

PALEOGEOGRAFIA Y TECTONICA DEL MESOZOICO EN MEXICO

Ernesto López-Ramos*

RESUMEN

En este artículo se presenta una reseña de los acontecimientos relacionados con la geología histórica del Triásico al Cretácico. De acuerdo con la información bibliográfica existente y la experiencia del autor, los procesos tectónicos que formaron las diferentes rocas en un lapso de 225 a 60 m. a. se marcan mediante la descripción estratigráfica. De esta forma, la relación mar-tierra (Paleogeografía) indica la distribución desigual de rocas, tanto marinas como continentales (terrigenas y volcánicas). Se hacen algunas consideraciones sobre los geosinclinales, en el sentido de si éstos son de origen tectónico o bien se trata de unidades estratigráficas, productos de procesos de deformación en las zonas de subducción, ocasionalmente relacionados con el efecto del choque de placas o bien provocados por éstas.

Los mapas paleogeográficos deberán considerarse en algunos casos como modelos, ya que es imposible restaurar los acontecimientos geológicos pasados con la información actual. En muchos casos, especialmente con las rocas mesozoicas o más antiguas, la evidencia original del depósito fue alterada o erosionada, en el primer caso por diferentes procesos tectónicos y de metamorfismo, y en el segundo cuando emergieron por las distintas orogenias y a merced de diferentes procesos de erosión, subaéreos o submarinos.

La porción actual del Continente Norteamericano sufrió severos desplazamientos, especialmente durante el Paleozoico y Mesozoico temprano y medio (Orogenias Apalachiana y Nevadiana), siendo el más notable la abertura del Atlántico Norte Central entre Norteamérica y África, llevada a cabo hace aproximadamente 180 m. a. (Triásico-Jurásico) y la fragmentación de Gondwana hace 130 m. a. (Cretácico Temprano), cuando África se separó de Sudamérica. Se desconoce el mecanismo que afectó al actual Océano Pacífico durante el Mesozoico, aunque con excepción de lo que se considera como el eugeosinclinal del Pacífico (Jurásico) y parte de la porción occidental de las costas de Sinaloa, Nayarit, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas, las rocas marinas más antiguas parecen ser cretácicas. Durante el Cretácico Tardío y Cenozoico temprano culminó el movimiento con el levantamiento del continente y distintas franjas de plegamientos durante la Orogenia Laramide. Es posible que en el Oligoceno empezara el mecanismo de subducción de la Placa del Pacífico debajo de la porción continental, que dio lugar a la Trinchera Centroamericana.

A finales del Triásico y principios del Jurásico, a medida que Norteamérica empezó a separarse de Sudamérica, fuerzas tensionales dieron lugar a fosas tectónicas, especialmente en la actual planicie costera del Golfo, que fueron rellenadas por capas rojas y rocas volcánicas.

De acuerdo con algunos investigadores (Salvador, 1979), fue hasta el Jurásico Medio (incluye Caloviano) cuando las aguas del geosinclinal del Pacífico empezaron a alcanzar el Golfo de México, azolvando las áreas dejadas por las fosas tectónicas y dando lugar a extensos depósitos de sal (Luanan), que aparecen distribuidos en el noreste de México y corresponden al Jurásico Medio y Oxfordiano.

Ya en el Jurásico Tardío (Kimeridgiano-Titoniano) se estableció una conexión más amplia en el área que actualmente considera el Portal del Balsas.

Del Neocomiano al Aptiano, la invasión de los mares del Golfo de México (miogeosinclinal) y del Pacífico (eugeosinclinal) alcanza su máximo desarrollo, con cierto actividad volcánica en el Neocomiano. Del Turoniano al Maestrichtiano empiezan ciertas pulsaciones de levantamiento en la porción central del país, dando lugar a depósitos flyschoides. Culmina este levantamiento por efecto de la Revolución Laramide en el Terciario.

Se presenta un mapa estructural de la República Mexicana donde aparecen los diferentes accidentes tectónicos, producto de las distintas orogenias. Finalmente se hace una descripción sistemática de la historia geológica del Triásico al Cretácico Superior en los mapas paleogeográficos mencionados. La experiencia adquirida indica que un proceso tectónico se refleja eventualmente en el carácter de los sedimentos; consecuentemente, un estudio sistemático correlativo de éstos dará la clave para reconstruir, cuando menos parcialmente, los procesos tectónicos.

ABSTRACT

A review of the geologic history from the Triassic to the Cretaceous is presented. In accordance with existing bibliography and the author's experience, the tectonic processes leading to the formation of different rocks during the period from 225 to 60 m. y. ago, are shown by means of stratigraphic description. Therefore, the sea/earth relationship (paleogeography) shows the uneven distribution of rocks, marine as well as continental (terrigenous and volcanic). Some considerations on the origin of geosynclines are made, in the sense that these could be of tectonic origin or stratigraphic units, products of deformation processes in the subduction areas, which are sometimes related to the effect of plate collisions or caused by the plates themselves.

In some cases, paleogeographic maps should be considered as models, since it is impossible, given the actual information, to restore past geologic events. In many cases, especially those of Mesozoic rocks or even older rocks, the original evidence of the deposit was altered or eroded, in the first case by different tectonic processes and metamorphism; and in the second, when the rocks remained emerged by distinct orogenies and subjected to subaerial or submarine erosion processes.

The actual portion of the North American Continent has suffered severe displacements, especially during the Paleozoic and early and middle Mesozoic (Appalachian and Nevadian Orogenies), being the most remarkable the ope-

* Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, 04510 México, D. F.

ning of the North Central Atlantic between North America and Africa, which took place some 180 m.y. ago (Triassic-Jurassic), and the fragmentation of Gondwana 130 m.y. ago (Early Cretaceous), when Africa separated from South America. The mechanism which affected the actual Pacific Ocean during the Mesozoic is unknown, although the oldest marine rocks seem to be Cretaceous, with the exception of what is considered as the Pacific eugeosyncline (Jurassic), and part of the western portion of the coasts of Sinaloa, Nayarit, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca and Chiapas. During the Late Cretaceous and early Cenozoic, the movement ended with the upheaval of the continent, and the formation of fold belts during the Laramide Orogeny. It is possible that during the Oligocene epoch the subduction mechanism of the Pacific Plate on the continental portion continued, which in turn gave place to the Central American Trench.

At the end of the Triassic and Early Jurassic, as the North American plate started to drift from South America, tensional forces gave place to grabens, especially in the present Gulf Coastal Plain, which were filled with red beds and volcanic rocks.

According to some researches (Salvador, 1979), it was not until the Middle Jurassic (Callovian included), when water from the Pacific geosyncline started to reach the Gulf of Mexico and fill the areas left by the grabens, forming vast deposits of salt (Luanan) which are distributed in the northeastern part of Mexico (Middle Jurassic and Oxfordian).

During the Upper Jurassic (Kimmeridgian-Tithonian) a wider connection is established in the area belonging to the present mouth of the Balsas river.

From Neocomian to Aptian times, the invasion of seas from the Gulf of Mexico (miogeosyncline) and the Pacific (eugeosyncline) reaches its highest development, with certain volcanic activity during the Neocomian. From the Turonian to the Maestrichtian, certain upheaval pulsations start in the central part of the country, which cause flyschoid deposits. The upheaval ends with the Laramide Revolution already in the Tertiary.

A structural map of the Mexican Republic is presented, where several tectonic accidents caused by the different orogenies are shown. As a conclusion, a systematic description is made of the geologic history from the Triassic to the Late Cretaceous in the eighth paleogeographic maps already mentioned. The experience shows that a tectonic process is eventually reflected on the class of sediments; consequently, a correlative systematic study of them will give the key to reconstruct at least in part, the tectonic processes.

INTRODUCCION

Gran parte de la información que se utilizó para la elaboración del presente estudio, proviene del libro Geología General y de México 1974 y del Tomo núm. 3 (1979) Geología de México, ambos del autor. Estos datos se incrementaron con trabajos estratigráficos y tectónicos de diferentes investigadores.

Existen controversias en cuanto a la existencia del Geosinclinal Mexicano (miogeosinclinal). Con la información con que se cuenta actualmente, podría pensarse que se trata sólo de una gran cuenca, que en ocasiones presenta litología de aguas someras o de plataforma, aunque en forma discontinua en sus relaciones particulares, habiendo existido continuidad en la sedimentación desde parte del Oxfordiano hasta el Maestrichtiano, erosionándose grandes espesores de sedimentos y rocas ígneas y metamórficas preexistentes durante el levantamiento del continente en el Terciario.

Algunos autores indican que los geosinclinales debieran sustituirse por áreas profundas de las zonas de subducción al chocar dos placas geológicas. Lo anterior sólo sería explicable en el eugeosinclinal jurásico del Pacífico, donde existen evidencias de volcanismo submarino y eyecciones de material sílico. En cambio, para los que consideran el miogeosinclinal mexicano (Jurásico Medio-Cretácico Tardío) la situación es diferente, ya que se aproxima más a la definición de un geosinclinal; es decir, un gran depósito marino de dimensiones continentales que fue posteriormente plegado y afectado por etapas de volcanismo.

A continuación se hace una descripción generalizada de la historia geológica del Mesozoico mexicano y sus relaciones tectónicas de acuerdo con las evidencias tanto estratigráficas como estructurales.

TRIASICO

Del sistema Triásico se tiene muy poca información, ya que tradicionalmente las únicas localidades marinas conocidas eran las del oeste de Zacatecas y las de la región de Ca-

borca, Sonora, que están representadas por los pisos Cárnico, Rético y Nórico, en el mapa paleogeográfico anexo (Figura 1).

TRIASICO DE BAJA CALIFORNIA, SONORA Y SAN LUIS POTOSI

En la convención de 1969 de la Geological Society of America, se informó de una nueva localidad que pudiera ser del Triásico marino en el Arroyo San José, Baja California, al norte de la bahía de Sebastián Vizcaíno, por el hallazgo de *Otapiria* sp. Una sección de 2,400 m de espesor de la Formación San Hipólito del Triásico aflora en un área de 20 km² en punta San Hipólito, correspondiente a la Península de Sebastián Vizcaíno, Baja California Sur.

Otra información indica que en la zona meridional de Hermosillo y en la de El Antimonio, en Sonora, aparecen varias localidades del Triásico Superior marino con intercalaciones de rocas carbonosas y plantas. La petrografía de aquellas rocas consiste en lutitas, limolitas, areniscas, conglomerados y pocas calizas, con espesores de 1,200 m en El Antimonio y 400 m al SE de Hermosillo (Formaciones Barranca y Santa Clara). También están las localidades que se descubrieron (Martínez-Pérez, 1972) en la región de Charcas, San Luis Potosí, con la presencia del amonoide *Juvavites* sp. del Cárnico inferior (A. Cantú, 1969, comunicación personal). Además, se descubrieron dos localidades marinas en este mismo Estado, al NW de San Rafael y en la región de Catorce, aunque no se ha comprobado su edad mediante la presencia de fósiles.

TRIASICO DE ZACATECAS

En el X Congreso Geológico Internacional, celebrado en la ciudad de México en 1906, Burekhardt (1905) anunció el descubrimiento de sedimentos del Triásico Superior marino a unos 3 km al poniente de la ciudad de Zacatecas, marcando dos localidades fosilíferas: una en el Puente del Ahogado (Arroyo de La Pimienta a Calavera) y la otra, aproximadamente, 800 m al poniente de la primera, en un cerrito situado a unos 830 m al oriente de la cima del Cerro de La Pimienta.

