

Capítulo VII

VII - Rocas Sedimentarias

Sin lugar a dudas, la juventud geológica del territorio nacional y su constitución geológica asociada a la evolución de las dos márgenes del continente americano, han dado preponderancia a la generación y conservación de las rocas sedimentarias, como puede apreciarse claramente en la tabla estratigráfica inserta en la carta y en la carta misma.

Para su mejor comprensión, las unidades estratigráficas de origen sedimentario fueron clasificadas en tres grupos paleoambientales: continental, mixto y marino. Es claro que, por su importancia económico-petrolera, las rocas sedimentarias sean el grupo mejor estudiado y geológicamente cartografiado del país; éstas - desde la primera edición de la Carta Geológica 1:2'000,000, en algunos casos, fueron diferenciadas hasta el nivel cronoestratigráfico de piso.

La separación entre las unidades volcanosedimentarias y las sedimentarias fue particularmente difícil donde existen rocas volcánicas en los depósitos marinos o continentales, lo que ocurre en algunas formaciones, como Todos Santos y Tecamazúchil, que localmente las contienen en cantidades significativas; no obstante, en los abundantes casos en que la presencia de las rocas volcánicas, ya sean derrames de lava o material piroclástico, es exigua, es claro que su presencia no constituye un factor suficiente para menguar la preponderancia de los procesos sedimentológicos marinos o continentales que actuaron durante el depósito de las unidades que, por tanto, fueron clasificadas como sedimentarias.

A diferencia de las unidades de origen intrusivo o metamórfico, que son escasas, los detalles de la correspondencia entre las unidades sedimentarias clasificadas en la carta y las abundantes unidades litoestratigráficas nombradas en la literatura, fueron omitidos para los propósitos generales de este documento, principalmente en los casos del Mesozoico y Cenozoico. Además, las rocas sedimentarias marinas de esas edades han sido cartografiadas con un detalle mucho más amplio por Petróleos Mexicanos, aunque sin haberse ajustado, por lo general, al código formal de nomenclatura estratigráfica para América del Norte (Comisión Norteamericana de Nomenclatura Estratigráfica, 1984).

VII.1. Proterozoico Sedimentario

Los límites de tiempo de las unidades cronoestratigráficas de esta era geológica fueron tomados de las recomendaciones dadas por Harrison y Peterman (1980), en cuya elaboración para Estados Unidos de América y México colaboró formalmente el Instituto de Geología de la UNAM. Estos límites son los siguientes: Proterozoico Temprano (1,800-1,400 Ma), Proterozoico Medio (1,400-900 Ma) y Proterozoico Tardío (900-570 Ma). Las unidades sedimentarias reconocidas de este eratemático en México afloran únicamente en el Estado de Sonora y, probablemente, en el de Baja California (Norte), aunque a falta de confirmación de la edad en este último estado, se optó por no incluirlo en la carta.

Las rocas sedimentarias del Proterozoico han sido conocidas genéricamente en Sonora con el nombre, cada vez más en desuso, de Capas Gamuza (Arellano, 1956) (Figura 3) y han sido fechadas estratigráficamente como del Proterozoico Tardío, por descansar discordantemente sobre el Granito Aibó ($1,100 \pm 15$ Ma; Anderson *et al.*, 1978), y paleontológicamente por contener estromatolitos del tipo Conophyton y Jacuphyton (Cevallos-Ferriz y Weber, 1980), cuya edad se ubica en el Rifeano medio-tardío (-900 Ma). No existe otra localidad probada en México con rocas sedimentarias del Precámbrico, aunque se infiere su presencia en la región de San Felipe en el Estado de Baja California (Gastil, 1985). El símbolo asignado en la carta fue PTs, y comprende en Sonora, de acuerdo con Stewart y colaboradores (1984), de la más antigua a la más joven, a las Formaciones Arpa, Caborca, Clemente, Pitiquito, Papalote, Gamuza y Tecolote, con un total medido en el Cerro del Arpa de 1,211 m. Esta secuencia representa la continuación al sur de las facies de plataforma del cratón proterozoico de América del Norte.

