

**EVOLUCION TECTONICA DE LA PORCION CENTRO-OCCIDENTAL
DE MEXICO Y SU RELACION CON LOS
YACIMIENTOS MINERALES ASOCIADOS**

E. GONZALEZ-PARTIDA*
V. TORRES-RODRIGUEZ**
(Recibido: 24 de abril, 1987)
(Aceptado: 18 de agosto, 1987)

RESUMEN

Se demuestra la existencia de provincias o franjas metálicas en la porción centro-occidental de México cuya distribución y origen obedecen a los procesos tectónicos siguientes:

1. Formación de un arco volcánico submarino con alto contenido de pelíticos en la zona de post-arco. La mineralización es sinsedimentaria de cobre-pirrotita en el arco y polimetálica en el post-arco. Estas rocas están afectadas por un metamorfismo epizonal de la facies de esquistos verdes. Se propone el nombre de "Secuencia Volcano-sedimentaria Metamorfizada" para estas rocas cuya edad es Permo-Triásica.
2. Magmatismo intrusivo calcoalcalino de margen continental y edad Jurásica que forma el batolito de Puerto Vallarta y algunas rocas intrusivas de Baja California. No se conocen mineralizaciones asociadas a estas rocas.
3. Levantamiento, erosión y formación de deltas progradantes y desarrollo de yacimientos de origen químico asociados a sedimentos terrígenos con mineralizaciones de Pb, Zn, Ag.
4. Formación de un arco de islas con cuenca marginal, creada a partir de una tectónica distensiva en la zona de post-arco. La edad del arco es Cretácico Temprano. Este marco geológico contiene los sulfuros masivos polimetálicos más importantes de México. Se propone el nombre de "Secuencia Volcanosedimentaria no Metamórfica" para este conjunto litológico.

* *Depto. de Yacimientos Minerales y División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ingeniería, UNAM, 04510, México, D. F., MEXICO.*

** *Instituto de Investigaciones Eléctricas, Depto. de Geotermia, A. P. 475, C. P. 62000, Cuernavaca, Morelos, MEXICO.*

5. Migraciones laterales del magmatismo continental ocurridas entre el Cretácico Tardío y el Terciario Medio, quedando definidas las provincias metálicas del centro-occidente de México. Las asociaciones más importantes son: Fe (Ti,Cu,Sn); Cu,Au; Pb,Zn,Ag(Au,Cu); Au,Ag(Pb,Zn,Cu); Sn; CaF₂; Mn y Hg,Sb(Mn). La distribución de estas franjas es semiparalela a la actual línea de costa y en varias de ellas se observan traslapes debidos a procesos heterocronos.

6. En el Reciente se están desarrollando depósitos de placer en litorales y plataforma continental con mineralización de magnetita, hematita, rutilo y zircón.

ABSTRACT

The present paper shows the existence of metallic provinces or belts in the central-occidental part of Mexico whose distribution and origin are related to the following tectonic processes:

1. The formation of a submarine volcanic arc with high content of pelitic sediments in the back-arc region. The mineralization is syngenic of copper-pyrrhotite in the arc and polymetallic in the back-arc. These rocks have an epizonal metamorphism in green schists facies. We propose here the term "Metamorphic Volcanosedimentary Sequence" for these rocks of Permo-triassic age.

2. Calcoalkaline magmatic intrusions of continental margin origin of Late Jurassic age, which are forming the Puerto Vallarta batholith and some other intrusive rocks in Baja California. There are no mineralizations reported associated to these rocks.

3. Uplifting, erosion and the deposition of progradatus deltas with the formation of chemical ore deposits associated to terrigenous sediments with Pb,Zn and Ag mineralizations.

4. The formation of an Early Cretaceous island arc with a marginal basin. This basin is the result of extensional tectonics in the back-arc region. This geologic setting contains the most important polymetallic massive sulphur deposits in Mexico. We propose here the term "Unmetamorphosed Volcanosedimentary Sequence" for this lithologic assemblage.

5. Lateral migrations of the continental magmatism occurred from Late Cretaceous to Middle Tertiary and defined the metallic provinces of the central-occidental part of Mexico. The most important associations are: Fe(Ti,Cu,Sn); Cu,Au; Pb,Zn,Ag(Au,Cu); Au,Ag(Pb,Zn,Cu); Sn; CaF₂; Mn and Hg,Sb(Mn). This provinces show a distribution of belts semiparallel to the recent coastal line; in some of them, there are overlaps due to heterochronous processes.

6. Placer deposits have been developed in recent times on the littoral and continental shelf, with mineralization of magnetite, hematite, rutile and zircon.

INTRODUCCION

Los procesos geológicos responsables de la mineralización de extensas zonas pueden ser abordados a diversas escalas: desde el estudio microscópico de las menas hasta el análisis tectónico regional que considera los fenómenos geológicos, en gran escala. Una de las alternativas de la exploración es la de enfocar las investigaciones geológi-

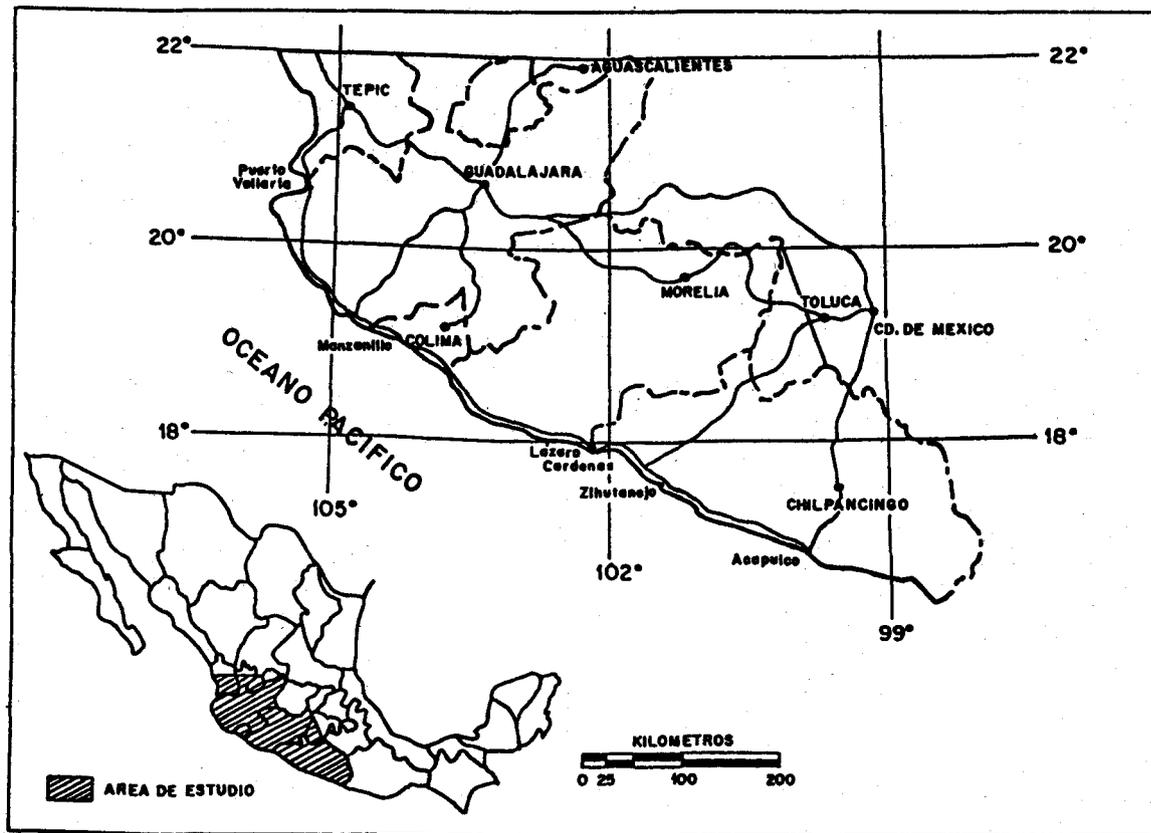


Fig. 1. Localización del área estudiada.

cas a un nivel global, centrando la atención en el estudio crítico de los factores que tienen mayor importancia en la concentración de un mineral económico, de cuyo análisis se podrá inferir la existencia de otros. Para lograr ésto será necesario conocer las condiciones fisicoquímicas y geológicas de la formación de yacimientos conocidos, es decir, precisar el ambiente metalogenético; mapear dichos ambientes dentro del contexto tectónico; determinar la naturaleza de los fenómenos que intervinieron en la adquisición de sus características actuales y, por último, determinar los lugares donde hayan existido condiciones similares.

El objetivo del presente trabajo es proponer un modelo tectónico-metalogenético regional que explique la disposición, origen y evolución de las provincias metalogenéticas ubicadas en la porción centro-occidental de la República Mexicana. El área estudiada comprende los Estados de Nayarit, Jalisco, Zacatecas, Colima, Michoacán, Guerrero y de México, localizados entre las coordenadas geográficas 16°00' a 20°00' de latitud norte y 98°00' a 105°20' de longitud oeste (figura 1).

Existe un buen número de investigaciones sobre la metalogénesis de la región; algunas de ellas son: Burham, 1959; Salas, 1975; Echevarría, 1976; Clark *et al.*, 1977, 1979; Campa y Ramírez, 1979; Carrasco, 1980; Campa y Coney, 1983; Terrones *et al.*, 1984; Torres y Núñez, 1984; Torres *et al.*, en prensa.

MODELO TECTONICO EVOLUTIVO

La historia geológica de la porción Centro-occidental de México ha sido resumida por varios autores: Aguayo, 1983; Torres y Núñez, 1984; Macías y Solís, 1985; entre otros. Los aspectos geológicos y tectónicos más relevantes son los siguientes:

Existen dos secuencias volcanosedimentarias bien diferenciadas que se distinguen por el metamorfismo alcanzado por una de ellas; éstas son: la "Secuencia Volcanosedimentaria Metamorfizada" de edad Permo-Triásica, formada por facies pelíticas y volcánicas submarinas, metamorfizadas a facies de esquistos verdes, y la "Secuencia Volcanosedimentaria No Metamórfica" de edad Cretácico Inferior, formada por facies de arco insular - mar intracontinental, sin evidencias de metamorfismo. Estas secuencias, definidas por González y Torres (en prensa) están separadas por una discordancia erosiva de edad jurásica, evidente como tal en localidades como Cuale, Jalisco, o representada por rocas deltaicas y terrígenas continentales derivadas de la erosión de rocas ígneas.

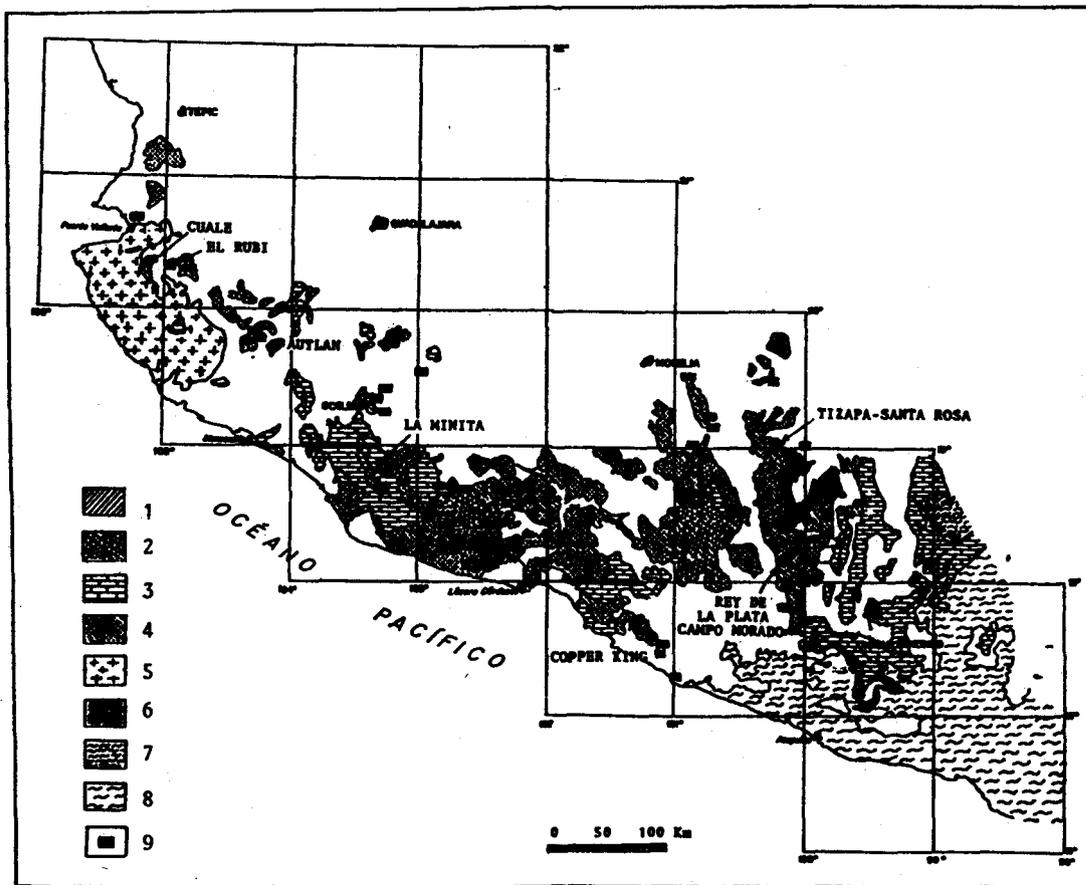


Fig. 2. Unidades litológicas y localidades mineras pre-Cretácicas: 1. Rocas ultrabásicas. 2. Secuencias pelíticas (K_i); 3. Secuencias carbonatadas (K_i-K_m); 4. Secuencias volcánico-sedimentarias (K_i-K_m); 5. Rocas intrusivas calcoalcalinas (J); 6. Secuencias pelíticas metamorizadas (pre-J); 7. Complejo Acatlán; 8. Complejo Xolapa; 9. Yacimientos volcánico-sedimentarios.