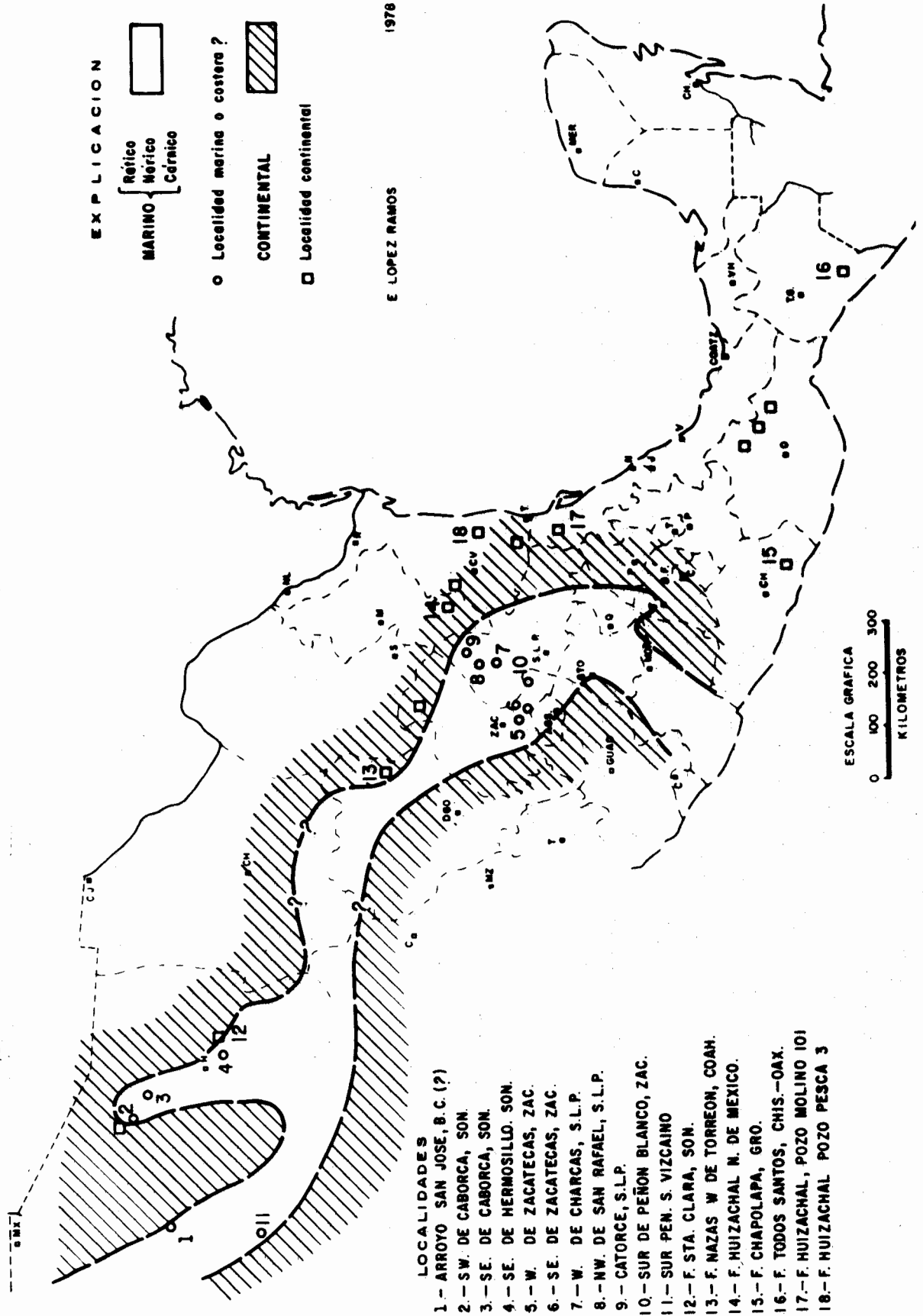


Figura 1.- Paleogeografía del Triásico Superior.

La fauna encontrada para ubicar estas rocas dentro del Triásico Superior, consistió en bivalvos fósiles del género de *Palaeoneillo* Hall, conjuntamente con fragmentos de cefalópodos *Sirenites smithi* Burckhardt, *Trachyceras* (*Prottrachyceras*) con dos especies, *Clionites* sp. y *Juvavites* (*Anatomites*) *mopvari* Burckhardt. Posteriormente se describieron otros bivalvos, entre ellos diferentes variedades de *Halobia*. Gutiérrez-Amador (in Maldonado-Koerdell, 1948) estudió nuevamente las localidades de Burckhardt, extendiendo la exploración aguas arriba del Arroyo de La Pimienta, entrando a otro arroyo al oriente del Cerro Encinillo, donde encontró ejemplares gigantes de *Palaeoneillo* sp., así como *Pleurostoma* sp. y *Juvavites* sp. De acuerdo con la información de Maldonado-Koerdell (*op. cit.*), Gutiérrez-Amador "también pudo coleccionar fragmentos de huesos grandes de reptiles en muy mal estado de conservación". Además, en el extremo suroccidental del Arroyo de La Pimienta, en una caliza negra, observó restos fragmentarios de crinoides. Finalmente ratificó que el Cárnico de Zacatecas debería correlacionarse con la caliza de Hoselkuss en California y con las Star Peak en Nevada. Por mucho tiempo ésta fue la única localidad del Triásico Superior marino existente en el Altiplano, por lo que Maldonado-Koerdell (*op. cit.*) escribió sus observaciones sobre esta parte de Zacatecas. Posteriormente, Méndez (1960) hizo un recorrido geológico general del Estado de Zacatecas buscando localidades paleozoicas, incrementando la información sobre nuevos afloramientos triásicos en los alrededores de Zacatecas y sólo un afloramiento nuevo de posibles rocas paleozoicas en un afluente del Río de Tlacotes. Se trata de calizas limosas y arenosas que contienen abundantes arenas angulares derivadas de rocas volcánicas y metasedimentarias. Hasta ahora no hay evidencias paleontológicas ni estratigráficas para considerar paleozoicas o triásicas las rocas de Tlacotes situadas a 28 km al SE de Zacatecas (Figura 1).

Estas rocas del Triásico marino (Cárnico) permanecieron sin nombre hasta que Carrillo-Bravo (1971) las llamó formación Zacatecas. Como se aprecia en la Figura 1, las localidades del Triásico continental que han sido definidas en Durango, al oeste de Torreón (Formación Nazas), indican la existencia de tierras emergidas para la porción septentrional de la República. En la región de Caopas se encontraron capas rojas con derrames de riolitas intercaladas también de edad triásica (Formación Nazas), según indican Díaz-López y Hernández (1973). Otra localidad marina se encuentra al sur de la Sierra Peñón Blanco, Zacatecas, donde aparece el Triásico Superior en rocas filíticas con la amonita *Sirenites* sp., del Cárnico-Nórico (Chávez, 1968) en la porción central del antiguo mar triásico.

La información de que se dispone está muy dispersa, y no es factible emplazar con certeza la existencia de los mares triásicos y la posible comunicación de los de Sonora y Baja California, con los de la porción central de la República. En el Estado de Texas no se han encontrado las porciones inferior y media del Triásico marino, sólo aparece el Triásico Superior al NW del Estado, aunque hasta ahora no hay probabilidades de correlacionarlo con el de México. Las capas rojas continentales del Triásico rellenan las fosas tectónicas, tanto en el distrito de Tampico (San José de las Rusias), como en la región de Guaxcamá, en la parte central de San Luis Potosí. De acuerdo con Schuchert (1935) y Termier (1952), en América del Norte sólo están representados los pisos marinos del Cárnico y Nórico. El Rético, predominantemente continental, no

se ha encontrado más que en Ciudad Victoria, Tamaulipas (Figura 1). Sin embargo, Keller (1973) midió 450 m de "Retiano" al norte de la Sierra de Los Monos (El Antimonio, Sonora), constituido por areniscas y cuarcitas, indicando que son similares a las capas con plantas de California, E. U. A.

En un estudio reciente del Triásico en el área de El Antimonio, Sonora, en la localidad del Cerro San Francisco, Brunner (1979) midió 900 m de rocas clásticas y calizas del Triásico Superior marino formadas por rocas calizas y dolomías en la parte superior de la sección.

La flora del Triásico Superior del oriente de Norteamérica incluye cicadofitas, helechos, esfenofitas y coníferas. Estos últimos, aunque no dominantes, son importantes constituyentes de la flora por su valor taxonómico, ya que marcan el tiempo de transición de las formas más antiguas de coníferas a formas más modernas que se desarrollaron desde el Jurásico hasta la actualidad.

INTERPRETACION TECTONICA DEL TRIASICO

La porción del Triásico que aflora en México sólo ha sido superior (Cárnico-Rético-Nórico). Seguramente, cuando se separó la porción de Pangea de Norteamérica, las fracciones correspondientes al Triásico Inferior y Medio estaban ausentes, no como sucedió con parte del Triásico Superior, que al separarse el continente europeo dio lugar a grandes bloques y fosas tectónicas por los esfuerzos tensionales. Estas fosas tectónicas fueron posteriormente rellenadas, aunque algunas sirvieron de comunicación a mares o canales someros, cuyo emplazamiento en la porción central de México (San Luis Potosí, Zacatecas y Guanajuato) aparentemente quedó aislado de la porción marina del oriente (Figura 1); simultáneamente se formó una parte marina al NW de México en Sonora y Baja California. Las relaciones entre el Triásico y centro de México no son fáciles de explicar.

JURASICO INFERIOR

Durante el Liásico tuvo lugar la posible persistencia de los mares del Triásico en la porción central de la República, especialmente en los Estados de Hidalgo, partes poniente de Veracruz y septentrional de Puebla, ya que en estos lugares se han encontrado faunas del Liásico marino representativas del Sinemuriano, que probablemente se pudieran encontrar también en el Estado de Oaxaca.

Para el Liásico nos encontramos con los mismos problemas que para el Triásico, es decir, la poca información y el problema de determinar el medio ambiente, ya que muchas facies se presentan en costas marinas y otras son francamente continentales. Según se aprecia en la Figura 2, en la porción septentrional de México, el Liásico marino está representado en cinco localidades del Estado de Sonora, por las formaciones Barranca Superior y Coyotes. Aunque han aparecido faunas de este tipo, la petrografía indica condiciones de medio ambiente costero. La posición del Liásico para la zona septentrional de México está circunscrita al poniente de la región de Tampico y posiblemente al centro del Estado de San Luis Potosí.

En Cualac, Guerrero, afloran rocas continentales difíciles de correlacionar con las rocas marinas que aparecen al noroeste de Oaxaca (norte de Guelatao). Es posible que las rocas marinas que afloran en esa localidad pudieran haberse

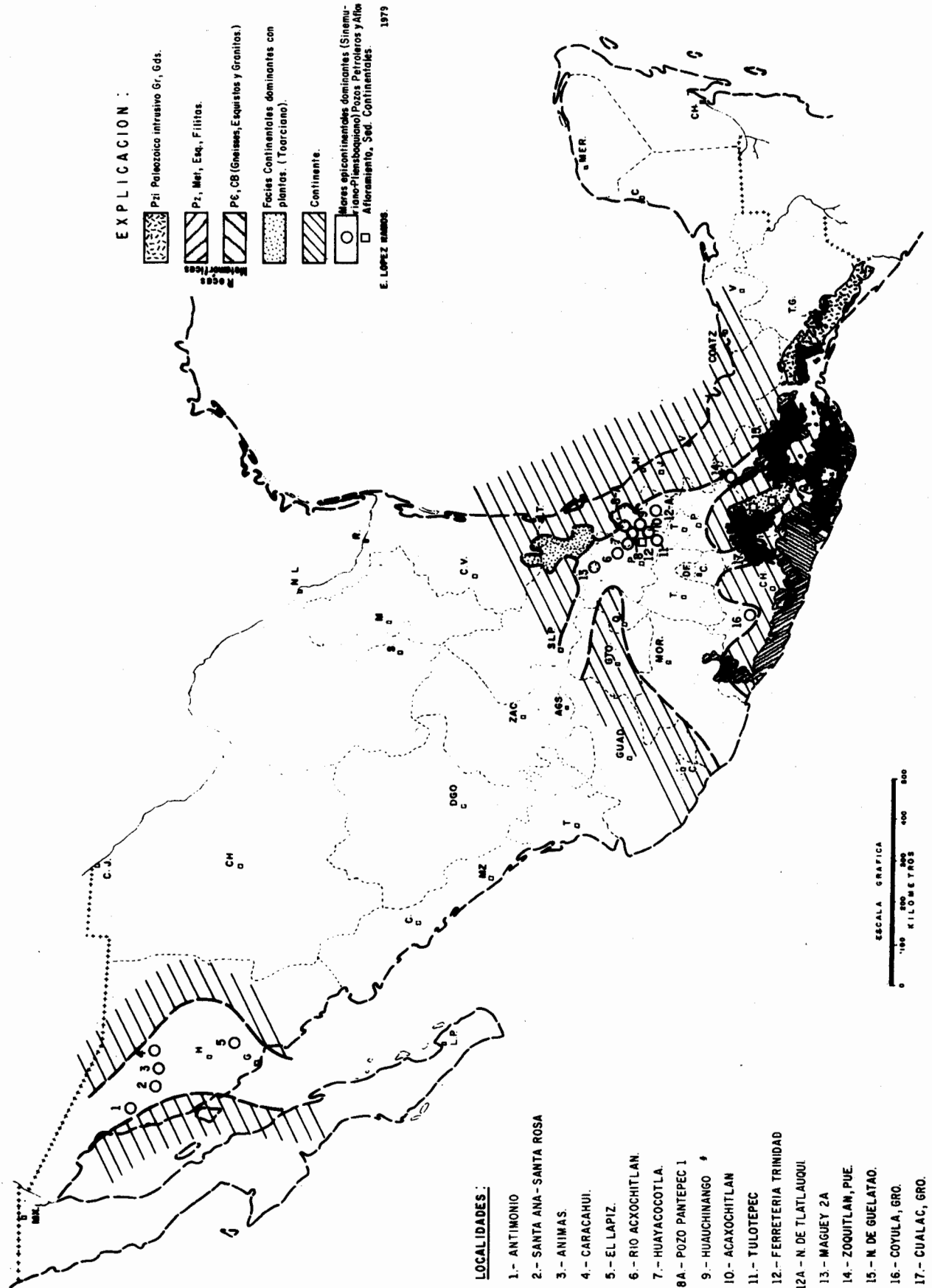


Figura 2.- Paleogeografía y litofacies del Jurásico Inferior (Liásico).

extendido hasta el Estado de Puebla, y así conformar, durante el Liásico, un brazo de mar o una pequeña cuenca aislada.