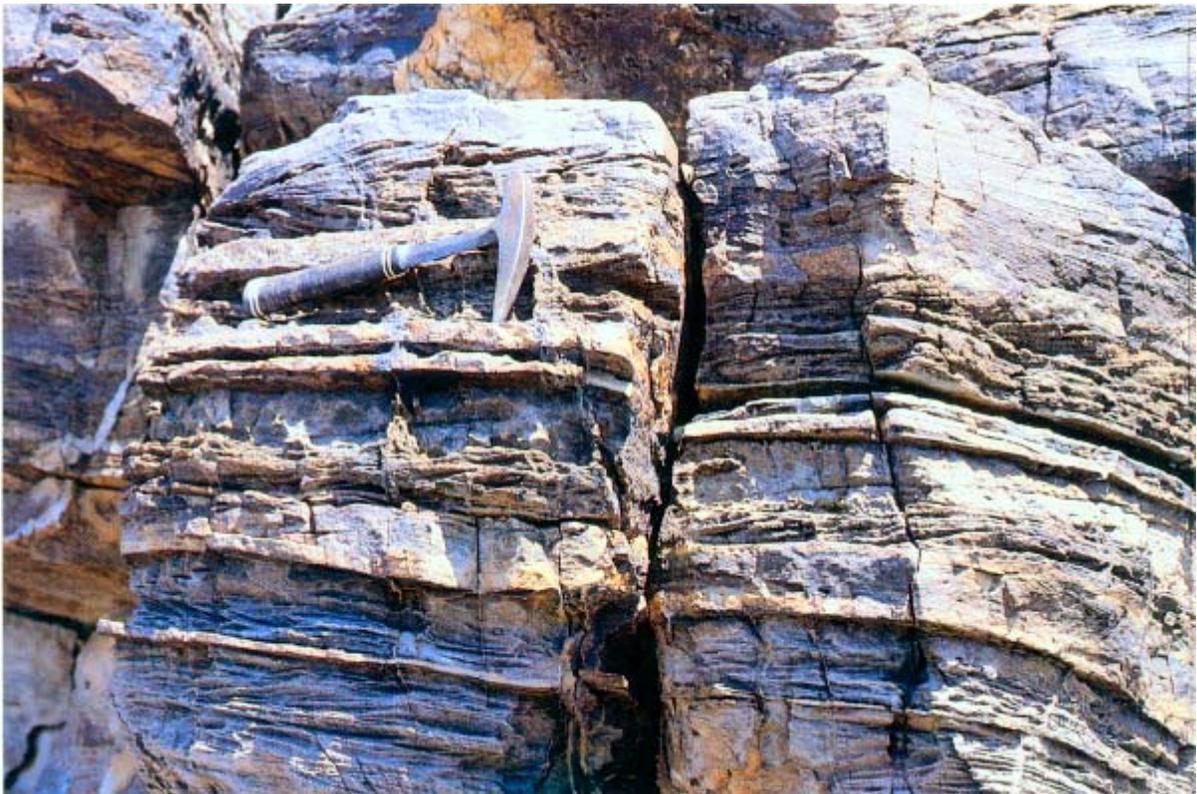


Figura 3.- Rocas sedimentarias del Proterozoico Tardío (Capas Gamuza) Provincia Sonorense, región de Caborca, Sonora (Fotografía tomada por Jaime Roldán-Quintana).

VII.2. Paleozoico Sedimentario

La distribución y la naturaleza de las rocas sedimentarias del Paleozoico en México son escasas, variadas y dispersas. Están distribuidas en 12 estados de la República Mexicana, pero la suma total de su extensión apenas supera el 0.1 % de la superficie continental de México.

Los afloramientos del Paleozoico inferior existen únicamente en los estados de Sonora, Baja California, Chihuahua, Tamaulipas y Oaxaca, mientras que los del Paleozoico superior están presentes, además, en los estados de Sinaloa, Coahuila, San Luis Potosí, Hidalgo, Veracruz, Puebla y Chiapas.

Las unidades estratigráficas seleccionadas para representar el Paleozoico sedimentario marino en la carta fueron Pi, Ps y P, respectivamente, para identificar las zonas con Paleozoico inferior, Paleozoico superior y Paleozoico superior e inferior, todas de ambiente marino. Psmx y Psc fueron utilizadas para representar el Paleozoico superior de ambiente mixto y continental, respectivamente. Al igual que en otros casos, cuando su importancia geológica resultó mucho mayor que el tamaño de los afloramientos, su representación en la carta tuvo que exagerarse para poder registrar su presencia.

Las unidades del Paleozoico inferior del Estado de Baja California afloran en las regiones de San Felipe y San Marcos (Gastil, 1985), mientras que en Sonora los estudios más relevantes sobre rocas de esta edad son los de Cooper y Arellano (1946), Fries (1962) y Stewart y colaboradores (1984). Los afloramientos en Sonora están dispersos en casi toda la mitad septentrional del estado, incluyendo áreas nuevas recientemente descubiertas al sudeste de Hermosillo (Figura 4), las que por su posición y litología tienen gran importancia en la identificación de la margen meridional paleozoica del cratón de América del Norte, la cual habría seguido una trayectoria a través de Sonora y Chihuahua conectándose al sistema orogénico Ouachita hacia el este, en vez de que este último siga hacia el sur de México, como se ha considerado tradicionalmente.

La unidad P es aquella en la cual la secuencia abarca unidades de las divisiones superior e inferior del Paleozoico que no fue posible diferenciar a la escala de la carta, como son los casos de Placer de Guadalupe, Chihuahua; Ciudad Victoria, Tamaulipas; y Nochistlán, Oaxaca, así como varios sitios dispersos en el Estado de Sonora.