Cortando las rocas metapelíticas permotriásicas aparecen rocas graníticas del Batolito de Vallarta que, junto con las anteriores, sirven de basamento a las rocas de la Secuencia Volcanosedimentaria No Metamórfica (SVNM) ya mencionada. Los plutones son de carácter calcoalcalino y su edad ha sido reconsiderada, asignándosele Jurásico Inferior (González, 1986) con base en observaciones de campo y determinaciones radiométricas.

Dentro de la región también afloran rocas plutónicas y subvolcánicas pertenecientes a la base de la Sierra Madre Occidental, denominadas por McDowell y Keiser (1977) como "Complejo Volcánico Inferior" y cuya edad data de entre los 100 y los 45 m.a.; sobre las unidades anteriores se depositaron las ignimbritas del "Grupo Volcánico Superior" (32-22 m.a.). El último evento geológico lo constituye el magmatismo del Eje Neovolcánico que en la zona estudiada presenta variaciones composicionales importantes, volcanismo alcalino a lo largo del Río Grande de Santiago y calcoalcalino en la región central del Eje.

SECUENCIA VOLCANOSSEDIMENTARIA METAMORFIZADA

Con base en las observaciones de campo y en el análisis de la literatura sobre la región existe un consenso en cuanto a la presencia de dos secuencias volcanosedimentarias bien diferenciadas, una pre-Jurásica y otra fini-Cretácica (figura 2). En este trabajo se utilizan los nombres de "Secuencia Volcanosedimentaria Metamorfizada" para designar a las unidades volcánicas submarinas con abundantes pelíticos, metamorfizadas a facies de esquistos verdes, de edad pre-Jurásica (posiblemente Permo-Triásica); y "Secuencia Volcanosedimentaria No Metamorfizada" para las rocas formadas por facies de arco insular - mar marginal, de litología andesítico-dacítica y sin evidencias de metamorfismo. Esta secuencia, de edad Cretácico Superior, está separada de la anterior por una discordancia erosional de probable edad Jurásica evidenciada por la presencia de paleodeltas.

En la región de Taxco, Gro., la "Secuencia Volcanosedimentaria Metamorfizada" está formada por rocas pelíticas, samílicas y volcánicas metamorfizadas a facies de esquistos verdes a las que Fries (1960) definió como Esquisto Taxco. Estas rocas también afloran en la Sierra de Ixtapa-Tonatico; en las cercanías de Sultepec, Sierra Tepextitla; en el surponiente de Zacualpan y en Arroyo Seco (de Cserna, 1981). Su edad no se conoce con precisión puesto que los estudios geocronológicos en circones autogénicos(?) revelan edades que van desde 1020 m.a. hasta principios del Ter-

ciarjo (de Cserna, *op. cit.*). Por otra parte, las relaciones estratigráficas observadas por Campa (1978) en esta secuencia metamórfica, junto con la que la sobreyace, Rocaverde Taxco Viejo, en las regiones de Ixtapan-Amatepec, Teloloapan-Arcelia y Huetamo-Coyuca, afirman que se trata de una misma unidad de edad Titoniano-Neocomiano(?) - Aptiano, por la presencia de fauna de esa época. Sin embargo, las rocas volcánicas de la parte superior no presentan metamorfismo sino más bien fenómenos de espilitización, por lo cual la hipótesis de Campa sería incorrecta al confundir las secuencias con una sola.

Las rocas de la Formación Chapolapa que afloran al sur de la ciudad de Chilpancingo, Gro., en las inmediaciones de Tierra Colorada, La Paloma y sur de Quechultenango, pueden considerarse como parte de la "Secuencia Volcanosedimentaria Metamorfizada" por su litología y edad. Esta formación está integrada por filitas, conglomerados rojos, brechas, tobas, lavas y areniscas, afectados todos por un metamorfismo de facies de esquistos verdes. Klesse (1969) le asignó una edad Triásico Superior-Jurásico Inferior.

En las cercanías de Arteaga, Michoacán, aflora una secuencia de rocas metavolcánicas, filitas y radiolaritas, fechadas con microfauna de fondos marinos del Triásico (Ladiniano-Cárnico); estas rocas descansan sobre los Esquistos Arteaga (Paleozoico Superior) (Mújica, 1980).

Al norte de la zona anterior y al sur de la localidad de Cuale, Jalisco, aflora una secuencia de edad pre-Jurásica, constituída por una alternancia de esquistos de cuarzo y muscovita y capas de rocas volcánicas metamorfizadas a facies de esquistos verdes. Las rocas fueron plegadas, levantadas y erosionadas entre el Jurásico medio y superior, formando un homoclinal cuyo eje sigue una dirección NW-SE (Macías y Solís, 1985).

Mineralización

Los yacimientos minerales que pudieron formarse antes del Jurásico se alojan dentro de la "Secuencia Volcanosedimentaria Metamorfizada" de probable edad Permo-Triásica, que estuvo formada por dos ambientes tectónicos fundamentales: el ambiente de mar marginal, limitado por un continente paleozoico en la porción oriental, dentro del que se depositaron los sedimentos pelíticos de la Serie Tizapa en los que se encuentran yacimientos polimetálicos sinsedimentarios; y el ambiente de arco

volcánico submarino, caracterizado por rocas volcánicas de composición basáltica con mineralizaciones singenéticas de cobre-pirrotita (Copper King, Gro.) (figura 3).

Los sulfuros masivos de Tizapa-Santa Rosa (Edo. de México) se alojan dentro de la "Secuencia Volcanosedimentaria Metamorfizada" como lentes sinsedimentarios con mineralización de Au, Ag, Pb, Zn, Cu. Los principales minerales de estos yacimientos son esfalerita, pirita, calcopirita, galena, tetraedrita argentífera, sulfosales, arsenopirita y bornita. La extensión de estos yacimientos, así como la de la secuencia volcanosedimentaria hace que éstos sean un blanco de mucho interés.

Por su parte, dentro del ambiente de arco volcánico submarino, los cuerpos de sulfuros son de cobre dominante. El yacimiento más representativo es el de Copper King, Gro. La mineralización consiste principalmente en calcopirita, pirrotita, pirita y blenda. Las zonas exhalativas y la alteración hidrotermal primaria no son fáciles de reconocer y los cuerpos presentan una deformación marcada (Yáñez, 1977).

MAGMATISMO CONTINENTAL, TERRIGENOS Y DELTAS DEL JURASICO

Al noreste de la zona de estudio, en el Estado de Zacatecas, existen unidades litológicas que ponen en evidencia la existencia de sistemas deltaicos costeros que funcionaron posiblemente hasta el Cretácico Inferior. Estas mismas pruebas se tienen en Zacatecas, Jalisco y Michoacán, como se muestra a continuación (figura 4).

En Fresnillo, Zacatecas, la base de la columna estratigráfica está representada por lo que se ha llamado "Grupo Proaños", que consiste en series repetidas de grauvacas con intercalaciones de lutitas, sobre las cuales se encuentran "pillow lavas" y calizas del Albiano. Un poco más al sur, en Real de Angeles, Zacatecas, las rocas más antiguas reconocidas en la columna estratigráfica están representadas por estratos de espesor mediano a grueso de grauvacas intercaladas con limolitas y lutitas. Se observan estructuras como laminaciones cíclicas, lenticulares, fláseres, ondulantes, estratificaciones cruzadas, gradadas, calcos de empuje y "slumps". Estas estructuras son de tipo mecánico, formadas en un ambiente fluvio-deltaico progradacional sujeto a diferentes ciclos de aporte de sedimentos. Los estudios de palinología revelan una edad Jurásico Superior (Schulze, 1985). Este delta está cubierto por la Formación Cuesta del Cura, de edad Albiano-Cenomaniano.

Entre Puerto Vallarta y San Sebastián se han observado conglomerados y lechos

rojos (Gastil *et al.*, 1979) sobre los cuales reposan las rocas volcánicas de la Sierra Madre Occidental. Un poco más al sur de estas localidades, en San Miguel, Jalisco (Torres y Núñez, 1984) se han observado ortoconglomerados y lechos rojos en estratificación cruzada, los cuales contienen mineralizaciones sinsedimentarias de Pb, Zn, Ag, (Cd).

Por otra parte, en Huetamo, Michoacán, Pantoja (1959) describió sedimentos terrígenos del Jurásico Tardío. Entre Zihuatanejo y Caleta de Campos, Ferrusquía (1978) demostró la existencia de huellas de dinosaurios. Una litología del mismo ambiente aflora en la región noroccidental de Guerrero (Flores y Buitrón, 1982).

Los sedimentos que formaron las secuencias descritas son en su mayoría de tipo ígneo, lo cual hace suponer la existencia de rocas de este tipo con edad pre-Jurásico superior. Sin embargo, tradicionalmente el magmatismo costero de esta región se ha considerado fini-Cretácico-Terciario, puesto que gran cantidad de granitoides cortan calizas cretácicas en los estados de Colima, Michoacán y Guerrero. No obstante, la litología señalada para las rocas deltaicas y terrígenas continentales (Js) manifiestan que necesariamente en el occidente debió existir un magmatismo considerable. En efecto, parte de éste ha sido reconocido en Puerto Vallarta, ya que este batolito afecta por metamorfismo de contacto a la secuencia metapelítica, siendo basamento junto con ésta.

Sobre estas rocas descansa la cintura volcánico-sedimentaria del Cretácico Inferior-Medio. Los miembros tienen una composición granodiorítica y adamelítica principalmente. La geoquímica y la geocronometría revelan una tendencia calcoalcalina y edades K-Ar de calentamiento que varían de 108 ± 10 m.a., a 56 ± 5 m.a. Los intrusivos coexisten parcialmente con un magmatismo del mismo tipo que conforma la base de la Sierra Madre Occidental (González, 1986).

Mineralización

La degradación del magmatismo continental jurásico provoca hacia las partes orientales litologías deltaicas y sedimentación evaporítica. Estas secuencias litorales, en algunos casos, contienen mineralizaciones sinsedimentarias (químicas) de Pb, Zn, Ag, (Cd) del tipo lechos rojos. Los procesos de removilización ocurridos durante el Terciario han borrado en gran parte estas mineralizaciones total o parcialmente, co-

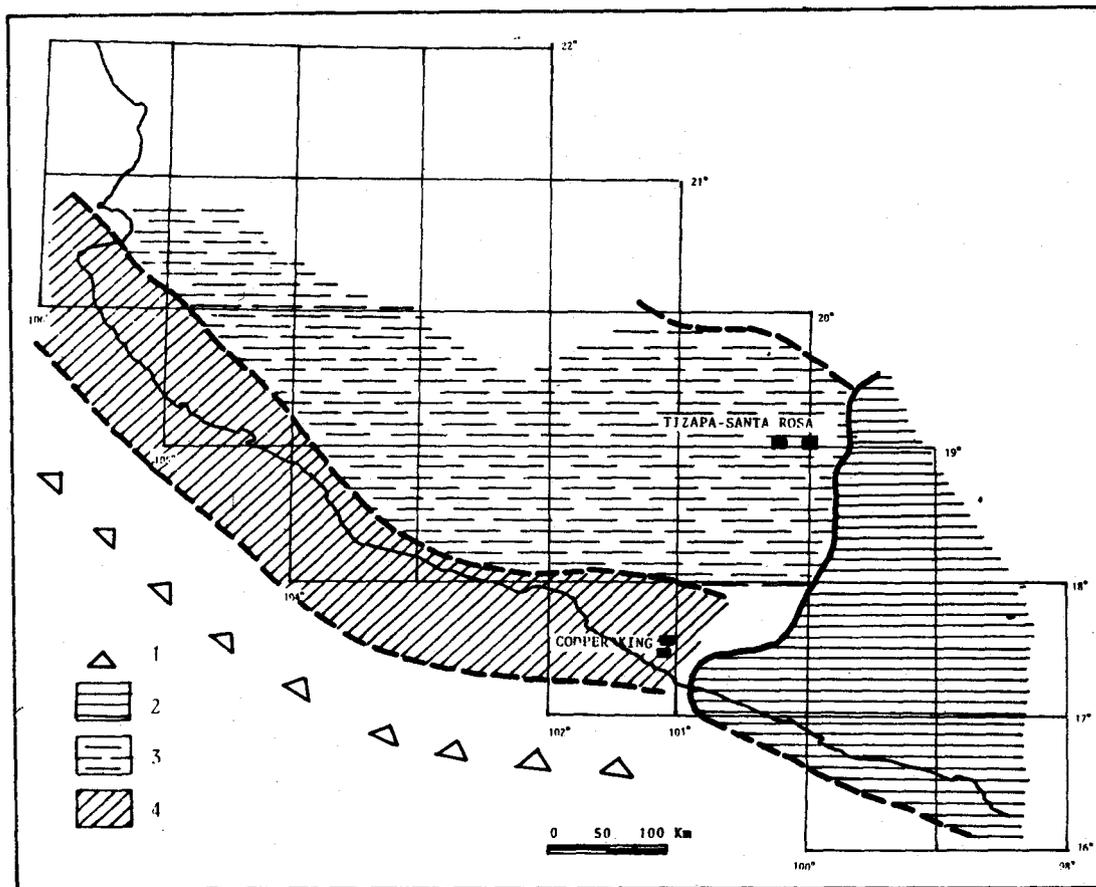


Fig. 3. Paleogeografía tentativa para el pre-Jurásico: 1. Trinchera; 2. Tierras emergidas; 3. Post-arco pelágico; 4. Arco.