JURASICO INFERIOR DEL ORIENTE DE MEXICO

De acuerdo con los afloramientos interpretados en la Figura 2 y los pozos inmediatos al frente de la Sierra Madre Oriental, se ha considerado que sólo se han encontrado sedimentos del Jurásico Inferior correspondientes al Sinemuriano inferior, Pliensbaquiano inferior y Toarciano. Los primeros predominantemente con amonitas, y el último con restos de plantas, principalmente helechos. De acuerdo con la clasificación de Erben (1956) y las determinaciones de paleontólogos de PEMEX, se ha encontrado que sólo la porción inferior del Jurásico Inferior, la Formación Huayacocotla, es marina, y las rocas representativas de la Formación Rosario, continentales. En la Figura 2 se ve la distribución del Jurásico Inferior al oriente de México. Las rocas de la Formación Huayacocotla están constituidas por lutitas negras, carbonosas en cuerpos potentes, con intercalaciones delgadas de areniscas de grano medio a fino y de color gris oscuro a negro.

La Formación Rosario consiste en areniscas grises, café-rojizo y amarillentas, estratificadas con lutitas y lodolitas negras carbonosas, con vetas de carbón y lignitas con plantas como *Otozamites*, *Ptilophyllum* y *Williamsonia*, de medio ambiente de pantano. En la región suroccidental de Tampico, las lutitas son de color gris a gris oscuro, con intercalaciones de areniscas bien cementadas, con cierta permeabilidad cuando están fracturadas (Tabla 1).

Tabla 1.- Distribución en tiempo y fósiles del Jurásico Inferior.

JURASICO INFERIOR	Toarciano superior	— Ausente
	Toarciano inferior	— <i>Otozamites</i> (Oaxaca)
	Pliensbaquiano superior	— Helechos (<i>Williamsonia</i>) Amonitas (Estado de Guerrero)
	Pliensbaquiano inferior	— (Predominantemente continental)
	Sinemuriano superior	— Formación Huayacocotla, Ver., amonitas (<i>Vermiceras</i>)
	Sinemuriano inferior	— (Predominantemente marina)
	Hetangiano	— Ausente

PALEOGEOGRAFIA

Schmidt-Effing (1975, comunicación personal), al hacer una revisión de los conocimientos sobre el Liásico marino en México, afirma que todo el Sinemuriano está representado por facies marinas de lutitas, limolitas y areniscas calcáreas con amonitas, alcanzando un espesor de 1,290 m. Hacia abajo del Hetangiano, hay un cambio a sedimentación muy clásica sin fauna y, hacia arriba, un cambio rápido a una sedimentación terrestre con plantas. Se podrían reconocer bastante bien hasta seis biozonas internacionales del Sinemuriano pero, en general, la fauna de pelecípodos está caracterizada por géneros andinos (*Weyla*, *Trigonia*, etc.), representados por especies endémicas. La fauna de amonitas corresponde al Mediterráneo y al Andino; estas dos zonas contienen una fauna de amonitas muy semejante.

La fauna mexicana, en contraste con la fauna mediterráneo-andina, tiene menos elementos y llama más la atención, pues generalmente tiene particularidades locales. Algunos de estos elementos son: la falta completa de representantes característicos del género *Arnioceras*, muy importante en el Sinemuriano inferior de Europa y de América del Sur.

En México existen formas especiales en abundancia que se distinguen de *Arnioceras* por lo menos en el nivel del subgénero. En el Sinemuriano superior, cuando en el resto del mundo ya no existía el género *Arnioceras*, en México todavía había un grupo de especies en el que Erben (1956) también puso al género *Arnioceras*, pero Flores-López (1967) designó a estas especies con el nuevo género de *Burckhardticerias*, en honor de Burckhardt iniciador de toda la investigación del Mesozoico mexicano. Hasta ahora este género se conoce solamente en México, aunque es un grupo de especies fácil de distinguir. Otros géneros como *Trepidoceras* y *Tetraspidoceras* ya se encuentran en México en el Sinemuriano superior. En otras partes del mundo aparecen más tarde en el Liásico medio (zona de *Uptonia jamesoni*).

Estos hechos faunísticos se pueden explicar con un mar importante, el Tethys, que se extendió de Europa-Africa Occidental a la América del Sur en la cuenca andina respectiva a los modelos de la tectónica de placas, dejando aparte la zona oriental de México como un golfo especial al norte con menos intercambio faunístico. El núcleo continental de América Central en esos tiempos posiblemente era un elemento paleogeográfico mucho más importante que hoy, separando la zona mexicana de los mares mediterráneos-andinos. Es evidente que faltan estudios estratigráficos para tener mejores elementos de juicio y decidir sus relaciones mares-tierra especialmente con la parte nor-noroccidental de Sudamérica.

GEOLOGIA HISTORICA

Lamentablemente no existe información amplia sobre afloramientos o pozos perforados, para tratar de establecer un plano confiable de la historia geológica, ya que como se ha indicado, los mares del Liásico inferior, de carácter somero y tranquilo, invadieron las fosas de hundimiento triásicas, productos de la Tafrogenia Palizada. También la distribución fue muy irregular y no es posible extrapolar información, debido a la falta de datos; sin embargo, en la Figura 2, aparentemente, todo lo que en la actualidad es la Sierra Madre Oriental de la parte estudiada, estuvo cubierta por mares jurásicos con entrantes de mares salobres o lagunas en la porción SW de Tamaulipas. Debido a la presencia del macizo Teziutlán-Chiconquiaco, donde predominan rocas graníticas de probable edad triásica, es factible que los mares del Jurásico Inferior hayan sido limitados al oriente por estas zonas positivas, por lo que probablemente los bordes de plataforma o de bloques tectónicos tengan una distribución muy irregular.

De acuerdo con la información paleontológica de los pozos y afloramientos en el Anticlinorio de Huayacocotla, los sedimentos fueron francamente marinos sólo para el Sinemuriano, azolvándose algunas lagunas o entrantes de mar con flora liásica donde predominaban los helechos aún en el Pliensbaquiano superior y en el Toarciano inferior.

Deben considerarse posibles transgresiones y regresiones en el Liásico, predominando finalmente los depósitos continentales al concluir la época, con las rocas correspondientes a la Formación Rosario. El geólogo de PEMEX Raúl González (1968, comunicación personal), encontró cerca de Mazatepec, Puebla, un ictiosaurio (*Leptoferygius desinteger*) del Jurásico, particularmente del Liásico (160 m.a.). Este ejemplar vivió en Europa en ese tiempo, y se encontró en nuestro país por primera vez. Es importante destacar que las rocas en que se encontró este fósil tienen amonitas del Jurásico Superior, por lo cual existe duda sobre la edad jurásica temprana.

Según Burckhardt (1930), es posible la existencia del Jurásico Inferior marino (Pliensbaquiano superior), de acuerdo con la amonita *Harpoceras* del género *Radians* Rein, encontrada en Coyula, Guerrero, sobre el camino de Tepantlán a Espíritu Santo. De confirmarse lo anterior, este afloramiento aparecerá al sur de la cuenca del Río Balsas y probablemente indicará una conexión hacia el Océano Pacífico actual de los mares del Liásico inferior (Figura 2).

Gran parte de los sedimentos continentales con plantas en la región central de Oaxaca y norte de Puebla, considerados como del Jurásico Inferior, han cambiado de alcance estratigráfico y ahora se consideran del Jurásico Medio [(Silva-Pineda (1969); sección estratigráfica regional de Oaxaca y tabla estratigráfica de la Mixteca Oaxaqueña (López-Ticha, 1969, comunicación personal)]. Una de las primeras localidades liásicas que amplía los conocimientos de este piso fue la presencia del Sinemuriano marino a unos 40 km al SE de Tehuacán, Puebla, mediante el hallazgo de los fósiles de la familia Arietidae en dos pequeñas ventanas "entre sedimentos intensamente plegados y afallados por esfuerzos de compresión" (Flores in Viniegra, 1965). Este descubrimiento en una sección entre Tehuipango y Ajalpa comprueba, sin duda, el corredor o brazo de mar entre el cuerpo principal marino somero de la porción central de México con el SE de Puebla y la porción central-norte de Oaxaca.

En 1963, el presente autor encontró dos localidades nuevas del Jurásico Inferior 6 km al N-NE de Tlatlauqui, Puebla, al norte del cruce de la carretera Mazatepec con el Río Xiucayucan. La primera es un afloramiento de lutita negra laminar, carbonosa, con restos de plantas, clasificadas como *Otozamites* sp. y que presenta un ligero metamorfismo de contacto (López-Ramos, 1979).

A unos 10 km al N-NE de la localidad anterior y por la misma carretera que va de la presa a Mazatepec, se encontró un afloramiento liásico que consiste en lutitas grises amarillentas, con manchas negras (manganesíferas?) y con una amonita determinada por Abelardo Cantú (1963, comunicación personal) como del Sinemuriano. Estas lutitas también presentan restos de plantas, que se parecen a las de la localidad de Huayacocotla, Veracruz.

La distribución del Liásico marino es muy interesante, ya que la fauna de amonitas mediterráneo-andina es muy semejante a la fauna sinemuriana mexicana, así como a la colombiana del norte de Sudamérica.

Respecto al Jurásico Inferior volcánico (Jurásico Superior?) poco se sabe, a no ser por las andesitas encontradas dentro de las capas rojas entre los límites de Oaxaca y Veracruz (Río Uzpanapa), así como las andesitas de Pueblo Viejo, Chiapas.

La interpretación tectónica del Triásico es difícil de establecer; sólo se sabe de dos cuencas marinas al NE y centro de México, aparentemente desconectadas por un desplazamiento al poniente (la de Sonora); el resto del Triásico Superior continental consta de fosas que fueron rellenadas por capas rojas continentales.

JURASICO MEDIO (BATONIANO-BAJOCIANO Y CALOVIANO)

Durante el Jurásico Medio se realizó una emersión del Continente Mexicano, que en gran parte se había levantado durante el Jurásico Temprano, encontrándose sólo porciones marinas en el Caloviano. La extensión de éstas fue muy restrin-

gida, según información principalmente de geología de subsuelo y de acuerdo con un estudio paleogeográfico tentativo de las rocas del Jurásico Medio realizado por Erben en 1956. Las formaciones Tepexic (parte inferior), Cahuassas (capas rojas) de la zona norte; Tecocoyunca y parte superior del Grupo Consuelo en la cuenca de Tlaxiaco de Oaxaca, formación Tecomazúchil, Petlalcingo, Puebla, así como posibles capas rojas y su equivalente Todos Santos del sureste de México y Centroamérica, se consideran en la Figura 3.

Ha sido un problema la ubicación de la Formación Tepexic dentro del Jurásico Medio, ya que originalmente se han referido a ella como del Caloviano; es decir, la parte inferior del jurásico Superior, aunque algunos autores marcan sólo una fracción dentro del Jurásico Medio y sitúan el resto dentro del Caloviano. Muchas de las localidades del NW de Oaxaca y SW de Puebla son de origen continental con restos de plantas, aunque existen rocas de ambiente predominantemente marino en la región del Rosario, Oaxaca y Zacatlán, Puebla. La zona septentrional comprende calcarenitas y areniscas que pertenecen al Jurásico Medio, según se desprende del análisis de muestras de pozos perforados principalmente al noroeste de Poza Rica y en la región de Tampico (alrededores del campo Constituciones-Tamaulipas). En la superficie, el Jurásico Medio y el Caloviano aparecen en las rocas de la Sierra Madre Oriental, entre la región de Necaxa, Puebla, Tepexic, Puebla, Honey, Hidalgo, Huayacocotla, Veracruz, y parte oriental de Tenango en el Estado de Hidalgo. Recientemente, González-Alvarado (1972, comunicación personal) encontró amonitas del Jurásico Medio al SE de Chilpancingo, Guerrero, ampliando la información sobre la extensión de estos mares al sur del país (Figura 3).

Debe aclararse que el Caloviano está incluido en la nomenclatura europea dentro del Jurásico Medio. En nuestro país, este piso es realmente el más fosilífero, pues las rocas del Batoniano-Bajociano están integradas principalmente por la Formación Cahuassas (capas rojas) y rocas ígneas extrusivas, casi siempre riolitas, pórfidos riolíticos y andesitas al norte y nororiente de Teziutlán, Puebla.