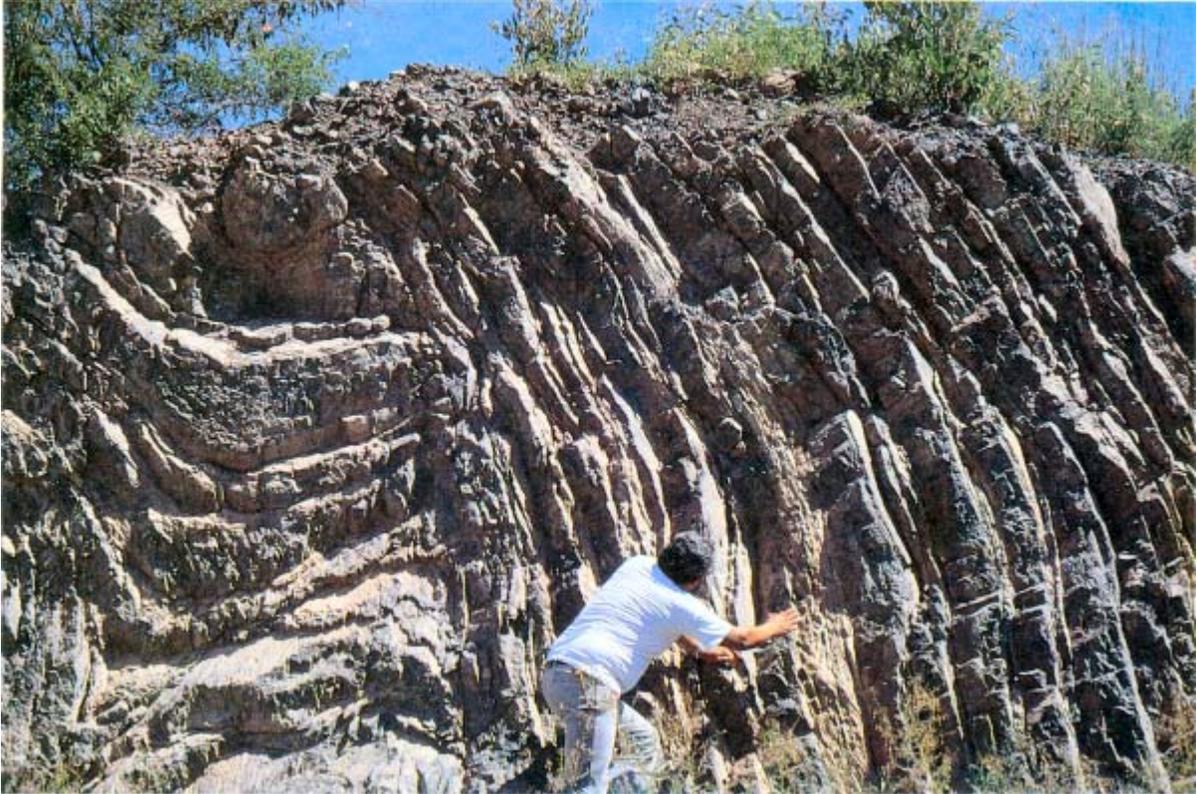


Figura 4.- Rocas silíceas eugeoclinales del Paleozoico inferior. Provincia Sonorense región de Mazatlán, Sonora (mina de Barita de Sonora) (Fotografía tomada por Fernando Ortega-Gutiérrez).

En la región de Chicomuselo, Estado de Chiapas, existe un área considerable de rocas marinas del Paleozoico superior (Ps), que incluye una discordancia fundamental que separa a las rocas de plataforma somera del Pensilvánico superior y del Pérmico (Formaciones Santa Rosa Superior, Paso Hondo, Vainilla y Grupera), de las del Pensilvánico inferior y del Misisípico (Formación Santa Rosa Inferior); sin embargo, las dos secuencias fueron registradas bajo el símbolo Ps.

En la región de Olinalá, Estado de Guerrero, en la provincia geológica Mixteca, fueron descubiertas en 1980 (Corona-Esquivel, 1983) rocas sedimentarias con fósiles del Paleozoico superior, discordantes sobre el Complejo Acatlán. A partir de este descubrimiento, otras investigaciones han expandido las áreas de afloramiento a las regiones de Mixtepec, Oaxaca (Flores-de Dios y Buitrón, 1982); y Progreso, (Enciso-de la Vega, 1988) y Patlanoaya (Vázquez-Contreras, 1986; Brunner, 1987; Vilaseñor-Martínez, 1987), Puebla, consignándose edades que varían del Misisípico temprano al Pérmico Tardío.

Otra región importante con afloramientos del Paleozoico superior, en el sur de México, es la de Los Reyes Metzontla, Puebla, donde la Formación Matzitzí, de origen deltaico continental y edad pensilvánica (Silva-Pineda, 1970) y probablemente pérmica (Weber *et*

al., 1987), cubre discordantemente a las rocas de los Complejos Oaxaqueño (Precámbrico) y Acatlán (Paleozoico). Esta formación es la única de naturaleza continental y edad paleozoica que se pudo registrar en la carta.

En la provincia Zapoteca, ubicada en el sur de México, la región de Nochistlán, Oaxaca, contiene la única zona al sur de la provincia de la Faja Volcánica Transmexicana donde han sido localizadas rocas sedimentarias del Paleozoico inferior, en este caso del Ordovícico Inferior, a las cuales se dio el nombre de Formación Tiñú (Pantoja-Alor, 1970), que están cubiertas, a su vez, discordantemente por rocas sedimentarias marinas del Misisípico (Formación Santiago), Pensilvánico (Formación Ixtaltepec) y Pérmico (Formación Yododeñe). El área de afloramiento es de unos cuantos kilómetros cuadrados, por lo que para su representación en la carta se tuvo que exagerar su extensión real por un factor de cinco veces, registrándose este conjunto del Paleozoico con el símbolo P.

Otra región con áreas sedimentarias del Paleozoico importantes, se localiza en el Anticlinorio de Huayacocotia, en los estados de Veracruz e Hidalgo. Las formaciones identificadas pertenecen al Paleozoico superior (Misisípico-Pérmico) y comprenden las Formaciones Guacamaya, del Pérmico, y Del Monte, del Pensilvánico, así como algunas rocas sedimentarias comparables a la formación misisípica Vicente Guerrero, de la región de Ciudad Victoria, Tamaulipas. Aunque entre el Misisípico y el Pensilvánico y entre éste y el Pérmico existan relaciones discordantes, comparables a las del área de Chicomuselo, Estado de Chiapas, también en esta región centro-oriental de México únicamente se consideró la unidad Paleozoico superior (Ps) para su registro en la carta.

En la región de la Sierra de Catorce, del Estado de San Luis Potosí, afloran rocas paleozoicas asignadas en la carta también al Paleozoico superior con base en la presencia de fósiles de esa edad. Por la pequeñez de su área de afloramiento y los estudios poco detallados que han sido hechos, no se les ha dado un nombre formal como unidad litoestratigráfica; sin embargo, la presencia de plantas terrestres en esas rocas sugiere una correlación con la Formación Matzitzi, del sur de México.