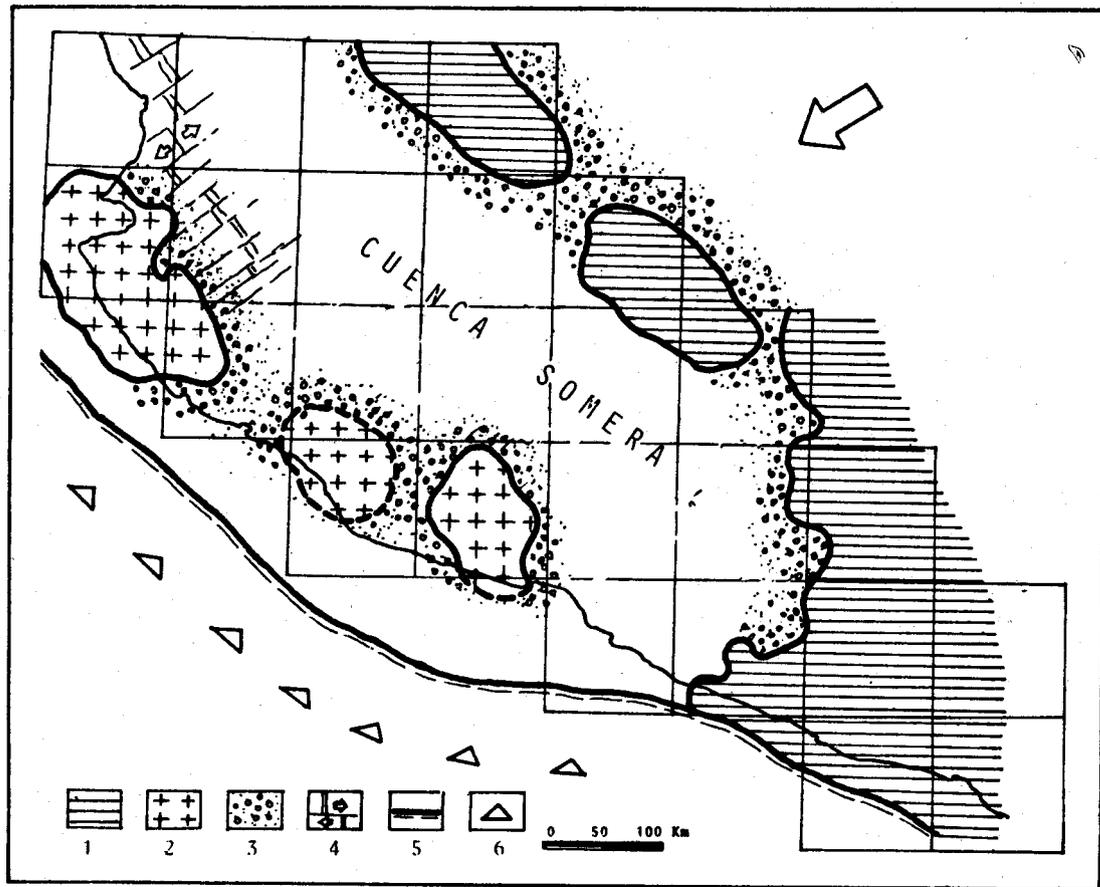


Fig. 4. Paleogeografía tentativa durante el Jurásico en la porción centro-occidental de México: 1. Tierras emergidas; 2. Magmatismo intrusivo; 3. Deltas y evaporitas; 4. Fracturamiento y riftificación; 5. Límite placa continental-oceánica; 6. Trinchera.

mo son los casos de Fresnillo y Real de Angeles en Zacatecas. Más al sur, en el Estado de Jalisco (Índice de San Miguel), los horizontes sinsedimentarios mineralizados afloran, intercalándose con microsecuencias de ortoconglomerados y areniscas de estratificación cruzada. Es muy probable que en los Estados de Jalisco y Colima este ambiente se haya continuado hasta el Cretácico Inferior.

SECUENCIA VOLCANOSEDIMENTARIA NO METAMORFICA

En el Cretácico la actividad volcánica submarina alcanza su máxima intensidad. Según haya sido su ubicación geográfica y el ambiente tectónico predominante (de arco y cuenca marginal), el volcanismo submarino presenta características distintivas en tres regiones: la región centro-oriental (Estados de Colima, Michoacán, Guerrero y México) que presenta un volcanismo predominantemente andesítico, interestratificado con rocas calcáreas de facies de plataforma, conglomerados, areniscas y lutitas; la región noroccidental (Estados de Jalisco y Nayarit) en donde el volcanismo tiene un carácter más ácido, constituido en su mayor parte por riolitas y riodacitas de ambiente submarino, intercaladas con calizas arcillosas, lutitas negras y limolitas; y, por último, la región suroccidental (Zihuatanejo-Petatlán, Guerrero) constituida por secuencias tipo "Flysch" espilítico, lavas andesítico-basálticas y rocas ultrabásicas y básicas. Las secuencias litológicas de las regiones centro-oriental y noroccidental corresponden a una cuenca marginal de post-arco, mientras que la región suroccidental es de tipo arco e inyección forzada (figura 5).

a) Secuencia Volcanosedimentaria Noroccidental

Al sur del Estado de Jalisco afloran rocas carbonatadas correspondientes a una facies arrecifal, correlacionables, en edad, con la Formación Morelos (Albiano-Cenomaniano) perteneciente a la Plataforma Morelos-Guerrero que aparece hacia el suroccidente de esta región. Esta unidad presenta varios cambios de facies como en la localidad de Talpa de Allende, Jalisco, donde la caliza se hace arcillosa y en Huetamo, Michoacán, donde pasa a lutita negra. En la localidad de Cuale, Jalisco, las lutitas negras están intercaladas con rocas volcánicas de composición riolítica-riodacítica (Ortigoza, 1983; Macías *et al.*, 1984 y Macías y Solís, 1985). Recientemente, Macías y Solís (1985) en estudios micropaleontológicos de muestras tomadas en la secuencia pelítica intercalada determinaron una edad Cretácico Inferior para esta secuencia.

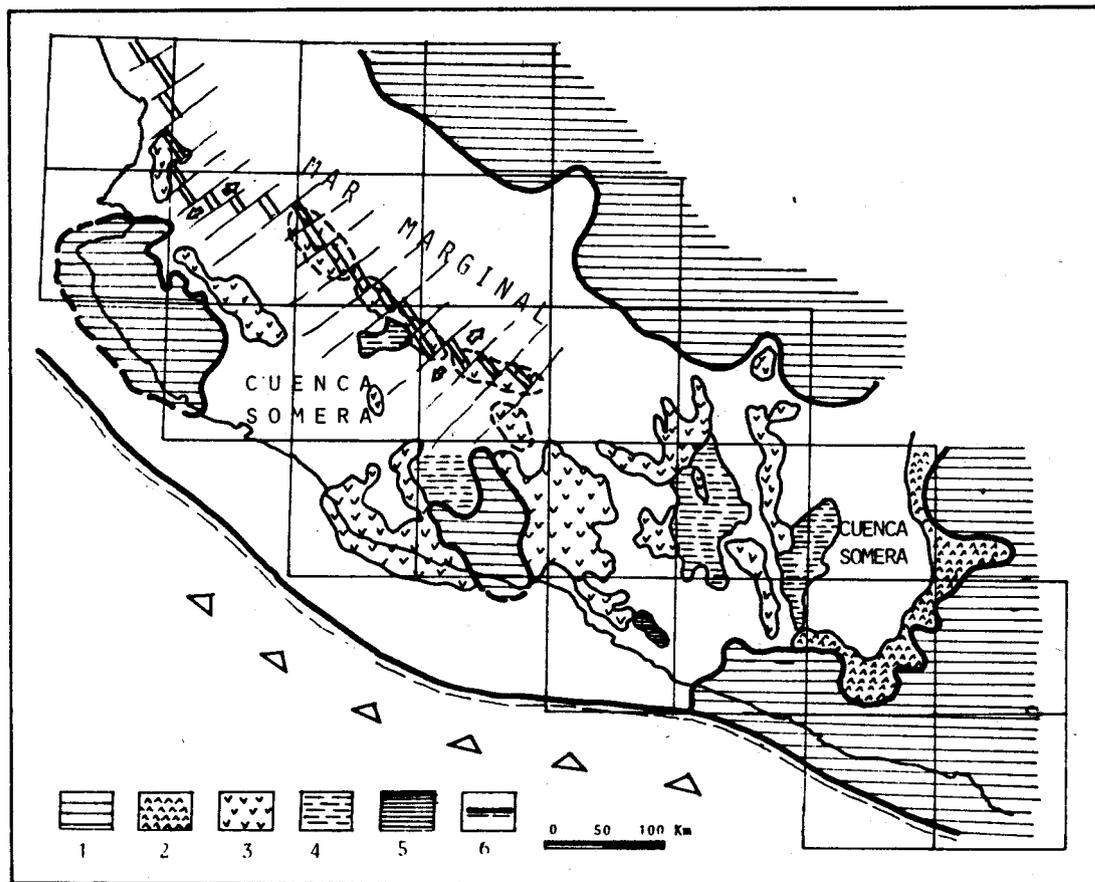


Fig. 5. Paleogeografía durante el Cretácico Inferior para la porción centro-occidental de México: 1. Tierras emergidas; 2. Evaporitas y carbonatos; 3. Arco volcánico insular; 4. Sedimentos pelíticos+volcánicos; 5. Inyecciones ultrabásicas; 6. Límite placa continental-oceánica.

Las secuencias volcanosedimentarias del Cretácico inferior con predominancia de rocas ácidas, están asociadas a rocas hipabisales penecontemporáneas a volcanismo subaéreo ácido de la misma edad. Jensky (1975) describió en el camino entre Puerto Vallarta y San Sebastián una secuencia de riolitas Cretácicas sobreyaciendo a tobas arenosas y conglomerados (Gastil *et al.*, 1979) correlacionables con sedimentos continentales del Jurásico Superior-Cretácico del sur de Jalisco.

En esta última región se muestrearon conglomerados y areniscas con mineralización de Pb-Zn en lechos rojos. Gastil *et al.* (*op. cit.*) fechó rocas silíceas volcánicas en las proximidades de San Sebastián, cuya edad isotópica es de 114 m.a.

Hacia el norte de las localidades anteriores, rumbo al Estado de Nayarit, la secuencia volcanosedimentaria está constituida por areniscas y lutitas, areniscas volcánicas, flujos riolíticos, andesíticos y tobas de esta misma composición. Estas rocas afloran al oeste de Compostela, Nayarit.

b) Secuencia Volcanosedimentaria Centro-oriental

Entre el sur del Eje Neovolcánico y la Cuenca del Río Balsas (región norte del Estado de Guerrero) aparece una secuencia de derrames de lava, tobas y lahares de composición andesítico-dacítica, interestratificados con sedimentos terrígenos (lutitas, areniscas y conglomerados), definida por Fries (1960) como Roca Verde Taxco Viejo. Entre los sedimentos más finos aparecen amonitas, lamelibranquios y tintínidos del Titoniano-Neocomiano (?) - Aptiano (Campa *et al.*, 1974) que son considerados por de Cserna (1981) como pertenecientes a una secuencia sedimentaria (Formación Acuitlapán) relacionada con la "Faja Tectónica Mexicana" y no a una secuencia volcanosedimentaria. En la región de Tierra Caliente, el volcanismo se extiende hasta la Formación Xochipala.

c) Secuencia volcanosedimentaria suroccidental

En las estribaciones de la porción pacífica de la Sierra Madre del Sur, en las cercanías de Zihuatanejo, existen numerosos afloramientos de rocas volcánicas andesíticas, calizas con fauna Aptiano-Albiano, lutitas, areniscas, tobas y conglomerados.

Entre la región de Zihuatanejo, Guerrero y Coalcomán, Michoacán, aparecen extensos afloramientos de rocas volcánicas submarinas andesíticas, basaltos almohadi-

llados interestratificados con capas de rocas de limolita, conglomerados volcánicos y capas de caliza subarrecifal con microfauna del Albiano. Estas rocas han sido denominadas como Conjunto Petrotectónico de Zihuatanejo-Coalcomán por Vidal *et al.* (1980) y como Terreno de Zihuatanejo por Campa *et al.* (1980) y Campa y Coney (1983).

En la región de Papanoa-Petatlán, Estado de Guerrero, aparecen secuencias de rocas básico-ultrabásicas que afectan a las rocas que fueron descritas en el párrafo precedente. La interpretación de este conjunto litológico difiere para distintos autores: Núñez *et al.* (1981) proponen la presencia de una serie o complejo ofiolítico, removido y segmentado, constituido por dunitas, peridotitas de olivino, harzburgitas, anfibolitas, gabros, noritas, diabasas, doleritas, diques cuarzodioríticos y basaltos. El complejo ofiolítico descansa sobre una secuencia volcanosedimentaria metamorfozada a facies de esquistos verdes en la que predominan los sedimentos pelíticos y es correlacionable con las formaciones Chapolapa e Ixcuinatoyac, que son pre-Jurásicas.

