

EL ORIGEN DEL GOLFO DE MÉXICO Y DE SUS SUBCUENCAS PETROLERAS MEXICANAS, CON BASE EN LA PALINOESTRATIGRAFÍA DE LECHOS ROJOS

Jaime Rueda-Gaxiola*

RESUMEN

Recientemente se ha datado, por medio del método palinoestratigráfico, desarrollado en el Instituto Mexicano del Petróleo desde 1975, algunas secuencias mexicanas de lechos rojos mesozoicos. Algunas de ellas son el basamento económico de las subcuencas mexicanas petroleras del Golfo de México y representan el inicio de la transgresión marina mesozoica que dio origen a los sistemas petroleros.

El método palinológico está basado en el análisis macro- y microscópico de los componentes orgánicos e inorgánicos del residuo palinológico, así como del alcohol etílico glicerinado en el que se conserva. Este análisis permite obtener información lito-, bio- y cronoestratigráfica relacionada con los procesos tectónico-sedimentarios y diagenéticos.

La información obtenida de los lechos rojos del Alogrupo Los San Pedros y del Grupo Huayacocotla (edad rhaeto-liásica en la cuenca de Huayacocotla-El Alamar), de las Formaciones La Joya (Jurásico Medio en la subcuenca de Sabinas), Rosario, Cahuasas (Jurásico Medio de la subcuenca de Tampico-Misantla) y Todos Santos (Jurásico Medio en las subcuencas de Veracruz y Chiapas-Tabasco-Campeche), ha permitido proponer un modelo para el origen y evolución del Golfo de México, muy útil para entender el desarrollo de los yacimientos petroleros de México.

Este modelo incluye básicamente tres tiempos diferentes: (1) la formación de una o dos (?) cuencas rhaeto-liásicas de cizalla o de torsión (cuenca de Huayacocotla-El Alamar), relacionadas con la evolución del sistema convergente de la Placa del Pacífico; (2) durante el Liásico tardío, la formación de la subcuenca de Tampico-Misantla como resultado del desplazamiento de los bloques de Huayacocotla y de Tlaxiaco hacia el suroeste por medio de los *megashears* de Tampico-Lázaro Cárdenas y de Teziutlán-Acapulco; y (3) durante el Jurásico Medio el origen del Golfo de México y de las subcuencas petroleras mexicanas de Sabinas, Veracruz y Chiapas-Tabasco-Campeche, relacionado con un sistema de unión triple que permitió el movimiento relativo del bloque de Chiapas-Tabasco-Campeche-Yucatán hacia el sureste, por medio del *megashear* Pico de Orizaba-Juchitán-Laguna Superior.

Palabras clave: Palinoestratigrafía, Golfo de México, subcuencas petroleras, lechos rojos, Mesozoico.

ABSTRACT

Some Mexican Mesozoic red bed sequences have recently been dated using the palynostratigraphical method, developed at the Mexican Petroleum Institute in 1975. Some of them are the economic basement of the Mexican petroleum Gulf of Mexico sub-basins, and they represent the beginning of the Mesozoic marine transgression which formed the petroleum systems.

The palynostratigraphical method is based on the macro- and microscopic analysis of the organic and inorganic components from the palynological residue, and also from the glycerinated alcohol in which it is preserved. This analysis allows one to obtain litho-, bio-, and chronostratigraphical data related to tectono-sedimentary, and diagenetical processes.

The information obtained from the red beds Los San Pedros Allogroup and Huayacocotla Group (Rhaeto-Liassic age in the Huayacocotla-El Alamar Basin), La Joya Formation (Middle Jurassic in the Sabinas sub-basin), Rosario and Cahuasas Formations (Middle Jurassic age in the Tampico-Misantla sub-basin) and Todos Santos Formation (Middle Jurassic age in the Veracruz and Chiapas-Tabasco-Campeche sub-basins) permitted the construction of a model for the origin and evolution of the Gulf of Mexico which is very useful to understand the development of the Mexican petroleum accumulations.