El área de Ciudad Victoria, Tamaulipas, comprende el Anticlinorio de Peregrina, en cuyo núcleo afloran, además de las rocas cristalinas del Paleozoico y del Precámbrico que son mencionadas más adelante, unidades sedimentarias del Paleozoico que abarcan desde el Ordovícico (?) hasta el Pérmico.

En este caso, se omitió la presencia del Cámbrico (Cuarcita La Presa) por la falta de evidencias tosilíferas que demuestren tal edad y por las observaciones previas (Fries *et al.*, 1962; Ramírez-Ramírez, 1974) que asignan dicha unidad al Precámbrico, como una parte integral del Gneis Novillo. Asimismo, la edad cámbrica u ordovícica del Conglomerado Naranjal fue recientemente desacreditada por el hallazgo de fusulínidos en algunos clastos calcáreos de esta formación (Gursky y Ramírez-Ramírez, 1986), por lo que la secuencia paleozoica de la región de Ciudad Victoria, considerada en la carta como P, abarca únicamente del Ordovícico (?) al Pérmico, e incluye a la Caliza Victoria, de edad ordovícica dudosa; la Formación Cañón de Caballeros, de edad silúrica; la Formación La Yerba, del Devónico; la Formación Vicente Guerrero, del Misisípico; la Formación Del Monte, del Pensilvánico; y la Formación Guacamaya, del Pérmico.

Una región adicional con rocas sedimentarias del Paleozoico aflora en la región de Las Delicias-Acatita, en el Estado de Coahuila. La secuencia incluye únicamente rocas del Paleozoico superior y, específicamente, del Pensilvánico superior y del Pérmico. Aunque la secuencia incluya algunos componentes volcánicos y volcanosedimentarios (King *et al.*, 1944; McKee *et al.*, 1988), en la carta se registró como una unidad sedimentaria por ser éste su carácter dominante. Los nombres litoestratigráficos formales que han sido dados (Wardlaw *et al.*, 1979) a las formaciones de esta secuencia son: Capas La Colorada; en la parte superior, y Formaciones La Difunta, Palo Quemado, El Tordillo y Las Sardinas, en la parte inferior, todas pertenecientes al Pérmico.

La localidad clásica paleozoica de Placer de Guadalupe, en el Estado de Chihuahua (Bridges, 1964), incluye estratos paleozoicos fechados desde el Ordovícico hasta el Pérmico, pero no se intentó dividirla en superior e inferior por su tamaño pequeño, optándose por asignarla a la unidad P, que abarca todo el eristema Paleozoico. Las unidades litoestratigráficas que forman esta secuencia son la Formación Sóstenes (Ordovícico), la Caliza Salís (Ordovícico Tardío-Devónico), la Formación Monillas (Devónico-Misisípico), la Caliza Pastor (Pensilvánico-Pérmico) y la Formación Plomosas (Pérmico-Triásico). Todas ellas fueron depositadas en un ambiente de plataforma somera.

En la región contigua de la Sierra del Cuervo, Estado de Chihuahua, están presentes únicamente rocas paleozoicas de su división superior sumamente deformadas, pero sin llegar a ser metamórficas. Recientemente, Mauger y McDowell (1982) descubrieron en esa formación bloques tectónicos de rocas cristalinas de edad precámbrica grenvilliana. La unidad sedimentaria conocida como Formación Rara (Ramírez-Montes y Acevedo-Cruz, 1957), es considerada como de edad pérmica; sin embargo, por su litología y la presencia del bivalvo *Paleoneilo sp.*, pudiera ser equivalente a la Formación Zacatecas, asignada al Triásico Tardío.

Una tercera región importante de rocas paleozoicas en Chihuahua está expuesta en su región noroccidental, abarcando las sierras de Palomas, Los Chinos y Santa Rita. Esta secuencia contiene estratos sedimentarios del Paleozoico, de tipo de plataforma, cuya edad varía desde el Misisípico hasta el Pérmico, habiéndose, por lo tanto, registrado como Ps. Su nomenclatura litoestratigráfica corresponde a la asignada para secuencias semejantes expuestas en los estados vecinos de Texas y Nuevo México, particularmente en las montañas Big Hatchett, con por lo menos 10 unidades litoestratigráficas formales. En la provincia Chihuahuense, las Formaciones Paradise y Escabrosa pertenecen al Misisípico; la Formación Horquillas, al Pensilvánico; y las Formaciones Colina, Epitaph, Scherer y Concha, al Pérmico.

Las rocas preneocomianas expuestas en la región de Samalayuca fueron registradas como del Paleozoico superior en virtud de su estado sumamente deformado y algunas evidencias fosilíferas que indican esa edad; no obstante, la edad precisa es desconocida. Su área de afloramiento tuvo que exagerarse para que resultara visible en la carta. El Paleozoico del Estado de Sinaloa se distribuye en sus regiones, septentrional (San José de Gracia) y meridional (Mazatlán); consiste, esencialmente, en rocas marinas elásticas que, en el caso de San José de Gracia, contienen fósiles del Misisípico-Pensilvánico (Malpica-Cruz, 1972), conocidas informalmente como Formación San José de Gracia. Sin

embargo, a pesar de haberse descubierto en 1971 (Carrillo-Martínez, 1971), no se tiene una idea clara sobre su ambiente de depósito ni sobre sus relaciones estratigráficas con un posible basamento metamórfico (Complejo Sonobari) expuesto en la región de El Fuerte, Sinaloa (de Cserna y Kent, 1961; Mullan, 1978).