Por su parte, Delgado y Morales (1983) concluyen que el complejo pertenece a la familia de intrusivos tipo Alaska o a los afines complejos diorítico-peridotíticos de la costa occidental de los Estados Unidos y Canadá. Litológicamente el complejo está formado por dunitas, wherlitas, clinopiroxenitas y gabros.

Por su disposición en espacio y tiempo (96 m.a. (?), edad inferida por Delgado y Morales, 1983) el complejo está relacionado con el arco magmático del Cretácico en la costa de Guerrero. Su emplazamiento es diapírico por intrusión forzada, formando cuerpos elongados que ocupan zonas de fracturamiento y fallamiento.

El modelo de una ofiolita desmembrada es igualmente descrito por Vidal (1984) considerando su posición actual como bloques exóticos en una zona de mezcla ("mélange").

En resumen, mientras por una parte en la región occidental se depositan rocas volcanosedimentarias junto con rocas carbonatadas arrecifales, en la porción oriental se depositan secuencias de plataforma durante el Cretácico Inferior-Medio. Los afloramientos más extensos de rocas de este último ambiente se localizan en el noreste del Estado de Guerrero y suroeste del Estado de México, como puede observarse en la región de Chilacachapa-Taxco. Unidades con facies equivalentes afloran también en los Estados de Michoacán, Colima y Jalisco. Algunas formaciones carbonatadas y ar-

cillosas depositadas en este período son: Formaciones Acahuizotla (Jurásico superior), Formación Acuitlapan (Neocomiano), Formación Xochicalco (Aptiano) y Formación Morelos (Aptiano). Al nivel de la parte baja del Cretácico inferior se desarrollaron depósitos evaporíticos que afloran en las localidades de Cacahuamilpa y Huitzucu, Guerrero, algunos de ellos (Huitzucu) intensamente tectonizados (figura 6).

Aspectos tectónicos

La existencia de batolitos jurásicos en Baja California y en las costas de Jalisco (González, 1986) así como una vasta litología de litoral fini-jurásica-albiana (?) que se extiende desde las localidades de Fresnillo y Real de Angeles, Zacatecas; San Sebastián y San Miguel, Jalisco; Huetamo, Michoacán, hasta Olinalá, Guerrero, implican la presencia de tierras positivas ubicadas al occidente de la región durante el Jurásico medio a superior, a partir de las cuales la erosión produce los sedimentos necesarios para alimentar un sistema deltaico-marino que funcionó posiblemente hasta el Cretácico inferior. Algunas pruebas de lo anterior son:

- Presencia de sedimentos terrígenos del Jurásico tardío en Huetamo, Michoacán (Pantoja, 1959).
- Hallazgo de huellas de dinosaurio entre Zihuatanejo y Caleta de Campos (Ferrusquía, 1978), relacionadas con limolitas rojas (Campa y Ramírez, 1979).
- Mineralizaciones de Pb, Zn, Ag, (Cd) en lechos rojos en la localidad de San Miguel, Jalisco (Torres y Núñez, 1984).
- Presencia de conglomerados y lechos rojos pre-Cretácicos entre San Sebastián y Puerto Vallarta, Jalisco (Gastil, 1979).

Las evidencias anteriores, junto con observaciones de campo que muestran una litología más antigua en la parte ante-arco y de arco para el Cretácico inferior-medio, permiten suponer el desarrollo de un arco insular con características propias, distintas de los modelos clásicos de arco insular que se han querido imponer en la región. En las figuras 7a, b y c se muestra un esquema evolutivo de nuestra proposición, donde se tiene:

1. Sobre un basamento pre-Jurásico metamórfico se desarrolló un magmatismo

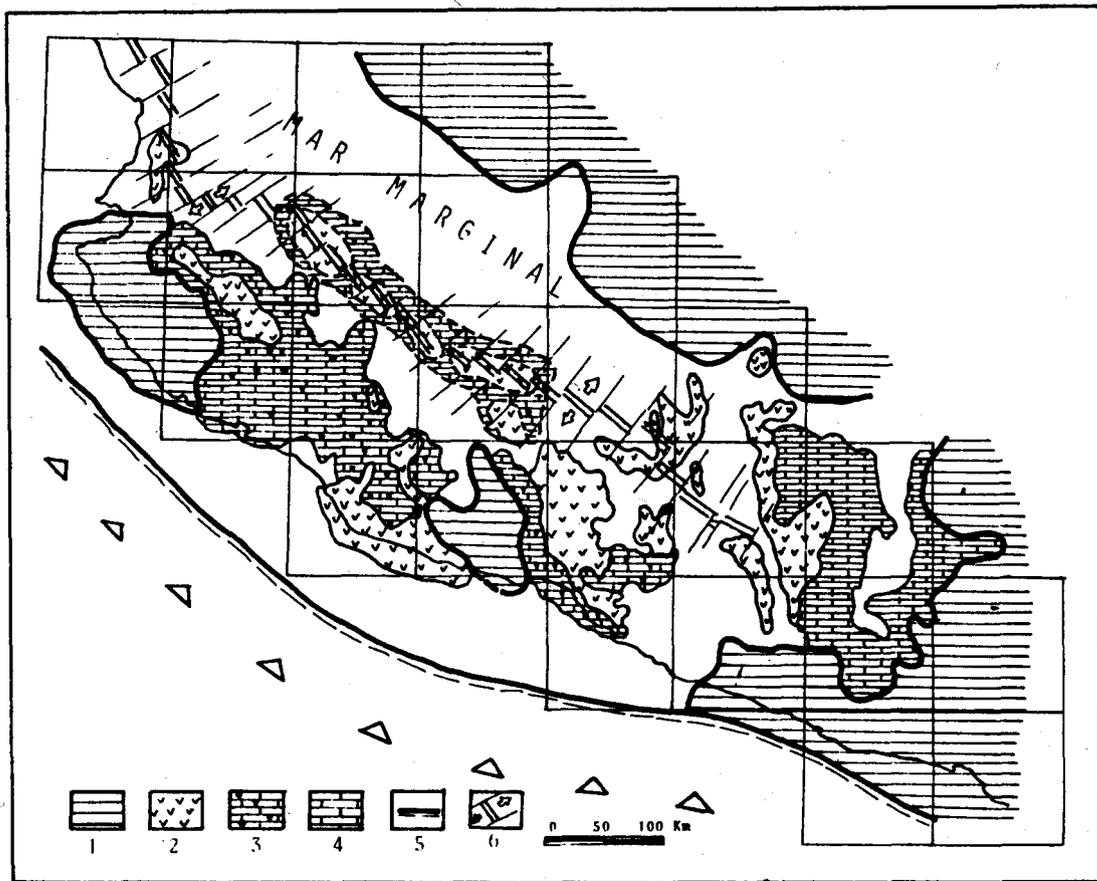


Fig. 6. Paleogeografía durante el Cretácico Medio para la porción centro-occidental de México; 1. Tierras emergidas; 2. Arco volcánico insular; 3. Carbonatos arrecifales; 4. Carbonatos de plataforma; 5. Límite placa continental-oceánica; 6. Zona de distensión.

de arco continental Jurásico cuya distribución espacial es aún poco conocida. Sus mejores afloramientos se encuentran en Baja California y Puerto Vallarta. Su destrucción alimentó los sistemas deltaicos que rellenaron cuencas someras, en muchas de las cuales se depositaron sedimentos evaporíticos. En general se observa una progradación y zoneamiento de los sedimentos hacia el Este del continente (figura 7-A).

2. Un proceso distensivo provocó el fracturamiento de la placa continental en un sistema de bloques junto con un hundimiento de éstos en el medio submarino. En este sistema de bloques se instaló el arco Cretácico. En sus afectaciones más profundas se produjeron las condiciones favorables para la inyección de rocas ultramáficas como las descritas por Delgado y Morales (1983); en este sentido, las suposiciones de Vidal (1984) y Núñez *et al.* (1981) son incongruentes (figura 7-B).

3. El magmatismo volcánico que se interdigita en sus miembros más jóvenes con calizas arrecifales, evolucionó a una cuenca de post-arco con volcanismo interno. La "riftificación" en esta cuenca en dirección norte-sur tuvo por límite el Complejo Xolapa, en el cual no pudo continuar la apertura. En su lugar (al sur del Estado de Guerrero) se desarrolló una pequeña cuenca zoneada que bordeaba los complejos metamórficos. Los materiales depositados dentro de ella constan de evaporitas y pelíticos, y lavas andesíticas hacia la parte interna del arco (Zihuatanejo). El último volcanismo está limitado por la plataforma de Guerrero-Morelos y por calizas arrecifales edificadas sobre los miembros volcánicos del arco (figura 7-C).

Mineralización

La mineralización encontrada en las secuencias volcanosedimentarias es de sulfuros masivos polimetálicos con asociaciones de Pb, Zn, Ag, (Cu, Au) en Campo Morado, Guerrero; Ag, Pb, Zn (Cu, Au) en Rey de la Plata (Gro.) y Cuale (Jal.); Mn, Fe en Autlán (Jal.) y Ba-Zn-Pb-Ag en La Minita (Mich.). Estos yacimientos están asociados a calderas y centros exhalativos submarinos, algunos de los cuales han desarrollado mineralización en "stockwork". Las características estructurales y de textura observadas dependen de la distancia con respecto al centro exhalativo a que fue depositada la mineralización. Así, dentro de un mismo distrito se pueden encontrar yacimientos en vetillas irregulares ("stockwork"), de tipo proximal, distal o transportado. Un claro ejemplo de ello es el Distrito Minero de Cuale, Jalisco.

Mientras en la región de Cuale - El Rubí (Jal.) y La Minita (Mich.) se formaron

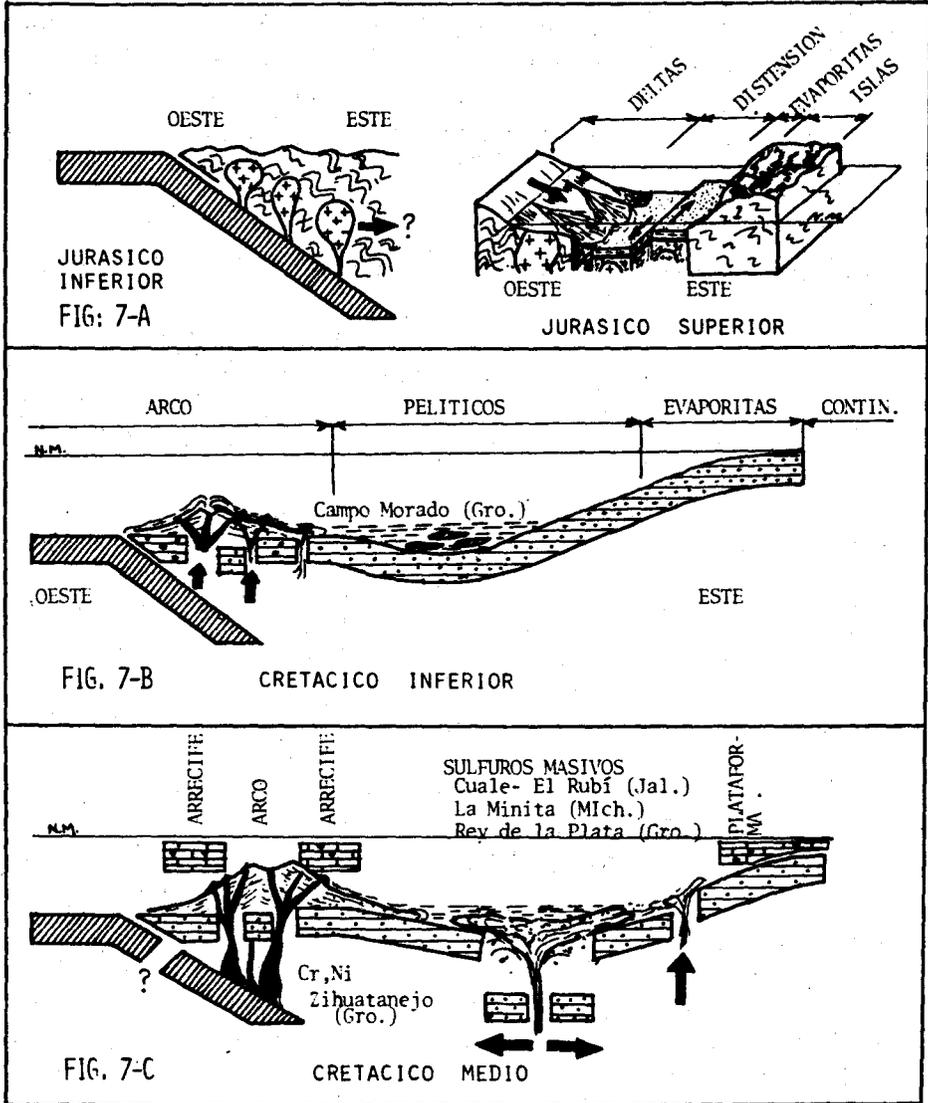


Fig. 7. Esquema tectónico simplificado entre el Jurásico y el Cretácico Medio en la porción centro-occidental de México.

sulfuros sinsedimentarios asociados a centros exhalativos submarinos (fallas alimentadoras), sistemas de calderas típicos de las zonas tensionales de los rifts, junto con cierta actividad hidrotermal, en parte volcánica ($\delta^{34}\text{S}^{\text{‰}} = +1$ a $+7$; González P., 1985), en Campo Morado (Gro.) la actividad bacteriana de ambientes euxínicos es el proceso predominante en la formación de los sulfuros sinsedimentarios ($\delta^{34}\text{S}^{\text{‰}} = -40$ a -70 ; González P., *op. cit.*) los cuales fueron cubiertos y afectados por un volcanismo andesítico muy importante.

