

LAS TRANSGRESIONES JURÁSICAS EN MÉXICO

Abelardo Cantú-Chapa*

RESUMEN

Durante el Jurásico Medio y Tardío ocurrieron varias etapas transgresivas en el territorio mexicano, las cuales procedieron de la Provincia del Pacífico Oriental, a través de Oaxaca, en el sur de México, hasta cubrir casi todo el país en el Jurásico Tardío.

La sedimentación marina meso- y neojurásica es subdividida en etapas, según sus localidades más características en México, y son nombradas como sigue:

Oaxaca (Bajociano), en el sur; Metlaltoyuca-Huehuetla (Bathoniano y Caloviano), en el este; Mazapil (Oxfordiano inferior), en el centro; Samalayuca (Kimeridgiano inferior), en el norte; Boquiapan-Balam (Caloviano y Oxfordiano superior), en el sureste; Cedro-Cucurpe (Caloviano y Oxfordiano), en el noroeste; y Chiapas (Kimeridgiano inferior), en el sur.

Palabras clave: Transgresiones, Jurásico, México.

ABSTRACT

During the Middle and Late Jurassic, several transgressive events started in the Mexican territory; coming from the Eastern Pacific Province through Oaxaca, in southern Mexico, they covered almost all the country in the Late Jurassic.

The Middle and Late Jurassic marine sedimentation has hereby been divided in events and named in accordance to their more characteristic locations in Mexico as follows:

Oaxaca (Bajocian) in the south; Metlaltoyuca-Huehuetla (lower Bathonian-lower Callovian) in the east; Mazapil (lower Oxfordian) in the center; Samalayuca (lower Kimmeridgian) in the north; Boquiapan-Balam (middle Callovian and upper Oxfordian) in the southeast; Cedro-Cucurpe (middle Callovian and upper Oxfordian) in the northwest; and Chiapas (lower Kimmeridgian) in the south.

Key words: Transgressions, Jurassic, Mexico.

INTRODUCCIÓN

Al estudiar el desmembramiento de la Pangea, se impone proponer una explicación sobre el origen del Golfo de México. La presente contribución representa otra forma de analizar el origen de este golfo, según las transgresiones meso- y neojurásicas ocurridas en el territorio nacional, a partir de la Provincia del Pacífico Oriental, que primeramente cubrió la región de Oaxaca, en el sur, y después el resto del país.

El apoyo que proporcionan la bioestratigrafía y la biogeografía de los amonites del Jurásico Medio y Superior sirve para establecer las relaciones paleogeográficas que ocurrieron en México durante ese tiempo. Estos fósiles también permiten explicar nexos con dos regiones, la Provincia del Pacífico Oriental y el Golfo de México, a través del ancestral territorio nacional.

Asimismo, los amonites contribuyen a establecer la edad de los ciclos sedimentarios de origen marino que ocurrieron por etapas en México, durante esa parte del Jurásico. Por otra parte, todo apunta a considerar que las facies transgresivas de la sedimentación mesojurásica proceden del sur de México e influyeron seguramente en la abertura de su golfo.

Con anterioridad al depósito de la sedimentación meso- y neojurásica en México, se tiene las evidencias que proporcionan los cefalópodos de edad pérmica a jurásica temprana, presentes en series sedimentarias aisladas, localizadas al oeste del actual litoral del Golfo de México; esos fósiles se relacionan biogeográficamente sólo con la Provincia del Pacífico Oriental.

El límite paleogeográfico entre las series sedimentarias de origen marino y rocas de otro tipo (continentales, metamórficas o intrusivas) se ubica al este del país, y permite inferir que esta región constituyera la margen occidental de la Pangea; por lo tanto, no hay lugar para ubicar el emplazamiento del primitivo Golfo de México, durante esa parte de la historia de la Tierra, debido a la unión de los continentes, que incluye el actual territorio de México (Figura 1).

JURÁSICO INFERIOR

Es grande la tentación de explicar el origen de la Formación Huayacocotla, localizada en el este de México, como el resultado del depósito de una incursión marina proveniente del Tethys, durante el Sinemuriano. Las lutitas y limolitas de esa formación caracterizan una unidad paleogeográfica subsidente y aislada, denominada Paleobahía Huayacocotla (Erben, 1956; Schmidt-Effing, 1976). Los amonites vermicerátidos y oxynoticerátidos, encontrados en esa formación, son comunes en toda la región occidental de América, desde

*Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Instituto Politécnico Nacional, Apartado postal 10-1051, Delegación Gustavo A. Madero, 11000 D.F., Mexico. Correo electrónico: abelcan@data.net.mx

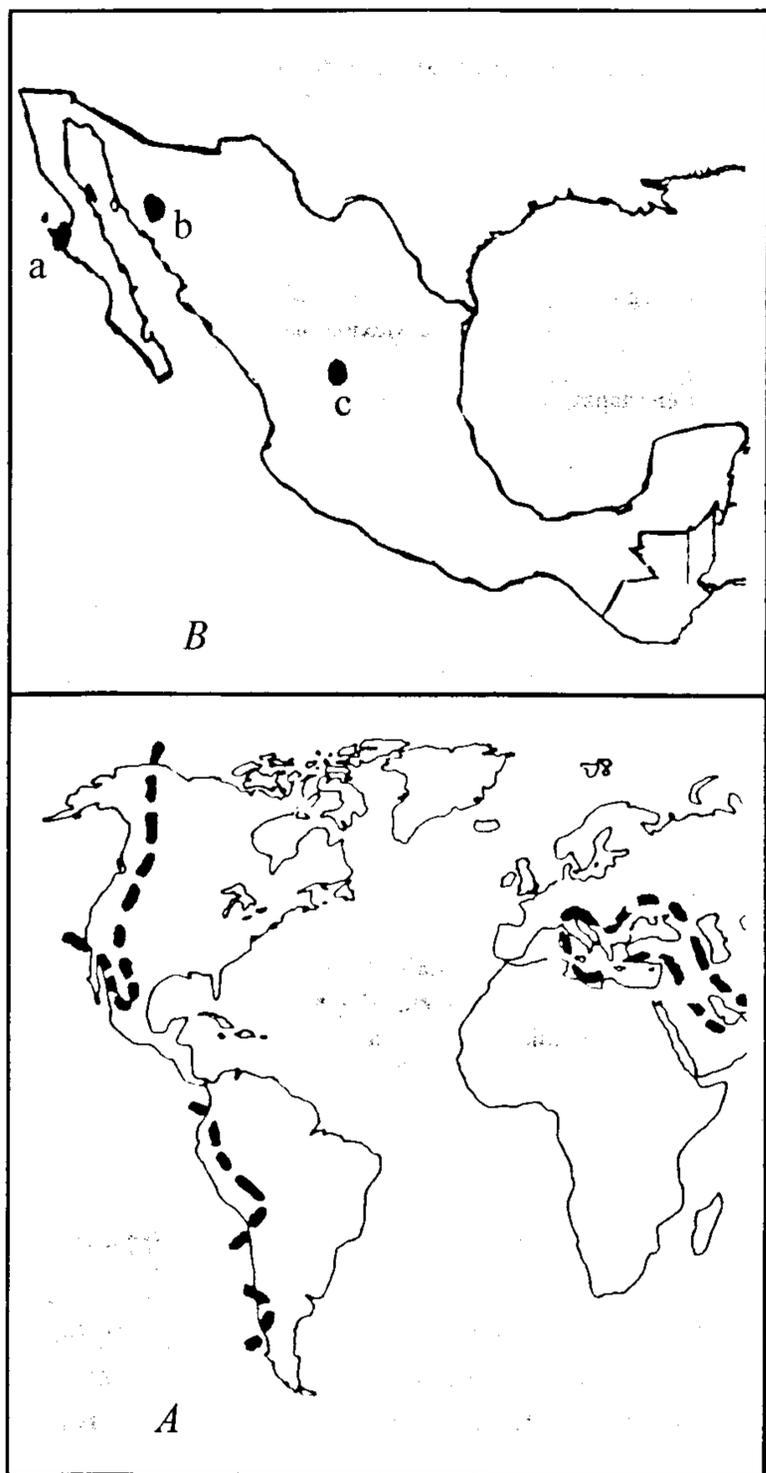


Figura 1. A, Relación paleogeográfica de ceratites del Triásico Superior de la provincia del Pacífico Oriental y del Tethys, según Tozer (1980). B, Localización de tres áreas de sedimentación marina del Triásico Superior en México: (a) Baja California, (b) Sonora y (c) Zacatecas, sin aparente relación paleogeográfica entre ellas; esta última pertenece posiblemente a la provincia del Pacífico Oriental.

Alaska hasta Chile (Hillebrandt *et al.*, 1992). En esa gran provincia se incluye Sonora, en el noroeste de México; por lo tanto, esta área de sedimentación corresponde a la Provincia del Pacífico Oriental (Figura 2A).

Los amonites del Sinemuriano son comunes también en la Provincia del Tethys (Francia, Italia, NW de África y Península Ibérica), por lo que representan posibles evidencias biogeográficas, localizadas cerca del litoral atlántico de los continentes norafricano y europeo, que han sugerido en varias ocasiones una comunicación entre el este de México y la región occidental del Tethys, a través de una provincia paleogeográfica denominada Proto-Atlántico (Schmidt-Effing, 1976; Ziegler, 1971).

Sin embargo, la distribución de la Formación Huayacocotla, en el subsuelo de la región de Tampico, muestra que no llega a la región más oriental de la Planicie Costera del Golfo de México, lo que permite sugerir una comunicación con el primitivo Océano Atlántico. En efecto, hay rocas de diferente origen (continentales, metamórficas o intrusivas) que aíslan lateralmente a esa formación, de la región del golfo. Aquella unidad formacional delimita una unidad paleogeográfica alargada, paralela a la actual línea de costa, que se comunica al sudoeste con afloramientos en la Sierra Madre Oriental.

Faltan aún datos bioestratigráficos intermedios, de edad sinemuriana, que permitan establecer nexos biogeográficos entre el este y el noroeste (Sonora) de México. Estas dos localidades representan áreas de sedimentación muy alejadas entre sí que, no obstante su separación, tienen vermicerátidos (*Paltechioceras* y *Echioceras*), que pueden justificar una comunicación de la región oriental de México, donde está la Formación Huayacocotla, con la Provincia del Pacífico Oriental (Figura 2).