No cabe duda que la región más importante de México con rocas paleozoicas sedimentarias se localiza en el Estado de Sonora. Su importancia deriva de lo completo de su registro geológico y la riqueza fosilífera que la coloca, particularmente para el Cámbrico, entre las más ricas de América del Norte. A partir del descubrimiento reciente de zonas paleozoicas con rocas sedimentarias de tipo "eugeosinclinal" en regiones cada vez más al sur del Estado de Sonora como Cobachi (Poole *et al.*, 1991) y, posiblemente, en la Isla Tiburón (Gastil *et al.*, 1991), surgieron posibilidades paleogeográficas insospechadas que pudieran revolucionar los conceptos tradicionales sobre la evolución paleozoica de la margen meridional del cratón de América del Norte (Stewart *et al.*, 1990). En Sonora, las rocas sedimentarias del Paleozoico, tanto en facies de plataforma como de cuenca, están distribuidas en numerosas localidades de tamaño pequeño; por lo general, son difíciles de separar, a la escala de la carta, en las divisiones de Paleozoico inferior y superior, respectivamente; sin embargo, a diferencia de otras localidades con Paleozoico inferior en México, en Sonora esta unidad logró separarse en algunos casos, reconociéndose entonces las tres divisiones (P, Ps y Pi) del Paleozoico sedimentario. Las unidades litoestratigráficas formales que representan al Paleozoico sedimentario de Sonora son muy numerosas, por lo que sus nombres no son mencionados individualmente, remitiéndose al lector a la consulta de los principales estudios publicados sobre el tema (Cooper y Arellano, 1946; López-Ramos, 1969; Anderson *et al.*, 1979; Malpica-Cruz y de la Torre-López, 1979; Stewart *et al.*, 1984; Almazán-Vázquez, 1989), en los que se incluye con detalle la estratigrafía de estas rocas, tanto de facies de plataforma como de cuenca.

En resumen, el Paleozoico sedimentario de México comprende todos los sistemas, desde el Cámbrico hasta el Pérmico, y contiene facies marinas, mixtas y continentales, con las primeras representadas por secuencias de plataforma y de cuenca, mientras que las últimas solamente han sido identificadas fehacientemente en el sur de México (Formaciones Matzitzi y Yododeñe). Geográficamente, las rocas sedimentarias del Paleozoico están distribuidas desde Baja California hasta Chiapas, pero abarcan áreas tan pequeñas y dispersas que impiden, por lo general, modelar correctamente su ubicación paleogeográfica relativa a los cratones de América del Norte y América del Sur, a los cuales probablemente se asociaron antes de la desintegración jurásica de Pangea.

VII.3. Mesozoico Sedimentario

Del grupo de rocas sedimentarias, las depositadas durante el Mesozoico son las que afloran en mayor extensión, particularmente las de origen marino, dado que únicamente fueron registradas para este eratema tres unidades sedimentarias de origen continental (Ksc, Jmc y Jc), las cuales corresponden, respectivamente, al Grupo Cabullona (expuesto en la región NE del Estado de Sonora), a la Formación Cahuasas (de la región centro-oriental de México) y a la Formación Todos Santos (del SE mexicano). Además de estas unidades continentales registradas en la carta, existen otras del Mesozoico continental que por

razones de escala no pudieron representarse. El resto de las unidades expuestas comprende once grupos, de los cuales uno es del Triásico (R), tres del Jurásico marino (Js, Ji Y J), cuatro del Cretácico marino (Ks, K, Ki y KiJs), y tres de origen mixto, respectivamente del Mesozoico indiferenciado (Mimx), del Jurásico Medio (Jmmx) y del Cretácico Superior (Ksmx).

VII.3.a. Triásico Sedimentario

La unidad triásica (R) corresponde a la Formación Zacatecas; aflora en los alrededores de esa ciudad, así como en varias localidades de la región central de San Luis Potosí (Peñón Blanco y Sierra del Estribo). Aunque no se ha podido demostrar, se ha considerado que esta unidad marina cambia a facies mixtas hacia el este interdigitándose con la Formación Huizachal, a la que por su origen y edad del Triásico Tardío-Jurásico Medio se le dio el símbolo Mimx.

En el sector del NW, el Grupo Barranca y la Formación Antimonio, del Estado de Sonora, representan la sedimentación mixta y marina del Mesozoico inferior, respectivamente. Estas regiones de México son las únicas que exponen rocas sedimentarias marinas del Triásico, aunque debe reconocerse que la Formación San Hipólito, en el Estado de Baja California Sur, incluye rocas sedimentarias marinas, tanto del Triásico como del Jurásico Inferior (Whalen y Pessagno, 1984).

VII.3.b. Jurásico Sedimentario

Las unidades del Jurásico Inferior marino (Ji) están representadas por la Formación Huayacocotla, de la región centro-oriental de México, y por la Formación Antimonio (González-León, 1980), en el Estado de Sonora, mientras que el Jurásico Superior (Js) comprende a los extensos y continuos afloramientos de rocas carbonatadas y elásticas representados, respectivamente, por las Formaciones Zuloaga y La Casita, en el sector del NE de México, así como por los numerosos cambios de facies que se dieron entre las plataformas, islas y cuencas en la compleja paleogeografía asociada con la formación del Golfo de México durante esa época.

La unidad J (Jurásico marino) se usó para distinguir depósitos sedimentarios cuya edad puede comprender todo el Jurásico o parte de él. Rocas de este tipo afloran de manera abundante en el sector del NW, en el Estado de Sonora.