JURASICO SUPERIOR

OXFORDIANO

Las rocas depositadas durante el oxfordiano presentan una distribución muy amplia en la parte central y oriental de la República Mexicana (Figura 4); puede decirse que son las que inician la gran transgresión del Jurásico Tardío y es posible que en esta época se inicie la comunicación al oeste por medio del antiguo Portal del Balsas. Como se observa en la Carta Geológica de la República Mexicana (López-Ramos, 1976) casi todas las localidades encontradas aparecen en la porción central del Altiplano y en la zona septentrional, representando depósitos de mares de aguas someras (calizas principalmente) y ocasionalmente rocas clásticas, como areniscas y lutitas que predominan en el sur del Estado de Michoacán, Zimapán, Hidalgo, Toluca, Guerrero y, seguramente, al NW de esta localidad. Los estudios sobre la geología de subsuelo de Chihuahua indican que únicamente se han encontrado fósiles del Kimeridgiano al Titoniano, pudiendo estar representado el Oxfordiano por rocas evaporíticas, o bien sólo alcanzando a depositarse en el norte de Durango.

Según se aprecia en el mapa geológico de Sonora, hay

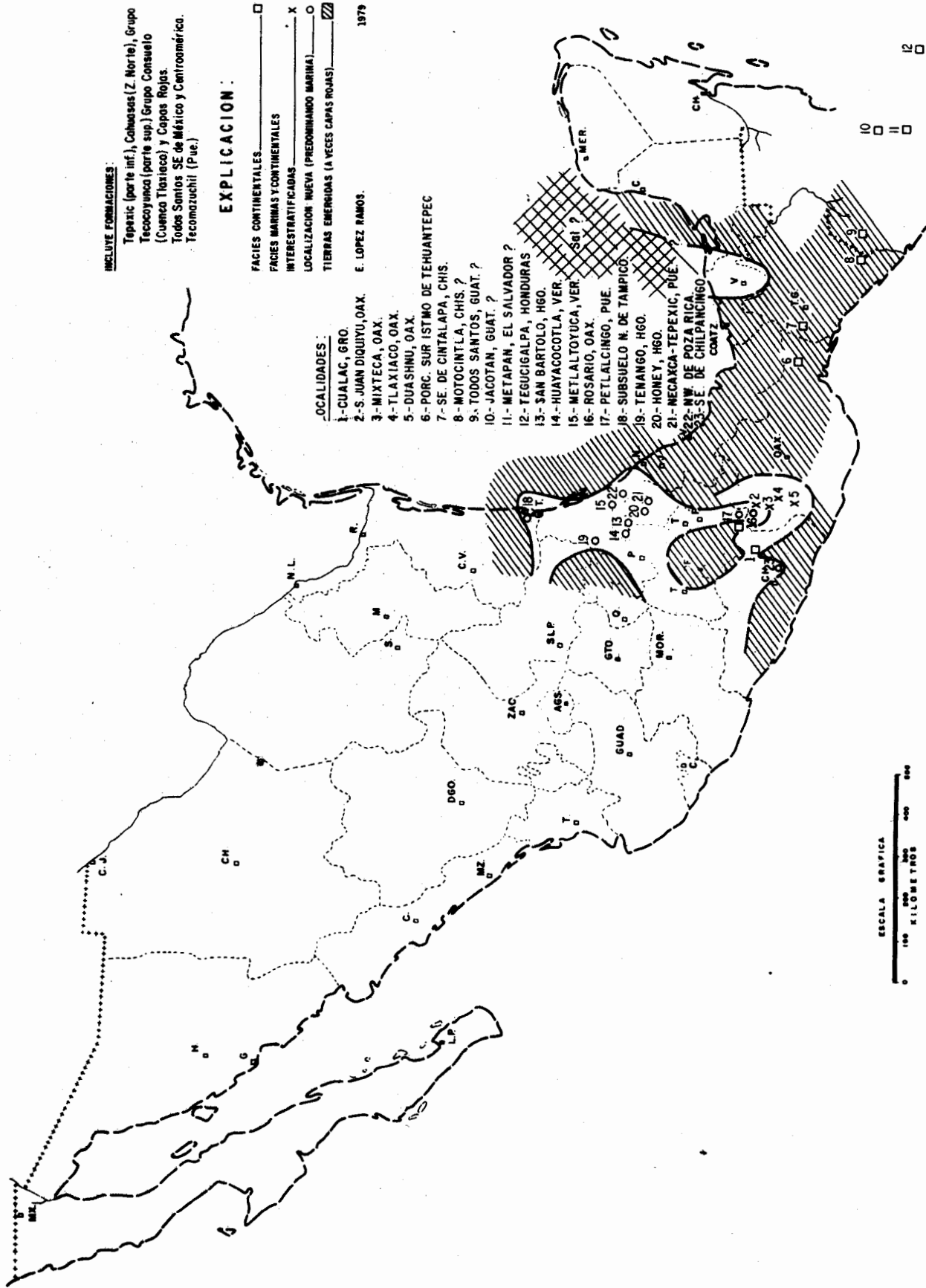


Figura 3.- Paleogeografía del Jurásico Medio y Cretácico.

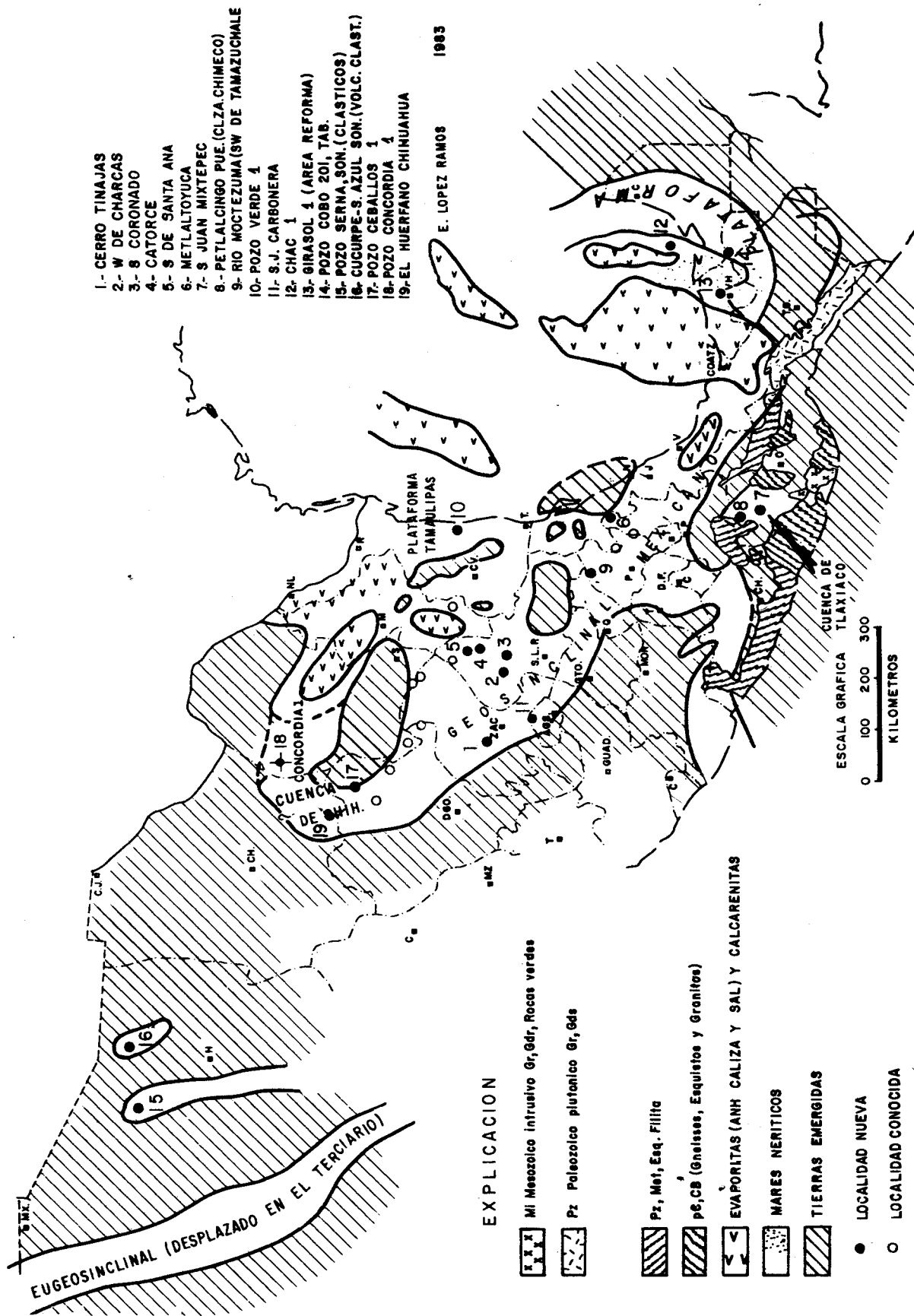


Figura 4.- Paleogeografía y litofacies del Jurásico Superior (Oxfordiano).

cuando menos dos nuevas localidades oxfordianas, una en Pozos Serna (Dowlen y Stump, 1973), y otra en el área de Cucurpe (Rangin, 1977), esta última asociada a volcanismo andesítico, mientras que la de Pozos Serna aparece sólo como depósito de cuenca.

Dentro del Oxfordiano están incluidas las formaciones Zuloaga, La Gloria y Yeso Minas Viejas del NE de México, Tamán arcilloso de la zona norte (Formación Chipoco?) y Caliza con nerineas de Cintalapa, Chiapas. De acuerdo con la información disponible, parte de la sal encontrada actualmente en la parte central del Golfo de México y al norte de la Plataforma de Campeche es del Jurásico Medio o más joven. En consecuencia, muchas de estas evaporitas pudieron pertenecer al Jurásico Superior, como se ha visto en la región de Chinameca, Veracruz (pozo Tonalapa núm. 1). Si se integra esta información con la de las evaporitas de Galeana y Santa Rosa, Nuevo León, sobre la sal encontrada en el Pozo Minas Viejas 1 (más de 1,000 m) y la del Pozo Ramones 1, se verá que una entrante muy grande de los mares oxfordianos tuvo una evaporación total en el noreste de México y eventualmente podría relacionarse con la gran cuenca evaporítica del antiguo Golfo de México al oriente. En el sureste de México se conoce la distribución oxfordiana y se tiene una localidad dudosa en la región de Cintalapa, Chiapas, además de la información obtenida en los pozos de Tabasco y Golfo de Campeche, donde se ha logrado la secuencia jurásica completa desde el Batoniano-Bajociano hasta el Titoniano (López-Ramos, 1979).

El Pozo Tres Pueblos 1 (Tabasco) indica la presencia de toda la columna geológica del Jurásico Superior desde el Titoniano hasta el Caloviano, incluyendo al kimeridgiano y Oxfordiano, que consisten en margas y calizas en los pozos Aya-pa 1 y Girasol 1, al NW de Villahermosa.

KIMERIDGIANO - TITONIANO

Resumen de la paleogeografía.- Durante el Jurásico Tardío los mares alcanzan una gran amplitud en todo el país (Figura 5). Están representadas varias formaciones como La Casita, La Caja y Olvido en el NE de México, con sus equivalentes Cotton Valley, Buckner y Smackover en Texas; Tamán y Pimienta en la zona norte de México; San Andrés en la zona de Poza Rica; Tepexilotla en la zona de Veracruz y caliza Chinameca inferior y Caliza Mogoñé inferior en la zona meridional, participando prácticamente todos los medio ambientes marinos y costeros: cuenca (Tamán), neríticos abiertos (Pimienta), mares someros y lagunas (San Andrés), cuencas restringidas o lagunares (Olvido), costeros o del nerítico superior (La Casita) y finalmente posibles grandes cuencas evaporíticas (antiguo Golfo de México) (Figura 5). Debido a la abundancia de las localidades del Jurásico Superior, es de esta época de la que se dispone de un mapa paleogeográfico más detallado, sobre todo de la porción oriental y septentrional de la República. Según se observa en la Figura 5, la extensión de los mares jurásicos del Kimeridgiano-Titoniano, llevó a cabo un movimiento transgresivo primeramente sobre una plataforma al oriente, y posteriormente la gran cuenca central, que se ha considerado como el inicio del geosinclinal por algunos autores. Aparentemente, no hay duda de que la entrante principal de las aguas marinas del Jurásico Superior provenga del oriente, distribuyéndose en brazos a veces muy someros al SE de México (Chiapas), al sur por la cuenca de Guerrero y una estrecha entrante para formar la pequeña cuenca de Tlaxiaco, que fue desplazada al oriente por movimientos tectónicos y prác-

ticamente estrangulada al finalizar el Jurásico o principios del Mesozoico.

Según se ha explicado, las nuevas localidades del Jurásico Superior-Titoniano en la Península de San Hipólito, Baja California, Pozos Serna del W de Sonora, la región de Cucurpe y Sierra Azul, en el centro de Sonora, cambian fundamentalmente el concepto paleogeográfico de la República, ya que aparentemente está ausente el Kimeridgiano, pero sí es importante pensar que estas áreas estuvieran conectadas más bien con el eugeosinclinal (?) del Pacífico, que con el geosinclinal mexicano. A continuación se describen las regiones jurásicas más importantes:

Baja California.- Existe poca información sobre el Jurásico Superior de Baja California. Según noticias recientes, se confirmó la localidad Punta de San Hipólito, al NW de la Bahía Ballenas, como Jurásico Superior, donde G. Gastil encontró fauna de moluscos (*Belemnites*, *Buccia piochi*, etc.), correlacionable con las rocas del Jurásico Superior de Santa Ana, en el sur de Baja California. También, de acuerdo con Minch (1969), la existencia de aquél parece segura en la localidad del Arroyo San José, al norte de la Bahía de Sebastián Vizcaíno. Es posible que estas rocas clásticas fosilíferas y piroclásticas sean equivalentes a la parte inferior de la Formación Franciscan de California, E.U.A., formada en eugeosinclinal. La presencia del Jurásico Superior marino en Sonora permite extender estos mares hasta el oeste de Baja California (eugeosinclinal del Pacífico?).