Algunos autores han correlacionado incorrectamente áreas de sedimentación de edades diferentes a nivel continental: sinemuriana en Huayacocotla, en el este de México, con bajociana en Siquisique, Venezuela; su finalidad es justificar nexos paleogeográficos tetisianos y mesoamericanos, a través de una inexistente vía de comunicación noratlántica, denominada "Corredor Hispánico", que cortaría en dos al megacontinente Pangea, en esa época (Bartock *et al.*, 1985) (Figura 3).

ROCAS DE ORIGEN CONTINENTAL

Entre dos secuencias sedimentarias de origen marino (Jurásico Inferior y Medio o Superior), que afloran en el centro y este de México, hay intercaladas rocas de origen continental; seguramente su presencia señala el restablecimiento de la margen occidental de la Pangea en esas regiones, durante ciertas etapas de ese periodo geológico.

LAS TRANSGRESIONES MESO- Y NEOJURÁSICAS PROCEDENTES DEL PACÍFICO SOBRE EL TERRITORIO DE MÉXICO, SEGÚN LOS AMONITES

Los amonites del Jurásico Medio explican el origen del Golfo de México, porque prueban una relación pacífica más que atlántica de ese golfo. *Stephanoceras* del Bajociano, y *Wagnericeras*, *Keplerites* y *Reineckeia* del Batoniano y Caloviano, de la región occidental de América (Alaska/Chile), están asociados con eventos transgresivos que ocurrieron en el sur y este de México (Cantú-Chapa, 1969, 1971; Imlay, 1980).

Por otra parte, son muy valiosos los amonites del Oxfordiano superior, obtenidos de pozos petroleros de la Planicie Costera del Golfo de México, porque permiten datar las rocas de donde proceden; en particular, cuando están en la base de secuencias sedimentarias, que se relacionan con el gran ciclo transgresivo que se inició en Oaxaca y terminó con la

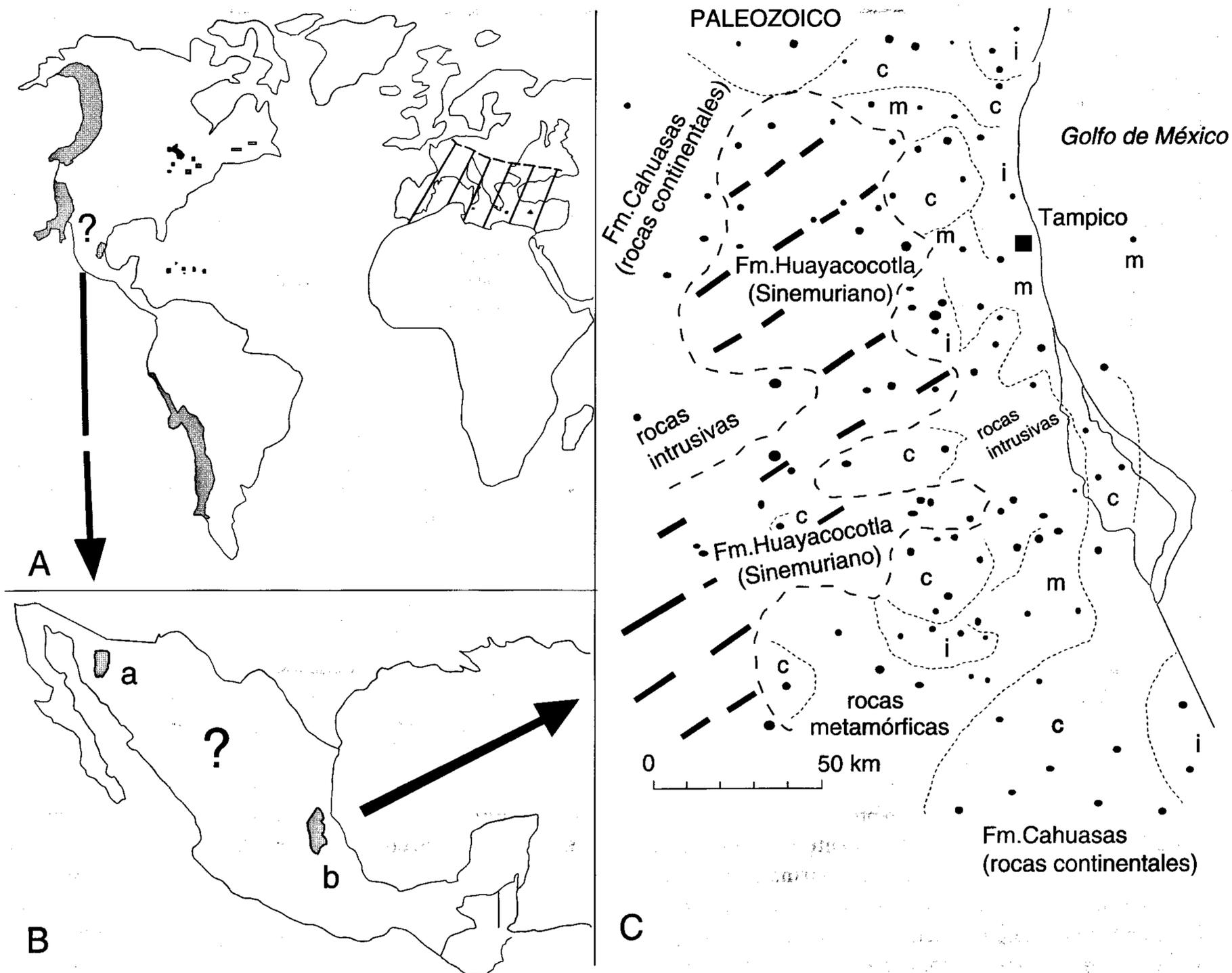


Figura 2. A, El Jurásico Inferior de la Provincia del Pacífico Oriental y del Tethys; B, dos áreas de sedimentación marina del Sinemuriano en México: Sonora (a) y Sierra Madre Oriental-subsuelo del este de México (b); C, distribución de la Formación Huayacocotla (Sinemuriano), en el subsuelo del este de México, según material de pozos petroleros; configura una paleobahía paralela a la actual línea de costa del Golfo de México y está limitada por rocas de diferente origen (c, continentales; m, metamórficas; i, intrusivas).

abertura del Golfo de México. Las regiones de Tampico y Campeche representan los probables sitios por donde ocurrió ese evento transgresivo que originó el Golfo de México.

La sedimentación heterocrónica marina, meso- y neojurásica, se divide aquí en etapas (Figura 4Aa-j):

- a. Oaxaca (Bajociano), en el sur.
- b, c. Metlaltoyuca-Huehuetla (Batoniano y Caloviano), en el este.
- d. Mazapil (Oxfordiano inferior), en el centro.
- e. Samalayuca (Kimeridgiano inferior), en el norte.
- f, g. Boquiapan-Balam (Caloviano medio y Oxfordiano superior), en el sureste.
- h, i. Cedro-Cucurpe (Caloviano y Oxfordiano), en el noroeste.
- j. Chiapas (Kimeridgiano inferior), en el sur.

a. ETAPA OAXACA (BAJOCIANO) EN EL SUR DE MEXICO

La sedimentación marina se inicia en el Bajociano en Oaxaca, el amonite *Stephanoceras* permite datar la base de la transgresión mesojurásica que ocurrió en el sur de México y, al mismo tiempo, correlacionarla con localidades del occidente del continente americano (Alaska, Alberta, Canadá; oeste de EUA, Venezuela, Perú, Argentina y Chile) (in Bartok *et al.*, 1985; Hillebrandt *et al.*, 1992; Imlay, 1980).

Esa etapa transgresiva ocurrida en Oaxaca, procede de la Provincia del Pacífico Oriental y va a avanzar hacia el este y sureste de México, hasta abrir la región de su golfo a la sedimentación marina. Ciertas especies de *Stephanoceras* son ligeramente más antiguas en el occidente del continente americano, que las especies de Oaxaca (Figura 5).