The model includes basically three different times: (1) the formation of one or two Rhaeto-Liassic wrench or shear basins (Huayacocotla-El Alamar Basin) related to the evolution of a Pacific Plate convergent system; (2) during the late Liassic, the origin of the Tampico-Misantla sub-basin as a result of the southwestern displacement of the Huayacocotla and Tlaxiaco blocks by means of the Tampico-Lázaro Cárdenas and Teziutlán-Acapulco *megashears*; and (3) during the Middle Jurassic time, the origin of the Gulf of Mexico Basin and the Mexican petroleum Sabinas, Veracruz and Tabasco-Chiapas-Campeche sub-basins related to a triple junction system, which permitted the movement of the Chiapas-Tabasco-Campeche-Yucatán block to the southeast following the Pico de Orizaba-Juchitán-Laguna Superior *Megashear*.

Key words: Palynostratigraphy, Gulf of Mexico, petroleum sub-basins, red beds, Mesozoic.

*Instituto Mexicano del Petróleo, Eje Central Lázaro Cárdenas núm. 152, Delegación Gustavo A. Madero, 07730 D.F., México.

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

*Unidad Ciencias de la Tierra, Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura-Ticomán, Calzada Ticomán núm. 600, México, D.F.

Correo electrónico: jaimerueda@compuserve.com.mx

INTRODUCCIÓN

Se presenta la versión ampliada de la ponencia del mismo nombre, presentada en la reunión de 1997 de la South Central/Rocky Mountain Section de la Geological Society of America y en el Simposio sobre la estratigrafía y paleogeografía del Mesozoico de México de la II Convención sobre la evolución geológica de México y sus recursos asociados (Rueda-Gaxiola, 1997a, b).

En México hay secuencias de lechos rojos que, en general, han sido situadas geocronológicamente con base en su posición estratigráfica. Algunas de ellas son el basamento económico petrolero de las subcuencas mexicanas del Golfo de México y representan el inicio de la transgresión marina que dio origen a los sistemas petroleros. Por fortuna, desde 1969, han sido datadas algunas de esas formaciones usando el método palinoestratigráfico creado en 1975 por Rueda-Gaxiola, en el Instituto Mexicano del Petróleo, y publicado hasta 1993 (Rueda-Gaxiola, 1993). El objetivo de este artículo es mostrar la aplicación de los resultados palinoestratigráficos, como base de las interpretaciones sedimentológica y tectónica, que permiten la reconstrucción paleogeográfica regional.

EL MÉTODO PALINOESTRATIGRÁFICO

Este método está basado en el análisis macro- y microscópico de los componentes orgánicos e inorgánicos del residuo palinológico obtenido, por el ataque con los ácidos clorhídrico y fluorhídrico de muestras de rocas y sedimentos superficiales o del subsuelo, así como del alcohol etílico glicerinado en el que se conserva. Este análisis permite obtener datos lito-, crono- y bioestratigráficos relacionados con procesos tectónico-sedimentarios y diagenéticos. El estudio de las capas rojas requiere del análisis de todos los componentes orgánicos e inorgánicos y de una interpretación multidisciplinaria de los datos obtenidos para llegar a conclusiones paleoambientales y paleogeográficas. Este método permite colocar los lechos rojos en su mejor posición geocronológica y espacial dentro de una placa tectónica, sobre todo si está apoyado en el análisis de los elementos arquitectónicos de los afloramientos propuesto por Miall (1985). Este método ha demostrado ser muy útil para conocer el origen, la evolución y la distribución de los lechos rojos, ya que se basa en el análisis óptico de sus componentes más resistentes, eliminando la influencia del color durante su estudio.

DATOS PALINOESTRATIGRÁFICOS PREVIOS

La Figura 1 muestra la localización de las subcuencas petroleras mexicanas del Golfo de México, con base en González-García y Holguín-Quiñones (1992), donde fueron realizados estudios palinológicos que permitieron datar los lechos rojos y la sal.