VII.3.c. Cretácico Sedimentario

Sin duda alguna, las unidades sedimentarias marinas de México más abundantes pertenecen al Sistema Cretácico. Su máxima expresión se alcanzó en las provincias geológicas del Cinturón Mexicano de Pliegues y Fallas, de la Plataforma de Coahuila, del Miogeoclinal del Golfo de México y del Cinturón Chiapaneco de Pliegues y Fallas.

En términos generales, el paquete de rocas cretácicas marinas tiene tres divisiones litológicas: una inferior, de carácter elástico; una intermedia, carbonatada; y una superior,

también de origen clástico. Esta composición sedimentológica corresponde primeramente a la naturaleza transgresiva de los mares del Atlántico en formación (Oxfordiano-Aptiano), luego a la inundación máxima del continente durante el Albiano-Cenomaniano y, por último, a la regresión orogénica ocurrida durante el Turoniano-Maastrichtiano. La distribución preferente de estas secuencias del Mesozoico marino de México se da principalmente en su mitad oriental, abarcando desde la región NE del Estado de Sonora (Grupo Bisbee) hasta los límites de México con Guatemala en el Estado de Chiapas.

Entre estos extremos territoriales, las secuencias marinas del Cretácico adquieren una gran variedad de nombres litoestratigráficos, particularmente en su división elástica inferior que, litológicamente, incluye conglomerados, areniscas, lutitas, calizas y evaporitas intercaladas. Su distribución es compleja y revela, a su vez, la diversidad de cuencas, islas y plataformas en el marco de las cuales evolucionó el Cretácico marino de México. Algunos ejemplos típicos de formaciones de la división inferior del Cretácico durante el Neocomiano-Aptiano son las Formaciones Alcaparra y Las Vigas (evaporíticas), Cuchillo (carbonatada; Figura 5) y Taraises (elástica), en la Cuenca de Chihuahua; las Formaciones Tamaulipas Inferior y Cupido, en el Cinturón Mexicano de Pliegues y Fallas; las Formaciones Zapotitlán y San Juan Raya, en los mares del sur de México; la Formación San Ricardo, en el sector del SE; y la parte basal del Grupo Bisbee, en el sector del NW.

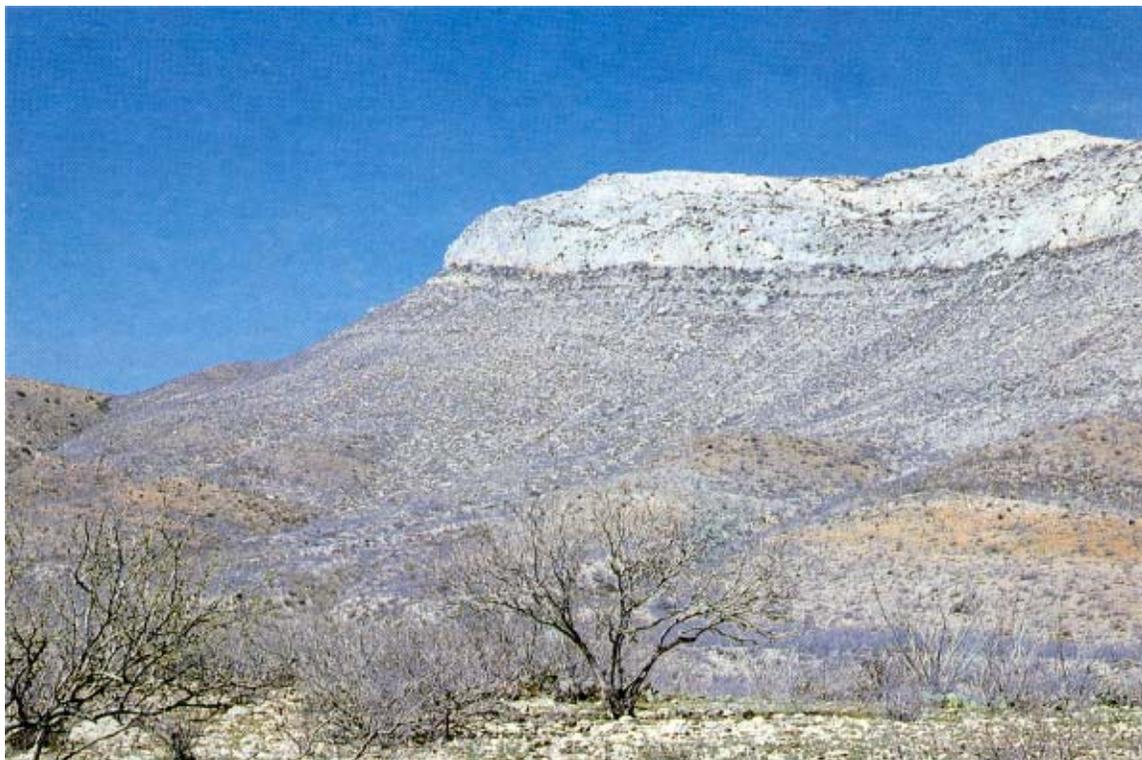


Figura 5.- Biostroma de la Formación Cuchillo, del Cretácico Inferior, yaciendo en concordancia sobre la Formación Las Vigas. Provincia Chihuahuense, Sierra de la Amargosa, Chihuahua (Fotografía proporcionada gentilmente por Diego A. Córdoba)