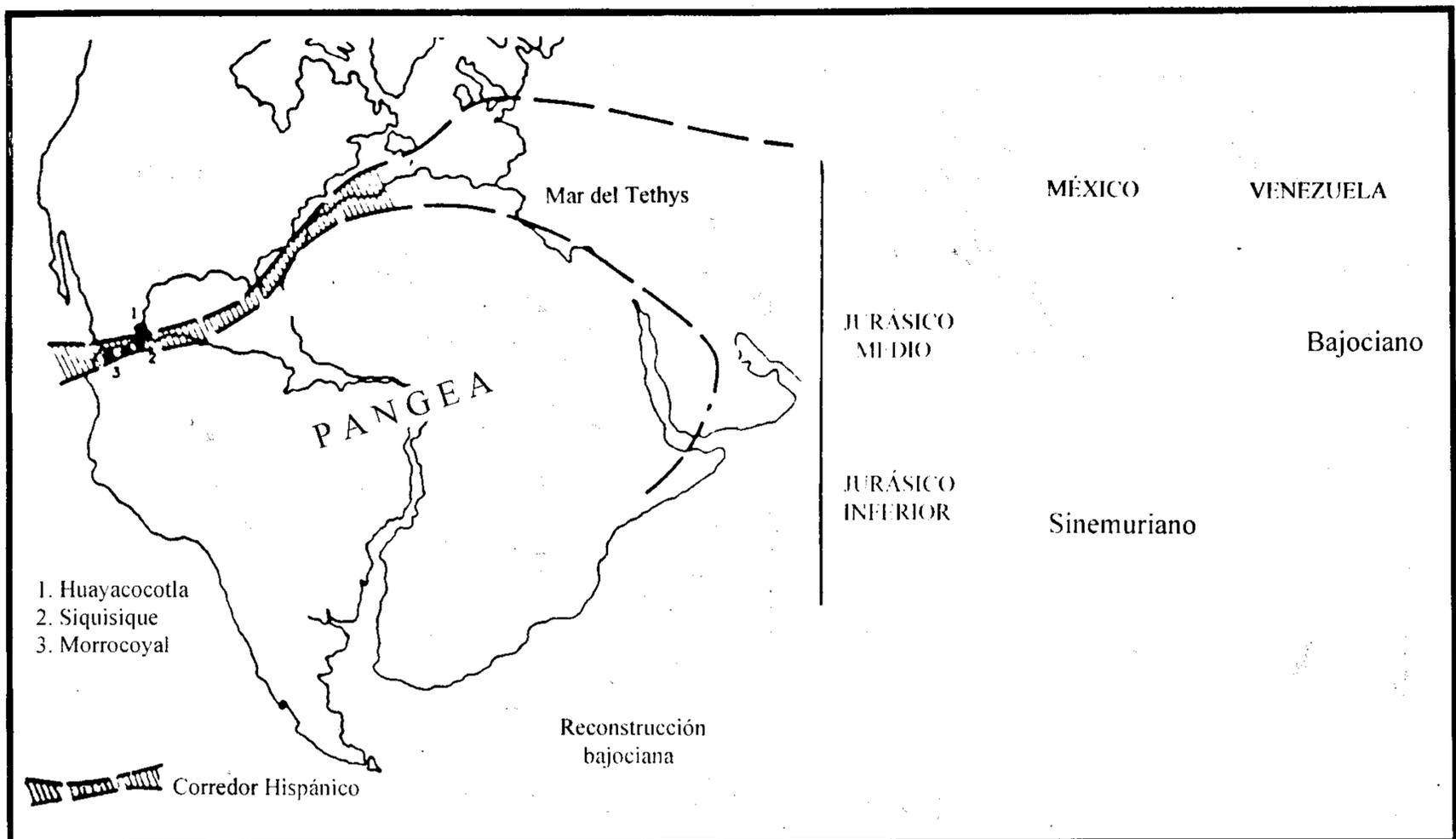


Figura 3. La Pangea y una posible relación paleogeográfica de dos provincias: Huayacocotla, del Sinemuriano en México (1); y Siquisique, del Bajociano en Venezuela (2, 3) (según Bartok *et al.*, 1985); ambas con edades diferentes, que imposibilitan su correlación, como se muestra en el cuadro de la derecha.

Mientras que *Stephanoceras* representa una etapa avanzada de la sedimentación en el occidente de América, en Oaxaca sólo señala una corta facies marina (Formación Taberna), limitada en su cima por sedimentos palustres (Formación Simón). La distribución de ese amonite, en el occidente del continente americano, explica la invasión oceánica en el sur de México, procedente de la Provincia del Pacífico Oriental.

La ausencia de fósiles del Bajociano, en el resto del país y en el Atlántico Norte, descarta toda emigración faunística hacia la región del golfo y el territorio nacional, proveniente del este al oeste, por el "Corredor Hispánico" o el "Portal del Balsas", localizados en el Atlántico o míticamente en el occidente de México, respectivamente (Bartok *et al.*, 1985; cf. Salvador, 1991) (Figura 3).

Una cuenca de sedimentación (Golfo de Tlaxiaco) se establece en el Jurásico Medio y Superior en Oaxaca, que va a originar dos vías de comunicación, en parte aún desconocidas: hacia el este, en el Batoniano inferior (etapa Metlaltoyuca), y el sureste, en el Caloviano y Oxfordiano (etapa Bochiapan-Balam) (Figura 6).

Interrumpida por la Formación Simón, la secuencia marina se reinicia en el Batoniano superior en Oaxaca, donde también hay amonites andinos (*Epistrenoceras*) y de afinidad tetisiana (Sandoval y Westermann, 1989). En aquella región del sur de México, la Serie Tecocoyunca (areniscas, carbón, limolitas y calizas, del Bajociano superior-Caloviano) está

cubierta por la Serie Tlaxiaco: calizas del Oxfordiano (Formación Chimeco) y calizas arcillosas con lutitas del Kimeridgiano-Titoniano (Formación Sabinal) (Figura 6).

EL BAJOCIANO EN OAXACA, EVIDENCIAS BIOESTRATIGRÁFICAS

La Formación Taberna, de edad bajociana, representa la primera fase de la incursión marina del Jurásico Medio en Oaxaca y corresponde a la única localidad de esa edad conocida en México. Ahí están representadas tres unidades zonales, que son: zona con *Parastrenoceras* (cima), zona con *Duashnoceras*, y zona con *Stephanoceras* (base).

Estas unidades caracterizan bioestratigráficamente la primera fase transgresiva, o Etapa Oaxaca, que procede del Océano Pacífico, la cual va a avanzar por etapas sobre el antiguo territorio nacional, hasta abrir el Golfo de México en el Oxfordiano. Se trata de una gran transgresión marina que pudo originar también la abertura del Océano Atlántico, al desmembrar la Pangea, en su porción correspondiente al hemisferio norte. Las tres zonas paleontológicas que caracterizan el Bajociano en el sur de México fueron establecidas por varios autores; la última, que es la que se adopta aquí, corresponde a los estudios de Sandoval y Westermann (1986).

La Figura 7 muestra la distribución bioestratigráfica y la relación paleogeográfica de los amonites de la Formación Taberna, con provincias de la margen occidental del conti-

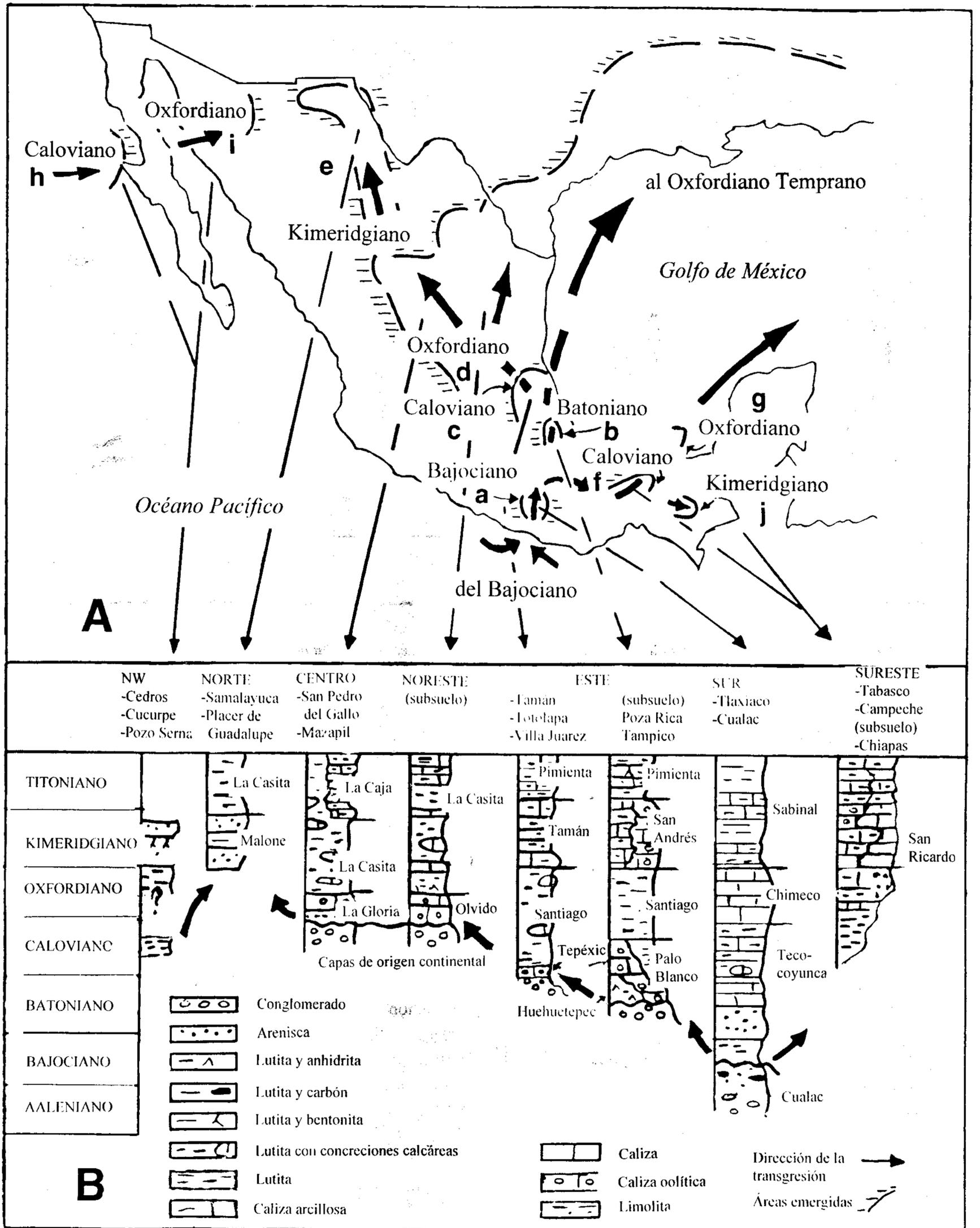


Figura 4. A, Eventos transgresivos del Jurásico Medio y Tardío en México, cuyo origen fue el ancestral Océano Pacífico, durante el Bajociano en el sur y el Caloviano en el noroeste del país. Dirección de las transgresiones hacia el norte y la actual área del Golfo de México, en el Kimeridgiano temprano y Oxfordiano temprano, respectivamente; B, correlación estratigráfica de rocas de esas edades. Eventos transgresivos (A): Oaxaca, a; Metlatoyuca, b; Huehuetla, c; Mazapil, d; Samalayuca, e; Boquiapan, f; Balam, g; Cedro, h; Cucurpe, i; Chiapas, j.