ROCAS IGNEAS, SEDIMENTARIAS CONTINENTALES Y CLASICAS MARINAS

Durante el período Cretácico superior-Eoceno continuó la tectónica de subducción en el occidente de México pero con manifestaciones distintas de las mencionadas en los incisos anteriores: emplazamiento de rocas plutónicas, levantamiento, erosión y depositación de sedimentos clásticos marinos, y producción y depósito de sedimentos continentales (figura 8).

En el Cretácico superior, las rocas ubicadas en el occidente sufren deformación y levantamiento, dando por resultado la formación de sedimentos terrígenos arcillosos y calcáreos que se depositan al oriente. Las rocas así producidas son conocidas como Formación Mezcala. Mientras tanto, en la porción levantada se producen capas rojas constituidas por brechas, aglomerados volcánicos con fragmentos de rocas andesítico-dacíticas, areniscas y limolitas de grano fino a medio (Flores y Buitrón, 1981).

Una importante actividad ígnea se manifiesta desde el sur de California en E.E.U.U. hasta el Estado de Guerrero en México. La mayoría de los batolitos que se encuentran expuestos en la Planicie Costera Sur y Occidental de México, junto con las emanaciones de tobas y lavas de composición predominantemente andesítica han sido denominados como "Complejo Volcánico Inferior" por McDowell y Keiser (1977). Todo ese magmatismo fue ocasionado durante la migración de un arco magmático hacia el continente, cuyo regreso se caracterizó por distensión y volcanismo ácido. Esta extensa distribución de rocas ígneas enmascara el magmatismo jurásico, cuyas edades actuales de calentamiento (108 a 65 m.a., K-Ar, González, 1986) son debidas al evento térmico que formó la Sierra Madre Occidental.

Mineralización

Como resultado del desarrollo de un arco magmático continental durante el período

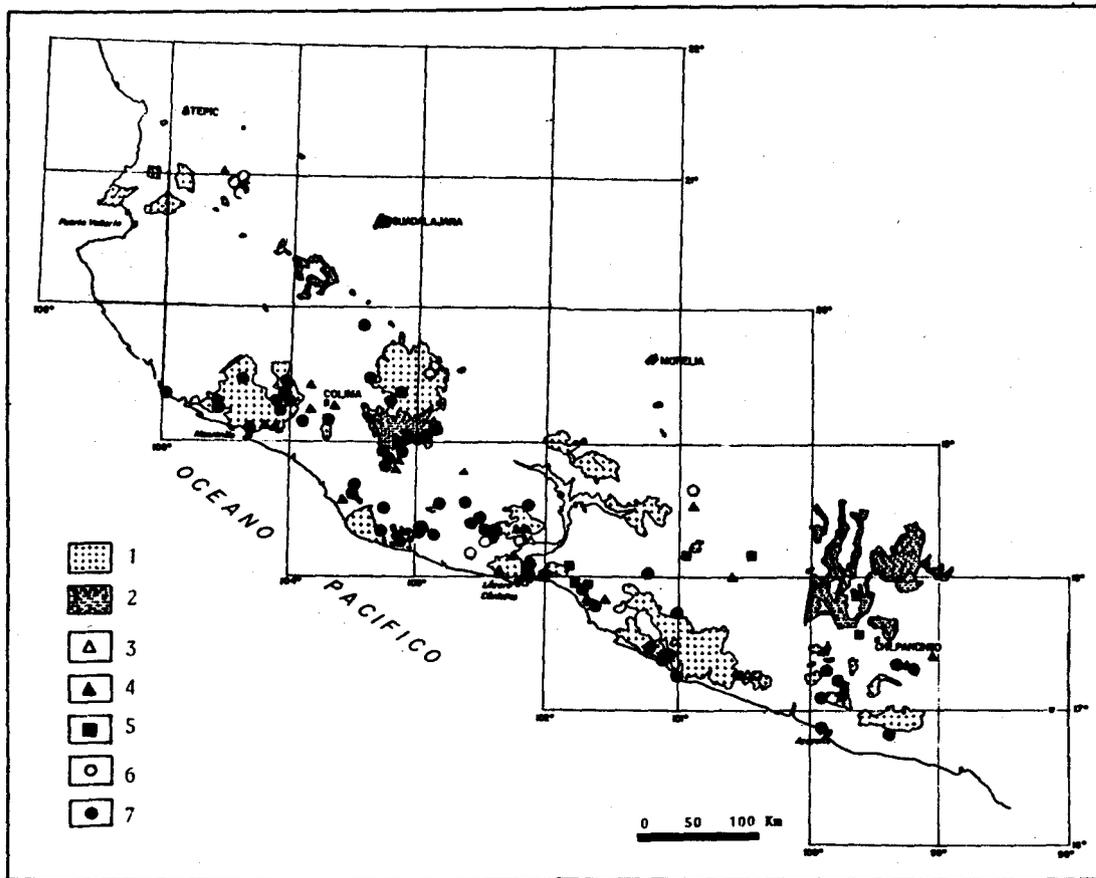


Fig. 8. Afloramientos y localidades mineras del período Cretácico Superior-Terciario Inferior en la porción centro-occidental de México: 1. Intrusivos granítico-granodioríticos; 2. Secuencias clásticas marinas; 3. Pórfidos y brechas cupríferas (Cu, Mo, W); 4. Yacimientos de Cu, Au; 5. Yacimientos de reemplazamiento Fe (Cu, Au); 6. Vetas de Au, Ag(Cu); 7. Yacimientos de reemplazamiento metasomático y segregación magmática Fe (Ti); 8. Yacimientos de W.

do Cretácico superior-Terciario inferior, se forman yacimientos de tipo "skarn", de concentración magmática y pórfidos y brechas cupríferas. La contemporaneidad entre los emplazamientos de los cuerpos intrusivos y la formación de los depósitos minerales permite extender las dataciones radiométricas efectuadas en el arco al establecimiento de la época metalogenética. Conforme con los datos publicados, entre otros, por Henry (1975), Damon *et al.* (1981, 1983) y Pantoja (1984), puede afirmarse que los yacimientos tipo "skarn" ferrífero-cupríferos se formaron entre 97 y 57 m.a. (Cretácico superior - Eoceno), mientras que los pórfidos y brechas cupríferas, ubicados un poco más hacia el oriente, se formaron entre 66 y 30 m.a. (Eoceno-Oligoceno inferior).

1) "Skarns" ferrífero-titano-cupríferos

Los yacimientos ferrífero-cupríferos con valores de oro y titanio de la zona circumpacífica de México están relacionados genéticamente con la subducción de la Placa del Pacífico bajo la Placa Norteamericana, evento que tuvo su máxima intensidad entre el Cretácico Superior y el Terciario Inferior. La zona con potencial de hierro se extiende a lo largo de un arco magmático (cadena de plutones) formado en la porción más cercana a la trinchera. Las localidades con mineralización de hierro forman una franja de unos 700 km de largo por 110 km de ancho (Torres y Núñez, 1984) dentro de la que se encuentran yacimientos tipo "skarn" y de segregación magmática.

Algunos de los yacimientos de estos tipos son: Las Truchas, La Guayabera, Los Pozos y Ordeña Vieja (Michoacán); Peña Colorada y Las Encinas (Colima); Plutón y El Violín (Gro.); y El Encino (Jal.).

Las mineralizaciones intra-graníticas forman menas o magnetita "dominante", con fuerte alteración a hematita. Por su parte, los "skarns" presentan asociaciones mineralógicas que varían con la profundidad, apareciendo hematita, specularita, limonita, jarosita, minerales arcillosos y, ocasionalmente, supergénicos de cobre, todos ellos en la zona de oxidación. A mayor profundidad empieza a predominar magnetita acompañada de silicatos (granate) y sulfuros (pirita). La magnetita se hace masiva a profundidad y suele estar acompañada de pirrotita y calcopirita (Hernández *et al.*, 1986). Algunos cuerpos contienen como subproducto cobalto, titanio y estaño (los más distales con respecto a la zona de subducción).

2) Pórfidos y brechas cupríferas

Los yacimientos de pórfidos cupríferos forman una franja de unos 100 km de ancho que se extiende desde el Estado de Guerrero, México (Las Salinas) hasta el noroccidente de Arizona, Estados Unidos (Mineral Park). Por sus características genéticas (ambiente subvolcánico o hipabisal) estos yacimientos están estrechamente relacionados con otros tipos de mineralizaciones como diseminados, "stockworks", brechas mineralizadas (de formación más somera) y yacimientos de reemplazamiento. La franja de pórfidos cupríferos y yacimientos asociados está estrechamente ligada a los emplazamientos batolíticos del suroccidente de México, como los Batolitos de Guerrero y de Michoacán, y al magmatismo intrusivo que forma parte del "Supergrupo Volcánico Inferior" de la Sierra Madre Occidental.

La edad de formación de los yacimientos cupríferos es laramídica (80 - 40 m.a.) para aquéllos que se localizan al norte del Eje Neovolcánico, mientras que los que se encuentran al sur de éste, y más hacia el oriente, son post-laramídicos (32 - 30 m.a.), llegándose incluso a presentar yacimientos Pliocénicos (5.8 - 2.3 m.a.) en el Estado de Chiapas.

Las brechas y pórfidos cupríferos se localizan dentro de intrusivos dioríticos, granodioríticos y cuarzomonzoníticos. Algunos de estos depósitos son: La Verde (Mich.), Pórfido de Cobre alojado en batolito granodiorítico (33.4 m.a., Damon *et al.*, 1983); San Isidro (Mich.), brecha granodiorítica (31.8 m.a.); Las Salinas (Gro.), cuarzomonzonita porfídica (62.8 m.a.), y La Sorpresa (Jal.), brecha cuarzomonzonítica (54 m.a.).

ROCAS IGNEAS OLIGOMIOCENICAS

Como consecuencia del regreso rápido hacia el occidente (hace 40 m.a.) del arco magmático, se deposita en el occidente de México una amplia secuencia de ignimbritas con intercalaciones de flujos de lava y volcanoclastos, los cuales afloran ampliamente en la Sierra Madre Occidental, en el margen continental occidental y al sur del Eje Neovolcánico (figura 9).

La altiplanicie de la Sierra Madre Occidental constituida en su mayor parte por riolitas ha sido denominada por McDowell y Keiser (1977) como "Subgrupo Volcánico Superior" y atribuyen su origen a un complejo sistema de calderas y a promi-

nentes domos y flujos riolíticos con tendencia EW. La edad del volcanismo explosivo mencionado oscila entre 34 y 27 m.a. aunque cierta actividad persistió hasta hace 23 m.a. El grupo litológico anterior está cubierto en zonas restringidas por ignimbritas ligeramente alcalinas con intercalaciones de andesitas basálticas y basaltos alcalinos de edad Mioceno superior-Plioceno inferior, los cuales afloran en las barrancas del Río Grande de Santiago (Damon *et al.*, 1979).

El Terciario medio al sur del Eje Neovolcánico está constituido por una secuencia de derrames piroclásticos, tobas, brechas y lahares de composición riolítica a dacítica (Linares y Urrutia, 1984). Estas rocas se depositaron a partir del Eoceno tardío y tuvieron su máxima acumulación en el Oligoceno.

Mineralización

El período Oligoceno-Mioceno se caracteriza por una intensa actividad magmática e hidrotermal asociada a la convergencia de una placa oceánica contra un borde continental. El emplazamiento de intrusivos y la actividad calorífica a partir de cámaras magmáticas dio por resultado la formación de varios tipos de yacimientos acordes al ambiente geológico en que tuvieron lugar dichos fenómenos. De esta manera se formaron vetas hidrotermales de Pb, Zn, Ag (Au, Cu) y Au, Ag, (Pb, Zn, Cu) asociadas a rocas sedimentarias de ambiente interno y a rocas volcánicas intermedias; Au, Ag en rocas volcánicas intermedias e intrusivos ácidos; Cu, Au (Mo, W, Ag) asociados a rocas volcánicas intermedias cortadas por intrusivos monzoníticos; disseminados de Sn en rocas volcánicas ácidas, vetas de CaF_2 y Sn en rocas volcánicas intermedias y ácidas; vetas en Mn en rocas volcánicas ácidas a intermedias y vetas y reemplazamientos de Hg, Sb(Mn) en rocas pelíticas ("flysches"), secuencias volcanosedimentarias y sedimentos continentales (figura 9).

A continuación se presentan las asociaciones metálicas más importantes que tienen distribuciones geográficas que las distinguen.