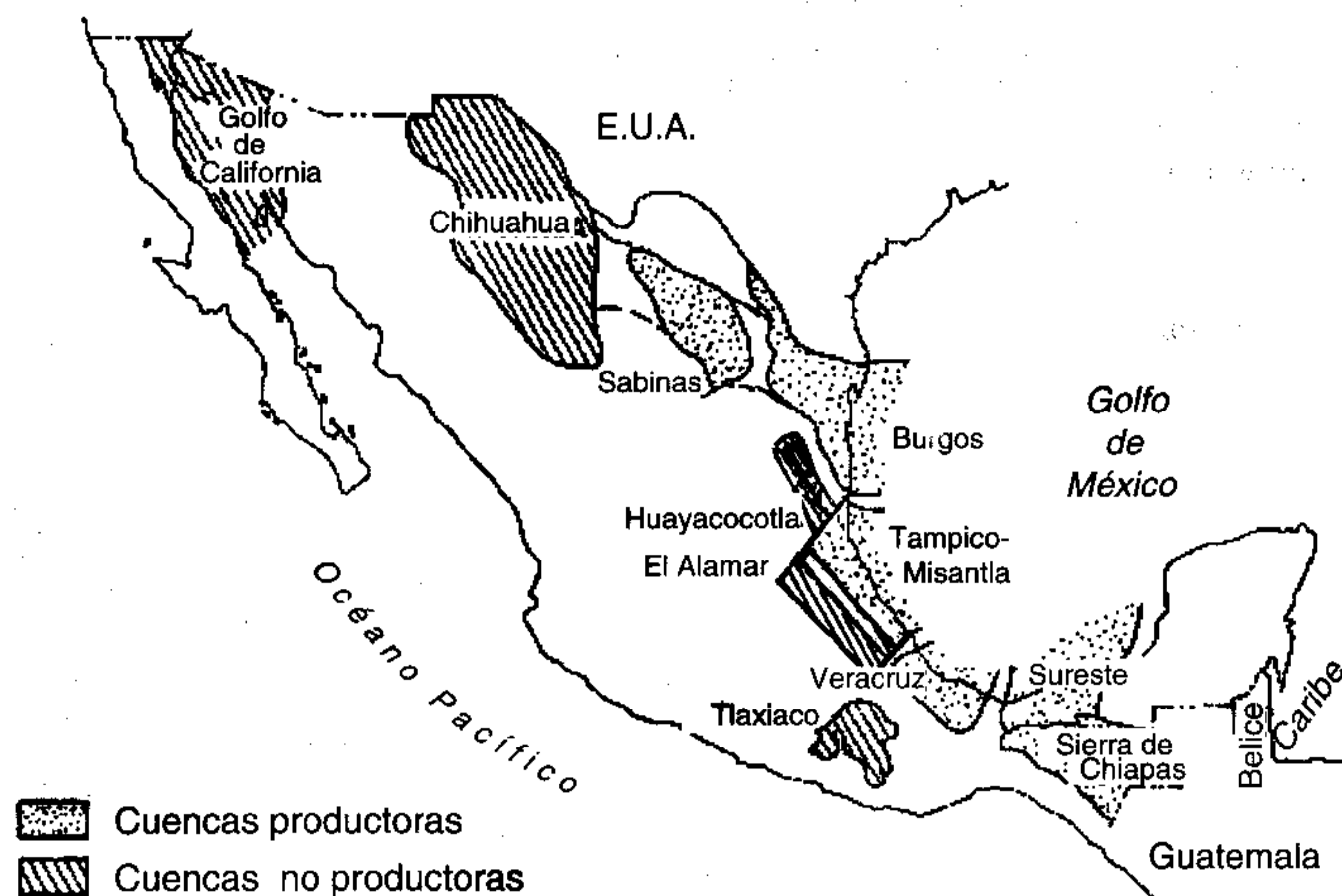


Figura 1. Localización de las cuencas de Huayacocotla-El Alamar y de Tlaxiaco y de las subcuencas mexicanas del Golfo de México, con base en González-García y Holguín-Quiñones (1992).

La Figura 2 muestra la localización de las unidades litoestratigráficas de lechos rojos y de sal de la República Mexicana, con base en Del Valle-Reyes (1997).