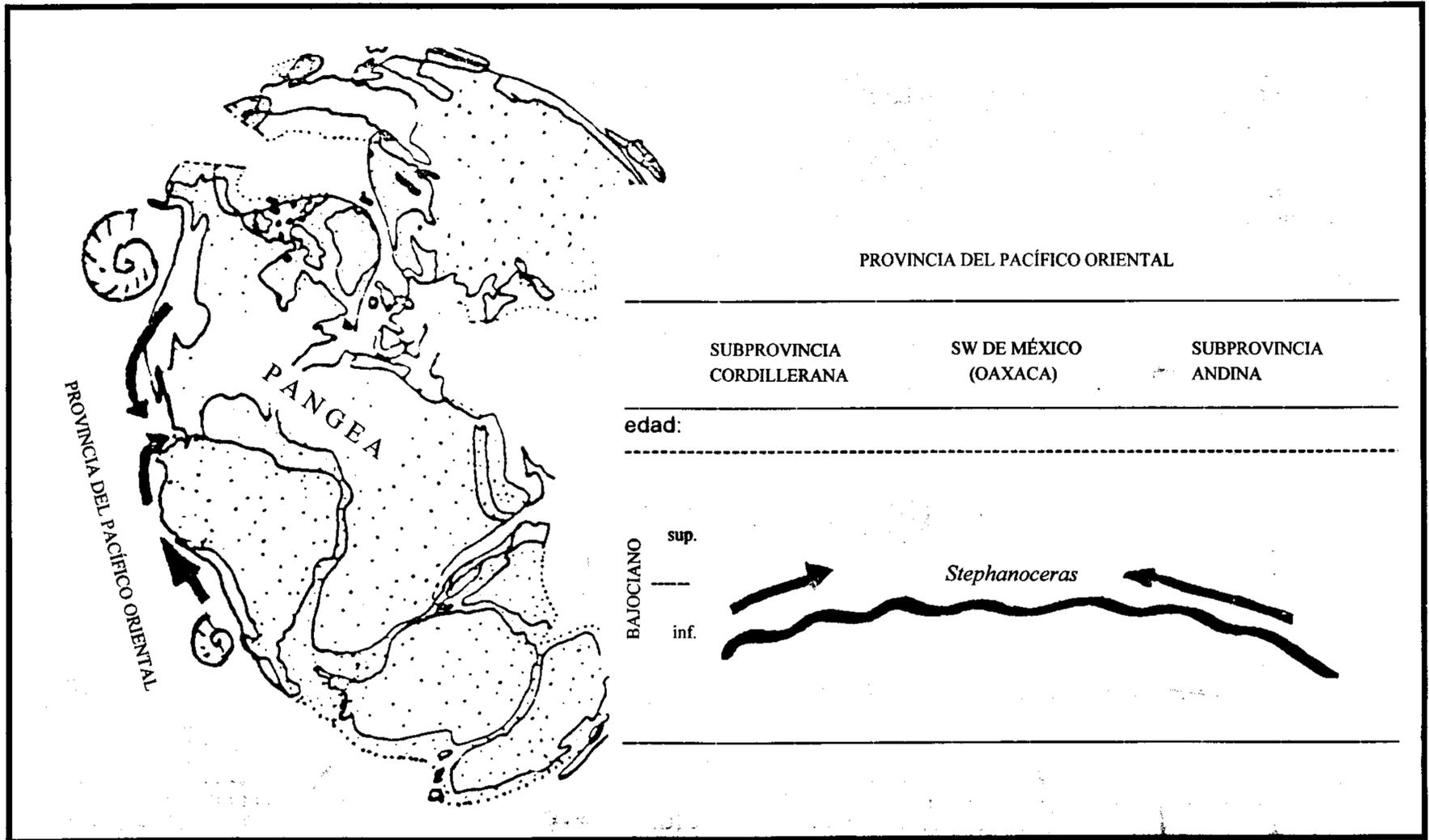


Figura 5. *Stephanoceras* del Bajociano, permite datar la etapa basal de la Serie Tecocoyunca en Oaxaca (sur de México); está también presente en la región occidental del continente americano, en etapas avanzadas de ciclos sedimentarios.

nente americano; algunos géneros de amonites de Oaxaca están presentes en Alaska, Chile y Argentina. Asimismo, ya

se ha indicado que algunos géneros del sur de México, son también característicos del Bajociano de Europa occidental (España, Francia e Inglaterra) (Sandoval y Westermann, 1989).

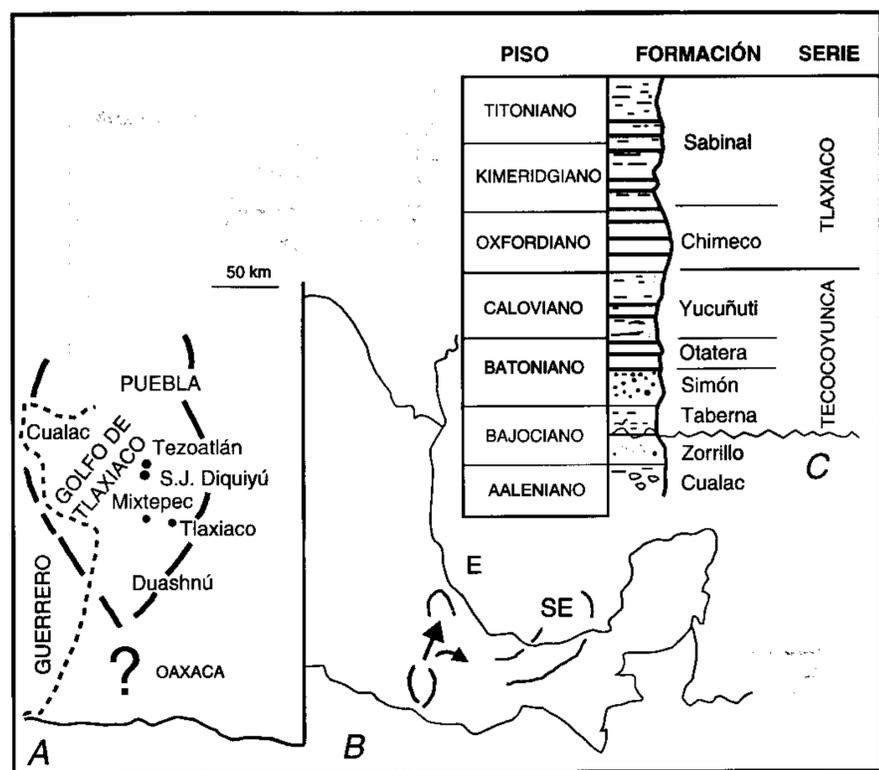


Figura 6. A, Los afloramientos de rocas del Jurásico Medio y Superior en la región de Oaxaca (sur de México) conforman el Golfo de Tlaxiaco. B, Posibles vías de la transgresión mesojurásica, hacia el este (E) y sureste (SE) de México. C, Sucesión litoestratigráfica del Jurásico Medio y Superior en Oaxaca.

Tanto en el norte como en el sur del continente americano, en su margen pacífica, los ciclos sedimentarios marinos se iniciaron con anterioridad a los del sur de México, del Jurásico Medio (Hillebrandt *et al.*, 1992). Su importancia radica en que explican nexos con nuestro país, a partir de esta edad.

La base de la Serie Tecocoyunca se inicia con la Formación Taberna, caracterizada por lutitas, con concreciones ferruginosas. Esta formación fue depositada sobre la Formación Zorrillo, de origen continental (conglomerados y areniscas), cuya localidad tipo está en la región mixteca, del centro-este de Oaxaca.

b, c. ETAPA METLALTOYUCA-HUEHUETLA (BATONIANO Y CALOVIANO) EN EL ESTE

Denominada Serie Huasteca (Cantú-Chapa, 1971, 1992a), esta etapa representa el inicio del ciclo sedimentario en el este de México, en subsuelo (pozo Metlaltoyuca 102) y en superficie (Huehuetla, Hgo.). En otros pozos petroleros de esa región se ha encontrado amonites (*Wagnericeras* y *Kep-*

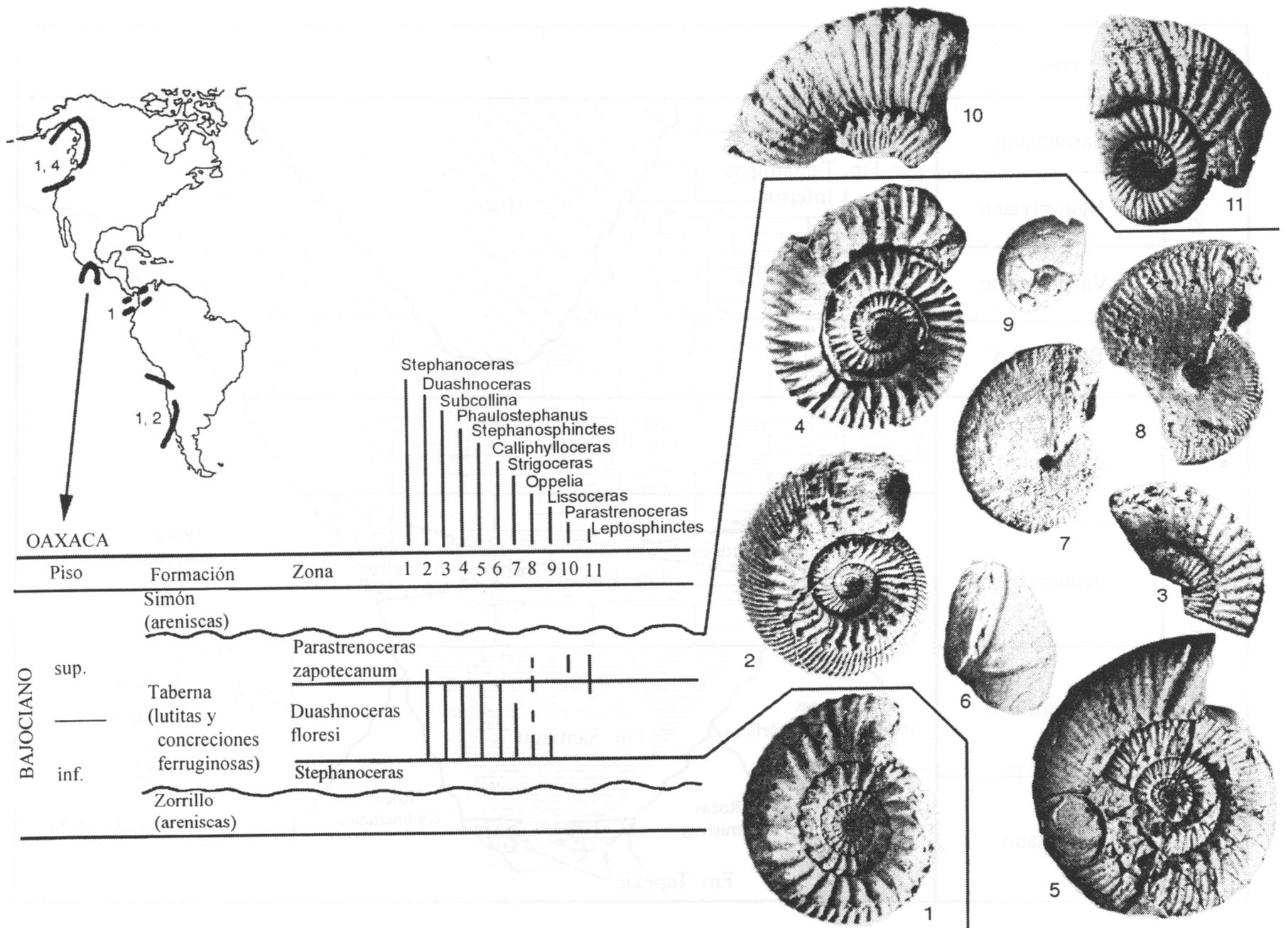


Figura 7. Bioestratigrafía y relaciones paleogeográficas de los amonites de la Formación Taberna (Bajociano) en Oaxaca, con provincias de la margen occidental del continente americano; ilustraciones de fósiles según Sandoval y Westermann (1986).

plerites) del Batoniano superior-Caloviano inferior (Cantú-Chapa, 1969), que justifican una emigración hacia el este del país de esos organismos, proveniente de la región oriental del Océano Pacífico, en lugar de las propuestas sobre una transgresión de dirección este-oeste (Figura 4Ab, c). Conforman la Serie Huasteca varias unidades formacionales: evaporitas y calizas (Formación Huehuetepec, Batoniano-Caloviano); calcarenitas (Formación Tepexic, Batoniano-Caloviano); limolitas (Formación Palo Blanco, Batoniano superior-Caloviano inferior); lutitas (Formación Santiago, Caloviano superior-Oxfordiano); calizas arcillosas (Formación Tamán, Kimeridgiano-Titoniano inferior); calizas arcillosas con bentonita (Formación Pimienta, Titoniano); y calcarenitas (Miembro San Andrés, Titoniano inferior) (Figura 4Ab).