1) Asociaciones Pb, Zn, Ag (Au, Cu) y Au, Ag (Pb, Zn, Cu)

Los yacimientos polimetálicos de Pb, Zn, Ag, (Au, Cu) se concentran en los Estados de México y Guerrero y constituyen cerca del 15% de los yacimientos estudiados. Algunas de las localidades mineras conocidas son las de Jocotitlán, Coxcatlán, Santa Gertrudis y La Suecia en el Estado de Guerrero y El Distrito de Valle de Bravo

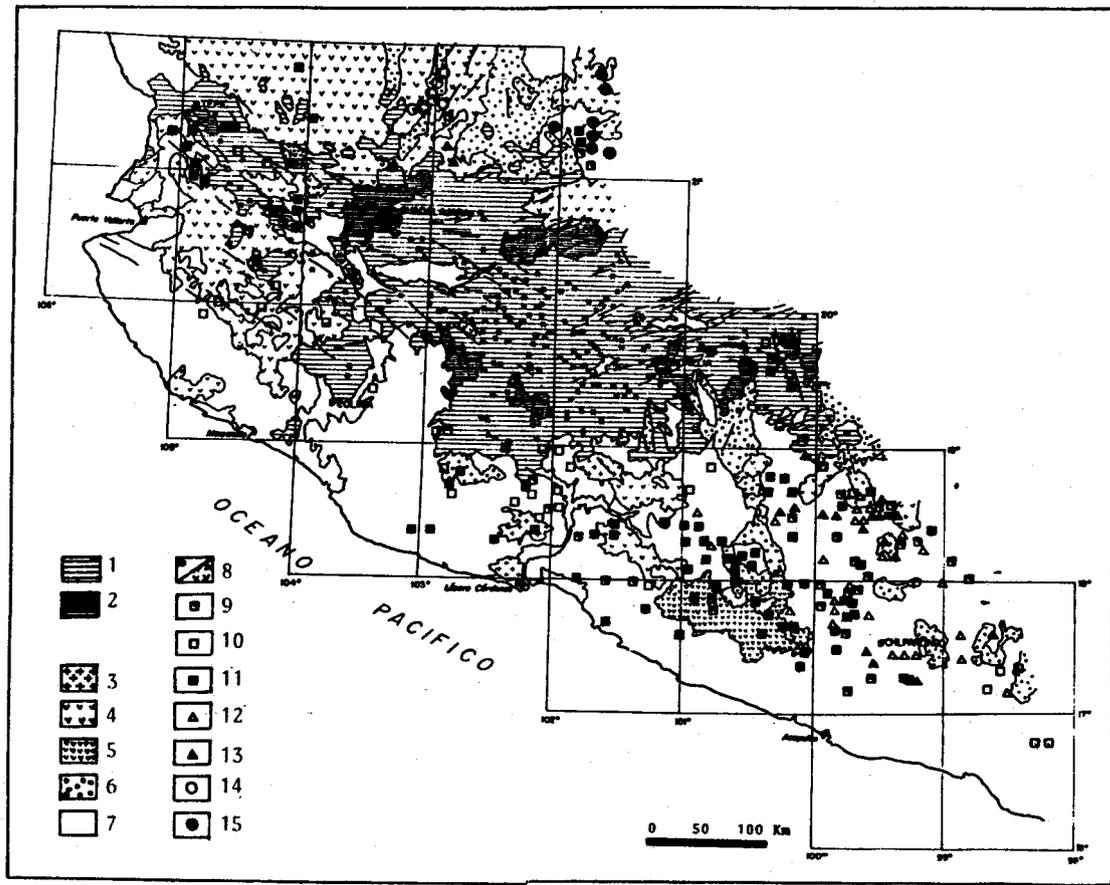


Fig. 9. Unidades litológicas y localidades mineras del período Terciario Medio-Reciente: 1. Rocas basáltico-andesíticas (Ts-Q); 2. Rocas ácidas (Ts-Q); 3. Intrusivos Terciarios; 4. Rocas riolíticas (Tm); 5. Rocas andesíticas (Tm); 6. Rocas detríticas continentales; 7. Rocas pre-Terciarias; 8. Volcanes y calderas del Eje Neovolcánico; 9. Yacimientos de Pb,Zn,Ag(Au,Cu); 10. Yacimientos de Ag,Pb,Zn(Au, Cu); 11. Yacimientos de Au, Ag(Cu); 12. Yacimientos de Hg,Sb(Mn); 13. Yacimientos de Mn; 14. Yacimientos de CaF₂; 15. Yacimientos de Sn; 16. Sedimentos ferríferos de plataforma continental.

25

y Santo Niño en el Estado de México. Geográficamente se disponen con una tendencia NNW que coincide con la franja de Au, Ag, (Pb, Zn, Cu).

Las vetas hidrotermales de Au, Ag, (Pb, Zn, Cu) constituyen una franja continua que se extiende desde los límites de los Estados de Guerrero y Oaxaca hasta los Estados de Nayarit y Zacatecas. Algunas localidades mineras incluídas dentro de la franja son: Taxco, Guerrero; Temascaltepec, Estado de México; La Fortuna, Michoacán y Fresnillo, Zacatecas. Su continuidad hacia el norte podría sugerirse con yacimientos como los de Parral y Plomosas (Chihuahua).

La mineralización se presenta como argentita, plata y oro nativos, polibasita y proustita, incluídos dentro de sulfuros como piritita, esfalerita, galena, calcopirita, piritita y arsenopirita. Entre las rocas encajonantes se encuentran calizas de plataforma y andesitas cortadas por intrusivos cuarzodioríticos.

2) Asociación Au, Ag

En el flanco poniente u oeste de la Sierra Madre Occidental, a partir de su extremo sur (Río Ameca, Jalisco), aparecen manifestaciones y yacimientos de Au y Ag que se extienden a lo largo de una franja de unos 1 350 km de largo, la cual llega hasta el sur de Arizona, E.U.A. El ancho promedio de la franja es de unos 110 km. Algunos yacimientos que la integran son: La Yesca, Huaynomita y Sierra de Zapotlán, Nayarit, y el Barqueño, Jalisco.

La mayoría de los yacimientos son vetas y diseminados producidos por hidrotermalismo de mediana temperatura con enriquecimiento supergénico en algunos (El Barqueño, Jal.). Las rocas encajonantes son riolitas, ignimbritas y tobas riolíticas oligo-miocénicas, aunque también se presentan epigenéticamente en rocas volcano-sedimentarias metamorizadas (Cebadillas, Nayarit) y en gneises y esquistos (Ahuacatlán, Nayarit) cortados por intrusivos granodioríticos.

Las mineralizaciones anotadas tienen una época metalogenética entre 49 y 28 m.a. (Clark *et al.*, 1980) en la que el límite inferior corresponde al avance hacia el oriente de un arco magmático y el superior a su retroceso hacia el Pacífico.

3) Asociación Cu, Au (Mo, W, Ag)

Esta asociación se presenta como una franja continua formada por unos 115 yacimientos distribuidos en las regiones en que la actividad hidrotermal y la formación de pórfidos y brechas han sido importantes. Entre las localidades conocidas figuran las vetas de fisura de El Nanchal, Pinzón Morado y Olinalá (Guerrero); El Terreno y Coalcomán (Michoacán); Distrito de Zacualpan (Colima) y Ayutla y Don Carlos (Jalisco). En algunos yacimientos aparecen cantidades importantes de tungsteno, como en El Triunfo, El Ticul, Tres Brazos y Cerro El Guinal (Guerrero); y de molibdeno, como los yacimientos de Aguila Real, Chacalintla y Atoyac (Guerrero); La Virgen y Rincón de Varillo (Michoacán) y La Montera (Jalisco). Se conocen algunas brechas y pórfidos de cobre post-laramídicos (Oligoceno inferior) alojados en intrusivos granodioríticos como La Verde, Michoacán, y San Isidro, Guerrero. Estos yacimientos, junto con los laramídicos, se ubican a unos 100 km de la línea de costa y presentan cierto paralelismo con ésta. En la región norte (Nayarit) no se conocen yacimientos de este tipo aunque la posibilidad de que existan es grande por la presencia de intrusivos cuarzo-monzoníticos cortando andesitas, los cuales forman el ambiente geológico propicio para este tipo de mineralización. Su búsqueda se ve dificultada por las cubiertas volcánicas de la Sierra Madre Occidental y del Eje Neovolcánico. Por otra parte, en la región sur (Michoacán y Guerrero) los pórfidos y brechas se asocian al Batolito de Michoacán y a otros intrusivos del Terciario.

La asociación Au, Cu en la porción más oriental (140 a 240 km de la costa) disminuye significativamente o aparece como accesoria en otros tipos de asociaciones metálicas. Esto ocurre en los yacimientos de Dos Jesuses (Estado de México) y El Caracol y El Astillero (Michoacán).

4) Yacimientos de Sn

Los yacimientos conocidos de Sn se disponen a lo largo de una franja subparalela a la línea de costa pacífica (a unos 350 - 450 km de ésta) que se extiende desde el extremo oriental de los Estados de Michoacán y cruza los Estados de Guanajuato, Jalisco, Zacatecas y Durango. Algunas de las localidades mineras de esta franja son: Las Huertitas y Encarnación de Díaz en Jalisco y Los Cabires en Michoacán.

Las mineralizaciones de Sn aparecen como vetas y diseminaciones en horizontes de brechas piroclásticas, riolitas e ignimbritas (Huespeni *et al.*, 1984). Según estos

autores, los yacimientos están relacionados con sistemas de calderas, como puede observarse en los depósitos de Los Remedios y Rfo Verde en la Caldera de Chupaderos, Durango. El origen de Sn puede atribuirse a removilización y lixiviación de este elemento, conteniendo en ppm en las rocas volcánicas ácidas, mediante la actividad de aguas meteóricas calentadas por anomalías térmicas (Lufkein, 1972 y Pan, 1974).

5) *Yacimientos de CaF₂*

Los yacimientos de fluorita se localizan en dos ambientes geológicos distintos, separados geográficamente: el primero asociado a rocas calcáreas y volcanosedimentarias en el Estado de Guerrero y el segundo a rocas volcánicas de variada composición en la región sur del Estado de Zacatecas.

En el Estado de Guerrero los yacimientos de fluorita se alinean en dirección nortesur, desde el sur de Chilpancingo hasta los límites con el Estado de México. Algunas localidades incluidas en esta franja son: Xochicalco, La Azul, Coapango y La Angelina. La mineralización se presenta en vetas y mantos, en los contactos entre rocas calcáreas cretácicas y rocas volcanosedimentarias y las rocas volcánicas que las cubren. Los cuerpos mineralizados están relacionados genéticamente con los yacimientos polimetálicos de origen hidrotermal, formando parte de un zoneamiento periplutónico evidente en los distritos de Taxco y La Azul.

Los yacimientos que se ubican al sur del Estado de Zacatecas forman parte de una franja de unos 500 km de largo por 80 km de ancho que se extiende hasta el sur del Estado de Chihuahua. Algunos de los yacimientos que la componen son: El Huizache, Ricardo I, Enrique I, Tenayuca y Los Gallos (Zacatecas). La mineralización se encuentra en rocas ígneas como cuarzomonzonitas (La Montosa), tobas riolíticas (El Huizache) andesitas (Santa Rosa) y basaltos. Los cuerpos forman vetas irregulares con ramales emplazados en fallas y fracturas. El origen de la mineralización puede atribuirse a una fuente magmática localizada a profundidad o a la removilización del flúor contenido en las riolitas e ignimbritas (hasta 3 100 ppm).

6) *Yacimientos de manganeso*

Los yacimientos oligo-miocénicos de manganeso se ubican en las porciones nororientales de los Estados de Jalisco, Michoacán y Guerrero, constituyendo una franja de unos 630 km de largo por unos 90 km de ancho (figura 10). La franja está for-

mada por vetas hidrotermales en rocas volcánicas ácidas a intermedias (terciarias) y por "skarns" asociados a procesos de metasomatismo en rocas tipo "flysch" calcáreo. Algunos yacimientos de los ubicados en esta franja son: Yahualica, Mezcala y Comanjá en Jalisco; Indaparapeo y Etícuaru en Michoacán; y La Negra, La Unión, Carbillo y El Caballo en Guerrero.

La franja tiene su continuidad hacia el norte de México, donde ha sido estudiada por Clark *et al.* (1980). En Talamantes, Chihuahua, las vetas de manganeso cortan riolitas del Eoceno superior (42 m.a.) por lo cual puede asignársele una edad post-eocénica a aquellos yacimientos y correlacionarlos genéticamente con los ubicados más al sur.

Se conocen también yacimientos sinsedimentarios de edad Cretácico inferior, asociados a un volcanismo ácido y a exhalaciones submarinas en la región de Autlán, Jalisco, y en el occidente de Michoacán.

7) Asociación Hg, Sb, (Mn)

Los yacimientos mercúrico-antimoniales, con cantidades menores de manganeso, se localizan principalmente en la porción centro-oriental del Estado de Guerrero y en algunas localidades más distantes en los Estados de Michoacán y Jalisco. Entre los yacimientos más conocidos pueden mencionarse: Huitzuco, Chonextla, El Caballo, Dos Lupes, La India, Huahuaxtla y Almoloya de Los Naranjos en el Estado de Guerrero; Apatzingán y Tzitzio en Michoacán; y El Moral en Jalisco.

La mineralización consiste en su mayor parte del cinabrio, metacinabrio, livingstonita, estibinita y otros arseniuros y seleniuros de mercurio y antimonio, formando rellenos y reemplazamientos en rocas de plataforma en secuencias tipo "flysch", yesos y en materiales detríticos.

CONCENTRACIONES MINERALES RECIENTES

1) Arenas titaníferas

A lo largo de la porción litoral de los estados de Guerrero y Oaxaca aparecen anomalías de minerales pesados (peso específico mayor que 2.85) constituidos en su mayor parte por magnetita, ilmenita, rutilo, circón, monacita y granate, los cuales

parecen provenir de la destrucción de rocas intrusivas cuya composición varía de granito-granodiorita hasta gabrodiorita-diabasa. Los yacimientos conocidos en el estado de Guerrero son los de Japútica, Cayacal, El Calvario, Piedra Tular, Coyuquilla, Papanoa y Ticul, éste último asociado a molibdeno y tungsteno.