Los ejemplos típicos de la parte media del paquete marino del Cretácico mexicano son generalmente de edad del Albiano-Cenomaniano, excepto en el sector del NE, donde las

secuencias carbonatadas se desarrollan desde el Oxfordiano (Formación Zuloaga) o Neocomiano (Formación Cupido). En la mitad oriental del país, incluyendo una parte considerable del sur de México, esta parte media del Cretácico es esencialmente calcárea y tiene como representantes típicos a las Formaciones Aurora, Tamaulipas Superior, Cuesta del Cura, El Abra, Tamabra, El Doctor y erizaba, en los sectores del NE y central; y Morelos, Teposcolula y Cipiapa, en el sector del sur; y al Grupo Sierra Madre (Figura 6), en el sector del SE. La parte media del Grupo Bisbee (Formaciones Morita y Mural) es la que representa a esta parte media del Cretácico marino de México en el sector del NW, aunque en este caso los depósitos volcánicos intercalados son considerables (Jacques-Ayala, 1990).

La parte superior del Cretácico marino de México (tomada aquí como Turoniano-Maastrichtiano) también tiene un control paleogeográfico de su facies muy complejo, lo que ha conducido a una proliferación de nombres litoestratigráficos aún mayor que en el caso de las dos divisiones anteriores. En el sector del NE, las unidades litoestratigráficas más importantes por su extensión son el Grupo Difunta (que alcanza hasta el Eoceno; Figura 7), la Lutita Parras y las Formaciones Cárdenas, Tamasopo, San Felipe, Agua Nueva, Indidura, Caracol, Méndez y Soyatal. En el sector del sur, las Formaciones Mexcala (elástica) y Yucunama (carbonatada) son las más conocidas, mientras que en el sector del SE, las Formaciones Méndez, Angostura y Ocozocautla representan la sedimentación marina típica del Cretácico Tardío.



Figura 6.- Caliza masiva del Cretácico Inferior (Grupo Sierra Madre) Provincia del Cinturón Chiapaneco de Pliegues y Fallas, Cañón del Sumidero, Estado de Chiapas (Fotografía tomada por Fernando Ortega-Gutiérrez).

En el sector del NW, la Formación Rosario, de la costa occidental del Estado de Baja California, y la Formación Valle, en las regiones de la Isla de Cedros y Península de Vizcaíno, en Baja California Sur, representan la sedimentación elástica marina terminal de dicho período. La única unidad sedimentaria de origen continental y edad cretácica distinguida en la carta (Ksc) corresponde al Grupo Cabullona, del NE de Sonora, el cual parece representar un sistema antiguo de depósitos en cuencas lacustres.

VII.4. Cenozoico Sedimentario

Los fenómenos orogénicos iniciados en el Cretácico Tardío y terminados en el Eoceno medio (Orogenia Laramide) dieron a México, en términos generales, su configuración actual aumentando en 100% más la extensión emergida de su territorio. Por ello, durante todo el Cenozoico, las formaciones sedimentarias de origen continental abundan tanto como los depósitos marinos.

Al igual que en el Mesozoico, la asimetría tectónica longitudinal de México, producto de un régimen activo en el poniente y pasivo en el oriente desde el Jurásico, se refleja en las características genéticas y en la distribución de las formaciones sedimentarias del Cenozoico de México, tanto de ambiente marino como mixto o continental. En total, fueron distinguidas 14 unidades sedimentarias para este eratógeno: seis netamente marinas, cuatro mixtas y cuatro continentales.



Figura 7.- Diapiro del Yeso Minas Viejas (Oxfordiano), cortando a las rocas del Grupo Difunta (Maastrichtiano-Eoceno). Provincia de la Plataforma de Coahuila, Cañón de Potrerillos. Municipio de Minas Viejas, Nuevo León (Fotografía proporcionada gentilmente por Francisco Javier Vega-Vera).

VII.4.a. Cenozoico Sedimentario Marino y Mixto

Los depósitos cuaternarios de origen marino son muy escasos en México y para distinguir esta unidad en la carta se empleó simplemente el símbolo O, que comprende aquellos depósitos costeros recientemente emergidos del mar, como es el caso de las terrazas marinas en las costas de la península de Baja California y Sonora, así como los de la parte septentrional de la península de Yucatán, en este caso generados por cambios eustáticos del nivel del mar.

La parte más importante del Cenozoico marino de México es de edad terciaria y se distribuye en cinco provincias de nuestro territorio: (1) Plataforma de Yucatán; (2) Cuenca de Purísima-Vizcaíno, en la península de Baja California; (3) Miogeoclinal del Golfo de México; (4) Cinturón Chiapaneco de Pliegues y Fallas; y (5) Cinturón Mexicano de Pliegues y Fallas (Sierra Madre Oriental). En esta última, el Cenozoico marino comprende únicamente rocas del Paleoceno al Eoceno medio; en Chiapas, abarca hasta el Mioceno; en Baja California y el Miogeoclinal del Golfo de México, hasta el Plioceno; y en la península de Yucatán, hasta el Cuaternario (O).

Las unidades estratigráficas utilizadas (mixtas y marinas) abarcan los cinco pisos del Terciario (denotándose por Tpa, Tpamx, Temx, Te, To, Tm, Nmx y Tpmx) y el Cuaternario (O), comprendiendo la serie del Neógeno (N), empleada para aquellas áreas de extensión pequeña o con información escasa. Estas unidades, marinas y mixtas, fueron depositadas, por lo general, en sistemas deltaicos y ambientes costeros de oscilación del mar eustática o, bien, isostática de carácter tectónico, dando por resultado gruesas secuencias clásticas que, en algunos casos, como en el Miogeoclinal del Golfo de México, han alcanzado más de 10 km de espesor.