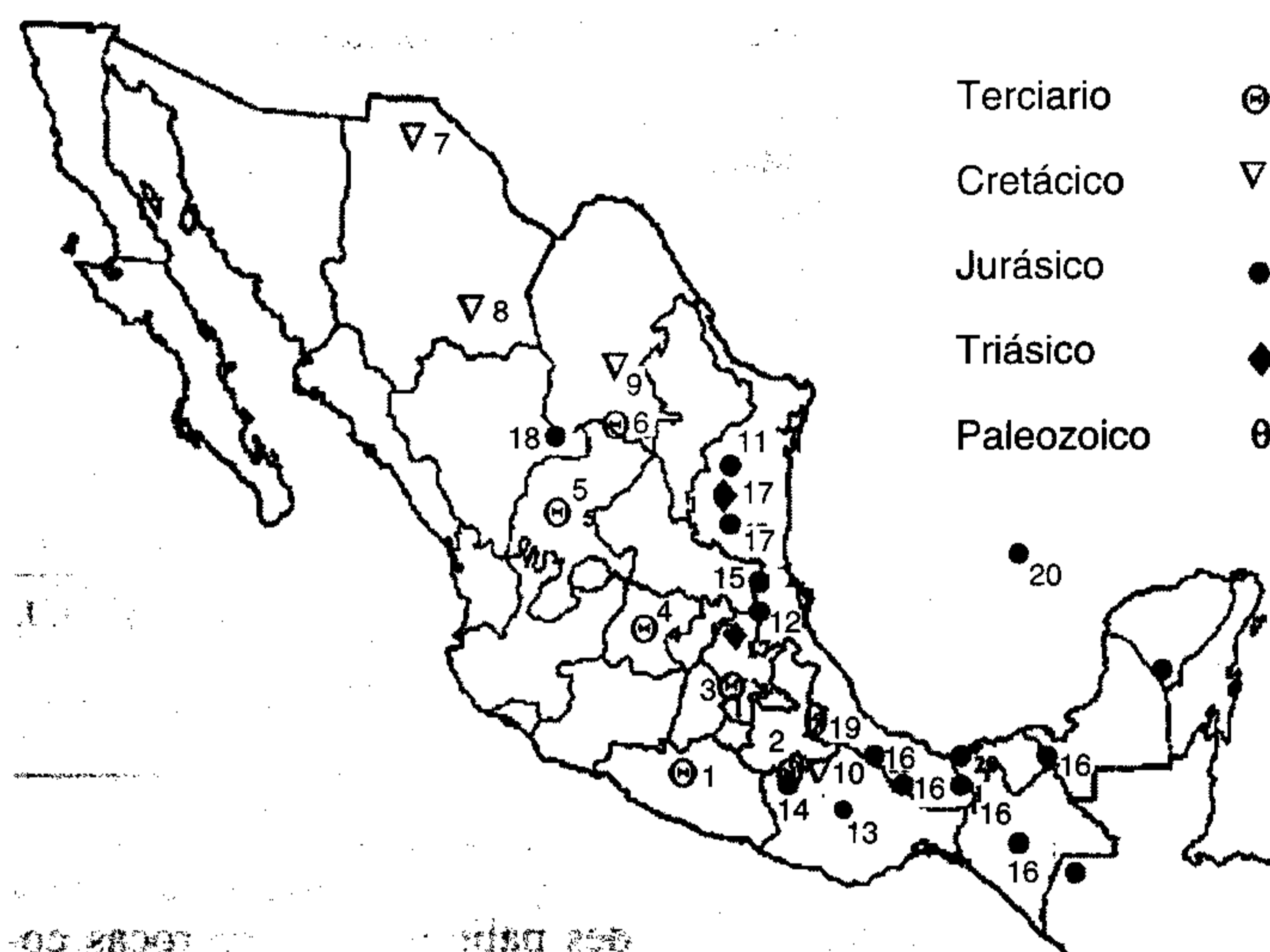


Figura 2. Localización de las principales unidades de lechos rojos y de unidades salinas en la República Mexicana, con base en Del Valle-Reyes (1997). Localidades de lechos rojos: 1, Grupo Balsas; 2, Formación Huajuapán; 3, Grupo El Morro; 4, conglomerado rojo de Guanajuato; 5, conglomerado rojo de Zacatecas; 6, Formación Ahuichila; 7, Formación Las Vigas; 8, Formación San Marcos; 9, Grupo Difunta; 10, conglomerado basal; 11, Formación La Joya; 12, Formación Cahuasas; 13, Grupo Tecocoyunca; 14, Grupo Consuelo; 15, Formación Rosario; 16, Formación Todos Santos; 17, Alogrupo Los San Pedros; 18, Formación Nazas; 19, Formación Matzitzitzi; 20, unidades salinas.

En la Tabla 1 se presenta las unidades de lechos rojos datadas hasta ahora, por medio del método palinoestratigráfico (entre paréntesis se indica la fecha de publicación):

Tabla 1. Unidades de lechos rojos datadas palinológicamente.