Chihuahua.- Los mares del geosinclinal del Jurásico Superior aparentemente se extendieron en la porción central del Estado de Chihuahua; sin embargo, al estudiarse nuevamente algunas localidades en la región de Villa Ahumada, clasificadas anteriormente como del Jurásico Superior (Sierras de Alcaparra, El Kilo y Ojo Caliente), resultaron ser del Cretácico Inferior. en el afloramiento de la Carretera Federal Núm. 45 con el cruce de la Sierra de Samalayuca, aparecen unas lutitas y margas gris-azul con amonitas (*Kossmatia* af. *alamitosensis* Imlay) del Kimeridgiano superior, indicando depósitos de cuenca en el norte de Chihuahua. De ser así, los mares jurásicos se extenderían a una entrante alargada proveniente del centro de México que llegaría hasta las actuales montañas Malone al SE de Ciudad Juárez, cubriendo el área de Cuchillo Parado, Placer de Guadalupe, Sierra Rica y posiblemente llegando hasta el norte de Aldamas. Existen dudas sobre la extensión de los mares al sur de Chihuahua, sobre todo en la región de Parral donde las filitas y lutitas tienen una edad cretácica temprana o más antigua. La extensión más amplia de los mares del Jurásico Superior parece ser la del norte de México, especialmente en Chihuahua, donde predominan las rocas clásticas, ya que en el Pozo Presidio 1 al sur de Ciudad Juárez, se encontraron más de 3,000 m de sedimentos flysch del Jurásico Superior, y en el pozo petrolero Hueso 1 pudieron estudiarse amonitas del Kimeridgiano, indicativos de depósitos marinos de cuenca. En el NE de México la influencia de la Península de Coahuila y Plataforma Burro Picachos dio origen a todo tipo de roca, desde conglomerados hasta areniscas, lutitas, calizas y evaporitas (Figura 5).

Porción Central del Altiplano.- La distribución geológica del Jurásico Superior se ha ampliado con nuevos afloramientos de rocas clásticas y calcáreas de la Formación La Casita, en la parte oriental del Estado de Durango (San Juan de Guadalupe), al norte de la ciudad de Zacatecas, en el Cerro Tinajas, donde aparecen calizas con nerineas y rocas clásticas

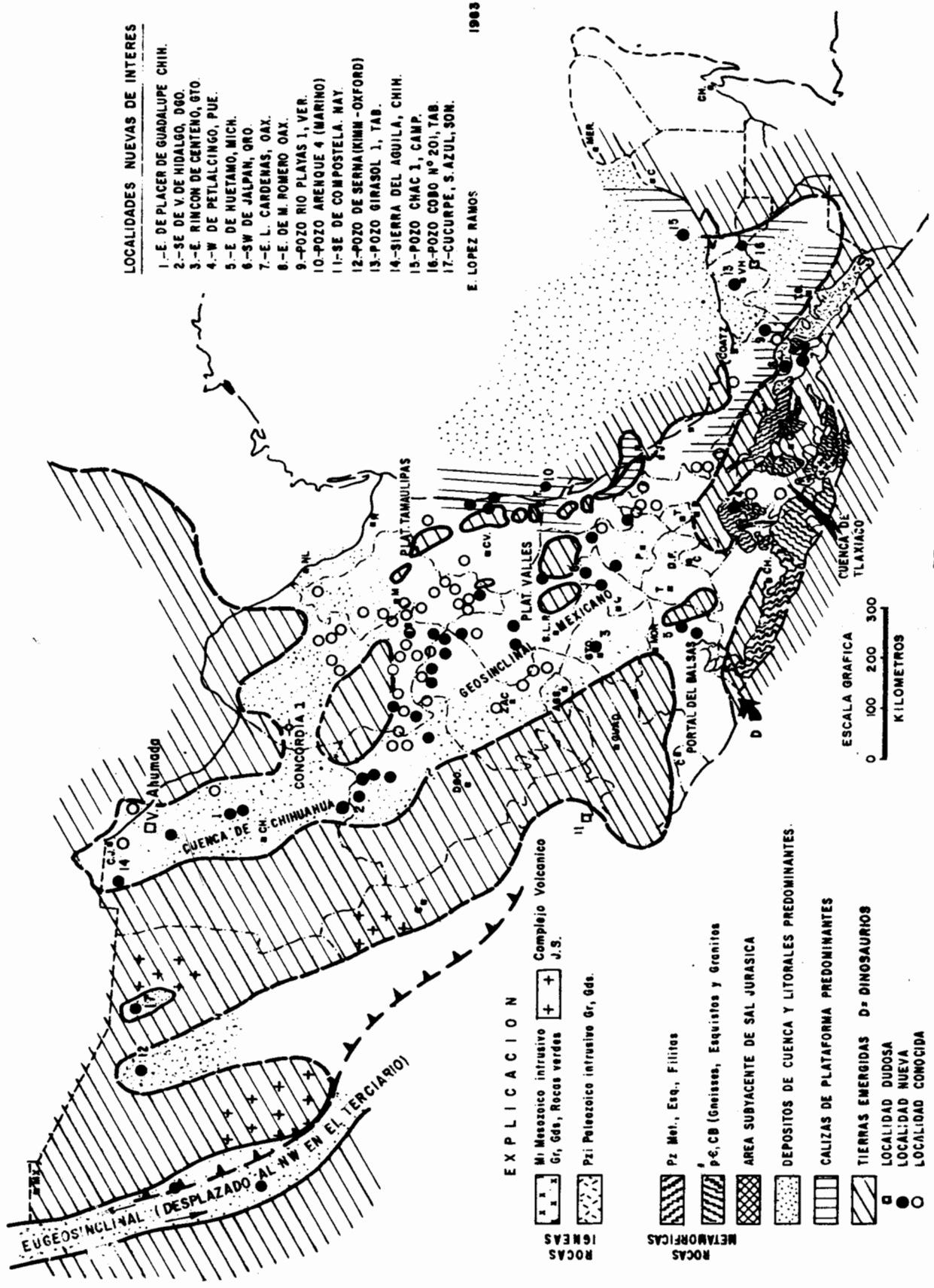


Figura 5.- Paleogeografía y litofacies del Jurásico Superior (Kimeridgiano-Titoniano).

discordantemente sobre lechos rojos (Jurásico o Triásico), éstos últimos con espesores relativamente delgados, alcanzando sólo unos 300 m. Más hacia el sur, en la región del Rincón de Centeno, Guanajuato (NW de Celaya), aparece la primera localidad fosilífera con la amonita *Microcantoceras* cf. del Títoniano, en lutitas y margas que prevalecen sobre calizas marinas, indicando que los mares eran relativamente más profundos en la región central de la República. Esta información es confirmada por el predominio arcilloso de la Formación Las Trancas, que tiene más de 1,000 m de espesor al NW de Zimapán, Hidalgo. La porción oriental de los mares del geosinclinal central del Jurásico Superior estuvo limitado por parte de la Isla de Miquihuana y la Plataforma de Valles, San Luis Potosí, ya que el pozo Guaxcamá 1, referido al W de ésta, no presenta sedimentos marinos del Jurásico arriba de la secuencia de lechos rojos; en cambio, en el pozo Valle de Guadalupe 1 situado al NW de Xilitla; se encontraron más de 1,800 m de Jurásico Superior sin atravesarse, indicando con esto una gran cuenca geosinclinal.

Golfo de Sabinas y Archipiélago Jurásico de la Plataforma de Tamaulipas. - En la Figura 5 puede verse la permanencia de los mares jurásicos, a partir del Golfo de Sabinas que estuvo limitado al W por la Península de Coahuila y al N y NE por las porciones positivas de lo que se considera el "Levantamiento Burro-Picachos". El predominio de rocas clásticas (formaciones La Casita y La Caja) cerca de estas partes y la presencia de evaporitas (Formación Olvido) alrededor del archipiélago de la Plataforma de Tamaulipas, indican condiciones de aguas muy someras y en partes lagunares, que también fueron propicias para la formación de calizas oolíticas en las regiones de Tamaulipas-Constituciones-Poza Rica y, últimamente, al oriente de Tampico (Pozo Arenque 4), donde aparecen calcarenitas y calizas biógenas de la Formación San Andrés.

Existen opiniones respecto a la posibilidad de que parte del actual Golfo de México estuviera sumergido durante el Jurásico Tardío; sin embargo, estudios recientes con perforaciones submarinas dentro del Golfo de México, junto con estudios magnetométricos y sísmológicos, indican la posibilidad de que las porciones marginales de éste estuvieran en condiciones de tipo evaporítico, permitiendo el desarrollo de grandes espesores de sal. Desde luego, lo anterior es posible al norte de la cuenca salina, pero poco probable, hasta ahora, en lo que se considera la porción axial del geosinclinal terciario del Golfo de México (oriente de Matamoros). La presencia del Jurásico Superior marino del oeste de Cuba (Formación San Cayetano) es de gran interés paleogeográfico, ya que existe la posibilidad de una conexión más inmediata con el geosinclinal mexicano en tiempo de su depósito.

Cuenca de Guerrero, Cuenca de Veracruz, cuencas de Tlaxiaco y SE de México. - Aparentemente no existe problema para interpretar la continuidad de los mares jurásicos en la porción centro-meridional de la República en lo que se considera la cuenca jurásica de Guerrero, y en la que aparece una petrología muy heterogénea de los sedimentos (rocas ígneas intrusivas, arcosas, tobas, filitas, pizarras, calizas metamorfosadas, etc.), que pudieran corresponder a rocas de eugeosinclinal de la porción occidental del antiguo Portal del Balsas, llegando a formar rocas francamente marinas en la pequeña Cuenca de Tlaxiaco, en la que se encuentran sedimentos marinos del Kimeridgiano-Títoniano en su porción septentrional, en la región de Petalcingo, Puebla (Formación Ma-

pache y Caliza Chimeco). Es posible que los mares del Jurásico del centro de México se comunicaran con el antiguo Portal del Balsas (Colima, Michoacán y Guerrero). Es interesante la presencia del Jurásico Superior (?) continental con huellas de dinosaurios al sur de Michoacán (W de Melchor Ocampo) que posiblemente limitaba al sur una entrante marina. Estos mares probablemente tenían su equivalente en los de tipo eugeosinclinal del SE de California y debido a su influencia por actividad ígnea submarina y subaérea restringieron los volúmenes de corrientes, así como su fauna y flora marinas.

Cuenca de Veracruz. - Respecto a la cuenca mesozoica de Veracruz, se ha encontrado la formación Tepexilotla del Jurásico Superior marino representada por los pisos Kimeridgiano-Títoniano en el área del mismo nombre, Municipio de Zoquitlán, Puebla. Viniegra (1965) además de la formación Tepexilotla, a la que fija una facies marina nerítica, designa la formación Tehuipango como su equivalente marino litoral. En la formación Tepexilotla predominan rocas clásticas como lutitas bituminosas y areniscas, sobre carbonatos y pizarras. De acuerdo con las secciones interpretadas, los espesores son del orden de 800 m. Estas secuencias deben interpretarse como depósito de cuenca y forman parte de la gran porción marina de la Cuenca de Veracruz, que se extendió al NE de Oaxaca y SE de Veracruz (formaciones Chinameca y Mogoñé), donde predominan los carbonatos y posiblemente más al SE hacia la región central y septentrional de Chiapas, aunque la existencia de ésta sólo se ha comprobado en el pozo Río Playas y la localidad de Cerro Pelón. Recientemente se encontró Jurásico Superior marino (Títoniano) de cuenca (300 m de margas y calizas grises) sobreyaciendo a la sal en el Pozo Ayapa 1 (NW de Villahermosa, Tabasco), así como en el Pozo Girasol 1, donde no se llegó a atravesar el Jurásico hasta la sal.

La ausencia del Jurásico marino en la plataforma de Yucatán y Guatemala indica el límite de los mares jurásicos en el sureste de México.

Interpretación tectónica del Jurásico. - El acontecimiento geológico más importante en el Jurásico fue la invasión marina de las aguas del Atlántico y del Pacífico a lo largo de la República, con excepción de Yucatán, ya que los mares del Jurásico Inferior y muy pocos del Jurásico Medio permanecieron en la porción central del territorio. Según antecedentes que se tienen, fue la Orogenia Nevadiana la que actuó principalmente levantando grandes porciones del norte de nuestro país, como la plataforma de Coahuila y el geoanticlinal de lo que sería la Sierra Madre Occidental en el Terciario.