En la Plataforma de Yucatán, en cambio, la secuencia marina del Cenozoico es del tipo carbonatado-evaporítico, con contenido escaso de material terrígeno, y su espesor máximo es de apenas 1,000 m (López-Ramos, 1973). Con excepción de los depósitos en las provincias de los cinturones de pliegues y fallas Chiapaneco y Mexicano, estas formaciones no se encuentran deformadas orogénicamente.

La nomenclatura litoestratigráfica correspondiente al Terciario sedimentario marino de México es muy extensa y de carácter frecuentemente informal por lo que no se menciona con detalle. En términos generales, las Formaciones Velasco, Chicontepec, Aragón, Guayabal, Tantoyuca, Chapopote, Horcones, Palma Real, Alazán, Mesón y Tuxpan, representan a las unidades litoestratigráficas del Terciario del sector del NE, en la provincia geológica del Miogeoclinal del Golfo de México, mientras que el Conglomerado Uzpanapa, la Lutita Nanchital y las Formaciones La Laja, Depósito, Encanto, Filísola, Concepción, Paraje Solo, Agueguesquite y Cedral, en la porción SE de dicha provincia, están sepultados casi en su totalidad por los sedimentos fluviodeltaicos de los grandes ríos de Veracruz, Tabasco y Campeche. En este mismo sector del SE, pero en la región del Cinturón Chiapaneco de Pliegues y Fallas, las Formaciones Soyalo y El Bosque, representan los sedimentos marinos y mixtos de edad terciaria, mientras que para la Plataforma de Yucatán

son las Formaciones Chichen-Itzá, Pisté, Icaiché y Carrillo Puerto, en orden ascendente de posición estratigráfica.

En el sector del NW, las formaciones terciarias que integran en el Estado de Baja California Sur la cuenca de Purísima-Vizcaíno son Bateque, Tepetate, San Gregorio, Isidro, Tortugas y Almejas; Coyote (lechos rojos continentales), Trinidad y Salada, están presentes en la subprovincia de la Cuenca de San José del Cabo, de la provincia de! Complejo Plutónico de La Paz. En la región noroccidental del Estado de Baja California, se encuentra la Formación Sepultura.

VII.4.b. Cenozoico Sedimentario Continental

En México es casi imposible encontrar formaciones continentales del Cenozoico que no contengan rocas volcánicas, ya sea escasa o abundantemente. No obstante, en la carta, sólo fueron separadas cuatro unidades estratigráficas sedimentarias de origen continental: dos en el Cuaternario (Oc y Os); una muy extensa que comprende al Neógeno y Cuaternario (Csc), que consiste en depósitos de cuencas fluviolacustres, por lo general controladas por tectónica tensional, o como relleno de depresiones estructurales consecuentes a la deformación laramídica en el norte de México, pero con escaso o nulo aporte de material volcánico directo; y, por último, una unidad elástica del Paleógeno (Pgc), empleada para agrupar formaciones de granulometría gruesa con escaso o nulo aporte volcánico, frecuentes en las regiones interiores del norte y sur de México.

Las unidades sedimentarias del Cenozoico continental de México cubren áreas muy extensas, particularmente en la parte septentrional de la República Mexicana. La unidad más antigua (Pgc) forma extensos depósitos conglomeráticos, aparentemente molásicos, que reposan directamente sobre las rocas marinas deformadas y erosionadas del Mesozoico, que fueron afectadas por el tectonismo laramídico.

Algunas formaciones típicas de estos depósitos son la Ahuichila, la Cenicera, El Morro y el Conglomerado Rojo de Guanajuato, distribuidas en la región centroseptentrional de México, y la Formación Balsas, en su parte basal, y el Conglomerado Tamazulapan, en el sector del sur del país.

La unidad Cse constituye una de las más extensas y características de las regiones central y septentrional de México, estando también presente en la meridional (Figura 8); se distingue por sus depósitos clásticos de origen fluviolacustre, coluvial y de abanicos aluviales que rellenan depresiones, frecuentemente de origen tectónico, conocidas fisiográficamente en el norte de México como "bolsones". Su edad inferida comprende del Mioceno al Cuaternario y sus depósitos se diferencian de los típicos de aluvión cuaternario por estar moderadamente disectados y con frecuencia basculados tectónicamente.



Figura B.- Lechos rojos del Terciario a lo largo de la Falla de Oaxaca; al fondo se observa el treme tectónico entre las provincias Zapoteca (izquierda) y Cuicateca (derecha). Región de Cuicatlán, Oaxaca (Fotografía tomada por Fernando Ortega-Gutiérrez).

Los depósitos sedimentarios continentales del Cuaternario comprenden dos unidades: Oe y Oe. La unidad Oe representa al aluvión típico de los cauces y complejos deltaicos de los grandes ríos mexicanos, tanto del Golfo de California y del Océano Pacífico como del Golfo de México, así como una gran variedad de suelos y depósitos lacustres recientes en regiones con drenaje endorreico. Destacan por su magnitud los complejos deltaicos de los ríos Usumacinta-Grijalva, Coatzacoalcos, Papaloapan y Bravo, en el Golfo de México; Santiago, ríos sinaloenses-sonorenses y Tehuantepec, en las costas del Pacífico; y Colorado, en el Golfo de California. La unidad Oe es una de las nuevas diferenciaciones estratigráficas de la carta y se usó para representar con ella los extensos depósitos eólicos de las regiones desérticas de México, como son Samalayuca (Chihuahua), Desierto Sonorense (Sonora) y Desierto de Vizcaíno (B.C.S.).