Unidades de lechos rojos	Fecha de estudio y publicación	Cuenca	Edad	Estudio hecho por:
Formación Cahuassas	1969 (1972)	Subcuenca de Tampico-Misantla	Jurásico Medio: Bathonense-Calloviense?	Rueda-Gaxiola, J.
Formación Rosario	1975 (1976, 1977)	Subcuenca de Tampico-Misantla	Liásico-Jurásico Medio: Toarciense-Bajociense?	Rueda Gaxiola, J.
Formación Todos Santos	1982 (1984)	Parte meridional y occidental de la subcuenca Chiapas-Tabasco-Campeche (subcuenca del Sureste)	Jurásico Tardío: Kimmeridgense	Gutiérrez-Galicia, L.
Formación Todos Santos	1986 (1990)	Parte oriental de la subcuenca Chiapas-Tabasco-Campeche (subcuenca del Sureste)	Jurásico Medio: Bajociense-Bathonense	Rueda-Gaxiola, J. Dueñas, M.A.
Formación Todos Santos	(1990, <i>in</i> Herrera-Soto <i>et al.</i>)	Margen suroccidental de la subcuenca de Veracruz	Jurásico Medio y Tardío: Bathonense-Oxfordense	Dueñas, M.A.
Aloformación La Boca	1990 (1993 a, b)	Cuenca de Huayacocotla El Alamar	Liásico: Sinemureense-Pliensbachense	Rueda-Gaxiola, J. y colaboradores
Formación Rosario (Grupo Consuelo)	1997 (?)	Cuenca de Tlaxiaco	Liásico	Rueda-Gaxiola, J., y Jiménez-Rentería, J.

Además, existen dos edades palinológicas de rocas correspondientes a estructuras salinas de la subcuenca de Chiapas-Tabasco-Campeche, marcadas con el número 20 en la Figura 2; y mostradas en la Tabla 2:

Tabla 2. Rocas de estructuras salinas datadas palinológicamente.

Material	Fecha de estudio y publicación	Lugar	Edad	Estudio hecho por:
Cap-rock	? (1971)	Challenger Knoll	Jurásico Medio	Kirkland, D.W. y Gerhardt, J.E.
Sal	1993 (inédito)	Domo salino cerca de Coatzacoalcos	Jurásico Medio	Dueñas, M.A.

Como puede observarse, existen dos edades para los lechos rojos citados: Sinemureense-Pliensbachense para los depositados de la Aloformación La Boca en la Cuenca de Huayacocotla-El Alamar y del Jurásico Medio para los depositados en las subcuencas que rodean al Golfo de México; ésta es la misma edad que corresponde a la sal y al cap-rock de los depósitos salinos estudiados. Lo anterior indica que las subcuencas mexicanas tienen casi la misma edad que la cuenca a la que pertenecen, por lo que se les considera una edad común. Toda esta información, obtenida de las capas basales de las secuencias sedimentarias de la cuenca de Huayacocotla-El Alamar y de las subcuencas mexicanas del Golfo de México, ha permitido elaborar un modelo tectónico muy sencillo del origen y evolución del Golfo de México y de sus subcuencas petroleras mexicanas.

La Tabla 3 muestra la correlación de las unidades litoestratigráficas datadas palinológicamente.

EL MODELO TECTÓNICO

La información tectónica preliminar proviene del análisis palinoestratigráfico del Alogrupo Los San Pedros (Aloformaciones Huizachal y La Boca), del Triásico Tardío-Liásico, desde los afloramientos del Anticlinorio de Huizachal-Peregrina hacia el sureste, en el subsuelo, que permitió saber que la cuenca de Huayacocotla-El Alamar (Rueda-Gaxiola *et al.*, 1993a, 1993b), donde se depositó, presenta una continuidad directa sólo hasta el río Pánuco, donde se encuentra el límite tectónico con la Formación Rosario, que es la unidad estratigráfica más antigua de la cuenca de Tampico-Misantla. Su continuidad hacia el sur se localiza en el Anticlinorio de Huayacocotla, donde el Grupo Huayacocotla (Schmidt-Effing, 1980) constituye el equivalente marino de la Aloformación La Boca de origen fluvial-deltaico. Esto permite deducir que el río Pánuco fluye por el *megashear* denominado Tampico-Lázaro Cárdenas, que tuvo un movimiento dextrógiro durante el Liásico tardío (Toarciense-Aalenense?), relacionado con el origen del Golfo de México. Éste es el límite noroccidental de la cuenca petrolera de Tampico-Misantla; su límite suroriental corresponde al *megashear* Teziutlán-Acapulco, de la misma edad y también de movimiento dextral. Ambos *megashears* fueron identificados por Aguayo y Marín-Córdova desde 1987, pero consideradas como fallas posteriores al Cretácico de movimiento sinistral.