Es interesante constatar que el límite Jurásico-Cretácico en la zona oriental de nuestro país sea gradual y no presente discordancias apreciables, solamente se aprecia en la Plataforma Valles-San Luis Potosí.

CRETACICO

NEOCOMIANO-APTIANO

Conviene observar que en el Cretácico Inferior se incluyen sólo las rocas del Neocomiano-Aptiano y no las del Albiano-Cenomaniano que se consideran del Cretácico medio. Por lo tanto, se utiliza la división tripartita del Cretácico, a diferencia de la división bipartita que se usa en el norte de México, y se marca en la compilación geológica en la República Mexicana, donde el Cretácico Inferior está incluido hasta el Albiano-Cenomaniano.

Historia geológica. - Los mares del Jurásico Tardío persistieron durante gran parte del Cretácico Temprano a lo largo de la cuenca central del sureste y noroeste de México. En la figura 6 se aprecia la distribución general de las cuencas marinas, las cuales presentaron distintas profundidades que dieron como consecuencia una petrología muy diferente en las rocas carbonatadas de casi toda la parte central y septentrional de nuestro país, representada por la Caliza Cupido y las Formaciones Menchaca, Barril Viejo, La Virgen, Taraises y Otates. En algunas ocasiones los mares eran de aguas muy someras y en otras de tipo lagunar, formando grandes espesores de evaporitas como en la Plataforma de Valles-San Luis Potosí, que están representadas por la formación Guaxcamá. En el norte de Hermosillo se encuentra la formación Represo (?) asociada a rocas ígneas, como sucede con los depósitos eugeosinclinales en el noroeste de México y parte de los Estados de Colima, Michoacán, Guerrero y Morelos. En el Estado de Puebla y norte de Oaxaca, los mares del Cretácico Temprano son más profundos, dando lugar a la Formación Zapotitlán en la cual predominan grandes espesores de rocas clásticas. En la porción central de Oaxaca (Sub-Cuenca de Tlaxiaco y posiblemente más al sur del Estado) el Cretácico Inferior prácticamente está ausente; aunque pudiera estar representado por capas rojas que marcarían el inicio de la transgresión de masas cretácicas del Albiano-Cenomaniano, como puede observarse en varios afloramientos aislados al sur de la Sierra de Oaxaca o en la serie de evaporitas encontradas en los pozos perforados en la cuenca de Tlaxiaco. En el sureste de México, en Chiapas y Tabasco, el Cretácico Temprano está representado por las formaciones San Ricardo y Chinameca Superior, formadas en ambientes neríticos donde predominan rocas carbonatadas sobre clásticos y evaporitas, las cuales son representativas en forma de dolomitas, anhidritas, yeso y calizas del SE de la Península de Yucatán, según las perforaciones de los pozos petroleros. A continuación se indican las condiciones estratigráficas de distintas partes del país, en forma generalizada.

Norte y noroeste. - Aparentemente no existen dudas sobre los límites en la porción noroccidental de nuestro país, donde se marcan dos grandes islas que comprenderían la parte septentrional de Baja California y prácticamente todo el Estado de Sonora; otra gran isla que constituiría el geoanticlinal occidental (?) sería la que se extiende desde el oeste de Durango hasta el norte de Jalisco. Es posible que la unión entre las dos islas haya sido rota por la conexión de los mares según información obtenida en 1972 de rocas de cuenca (PEMEX, Gerencia de Exploración, comunicación personal), encontradas al sureste de Chihuahua en la región de Parral. En el mapa paleogeográfico y de litofacies del Cretácico Inferior puede observarse que para la parte nororiental de nuestro país, existen varias unidades geomorfológicas que influyeron en la sedimentación de esta región; una de ellas es la antigua península o isla de Coahuila, mencionada originalmente por Böse (1923), indicando una posible persistencia de un levantamiento desde el Jurásico Tardío solamente. No obstante, con las perforaciones y estudios petroleros realizados últimamente, se ha visto la posibilidad de una comunicación entre los mares del antiguo Golfo de Sabinas con la parte septentrional del mioeocinclinal mexicano de Chihuahua. La distribución de las rocas indica una posible isla cretácica en la porción meridional del Estado, limitado al norte y al sur por posibles rocas plataformicas. Al oriente del Estado de Chihuahua se encuen-

tra una gran extensión cubierta por la Formación Las Vigas, donde predominan capas rojas y areniscas sobre sedimentos calcáreos, especialmente en la porción central del Estado.

Golfo o archipiélago mesozoico de Sabinas. - Esta provincia, definida inicialmente por Humphrey (1956), está situada en la parte central del Estado de Coahuila y se extiende al sureste del Estado de Nuevo León. Originalmente debió haberse formado por sedimentos clásticos del Jurásico Superior que pudieron persistir hasta el Cretácico Inferior, ocasionalmente con alineamientos arrecifales de la Formación Cupido, especialmente entre Monterrey y Nuevo León, que también se extendieron al S y al W de Saltillo.

Cuenca evaporítica de San Luis Potosí. - Se encuentra al oriente del Estado y constituye lo que se ha llamado Plataforma Valles-San Luis Potosí (Carrillo, 1971). Consta de rocas evaporíticas de más de 2,000 m de espesor, principalmente anhidritas y calizas superyacentes, en ocasiones de remanentes de rocas del Jurásico Superior, o bien de capas rojas posiblemente más antiguas. Tratando de explicar esta masa de evaporitas, se pensó que estaban limitadas por rocas arrecifales; lamentablemente, existe poca información del subsuelo para comprobarlo.

Región de Tampico. - La información de pozos petroleros en el Golfo de México indica que, cuando menos, frente a Tampico (Campo Arenque) y Nautla, Veracruz, grandes porciones de la columna geológica prácticamente carecen de sedimentos del Cretácico Inferior, los que posiblemente fueron erosionados o no se depositaron. Con los datos actuales no es posible hacer una restauración de las condiciones paleogeográficas a lo largo de la actual costa del Golfo de México; aunque en las perforaciones y estudios sísmológicos que se realicen en el centro de éste se encuentren grandes espesores de sedimentos que pudieran comprender calizas cretácicas.

Portal del Balsas. - Respecto al portal jurásico del Balsas, es imposible su persistencia durante el Cretácico Temprano, debiendo haber comunicado los mares de la cuenca central con los del eugeosinclinal del Pacífico (Figura 6).

Los estudios geológicos recientes han encontrado gruesos espesores de rocas clásticas al oeste de Michoacán, algunas de ellas son lutitas filíticas carbonosas, lo cual ratifica la condición de cuencas someras para esta parte del país.

Sureste de México. - En la porción suroriental de nuestro país estuvieron emergidas grandes regiones del continente, entre las que se cuentan el Macizo de Chiapas y el de Oaxaca-Guerrero, que tienen testigos de sedimentación continental (capas rojas) en la base de la sedimentación posterior del Cretácico medio. Al oriente del Macizo de Chiapas se encontró la Formación San Ricardo con predominio de rocas clásticas. Los pozos petroleros de Oxchuc 1, San Cristóbal 1 y Trinitaria 1, 2 y 3 han mostrado una secuencia de más de 2,000 m de areniscas, calizas y evaporitas (no se encontró sal), así como abundante bentonita, indicando gran actividad volcánica cercana a estos pozos. En los pozos petroleros al sur de la cuenca salina y SE de Tabasco existen evidencias de que el Cretácico Inferior está formado por calizas y dolomías y en partes por evaporitas como en Chacamax (región de Tenosique, Tabasco). En Yucatán no se han encontrado, hasta ahora, sedimentos del Cretácico Inferior, debido a que la sección evaporítica no permite estudiar los fósiles; aunque es posible que existan al SW de la península por los datos del Pozo Pita 1 del NW de Guatemala.

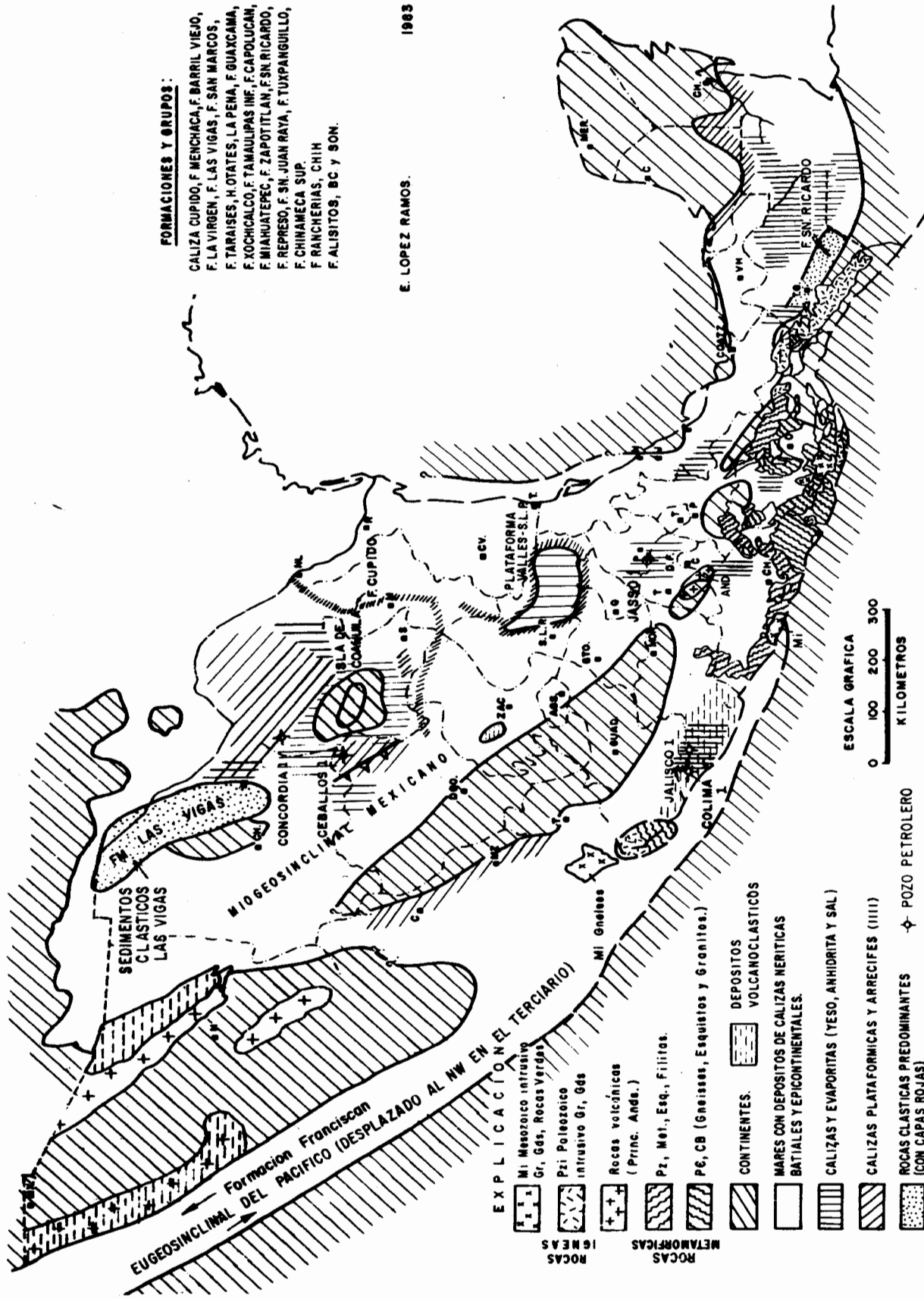


Figura 6.- Paleogeografía y litofacies del Neocomiano-Aptiano-Cretácico Temprano.

CRETACICO MEDIO (ALBIANO-CENOMANIANO)

Al igual que durante el Cretácico Temprano, predominan rocas carbonatadas representadas por las formaciones Edwards, Aurora, Buda, Washita y Acatitla en el norte de México; El Abra-Tamabra, El Doctor y Tamaulipas Superior y Cuesta del Cura en la región de Tampico y porción central de nuestro país; formación Orizaba y Morelos en la porción central y Cuenca de Veracruz; finalmente, en el sureste de México, las formaciones Sierra Madre y Cobán, esta última en sus límites con Guatemala.

Durante el Cretácico medio los mares abarcaron una porción más amplia de nuestro país, y es particularmente interesante su estudio, debido a que se encuentran las rocas productoras de hidrocarburos más prolíficas, especialmente a lo largo de la Planicie Costera del Golfo (Figura 7). Las condiciones paleogeográficas en el Albiano-Cenomaniano fueron muy semejantes a las del Cretácico Temprano, aunque grandes cuencas fueron azolvadas, permitiendo el depósito de rocas platafórmicas y neríticas. Tanto la porción noroccidental del país como parte de la Sierra Madre Occidental estuvieron emergidas. En el sur, la Península de Oaxaca y el Macizo de Chiapas sólo fueron cubiertos parcialmente.