La Serie Huasteca se depositó sobre rocas de origen continental (Formación Cahuasas), metamórficas o intrusivas, en el este de México (Cantú-Chapa, 1992a). La base de esa serie la constituyen las calcarenitas de la Formación Tepexic; tanto en ella como en las lutitas de la Formación Santiago, han sido obtenidos ejemplares de *Neuquenicer* y *Reineckeia*, del Ca-

loviano inferior y medio (Cantú-Chapa, 1979). Son amonites similares a los que abundan en Chile y Argentina (cf. Hillebrandt *et al.*, 1992); por lo mismo, explican una comunicación oceánica desde la Provincia del Pacífico Oriental, a través de Oaxaca, hasta el este del territorio mexicano. Esos fósiles también han sido encontrados en Baja California (Geysant y Rangin, 1979) (Figura 4Ah).

Un ejemplo de este ciclo sedimentario o Serie Huasteca, ocurrido en el este de México, se observa en el cuadro estratigráfico sintético de la región meridional de Tampico, según material de pozos petroleros, entre los campos Pontón y La Laja (Cantú-Chapa, 1987). En la Figura 8 se ha sintetizado a las etapas del ciclo sedimentario marino ocurrido a partir del Caloviano hasta la base del Cretácico, sobre un antiguo continente formado por diferentes tipos de rocas: intrusivas, metamórficas y de origen continental. Se desconoce la edad de estas últimas rocas; ahí sólo se enfatiza la relación discordante que conservan con la serie marina, que las cubrió en el tiempo señalado; por lo tanto, la escala cronoestratigráfica sólo es válida para las rocas sedimentarias marinas.

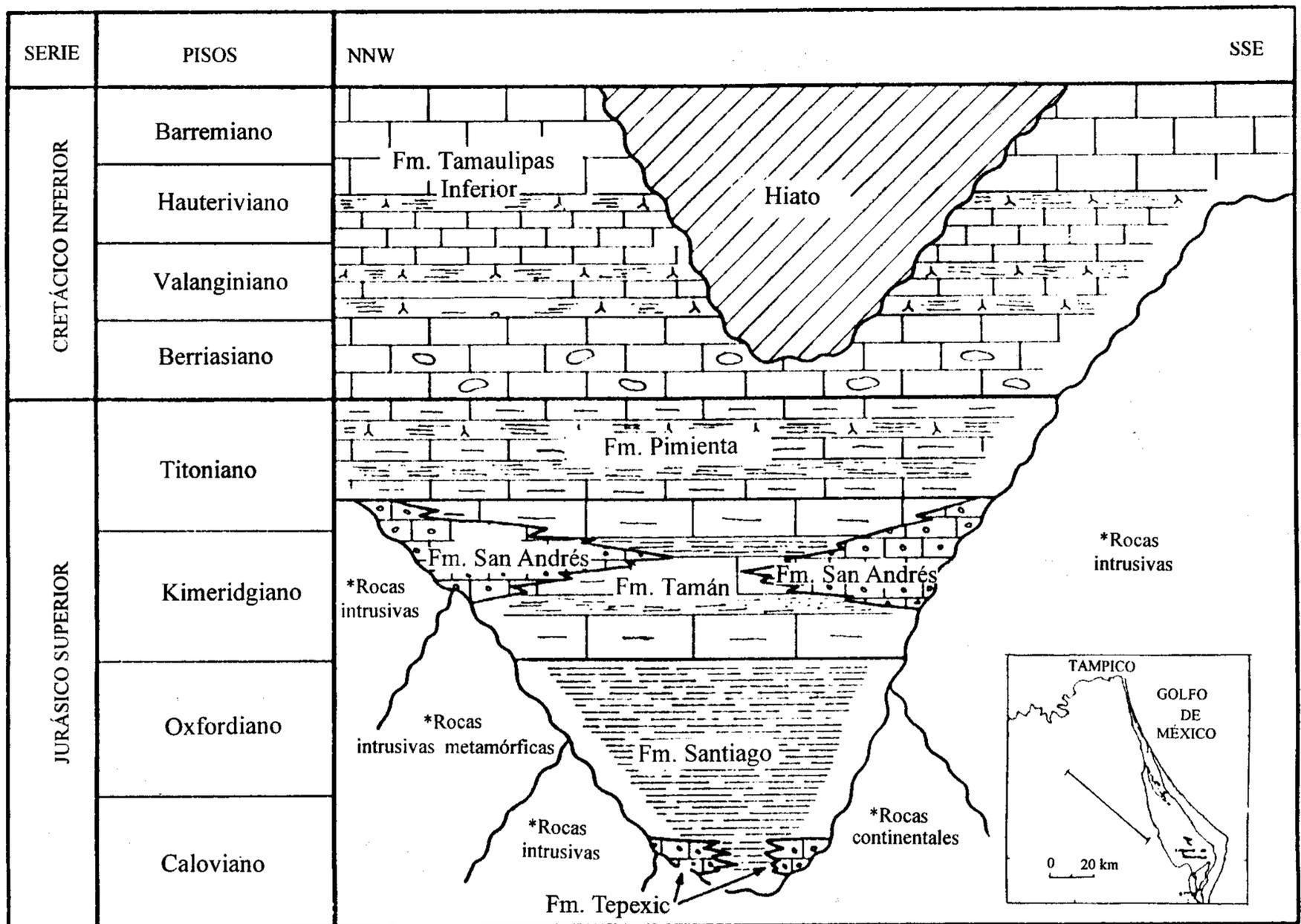


Figura 8. Unidades formacionales de la Serie Huasteca (Jurásico Medio-Superior) y del Cretácico Inferior en el subsuelo de la región Bejuco-La Laja, este de México (Cantú-Chapa, 1987). Se desconoce la edad de las rocas que conforman el Complejo Basal; aquí sólo se indica la relación estratigráfica discordante con las secuencias marinas que las cubrieron. La escala cronoestratigráfica solamente es válida para estas últimas.

d. ETAPA MAZAPIL (OXFORDIANO INFERIOR) EN EL CENTRO DE MÉXICO

De las regiones de Tampico y Poza Rica, la transgresión avanzó hacia el centro y originó la Etapa Mazapil, caracterizada por calizas dolomitizadas de la Formación Zuloaga (Oxfordiano inferior), cubiertas por lutitas con concreciones calcáreas de la Formación La Casita (Oxfordiano superior-Titoniano) (cf. Burckhardt, 1930).

Ciertos géneros de amonites identifican esos pisos: *Dichotomosphinctes* y *Ochetoceras* (Oxfordiano superior); *Idoceras*, *Nebroditas*, *Aspidoceras* y *Glochiceras* (Kimmeridgiano); *Virgatosphinctes*, *Mazapilites*, *Kossmatia* y *Durangites* (Titoniano).

Si el bloque Yucatán estuvo unido al sur de EUA, en el Triásico-Jurásico Medio (cf. Pindell y Barret, 1990), éste sólo pudo separarse antes del Oxfordiano superior, y permitir la emigración de fauna marina de esta edad, desde las regiones de Tampico y Campeche, hacia Louisiana y Cuba.

Dichotomosphinctes y *Ochetoceras*, obtenidos de pozos petroleros, confirman una edad oxfordiana superior para las rocas de donde proceden: calcarenitas (Louisiana y Texas); calizas arcillosas y arenas (Campeche); y lutitas y areniscas (occidente de Cuba).

Los amonites recolectados en estas últimas localidades están cerca de la base de las secuencias sedimentarias; representan etapas transgresivas e infieren la edad de la abertura del Golfo de México (Oxfordiano inferior), previa al depósito de esas unidades. En otros casos, esos mismos géneros de amonites están en la cima de potentes secuencias arcillosas, en las regiones de Poza Rica y Tamán (Cantú-Chapa, 1969, 1971, 1992a, 1984), donde caracterizan una etapa avanzada de la sedimentación subsidente; asimismo, permiten inferir que fue del este de México de donde partió una de las dos vías de invasión marina hacia regiones limítrofes del actual golfo, la cual procedía a su vez de Oaxaca. Otra vía se dirigió probablemente de esta última región hacia el SE de México y Cuba (Figura 6b).

Una fase equivalente de la Etapa Mazapil se observa en el subsuelo del noreste de México (Figuras 4Ad y 9). En un área alargada, de más de 400 km y de dirección NW a SE, están repartidos ocho pozos petroleros, donde las rocas más antiguas que contienen amonites son del Kimeridgiano inferior. La capa con estos fósiles, de aproximadamente 50 m de espesor, formada por calizas arcillosas, corresponde a la Formación La Casita, la cual a su vez cubre a una potente unidad calcáreo-evaporítica, correspondiente a la Formación Olvido, y representa la fase transgresiva del ciclo sedimentario que se inició probablemente en el Oxfordiano superior (Cantú-Chapa, 1992b).