Para conocer los demás componentes del modelo, fue necesario reconstruir la paleogeografía del Paleozoico tardío y Mesozoico temprano de esta parte de América del Norte, buscando la relación tiempo-espacio entre las rocas ígneas y metamórficas precámbricas y paleozoicas del sur y este de México con las de América Central, para conocer la antigua posición del Bloque de Chortis y del batolito de la Sierra de Chiapas; ésta última con base en el desplazamiento hacia el sureste del Complejo Bichicovi (Macizo de la Mixtequita), propuesto por Murillo-Muñetón en 1994, hasta su actual posición en la región del Istmo de Tehuantepec.

Tabla 3. Relaciones estratigráficas entre los lechos rojos y las rocas evaporíticas.

Edad	Subcuenca de Chihuahua-Sabinas-Burgos	Anticlinorio de Huizachal-Peregrina	Anticlinorio de Huayacocotla	Anticlinorio de Tlaxiaco	Subcuenca de Tampico-Misantla	Subcuenca del Sureste
Jurásico Medio	**Fm. Minas Viejas <i>Fm. La Joya</i> +	*Fm. La Joya +	<i>Fm. Cahuwas</i> +	*Fm. Cualac	**Fm. Huehuetepec *Fm. Cahuwas	*Sal *Fm. Todos Santos +
Liásico	Basamento	*Fm. La Boca	*Fm. Huayacocotla	*Fm. Rosario	*Fm. Rosario	Basamento
		Cuenca de Huayacocotla-El Alamar?				

+ Discordancia angular

* Unidad estudiada palinológicamente

**Rocas evaporíticas

Lechos rojos (en cursivas)

Con base en esta reconstrucción, fue posible establecer tres etapas tectónicas mesozoicas principales, estando las dos últimas relacionadas directamente con el origen del Golfo de México:

La primera etapa (Figura 3) corresponde a la formación, durante el Triásico Tardío, de una o dos cuencas tensionales de tipo "wrench or shear", relacionadas con la evolución del sistema convergente de la Placa del Pacífico. La mejor definida es la más oriental de Huayacocotla-El Alamar, donde se depo-

sitaron los lechos rojos de las aloformaciones Huizachal y La Boca al norte y el Grupo Huayacocotla hacia el sur; la otra, más occidental, posiblemente corresponda al alineamiento de rocas liásicas de los anticlinorios de Real de Catorce y Tlaxiaco.

Durante el Rhaetiense se formó la cuenca tensional de Huayacocotla-El Alamar y otra paralela hacia el SW. Probablemente ya existían las grandes fallas que limitan a los bloques de Huizachal-Peregrina, Huayacocotla y Tlaxiaco.

