos. La parte más alta está al norte en las Sierras de Juárez y San Pedro Mártir, de donde se desprenden sierras secundarias que avanzan hacia el litoral del Pacífico. A la latitud de 24° una depresión separa, del resto de la serie, las montañas que forman el extremo sur de la península. Éstas se acercan al pacífico sobre el que proyectan cabos muy empinados, en tanto que su vertiente este es tendida.

Las sierras bajan al Golfo de California por escarpas de diferente inclinación que marcan

la existencia de varias líneas litorales originadas por emersiones sucesivas. La vertiente oeste está formada por una serie de cerros y mesas cuyo conjunto se inclina suavemente hacia el Pacífico. Las Sierras de la Baja California fueron formadas por plegamientos que tuvieron lugar al iniciarse el Cretácico Superior.

La gran emersión del Plioceno y el Pleistoceno originó una intensa actividad volcánica. Los basaltos y las riolitas son las rocas más abundantes en la vertiente del Pacífico; en la del Golfo de California hay, además, andesitas. Sobre el paralelo 27°, en una cadena volcánica que avanza hacia el oeste está el Volcán de las Tres Vírgenes.

Además de los fenómenos eruptivos, intrusiones de proporciones batolíticas de granitos, granodioritas y dioritas tuvieron lugar.

Un fenómeno muy importante en la Baja California es la existencia de fallas que si-

guen dos direcciones: unas, las más importantes, de norte a sur, o más bien de NNW a SSE, otras, de carácter secundario, de WNW a ESE. A este sistema de fallas se debe la dirección actual del litoral y la formación de lenguas y puntas que cierran grandes bahías, entre otras, la de Sebastián Vizcaíno, situada en la parte media del litoral del Pacífico.

A causa de la sequedad del clima, los valles sumergidos que la emersión hizo aflorar, no han podido evolucionar normalmente, sus fondos están cubiertos por arenas y gravas que las corrientes no han tenido capacidad para acarrear. La eterna oscilación diurna de la temperatura desintegra las rocas y forma fragmentos angulosos; el material de acarreo de los arroyos muestra que no ha estado sometida a la acción continua de una corriente, sino a avenidas ocasionadas por tormentas esporádicas.