La Formación Olvido se depositó sobre un antiguo continente, formado por areniscas en la parte septentrional, localizadas desde los pozos Garza 101 hasta San Javier 3. En cambio, aquella formación se depositó sobre rocas metamórficas (pozo Ocotillo 1) e intrusivas (pozo Camotal 1), en la parte meridional de esa región del noreste de México (Figura 9).

El contacto entre la Formación Olvido y la Formación La Casita es abrupto, la curva de rayos gama lo subraya, al pasar de una unidad homogénea, en la primera, a las calizas muy arcillosas de la segunda formación. En la base de la Formación La Casita, han sido obtenidos ejemplares del género *Idoceras* en varios pozos, así como un fragmento de *Lithacoceras* sp., en el pozo Ocotillo 1; ambos géneros caracterizan el Kimeridgiano inferior. En su cima hay amonites (*Proniceras*, *Salinites*, *Haploceras* y *Kossmatia*) del Titoniano superior (Cantú-Chapa, 1992b) (Figura 9).

e. ETAPA SAMALAYUCA (KIMERIDGIANO INFERIOR) EN EL NORTE

En Chihuahua (Samalayuca) y en el SW de Texas (Malone) está representada una etapa joven de la gran transgresión jurásica que cubrió México; la caracterizan areniscas y lutitas con *Idoceras* (Formación Malone inferior), del Kimeridgiano inferior, seguida de una potente secuencia subsidente, de lutitas con *Virgatospinctes*, *Suarites* y *Kossmatia* (Formación La Casita), del Titoniano (Imlay, 1980; Cantú-Chapa, 1970, 1976) (Figura 4Ae).

Una variante de esta etapa se observa en el subsuelo del sureste de Poza Rica, en el este de México (Figura 10); ahí los pozos petroleros San Andrés 243 y 265 proporcionaron amonites del género *Idoceras*, en el cuerpo calcáreo arcilloso de la Formación Tamán, de una edad kimeridgiana inferior (Cantú-Chapa, 1979). Esta unidad transgresiva se depositó sobre rocas de origen continental, correspondientes a la Formación Cahuasas. En los extremos de la sección hay pozos, cuya fase transgresiva es anterior al Kimeridgiano inferior; la Formación Santiago, arcillosa, subraya una etapa subsidente y, por lo tanto, avanzada del ciclo sedimentario, en los pozos vecinos Santa Lucía 10 y Mesa Chica 11 (Figura 10).

El caso estratigráfico anterior es ligeramente contemporáneo al observado en superficie, en el Río Apulco (Cantú-Chapa, 1971), un área cercana al sureste de Poza Rica. Las relaciones estratigráficas de la base del ciclo sedimentario dife-

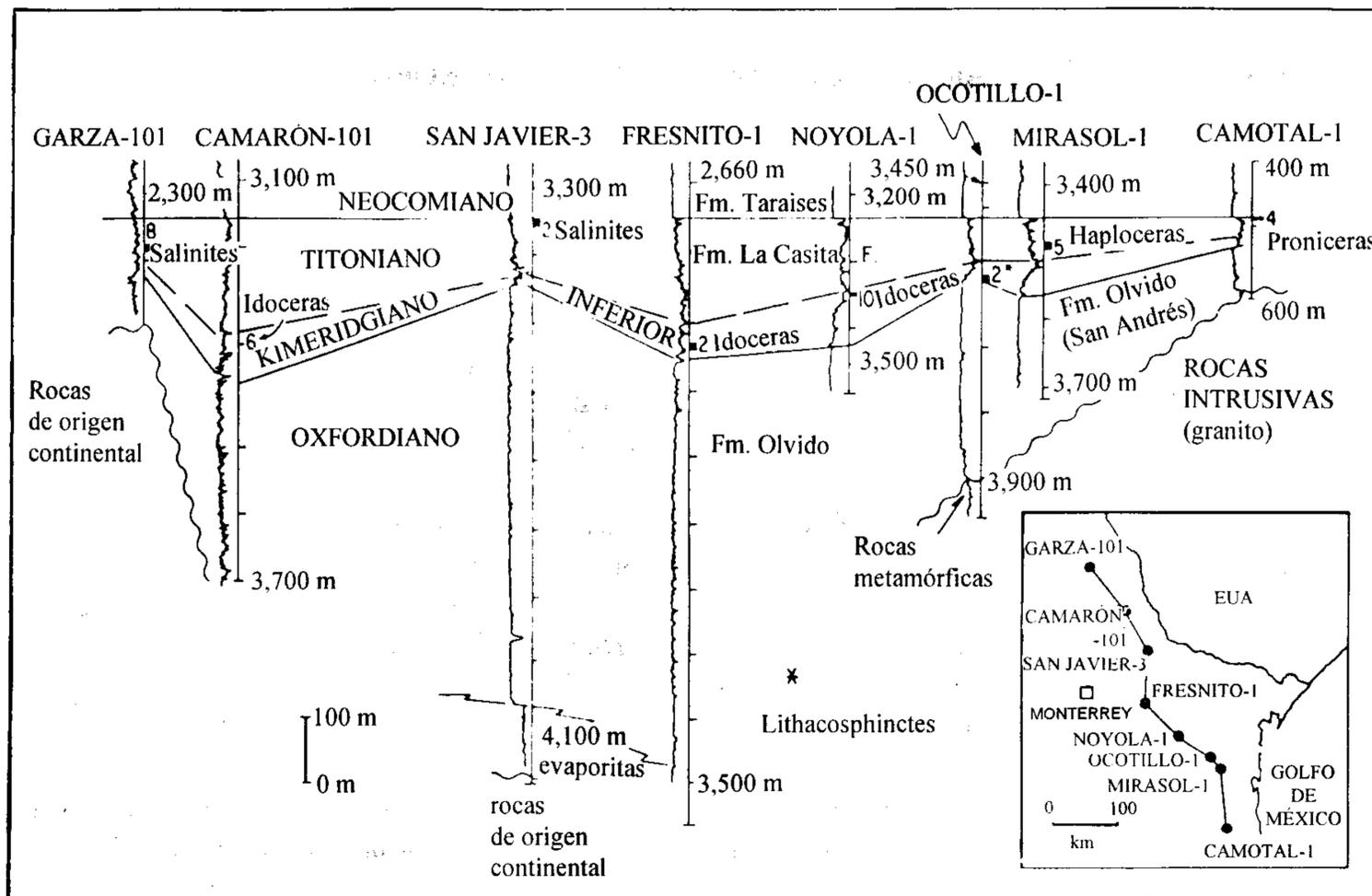


Figura 9. Sección estratigráfica del Jurásico Superior, en pozos del noreste de México, elaborada con registros de rayos gama y amonites. Horizonte de correlación: límite superior del Jurásico. Obsérvese el potente espesor de la Formación Olvido, fase inicial del ciclo sedimentario, en pozos de la parte central de la sección.

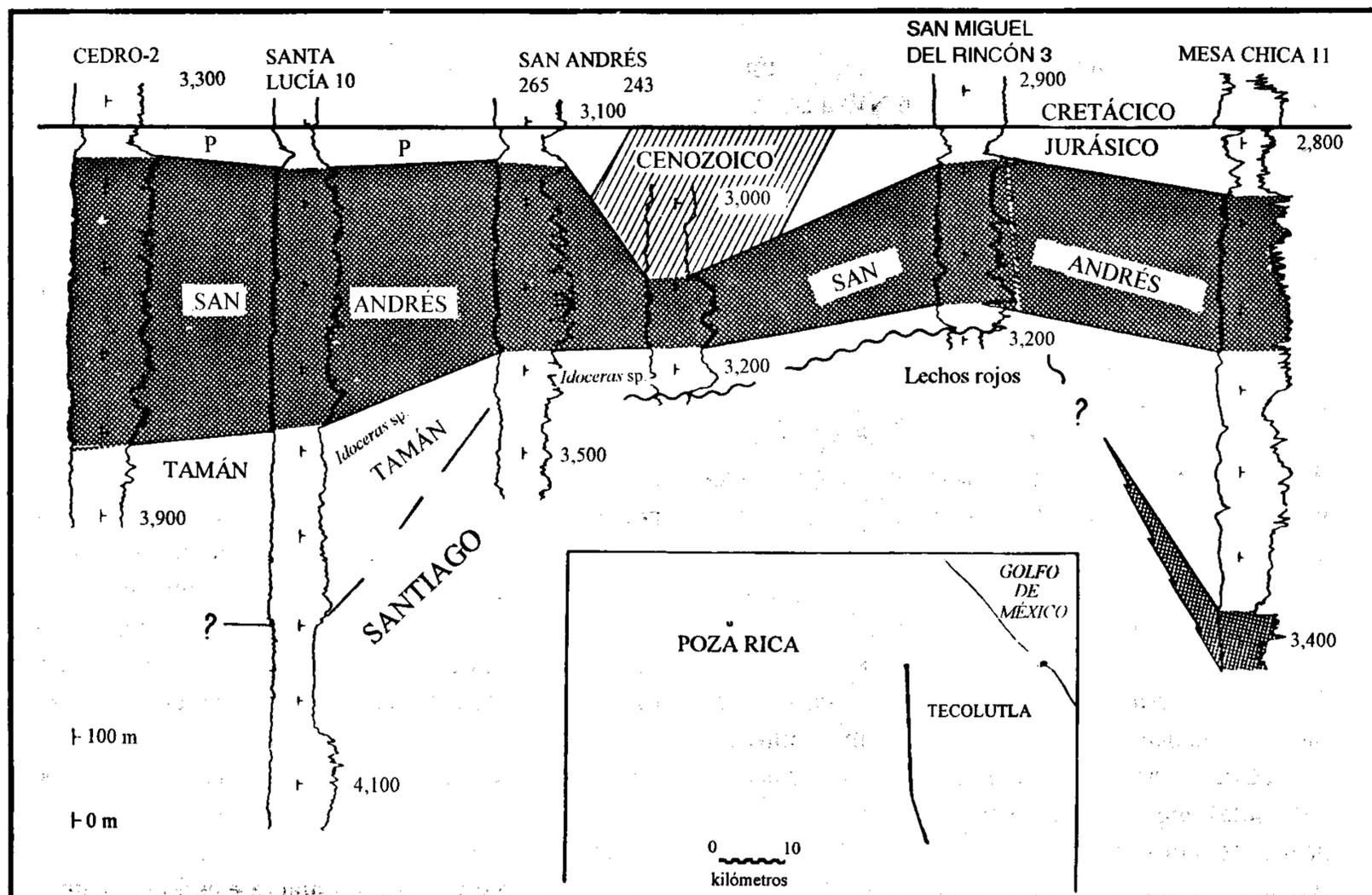


Figura 10. Sección estratigráfica de pozos petroleros del SE de Poza Rica, que muestra relaciones estratigráficas discordantes en los pozos San Andrés 243 y San Miguel del Rincón 3, cuyo ciclo sedimentario se inició en el Kimeridgiano inferior, donde hay representantes del género *Idoceras*, en la base de la secuencia sedimentaria.