Península de Yucatán. - Aparece formada principalmente por una columna de carbonatos autigénicos y anhidritas, construida del Comancheano (Aptiano-Cretácico medio) hasta el Mioceno, muy semejante a la plataforma de Florida, E.U.A. Los espesores de los sedimentos cretácicos de la península varían de 1,300 a más de 3,150 m (Pozo Ticul 1), lo cual indica la subsidencia continua del Cretácico, sin contar el Terciario, hasta parte del Eoceno, que también fue evaporítico y subsidente.

En vista de que la gran secuencia evaporítica, especialmente del Cretácico medio, carece de nombre formacional y dada su amplia extensión geográfica desde el norte de Guatemala, sureste de Chiapas y seguramente el norte de la península, propuse (1973) el nombre de "Evaporitas Yucatán" para esta secuencia cretácica media de anhidritas, yesos, dolomías y calizas.

Otras áreas del SE de México. - En la sección esquemática transversal del SE de México puede apreciarse que en la cuenca del Tlaxiaco, Oaxaca, en los pozos Teposcolula 1 y Yucudá 1, se encontraron gruesos espesores de calizas platafórmicas con anhidritas en la base. La información del subsuelo proviene de pozos petroleros perforados en Yucatán, Campeche y Tabasco, y permite afirmar que esta parte del país permaneció en condiciones estables a partir del Cretácico Temprano, dando lugar a los grandes espesores de roca evaporítica; su relación con rocas neríticas o batiales de Tabasco y Chiapas (estas últimas con espesores de más de 1,500 m) está por determinarse. No se conocen las condiciones geológicas que limitaban a esta masa evaporítica; aunque se supone que estaba relacionada a masas arrecifales, lo cual no se ha comprobado todavía, puesto que no se ha realizado una evaporación total del agua para encontrar sal, que aparentemente es de edad jurásica.

Roca de plataforma y arrecifales. - Durante el Cretácico medio se desarrollaron grandes porciones de rocas de plataforma y, en algunas de ellas, verdaderas masas arrecifales como la Sierra de El Abra, la región de El Doctor y la Laguna Colorada en Querétaro; la famosa Faja de Oro en sus porciones actuales, continental y marina; las rocas arrecifales al sur del Estado de Puebla, al poniente de la Cuenca de Vera-

cruz; la región de Bámori, Sonora; NE del Estado de Chihuahua; gran parte de los Estados de Guerrero y Chiapas; finalmente, en el norte de Coahuila, se encuentra la parte meridional de la Laguna de Maverick.

Al oeste de Michoacán, en el distrito de Coalcomán, se encuentran grandes afloramientos de calizas cretácicas (principalmente cenomanianas) de origen arrecifal, estudiados desde 1884 por de Anda. Se encontraron diferentes especies de rudistas como hipurites, caprinidos, ostreas, así como braquiópodos y algunos individuos de *Posidonomia*, indicadores de mares someros de tipo platafórmico que se extendieron desde el sur de Jalisco hasta Colima y la parte occidental de Michoacán.

En los afloramientos cretácicos de Colima se encontraron más de 1,000 m de calizas y dolomías pertenecientes, tentativamente, a la Formación Morelos, y ocasionalmente se encuentran derrames volcánicos dentro de la sección cretácica.

CRETACICO SUPERIOR (TURONIANO-MAESTRICHTIANO)

En la zona nororiental de México se formaron las cuencas de Parras, con varios miles de metros de sedimentos clásticos, y al oeste y norte de Zacatecas las depresiones de la cuenca sedimentaria central, que dieron origen a los espesores de más de 3,000 m de la Formación Caracol de tipo flysch (areniscas y lutitas) del Senoniano. En el frente original de la Sierra Madre Oriental entre Monterrey-Ciudad Victoria y Valles, se formó la "cuenca frontal" de sedimentos margosos de la Formación Méndez, con espesores de entre 1,500 y 2,000 m. Al oriente de San Luis Potosí, Guanajuato y Querétaro se encuentran grandes espesores de sedimentos clásticos de la Formación Cárdenas. Esta formación se volvió más calcárea a medida que los mares fueron someros y azolvados de rocas una inmensa extensión de agua que comunicaba el Golfo de México con el brazo del Océano Pacífico que se extendía al NW hasta la actual Baja California, que siguió presentando gran actividad ígnea, por lo que muchos sedimentos se consideran como de eugeosinclinal; no obstante, la presencia de equinodermos y otros moluscos en el Turoniano de Jalisco y Colima los hace aparecer como depósitos en aguas más estables. En la Cuenca de Parras al sur de Coahuila, se encuentran espesores del orden de 5,000 m de rocas clásticas del Cretácico Superior provenientes de una fosa formada por los primeros plegamientos de la Sierra Transversal Torreón-Saltillo. En el centro de nuestro país persiste la gran cuenca del Cretácico Superior y se encuentran las formaciones Mexcala y Soyatal, especialmente en los actuales Estados de Morelos, Michoacán, Guerrero y parte de Oaxaca, donde se azolvó finalmente la cuenca mesozoica de Tlaxiaco.

Al SE de México, en los Estados de Veracruz y Chiapas, el Cretácico Superior presentó diferentes petrologías como las margas de la Méndez y las clásticas más gruesas y pocas calizas de la Ocozocuatla. La presencia de rocas clásticas marinas del Cretácico Superior en el Pozo de Salina Cruz 1 indica que los mares del Golfo de México estaban comunicados por el actual Istmo de Tehuantepec (Figura 8). La aparición de gruesos espesores de margas y calizas (más de 600 m) al sur de Tabasco (Pozo Sitio Grande 1) señala que los mares neríticos cretácicos se extendieron en la parte meridional del actual Golfo de México formando cuencas relativamente profundas. En Campeche, Quintana Roo y Yucatán, las rocas del Cretácico Superior están constituidas principalmente por evaporitas, calizas, dolomitas y anhidritas depositadas en

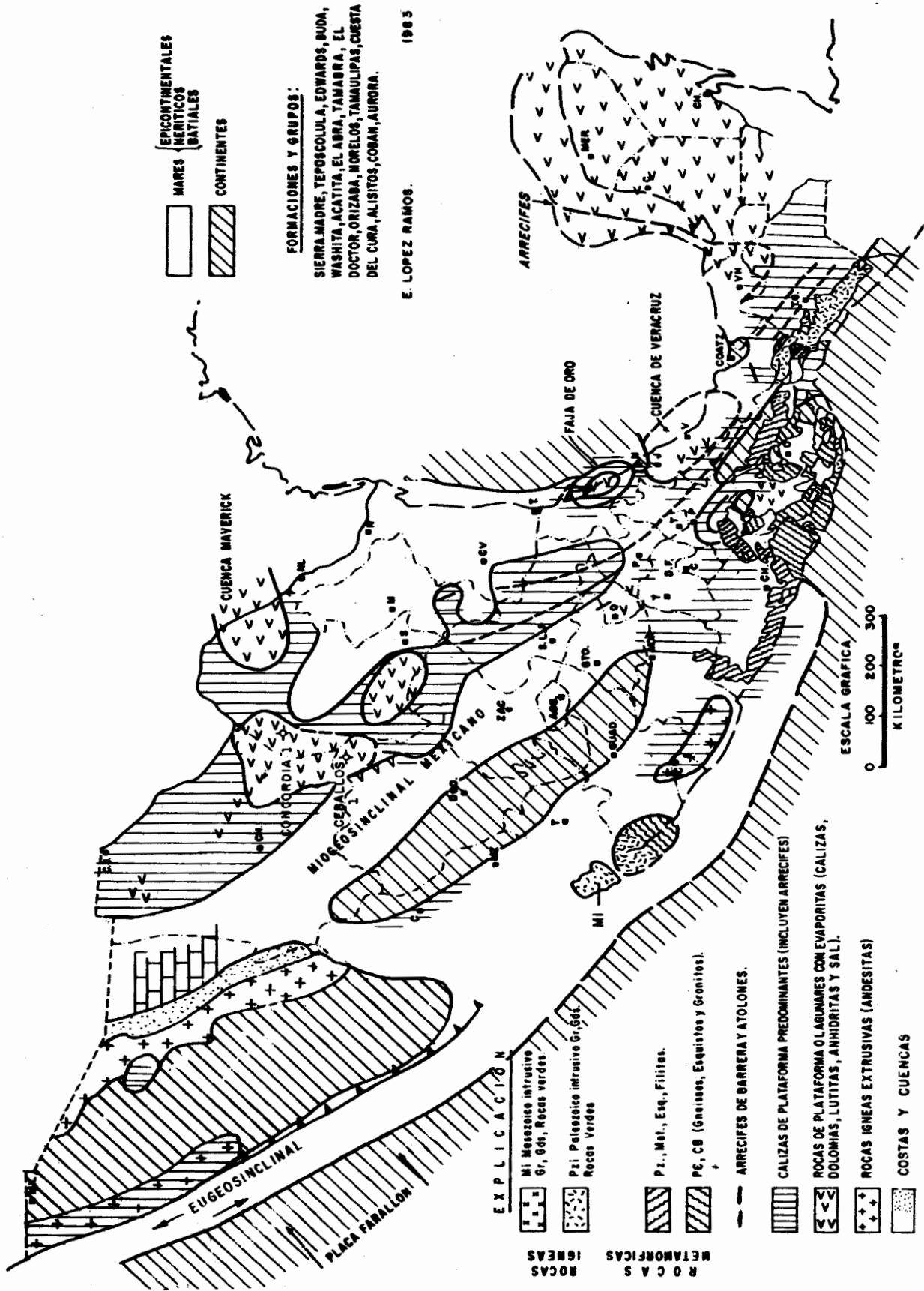


Figura 7.- Paleogeografía y litofacies del Albiano-Cenomaniano-Cretácico medio.

condiciones de plataforma que prevalecieron desde el Cretácico Inferior hasta el medio (Figura 8).

Además de las emisiones andesíticas del NW de México, el acontecimiento tectónico más importante de esta parte del país fue la formación del bloque peninsular de Baja California, con movimientos laterales de su porción septentrional que dieron lugar a un "centro de dispersión" (*spreading center*), que dejó al descubierto rocas ferromagnesianas del Sima. Lo anterior podría ser de interés debido al hallazgo de microfauna del Cretácico Superior al NW de la Bahía Bandejas, Jalisco.

INTERPRETACION TECTONICA DEL CRETACICO

En la Figura 6 puede apreciarse que la porción oriental de México, incluyendo una parte del actual Golfo de México, todavía no se desprendía totalmente del Continente de Gondwana, no obstante que los mares jurásicos ya habían cubierto anteriormente la porción central de la República, pues la secuencia del Titoniano al Neocomiano aparentemente se encuentra sin interrupción. Sin embargo, algunos procesos tectónicos, que comprenden metamorfismo regional, afectaron preferentemente la porción occidental de México, incluyendo los grandes cratones del occidente (Sonora y Baja California), así como la parte oriental del geoanticlinal de lo que sería la Sierra Madre Occidental. La presencia de volcanismo andesítico submarino (?) contemporáneo al depósito indica condiciones de movilidad en la corteza terrestre durante gran tiempo del Cretácico, que persisten hasta el Albiano-Cenomaniano (Figura 7) y aún durante el Cretácico Tardío, sobre todo en Baja California, Sonora y Sinaloa, donde gran parte del volcanismo es terrestre (Figura 8). En el Cretácico medio (Albiano-Cenomaniano) (Figura 7), el Continente Norteamericano sufrió un movimiento epirogénico negativo en su porción meridional, que dio lugar a una amplia invasión de los mares con diferentes profundidades y formó diversos tipos de rocas: batiales (con amonitas), arrecifales, de plataforma (moluscos principalmente) y de tipo lagunar o palustre, formándose evaporitas (dolomías, anhidritas y calizas). No obstante, continuaron emergidos los cratones del noroeste y gran parte del sur de México así como la Sierra Madre Occidental, aunque aparezca en forma discordante, gran cantidad de calizas arrecifales en contacto con rocas metamórficas e ígneas intrusivas, especialmente en la costa del Pacífico desde Sinaloa hasta Chiapas. Se inició la formación de la plataforma evaporítica (dolomías y calizas) de la Península de Yucatán que persistió hasta el Cretácico Tardío. Las relaciones de esta plataforma no son muy claras respecto a su conexión con el resto del territorio nacional, así como con Cuba y Florida.

Aunque las condiciones anteriores podrían interpretarse como paleogeográficas, debiera visualizarse la geomorfología como producto de condiciones tectónicas.