Los mecanismos de concentración de los minerales pesados en la zona de playa dependen directamente de las características morfológicas de ésta, de la energía del oleaje y la acción eólica. Las mayores acumulaciones se han observado en la parte intermedia de la playa, representada generalmente por una pequeña terraza producto del oleaje en época de máxima marea o tormentas. El proceso de selección es efectuado por la energía del oleaje que realiza un lavado en forma de batea. En épocas de alta marea, las olas tienen energía suficiente para mover los minerales pesados, la velocidad de regreso es menor y por tanto pierden su capacidad, depositando los minerales de mayor peso. Las formas de aparición de las concentraciones de minerales pesados en el sedimento de playa son: en las desembocaduras de las corrientes fluviales, en las playas-barrera y en estructuras eólicas. Granulométricamente aparecen en mayor porcentaje en las arenas finas (Martín, 1980).

En resumen, las concentraciones titano-ferríferas de la costa de Guerrero se originaron por la destrucción *in situ* de rocas intrusivas intermedias, básicas y metamórficas, producida por la acción del oleaje. El efecto de los transportes fluviales mayores se verá en el siguiente inciso.

2) Sedimentos ferríferos de plataforma continental

El estudio sedimentológico regional de la plataforma del Estado de Guerrero revela una distribución en franjas paralelas a la línea de costa de los sedimentos, los cuales varían de tamaño desde arena en la zona litoral hasta lodos en la parte externa de la plataforma y el talud continental. Esta disposición es interrumpida por la presencia de accidentes topográficos como depresiones, montículos y cañones submarinos (Morales de la G.E. *et al.*, 1984 y Márquez y Morales de la G.E., 1984).

Las anomalías de minerales económicos se encuentran con mayor frecuencia en las zonas constituídas por sedimentos con más del 50% de arenas (arena y arena lodosa; 3 y 4 ϕ). Los estudios realizados por Stanley y Wear (1978) han demostrado que la concentración de minerales de placer predomina en arenas muy finas, razón por la cual Morales de la G. *et al.* (*op. cit.*) mapearon dichas arenas. Los planos sedi-

mentológicos mostraron una disposición también en franjas paralelas a la línea de costa para estas arenas ubicadas a profundidades entre 20 y 70 m. Las concentraciones más importantes fueron localizadas en los siguientes puntos: frente a las desembocaduras de los Ríos Grande y Coyuquilla, en donde predominan hematita detrítica y hematita sustituyendo foraminíferos; frente a la Bahía Petacalco con hematita sustituyendo foraminíferos, donde las mayores acumulaciones se localizan a 3 km mar adentro; frente a la laguna de Tres Palos con manifestaciones de circón y magnetita; y frente a la Laguna Tecomate, en donde se encontró magnetita detrítica.

La sedimentación de la plataforma se ve influenciada por la distribución en franjas metalogenéticas a través de las redes fluviales de la Cuenca del Río Balsas que atraviesa todas las franjas metalogenéticas del Estado de Guerrero, produciendo sedimentos de muy variada composición, entre los que predominan las arenas lodosas. Según análisis por fluorescencia de rayos X, en el área de la desembocadura se encontraron minerales que contienen en orden de abundancia: fierro, circonio, estroncio, titanio, rubidio, bario, zinc y cobre.

En resumen, el estudio de los sedimentos ferríferos de la plataforma de Guerrero plantea las siguientes conclusiones: 1) los minerales de placer que se localizan en la plataforma son: hematita, magnetita, rutilo y circón, los cuales se encuentran en arenas muy finas de tamaño 3 y 4 ϕ , a profundidades entre 20 y 70 m; 2) la franja metalogenética que deja sentir una mayor influencia en el contenido mineralógico de la plataforma es la Franja Ferrífero-cuprífera de "skarns" y 3) no se encontraron concentraciones de cromo y plomo. Minerales de zinc y cobre aparecieron sólo en trazas.

Aparte del potencial económico de este tipo de acumulaciones (concentraciones de hasta 35% de fierro), metalogenéticamente son importantes puesto que constituyen reservorios sedimentarios susceptibles de ser removilizados.

SUMARIO

En la porción centro-occidental de México, las mineralizaciones más antiguas (pre-Jurásicas) están asociadas a metalavas de composición básica con menas a cobre-pirrotita, formadas en una zona de arco volcánico submarino (Copper King, Gro.). En la zona de post-arco se desarrolló una potente serie pelítica alimentada por un continente, situado al este (Acatlán), en cuya cima predomina un volcanismo ácido con mineralizaciones polimetálicas de Pb, Zn, Ag, Sn (Tizapa-Santa Rosa, Edo. de

Méx.). Estos conjuntos litológicos de probable edad Paleozoico superior-Triásico fueron afectados por un metamorfismo epizonal de la facies de esquistos verdes (figura 10).

Intrusionando las rocas anteriores se observan plutones con tendencia calcoalcalina de edad Jurásica (P. Vallarta, Cuale, Jal.), mineralógicamente estériles en la zona de estudio (batolitos muy erosionados). Estos cuerpos ígneos alimentaron potentes series deltaicas hacia la parte este del continente durante el Jurásico superior, dando por resultado yacimientos de origen químico del tipo lechos rojos asociados a conglomerados, areniscas y grauvacas (Fresnillo, Real de Angeles, Zac.; San Miguel, Jal.; Huetamo, Mich.; y Olinalá, Gro.).

En el Cretácico inferior se desarrolló en la porción occidental de México (Jal., Col., Mich. y Gro.) un arco volcánico submarino que evolucionó a arco de islas con secuencias arrecifales en el Cretácico medio. Este arco presenta particularidades propias en cuanto a su posición tectónica de emplazamiento, ya que en la parte de "ante-arco" afloran rocas más antiguas. El modelo propuesto aquí (figura 7) implica un desmembramiento en bloques de la placa continental y hundimiento parcial de éstos en un medio submarino; sobre estas distensiones se edificó el arco propiamente dicho, presentando fenómenos de espilitización dentro de una serie calcoalcalina (las secuencias más completas afloran entre los límites de Colima y Michoacán). Los fracturamientos más profundos propiciaron el emplazamiento diapírico por intrusión forzada de rocas básicas y ultrabásicas con índices de Cr y Ni en Guerrero. La cuenca de "post-arco", que culminó en el Cretácico medio, estuvo limitada por la plataforma calcárea de Morelos al este y por litologías similares al oeste, en Michoacán, Colima, Guerrero y Jalisco. Esta faja volcánica contiene los yacimientos volcanosedimentarios polimetálicos más importantes de México: Cuale - El Rubí, Jal.; La Minita, Mich. y Rey de la Plata, Gro. En la porción sur de Guerrero y bordeando los complejos metamórficos, simultáneamente a los fenómenos anteriores, se desarrolló una cuenca zoneada (este a oeste) con litologías que varían de evaporitas, pelitas y volcanismo submarino; al nivel pelítico, se formaron sulfuros sinsedimentarios debido a una importante actividad bacteriana (Campo Morado, Gro.) la cual fue interrumpida por el volcanismo terminal andesítico de la cuenca de "post-arco". Las secuencias volcanosedimentarias no migraron más al sur de los complejos metamórficos de Guerrero.

En el Cretácico superior-Terciario medio se suceden fuertes cambios en los regí-

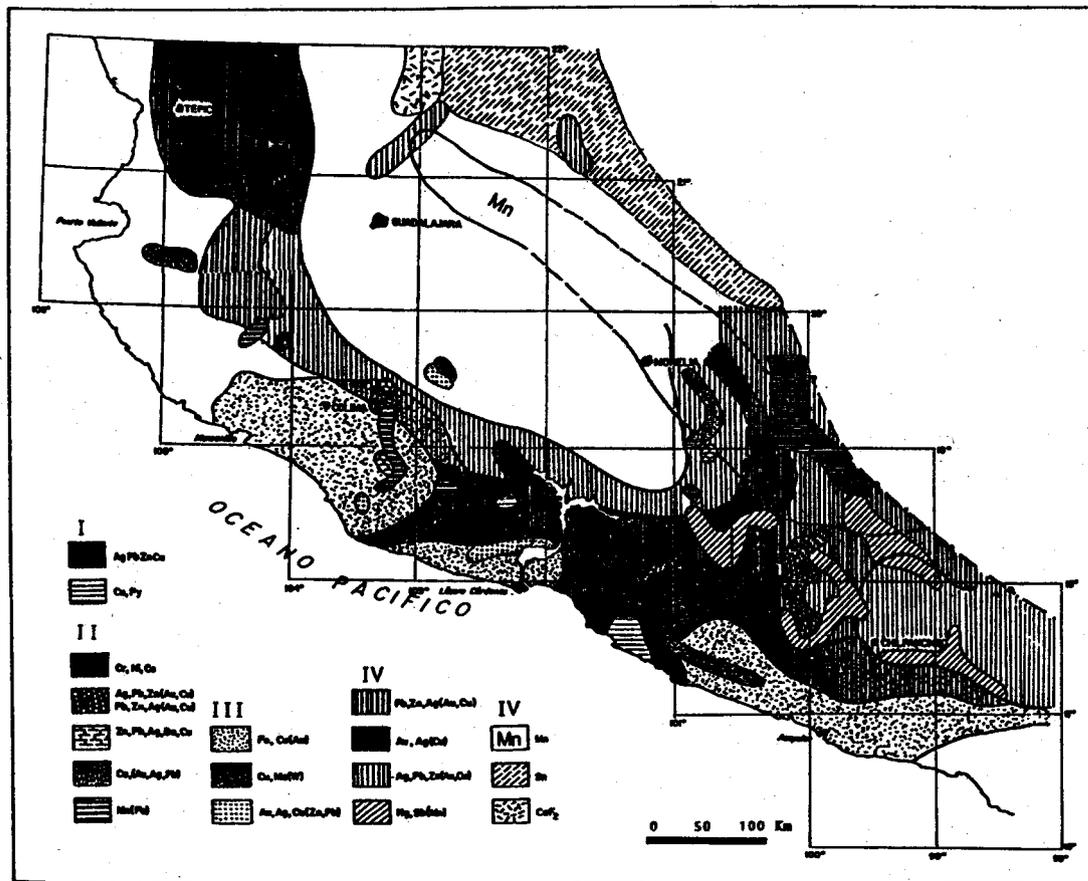


Fig. 10. Distribución metalogénica en la porción centro-occidental de la República Mexicana: I. Yacimientos pre-Jurásicos; II. Yacimientos del Cretácico Inferior-Medio; III. Yacimientos del Cretácico Superior-Terciario Inferior; IV. Yacimientos del Terciario Medio.

menes tectónicos: se reinicia la tectónica de subducción en el occidente de México provocando el emplazamiento de rocas volcánicas y plutónicas ("Supergrupo Volcánico Inferior"), levantamiento, erosión y producción de sedimentos clásticos debido a la "transgresión" del arco hacia el continente; su "regresión" durante el Terciario medio permitió la formación de rocas volcánicas ácidas (ignimbritas, lavas y volcanoclastos del "Supergrupo Volcánico Superior") las cuales afloran ampliamente en la Sierra Madre Occidental y casi ausentes en la Sierra Madre del Sur. Asociada a estos dos grandes eventos magmáticos se encuentra la aparición de fajas metálicas de distribución similar al magmatismo (oeste-este); así, en el borde occidental se observa la importante faja de hierro (97 a 57 m.a.), cobre y oro (66 a 30 m.a.) que no se asocian al Batolito de Vallarta. En el Oligoceno aparecen grandes acumulaciones metálicas: Pb, Zn, Ag (Au, Cu); Au, Ag (Pb, Zn, Cu); Cu, Au (Mo, W, Ag); Sn; CaF_2 ; Mn y Ma, Sb (Mn), cuya distribución es semiparalela a la actual línea de costa. El traslape observado entre algunas fajas se debe a procesos heterocronos.

Los estudios de sedimentos recientes en Guerrero y Oaxaca revelan una distribución de franjas paralelas a la línea de costa en los sedimentos, los cuales varían en tamaño desde arena en la zona litoral, hasta lodos en la parte externa de la plataforma y el talud continental. Las anomalías de minerales económicos de placer son: hematita, magnetita, rutilo y circón, los cuales se encuentran en arenas muy finas.

BIBLIOGRAFIA

- BURNHAM, C. W., 1959. Metallogenic provinces of the Southwestern United States and Northern Mexico. Bulletin 65, State Bureau of Mines and Mineral Resources, Socorro, New Mexico, 76 pp.
- CAMPA, M. F., M. CAMPOS, R. FLORES y R. OVIEDO, 1974. La secuencia mesozoica volcanosedimentaria metamorfizada de Ixtapan de la Sal, México - Teloloapan, Guerrero. *Bol. Soc. Geol. Mex.*, 35, 7-28.
- CAMPA, M. F., 1978. La evolución tectónica de Tierra Caliente, Guerrero. *Bol. Soc. Geol. Mex.*, 34, 2, 52-64.
- CAMPA, M. F. y J. RAMIREZ, 1979. La evolución geológica y la metalogénesis del noroccidente de Guerrero. Univ. Aut. de Guerrero, Serie Técnico Científica, No. 1, 102 pp.