rencian estos dos casos; en el Río Apulco, la sedimentación se inició con calcarenitas del Miembro San Andrés, depositadas sobre rocas de origen continental de la Formación Cahuasas; en cambio, en los pozos del sureste de Poza Rica, la fase transgresiva comienza con calizas arcillosas de la Formación Tamán, cubiertas por el Miembro San Andrés; esta última unidad representaría una sedimentación de plataforma. Algo similar a la relación estratigráfica discordante de la base del ciclo sedimentario, observada en pozos del SE de Poza Rica, se manifiesta en los pozos Soledad Norte y Guadalupe, del NW de esta misma región (Cantú-Chapa, 1992a; fig. 14).

f, g. ETAPA BOQUIAPAN-BALAM (CALOVIANO MEDIO-OXFORDIANO SUPERIOR) EN EL SURESTE

En pozos petroleros de Tabasco (Etapa Boquiapan), se cortó una potente serie arcillosa con *Reineckeia* (Caloviano medio), cubierta por calizas (Oxfordiano-Titoniano); y en pozos de Campeche (Etapa Balam), el ciclo sedimentario se inicia con evaporitas, arenas y calizas (Formación Ek-Balam, in Ángeles-Aquino [1996]), que correspondería a la base de la secuencia sedimentaria; el cuerpo calcáreo contiene *Ochetoceras* y *Discosphinctes*, del Oxfordiano superior. Ambas secuencias representan etapas transgresivas muy significativas, para explicar la abertura del Golfo de México, a través de esta región del sureste de México (Figura 4Af-g).

h, i. ETAPA CEDRO-CUCURPE (CALOVIANO Y OXFORDIANO) EN EL NOROESTE

Para el occidente de Baja California se establece aquí la Etapa Cedro, correspondiente al Caloviano medio, según el amonite *Reineckeia* (Geysant y Rangin, 1979). El ciclo continúa en Sonora (Etapa Cucurpe), en el Oxfordiano superior (*Dichotomosphinctes*), con una secuencia volcánico-sedimentaria (lavas, areniscas y lutitas) (Rangin, 1977) (Figura 4Ah, i). Esta sedimentación marina, ocurrida en el NW de México, representa una etapa lateral, y aparentemente aislada, del gran ciclo sedimentario que cubrió el actual territorio mexicano. Se debe enfatizar que siempre habrá la posibilidad de encontrar rocas de origen marino, del Oxfordiano superior, entre Sonora (Cucurpe) y Durango (San Pedro del Gallo); en ambas localidades hay *Dichotomosphinctes*.

j. ETAPA CHIAPAS (KIMERIDGIANO) EN EL SURESTE

En la región central de Chiapas, Michaud (1987) determinó en calizas (Formación San Ricardo), el Kimeridgiano inferior, con foraminíferos y algas dasycladáceas. Esta etapa es la única datada con seguridad, en esa región del sureste de México, porque no se tiene aún suficientes evidencias bioestratigráficas que permitan señalar que ahí pudo establecerse una etapa transgresiva más antigua que la antes señalada (Figura 4Aj).

Para concluir, se ha subrayado una etapa muy avanzada de la sedimentación marina neojurásica-eocretácica, ocurrida cerca de la región de Tampico, en el este de México, la cual se observa en material aislado de pozos petroleros, donde es de una edad del Titoniano-base del Cretácico (Cantú-Chapa, 1989).

En el pozo Barcodón 102, localizado al norte de Tampico, el ciclo sedimentario se inicia con calcarenitas del Miembro San Andrés y representa una facies de plataforma, depositada sobre rocas de origen metamórfico. En ese pozo, la sedimentación marina se continúa con una facies subsidente, calcáreo-arcillosa y delgada (Formación Pimienta), del Titoniano superior; la secuencia se modifica bruscamente, con la potente caliza micrítica de la Formación Tamaulipas Inferior, del Cretácico Inferior (Figura 11A).

En cambio, en los pozos Topila 105, Los Mangles 1 y Mantarraya 1, la sedimentación marina es más reciente que en el pozo Barcodón 102; en aquéllos, el ciclo transgresivo se inicia con la Formación Tamaulipas Inferior, que se depositó sobre rocas de origen metamórfico o continental, en pozos muy cercanos entre sí, perforados al sur de Tampico, en la plataforma marina del Golfo de México (Cantú-Chapa, 1989).

Un dato bioestratigráfico importante se observó en el pozo Mantarraya 1, donde cerca de la base del ciclo sedimentario,

correspondiente a la Formación Tamaulipas Inferior, se obtuvo un ejemplar de *Dichotomites (Dichotomites) mantarraiae* Cantú-Chapa (1990), que señala una edad del Valanginiano superior, para el estrato calcáreo-micrítico que lo contenía, casi en contacto con rocas continentales de la Formación Cahuasas (Figura 11A).

Esta última fase transgresiva, en el límite Jurásico-Cretácico, aparenta ser de carácter regional, según la sección de la Figura 11A; sin embargo, en otra sección de la misma área, parcialmente paralela a la anterior, el ciclo transgresivo manifiesta diferentes edades, en pozos también muy cercanos: Caloviano, en el pozo Bocacajeta 1, y Titoniano en los pozos Chunco 1 y Pueblo Viejo 102. Ahí la sedimentación marina heterocrónica ocurre sobre diferentes rocas del Complejo Basal: intrusivas en el más viejo y metamórficas en el más reciente (Figura 11B).

Este último caso estratigráfico señala que en esta región de Tampico, la transgresión se efectuó en diferentes etapas en áreas muy cercanas; donde la invasión marina avanzó a través de fosas tectónicas, hacia la región del Golfo de México.

CONCLUSIONES

Inferir que la margen occidental de la Pangea formara parte del este de México, durante el Pérmico-Jurásico Medio, implica admitir que el Golfo de México no se había originado en esa etapa de la historia de la Tierra. Las evidencias que proporcionan los amonites del Jurásico Medio y Superior, provenientes de la base de secuencias sedimentarias, prueban una tendencia transgresiva del Océano Pacífico hacia el Océano Atlántico, a través del sur de México, dirigida hacia la región del golfo y el norte del país (Figura 12). Sin embargo, no puede descartarse la posibilidad de encontrar evidencias bioestratigráficas confiables de origen marino, del Pérmico al Jurásico Inferior, en toda la vasta región del Atlántico Norte, que modificaría sustancialmente lo antes señalado, sobre la distribución de la Pangea, que ocupó con su margen occidental el emplazamiento del actual Golfo de México.

AGRADECIMIENTOS

El autor desea hacer patente su reconocimiento a los Drs. Jean Lecolle y J.R. Luna-Aroche, por la revisión crítica de este artículo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ángeles-Aquino, F.J., 1996, Estratigrafía del Jurásico Superior del subsuelo en la Sonda de Campeche (Golfo de México): México, D.F., Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, tesis de maestría, 93 p. (inédita).
- Bartok, P.E.; Renz, Otto; y Westermann, G.E.G., 1985, The Siquisique ophiolites, northern Lara State, Venezuela—a discussion on their Middle Jurassic ammonites and tectonic implications: *Geological Society of America Bulletin*, v. 96, núm. 8, p. 1050–1055.
- Burckhardt, Carl, 1930, Étude synthétique sur le Mésozoïque mexicaine: *Mémoires de la Société Paléontologique Suisse*, v. 49–50, 280 p.

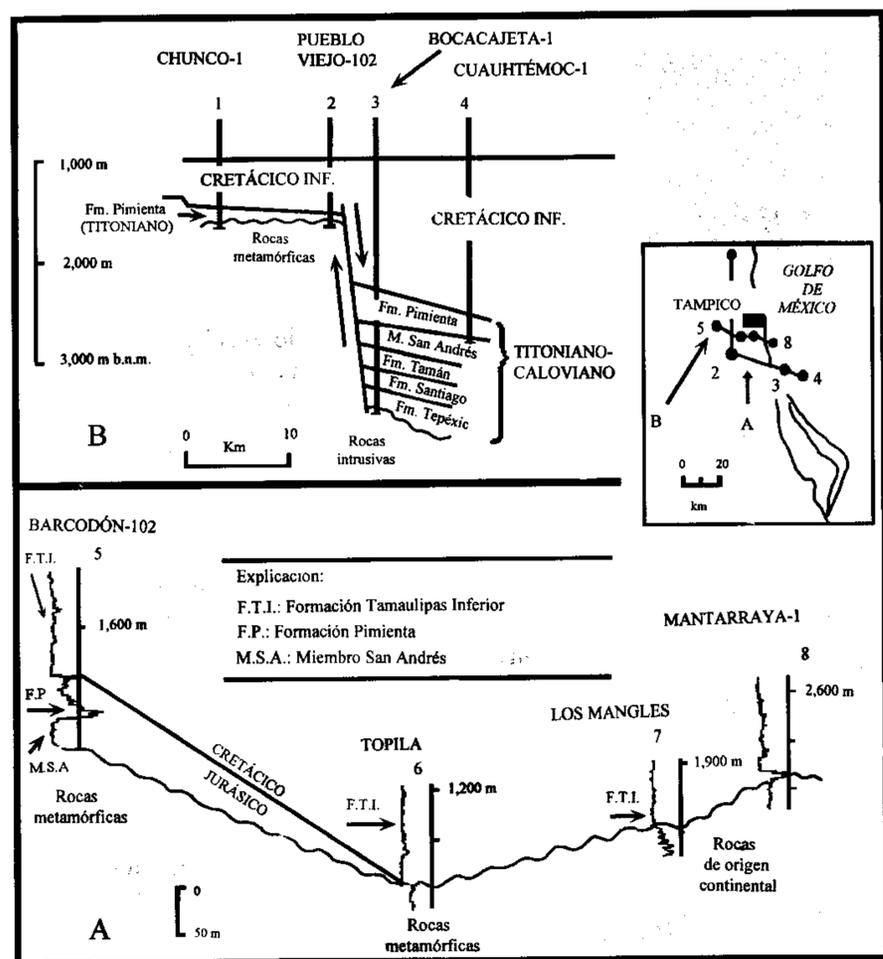


Figura 11. A, Sección estratigráfica elaborada con registros de rayos gama, de pozos de la región de Tampico, este de México. El ciclo sedimentario se inicia en la cima del Jurásico o en la base del Cretácico, sobre rocas de origen metamórfico (pozos Barcodón 102 y Topila 105) o continental (pozos Los Mangles 1 y Mantarraya 1). Horizonte de referencia: cima del Jurásico y contacto de la discordancia (Cantú-Chapa, 1989). B, Sección estratigráfico-estructural de pozos de la misma región, que muestra dos etapas del ciclo sedimentario neojurásico (pozos Chunco 1 y Pueblo Viejo 102) o mesojurásico (pozo Bocacajeta 1), depositado sobre diferentes rocas del Complejo Basal.