Ya en el Cretácico Tardío, del Turoniano al Maestrichtiano (Figura 8), el continente inició un ascenso especialmente de la porción occidental, y al final del Cretácico se aprecia el inicio de la Orogenia Laramide que da como resultado las primeras pulsaciones de la Sierra Madre Oriental con la formación de la Cuenca de Parras (Campaniano-Maestrichtiano) y la cuenca frontal que sería la antecesora de la Cuenca de Chicontepec (Terciario) (Figura 9). En la parte central del país (Zacatecas y San Luis Potosí principalmente) se depositaron grandes espesores de tipo flysch (Formación Caracol) con influencia de litología terrígena.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Anda, Manuel de, 1884, Informe relativo a la exploración del distrito de Coalcomán, Mich.: El Minero Mexicano, t. 11, núm. 1, p. 42-45.
- Böse, Emil, 1923, Vestiges of an ancient continent in north-east Mexico: Am. Jour. Sci., v. 6, p. 127-136, 196-214, 310-337.
- Brunner, Palmira, 1979, Microfacies y microfósiles permotriásicos en el área El Antimonio, Sonora, México: Revista Inst. Mex. Petróleo, v. 11, p. 6-42.
- Burckhardt, Carl, 1905, La faune jurassique de Mazapil avec un appendice sur les fossiles du Crétacique Inférieur: Inst. Geol. México, Bol. 23, 216 p.
- 1930, Etude synthétique sur le Mésozoïque mexicain: Mém. Soc. Paléont. Suisse, v. 49-50, 280 p.
- Carrillo-Bravo, José, 1971, La plataforma Valles-San Luis Potosí: Bol. Asoc. Mex. Geólogos Petroleros, v. 23, p. 1-102.
- Chávez, A. R., 1968, Bosquejo geológico de la Sierra de Peñón Blanco, Zacatecas: México, D.F., Univ. Nal. Autón. México, Fac. Ingeniería, tesis profesional, 77 p. (inédita).
- Díaz-López, Rolando, y Hernández, Luis, 1973, Estudio geológico de la parte NE de la Sierra de San Julián, Municipio de Ocampo, Zacatecas: México, D. F., Univ. Nal. Autón. México, Fac. Ingeniería, tesis profesional, 91 p. (inédita).
- Dowlen, R. J., y Stump, T. E., 1973, Late Jurassic stratigraphy of Cerro Pozo Serna, western Sonora, Mexico: Am. Assoc. Petroleum Geologists, Abstracts, p. 327 (resumen).
- Erben, H. K., 1956, El Jurásico Inferior de México y sus amonitas: México, D. F., Cong. Geol. Internal., 20, Monogr., 393 p.
- Fink, J. W., y Abbott, O. L., 1976, Petrology of the marine Triassic rocks of Sebastián Vizcaíno Peninsula, B. C.: Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull., v. 60, p. 671.
- Flores-López, Roberto, 1967, La fauna liásica de Mazatepec, Pue.: México, D.F., Inst. Mex. Petróleo, Revista, Monogr., 1, p. 25-30.
- Humphrey, W. E., 1956, Tectonic framework of northeastern Mexico: Trans. Gulf Coast Assoc. Geol. Soc., v. 6, p. 25-35.
- Keller, W. T., 1973, Observaciones estratigráficas en Sonora, NW de México: Bol. Asoc. Mex. Geólogos Petroleros, v. 25, p. 1-22.
- López-Ramos, Ernesto, 1973, Estudio geológico de la Península de Yucatán: Bol. Asoc. Mex. Geólogos Petroleros, v. 25, p. 23-76.
- 1974, Geología general y de México: México, D. F., 509 p., Edición escolar.
- 1976, Compilación de la Carta Geológica de la República Mexicana: México, D. F., Comité de la Carta Geológica de México, escala 1:2,000,000.
- 1979, Geología de México: México, D. F., t. 3, 445 p., Edición escolar.
- Maldonado-Koerdell, Manuel, 1948, Nuevos datos geológicos y paleontológicos sobre el Triásico de Zacatecas: Inst. Politéc. Nal., Esc. Nal. Ciencias Biológicas, Publ. 5, p. 291-306.

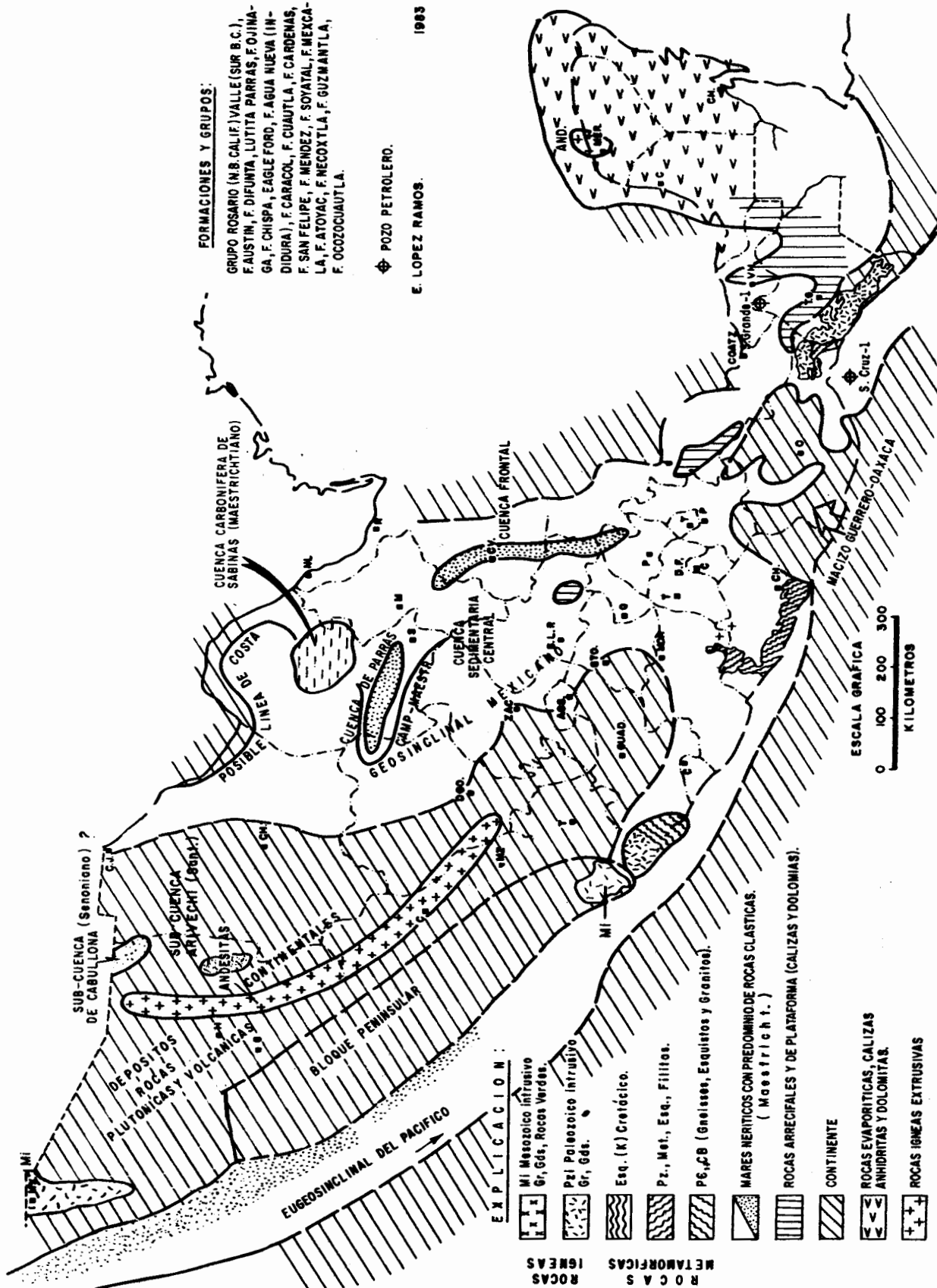
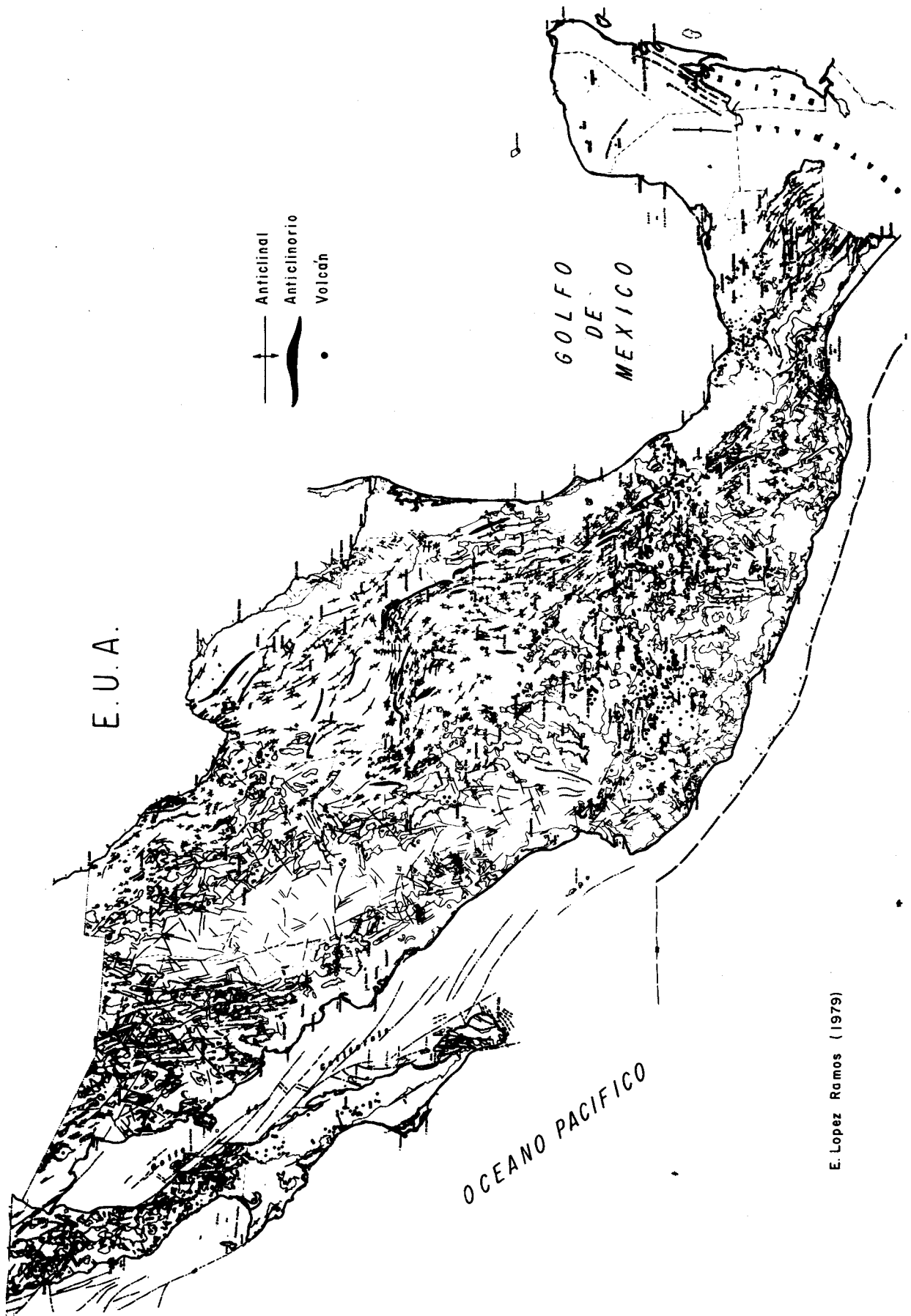


Figura 8.- Paleogeografía del Turoniano—Senoniano-Maestrichtiano.



E. Lopez Ramos (1979)

Figura 9.- Mapa estructural de la República Mexicana.

- Martínez-Pérez, Jesús, 1972, Exploración geológica del área Estribos San Francisco, San Luis Potosí: Bol. Asoc. Mex. Geólogos Petroleros, v. 24, p. 325-402.
- Méndez, Felipe, 1960, Recorrido geológico general del Estado de Zacatecas: México, D. F., Petróleos Mexicanos, Inf. Geól., 96 p. (inédito).
- Minch, J. A., 1969, A depositional contact between the pre-batholithic Jurassic and Cretaceous rocks in Baja California, Mexico: Geol. Soc. America, Abstracts with Programs (resumen).
- Rangin, Claude, 1977, Sobre la presencia del Jurásico Superior con amonitas en Sonora septentrional: Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Revista, v. 1, p. 1-14.
- Salvador, Amos, 1979, Late Triassic-Jurassic paleogeography and origin of Gulf of Mexico: Houston, Am. Assoc. Petroleum Geologists, Abstracts with Programs, p. 1-4 (resumen).
- Schuchert, Charles, 1935, Historical geology of the Antillean-Caribbean region: New York, Wiley and Sons, 811 p.
- 1955, Atlas of paleogeographic map of North America: New York, Wiley and Sons, 177 p.
- Silva-Pineda, Alicia, y Cserna, Zoltan de, 1969, Paleobotánica y geología de Tecamatlán, Estado de Puebla: Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Paleontología Mexicana 27, 88 p.
- Termier, H. G., 1952, Histoire géologique de la biosphère: Paris, Masson et Cie., 721 p.
- Viniegra, Francisco, 1965, Geología del Macizo de Teziutlán y la cuenca cenozoica de Veracruz: Bol. Asoc. Mex. Geólogos Petroleros, v. 17, p. 99-163.
-