- CAMPA, M. F., J. RAMIREZ, R. FLORES y P. CONEY, 1980. Terrenos tectonoestratigráficos de la Sierra Madre del Sur, región comprendida entre los estados de Guerrero, Michoacán, México y Morelos. Univ. Aut. de Guerrero, Serie Técnico Científica, 28 pp.
- CAMPA, M. F., J. RAMIREZ y Ch. D. BLUME, 1982. La secuencia volcanosedimentaria metamorfizada del Triásico (Ladiniano-Cárnico) de la región de Tumbiscatío, Michoacán. Soc. Geol. Mex., VI Convención Geológica Nacional, Resúmenes, p. 48.
- CAMPA, M. F. and P. J. CONEY, 1983. Tectono-stratigraphic terranes and mineral resources distribution in Mexico. *Can. J. Earth Sci.*, 20, 1040-1051.
- CARRASCO, C. M., 1980. Carta y provincias metalogénicas del Estado de Durango. C. R. M., publicación 22-E, 63 pp.
- CLARK, K. F., M. L. CARRASCO, P. E. DAMON y H. SANDOVAL, 1977. Posición estratigráfica en tiempo y espacio de mineralización en la provincia de la Sierra Madre Occidental, en Durango, México. Asoc. Ing. Minas, Metal. y Geol. Mex., XII Convención Nacional, Memoria, 197-224.
- CLARK, K. F. and F. E. de la FUENTE, 1978. Distribution of mineralization in time and space in Chihuahua, Mexico. *Mineralium Deposita*, W-3, 27-49.
- CLARK, K. F., P. E. DAMON, R. S. SCHUTTER y M. SHAFFIQUILLAH, 1979. Magmatismo en el Norte de México en relación con los yacimientos metalíferos. Asoc. Ing. Min., Met. y Geol. Mex., XIII Convención Nacional, Memoria Técnica, 8-57. Republicado en *Geomimet*, 1980, 106, 49-71.
- CLARK, K. F. and P. E. DAMON, 1977. Mineralization epoch in relation to Cenozoic igneous activity, Sinaloa, Mexico. *Geol. Soc. Am. (South Central Section)*, 9, 1, 11-22 (Abs.).
- CLARK, K. F., G. T. FOSTER and P. E. DAMON, 1982. Cenozoic mineral deposits and subduction-related magmatic arcs in Mexico. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 93, 533-544.
- CSERNA, Z. de, 1965. Reconocimiento geológico en la Sierra Madre del Sur, entre Chilpancingo y Acapulco, Estado de Guerrero. UNAM, *Bol. Inst. Geol.*, 62, 76pp.
- CSERNA, Z. de, E. SCHMITTER, P. E. DAMON, D. E. LIVINGSTON y L. J. KULP, 1962. Edades isotópicas de rocas metamórficas del centro y sur de Guerrero y de una monzonita cuarcífera de Sinaloa. UNAM, *Bol. Inst. Geol.*, 64, 71-84.
- CSERNA, Z. de y C. FRIES, Jr., 1981. Hoja Taxco 14Q-h(7), con Resumen de la Hoja Taxco, Estados de Guerrero, México y Morelos. UNAM, Inst. Geol., Carta Geológica de México, Serie 1:100 000, mapa con texto, 47 pp.

- DAMON, P. E., J. NIETO O. y L. A. DELGADO A., 1979. Un plegamiento neogénico en Nayarit y Jalisco y evolución geomórfica del Río Grande de Santiago. AIMMGM, Memoria Técnica 12, 157-190.
- DAMON, P. E., M. SHAFFIQUILLAH and K. F. CLARK, 1981. Age trends of igneous activity in relation to metallogenesis in the Southern Cordillera. *In: Relations of tectonics to ore deposits in the Southern Cordillera*, Ed. by W. R. Dickinson y D. W. Payne, Arizona Geological Society Digest, V. 14, 137-154.
- DAMON, P. E., M. SHAFFIQUILLAH and K. F. CLARK, 1983. Geochronology of the porphyry copper deposits and related mineralization of Mexico. *Can. J. Earth Sci.*, 20, 1052-1071.
- DELGADO, A. L. A. y J. E. MORALES, 1983. Rasgos geológicos y económicos del complejo básico-ultrabásico de El Tamarindo, Guerrero. *Geomimet*, 128, 81-96.
- ECHEVARRI, P. A., 1976. Metallogenic map of Sonora, Mexico. Ariz. Geol. Soc. Porph. Copper Symp., Tucson (Abs.).
- FERRUSQUIA, V. I. y A. APLEGATE, 1978. Rocas volcánicas sedimentarias mesozoicas y huellas de dinosaurios en la región suroccidental pacífica de México. UNAM, *Rev. Inst. Geol.*, 2, 150-162.
- FLORES DE DIOS, C. L. A. y B. E. BUITRON, 1982. Revisión y aportes a la estratigrafía de la Montaña de Guerrero. Univ. Aut. de Guerrero, Serie Técnico Científica, 28 pp.
- FRIES, C. Jr., 1960. Geología del Estado de Morelos y de partes adyacentes de México y Guerrero, región central meridional de México. UNAM, *Bol. Inst. Geol.*, 60, 236 pp.
- GASTIL, G., D. KRUMMENACHER and W. A. JENSKY, 1979. Reconnaissance Geology of West-central Nayarit, Mexico. Geol. Soc. Am., Map and Chart series, No. MC-24, scale 1:200 000.
- GONZALEZ, P. E., 1985. Etude métallogénique de la partie centre-occidentale du Mexique. Thèse de Doctorat d'Etat, INPL, CNRS, Francia, 211 pp.
- GONZALEZ, P. E., 1986. Características geoquímicas, cronológicas y afinidad metálica del magmatismo intrusivo aflorante entre Puerto Vallarta y el Río Santiago, Edo. de Jalisco. Soc. Geol. Mex., VIII Convención Geológica, Resúmenes.
- GUERRERO, G. J., L. T. SILVER y T. H. ANDERSON, 1978. Estudios geocronológicos en el Complejo Xolapa. *Bol. Soc. Geol. Mex.*, 39, 22-23.
- HERNANDEZ, G. J. F., V. TORRES-RODRIGUEZ y D. SANTAMARIA, 1986. Criterios metalogenéticos para la prospección por mineral de hierro, estados de Michoacán, Colima y Guerrero. Soc. Geol. Mex., VIII Convención Geológica, Resúmenes.

- HENRY, C. D., 1975. Geology and geochronology of the granitic batholite complex, Sinaloa, Mexico. Univ. Texas, Austin, Thesis Ph. D., 158 pp.
- HUESPENI, R. J., E. S. KESLER, J. RUIZ, Z. TUTA, F. J. SUTTER and M. L. JONES, 1984. Petrology and geochemistry tin in Northern Mexico. *Econ. Geol.*, 79, 87-105.
- JENSKY, W. A., 1975. Reconnaissance geology and geochronology of the Bahía Banderas area, Nayarit and Jalisco, Mexico. M.S. Thesis, Santa Barbara, University 80 pp.
- KLESSE, E., 1969. Geology of the Ocotito Ixcuinatoyac region and La Dicha stratiform sulphide deposits, State of Guerrero. *Soc. Geol. Mex.*, 5, 107 pp.
- LINARES, E. and J. URRUTIA-FUCUGAUCHI, 1984. On the age of the Riolita Tilzapotla volcanic activity and its stratigraphic implications. *Isochron/West*, 7, 11.
- LUFKEIN, J. L., 1972. Tin mineralization within rhyolite flow domes, Black Range, New Mexico, Stanford Univ., Ph. D. Thesis, 148 pp.
- MACIAS, R. C., G. SOLIS P., R. MARTINEZ S. y V. TORRES R., 1984. Geología de campo avanzado, Distrito Minero de Cuale, Jalisco, UNAM, Fac. de Ing., 199 pp. (inédito).
- MACIAS, R. C. y G. SOLIS P., 1985. Mineralografía, Microtermometría e isotopía de algunos cuerpos del Distrito Minero de Cuale, Jalisco, UNAM. Fac. de Ing., Tesis Profesional (inédito).
- MARQUEZ, G. A. y E. MORALES de la G., 1984. Sedimentología de la plataforma continental del Estado de Guerrero. UNAM, Fac. de Ing., Tesis Profesional, 109 pp. (inédito).
- MARTIN, B. J., 1980. Distribución de minerales pesados en los placeres de playa de una porción del litoral de los estados de Guerrero y Oaxaca. C. R. M., VIII Seminario interno sobre la exploración geológico-minera, 183-211.
- MCDOWELL, F. W. and R. P. KEISER, 1977. Timing of mid-tertiary volcanism in the Sierra Madre Occidental between Durango City and Mazatlán, México. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 88, 1487-1497.
- MORALES de la G., E., A. MARQUEZ G., J. REYES R., V. TORRES R. y A. CARRANZA E., 1984. Cinturones metalogenéticos del Estado de Guerrero y su influencia en la sedimentación de la plataforma continental. *Soc. Geol. Mex.*, VII Convención Nacional, Memorias, 339-351.
- MUJICA, R. M., 1980. Determinación de edades por el método potasio-argón de rocas ígneas intrusivas y metamórficas del área de Arteaga, suroeste del Estado de Michoacán, México. *Soc. Geol. Mex.*, V. Convención Nacional, Resúmenes, p. 84.

- NIETO, O. J., R. CRUZ, D. COLORADO, M. FIGUEROA, A. FRANCO y E. GONZALEZ P., 1977. Elementos tectónicos metalogenéticos para considerar el potencial económico minero de la región comprendida entre Zacualpan y El Oro, México. C. R. M., VI Seminario interno sobre la exploración geológico-minera.
- NUÑEZ, E. J., V. SALGADO y L. SEGURA, 1981. Reconocimiento geológico del área cromífera de Papanoa-Petatlán, Guerrero. *Geomimet*, 114, 45-63.
- ORTEGA-GUTIERREZ, F., 1981. Metamorphic belts of southern Mexico and their tectonic significance. *Geofís. Int.*, 20, 3, 177-202.
- ORTIGOSA, F., 1983. Geología de Cuale, Jalisco, Escala 1:5 000. UNAM, Fac. de Ing., Tesis Profesional (inédito).
- PAN, Y. S., 1974. The genesis of the Mexican-type tin deposits in acid volcanics. Columbia University, Ph. D., Thesis, 286 pp.
- PANTOJA, A., J., 1959. Estudio geológico de reconocimiento de la región de Huatamo, Estado de Michoacán. *CNRNNR, Bol.*, 50, 36 pp.
- PANTOJA, A. J., 1984. Geocronometría del magmatismo Cretácico-Terciario de la Sierra Madre del Sur. *Soc. Geol. Mex.*, 44, 1, 1-20.
- PEREZ, S. E., 1984. Los pórfidos cupríferos de Sonora: Una interpretación metalogenética. *Soc. Geol. Mex.*, VII Convención Nacional, Memorias, 194-212.
- PEREZ, S. E., 1985. Carta metalogenética del Estado de Sonora. Univ. de Sonora, Depto. de Geología.
- RUIZ, C. M., 1970. Reconocimiento geológico del área Mariscala-Amatitlán, estados de Oaxaca y Puebla. *Soc. Geol. Mex.*, Libro Guía de la Excursión México-Oaxaca, 55-66.
- RUIZ, C. M., 1979. Rubidium-Strontium geochronology of the Oaxaca and Acatlán metamorphic areas of southern Mexico. University of Texas at Dallas, Ph. D. Thesis, 178 pp.
- SALAS, G. P., 1975. Carta y provincias metalogenéticas de la República Mexicana. C. R. M., Publicación 21-E, 242 pp.
- SCHULZE, S. C., 1985. Geología de campo avanzado del Distrito Minero de Real de Angeles, Zacatecas, UNAM, Fac. de Ing. (inédito).
- STANLEY, D. J. y C. M. WEAR, 1978. The "mud line": an erosion-deposition boundary on the upper continental slope. *Marine Geology*, 28, M-19 - M-29 pp.
- TERRONES, L. A., V. TORRES R. y E. GONZALEZ P., 1984. Franjas metalogenéticas de la Sierra Madre del Sur en la República Mexicana. *Soc. Geol. Mex.*, VII Convención Nacional, Resúmenes, 84-86.

- TORRES-RODRIGUEZ, V. y M. A. NUÑEZ , 1984. Análisis metalogenético regional de la porción suroccidental de la República Mexicana. UNAM, Fac. de Ing., Tesis Profesional, 172 pp. (inédito).
- TORRES-RODRIGUEZ, V., D. SANTAMARIA O. y J. F. HERNANDEZ, 1987. Metalogenia regional: clave en la prospección de hierro. *Geomimet* (en prensa).
- URBAN, L. G., 1984. Metalogénesis en el Estado de Guerrero. Soc. Geol. Mex., VII Convención Nacional, Resúmenes, 81-82.
- VIDAL, S. R., M. F. CAMPA, B. E. BUITRON y G. ALENCASTER, 1980. El conjunto petrotectónico de Zihuatanejo, Guerrero - Coalcomán, Michoacán. Soc. Geol. Mex., V. Convención Nacional, Resúmenes, 111-112.
- VIDAL, S. R., 1984. La ofiolita Papanoa y la secuencia metamórfica de Camalotito, elementos de un complejo de subducción y su relación tectónica con el terreno tectonoestratigráfico Zihuatanejo. Soc. Geol. Mex., VII Convención Nacional, Resúmenes, 28-29.
- YAÑEZ, G. C., 1977. Estudio geológico-minero del yacimiento volcanogenético de Camalotito, Municipio de Petatlán, Gro., Tesis Profesional, ESIA, IPN, 30 pp.