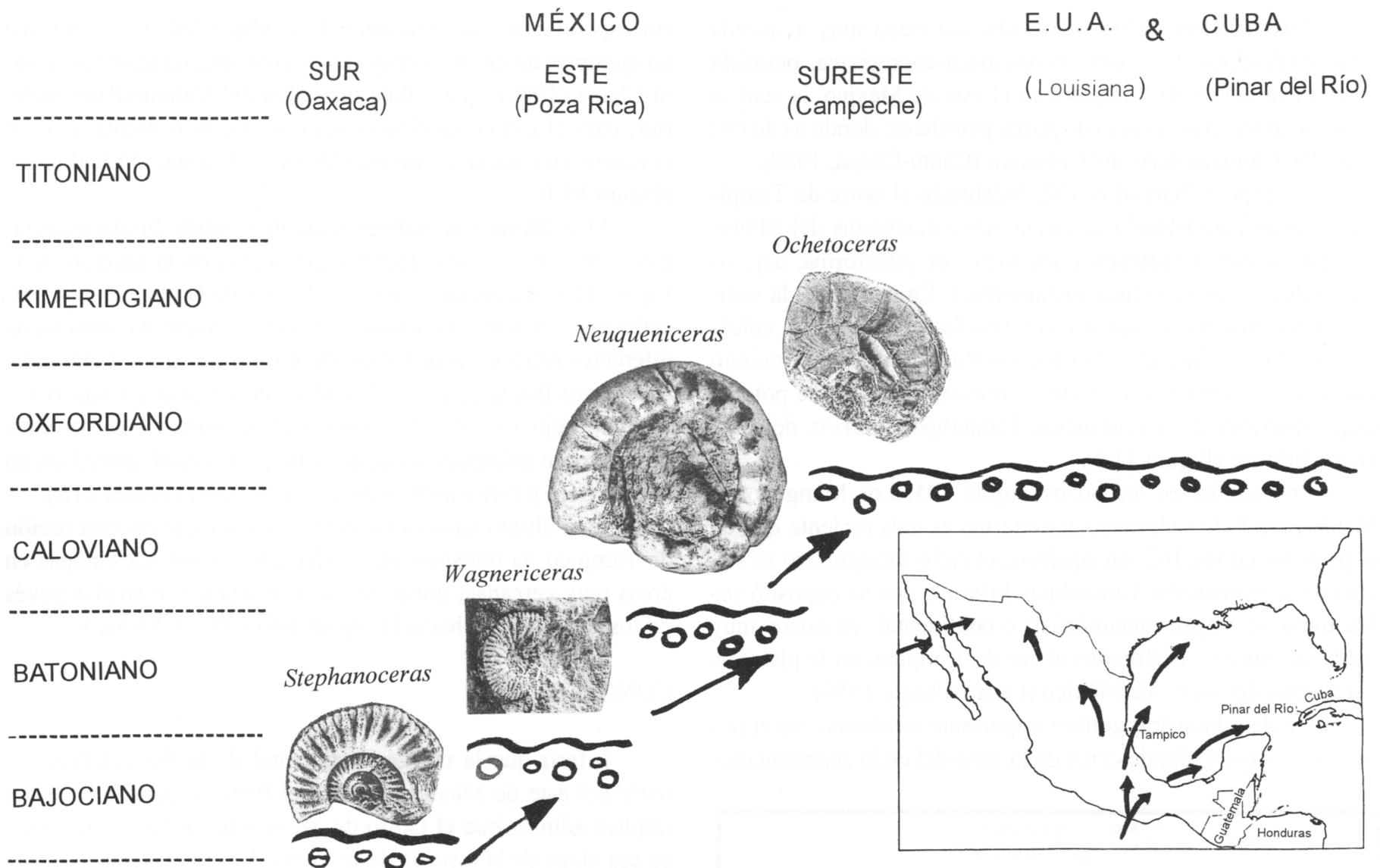


Figura 12. Ciertos géneros de amonites, presentes cerca de la base de secuencias sedimentarias, muestran la tendencia transgresiva de la Provincia del Pacífico Oriental sobre el ancestral territorio mexicano; la cual se inició en el sur (Oaxaca), durante el Batoniano, y se dirigió al este y sureste del país, hasta originar la abertura del Golfo de México, en el Oxfordiano temprano. Otra etapa transgresiva también se manifiesta en el NW del país, a partir del Caloviano.

- Cantú-Chapa, Abelardo, 1969, Estratigrafía del Jurásico Medio-Superior del subsuelo de Poza Rica, Ver. (área de Soledad-Miquetla): Revista del Instituto Mexicano del Petróleo, v. 1, núm. 1, p. 3-9.
- 1970, El Kimeridgiano inferior de Samalayuca, Chihuahua: Revista del Instituto Mexicano del Petróleo, v. 2, núm. 3, p. 40-44.
- 1971, La Serie Huasteca (Jurásico Medio-Superior) del centro este de México: Revista del Instituto Mexicano del Petróleo, v. 3, núm. 2, p. 17-40.
- 1976, Nuevas localidades del Kimeridgiano y Titoniano en Chihuahua (norte de México): Instituto Mexicano del Petróleo, Revista, v. 8, núm. 2, p. 38-45.
- 1979, Bioestratigrafía de la Serie Huasteca (Jurásico Medio y Superior) en el subsuelo de Poza Rica, Veracruz: Revista del Instituto Mexicano del Petróleo, v. 9, núm. 2, p. 14-24.
- 1984, El Jurásico Superior de Tamán, San Luis Potosí, este de México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Congreso Latinoamericano de Paleontología, 3, Oaxtepec, Morelos, Memoria, p. 207-215.
- 1987, The Bejuco Paleocanyon (Cretaceous-Paleocene) in the Tampico District, Mexico: Journal of Petroleum Geology, v. 10, núm. 2, p. 207-218.
- 1989, Precisiones sobre el límite Jurásico-Cretácico en el subsuelo del este de México: Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología, v. 2, núm. 1, p. 26-69.
- 1990, *Dichotomites (Dichotomites) mantarraiae*, amonita del Pozo Mantarraya No. 1: Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología, v. 2, núm. 2, p. 43-45.
- 1992a, The Jurassic Huasteca Series in the subsurface of Poza Rica, eastern Mexico: Journal of Petroleum Geology, v. 15, núm. 3, p. 259-282.

- 1992b, El Kimeridgiano inferior del subsuelo en el este de México: Revista Mexicana del Petróleo, v. 34, núm. 334, p. 30-35.
- Erben, H.K., 1956, El Jurásico Inferior de México y sus amonitas: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Congreso Geológico Internacional, 20, México, D.F., 393 p.
- Geyssant, J.R., y Rangin, Claude, 1979, Découverte d'Ammonites calloviennes dans le complexe à blocks de l'île de Cedros (Basse Californie, Mexique) et implication pour l'âge de la série ophiolitique sousjacente: Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences (Paris), v. 289, núm. 6, p. 521-524.
- Hillebrandt, A. von; Smith, P.; Westermann, G.E.G.; y Callomon, J.H., 1992, Ammonite zones of the Circum-Pacific region, in Westermann, G.E.G., ed., The Jurassic of the Circum-Pacific: Cambridge, U.K., Cambridge University Press, World and Regional Geology, v. 3, p. 247-272.
- Imlay, R.W., 1980, Jurassic paleobiogeography of the conterminous United States in its continental setting: U.S. Geological Survey Professional Paper 1062, 134 p.
- Michaud, François, 1987, Stratigraphie et paléogéographie du Mésozoïque du Chiapas: Paris, Université Pierre et Marie Curie, disertación doctoral, 301 p. (inédita).
- Pindell, J.L., y Barrett, S.F., 1990, Geological evolution of the Caribbean region—a plate tectonic perspective, in Dengo, Gabriel, y Case, J.E., eds., The Caribbean region: Boulder, Colo., Geological Society of America, The Geology of North America collection v. H, p. 405-432.
- Rangin, Claude, 1977, Sobre la presencia del Jurásico Superior con amonitas en Sonora septentrional: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista, v. 1, núm. 1, p. 1-4.

- Salvador, Amos, 1991, Triassic-Jurassic, in Salvador, Amos, ed., *The Gulf of Mexico Basin*: Boulder, Colo., Geological Society of America, *The Geology of North America* collection, v. J, p. 131-180.
- Sandoval, J., y Westermann, G.E.G., 1986, The Bajocian (Jurassic) ammonite fauna of Oaxaca, Mexico: *Journal of Paleontology*, v. 60, núm. 6, p. 1220-1271.
- , 1989, Bioestratigrafía y biogeografía de los ammonites del Jurásico Medio de Oaxaca y Guerrero (sur de México): México, D.F., Sociedad Mexicana de Paleontología, *Revista*, v. 2, núm. 1, p. 18-25.
- Schmidt-Effing, Reinhard, 1976, El Liásico marino de México y su relación con la paleogeografía de América Central: Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial (Guatemala), *Publicaciones Geológicas ICAITI*, núm. 5, p. 22-23.
- Tozer, E.T., 1980, New genera of Triassic ammonoidea: *Geological Survey of Canada, Paper*, núm. 80-1A, p. 107-113.
- Ziegler, Bernhard, 1971, Biogeographie der Tethys: *Jahreshefte der Gesellschaft für Naturkunde in Württemberg*, v. 126, p. 229-243.