**PALEOGEOGRAFÍA:
EIDADES
RAETHIENSE-PLIENBACHENSE?**

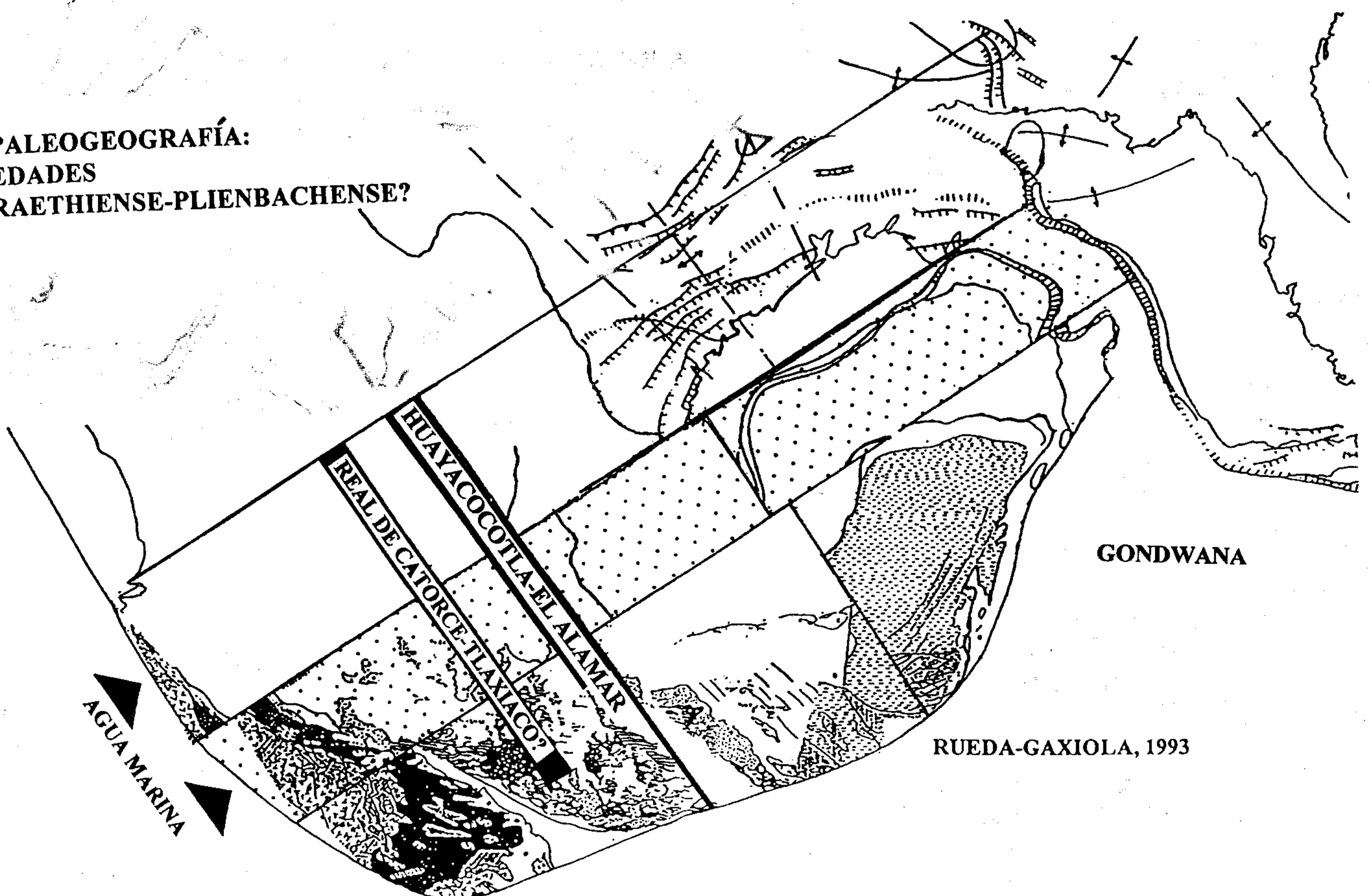


Figura 3. Paleogeografía durante las edades Rhaetiense, Hettangense, Sinemurensé y Pliensbachense? Durante la edad Rhaetiense se forma la cuenca tensional de Huayacocotla-El Alamar y otra paralela hacia el SW. Probablemente, ya existían las grandes fallas que delimitaban a los bloques de Huizachal-Peregrina, de Huayacocotla y de Tlaxiaco.

La segunda etapa (Figura 4) representa el desplazamiento, durante el Toarciense-Aalenense, de los bloques del Anticlinorio de Huayacocotla y de Oaxaca-Chiapas-Tabasco-Campeche-Yucatán hacia el suroeste, por medio de las *megashears* de Tampico-Lázaro Cárdenas y de Teziutlán-Acapulco, originando el piso oceánico entre las penínsulas de Yucatán y Florida. Este movimiento dio origen a la Subcuenca de Tampico-Misantla, inclinada hacia el noroeste y llenada inicialmente por sedimentos basales lacustres y, posteriormente, por marinos transgresivos de la Formación Rosario del Jurásico Medio.

La tercera etapa (Figura 5) corresponde al Bajociense, cuando se formó una unión triple al noreste de Tampico, que es el origen del Golfo de México y del resto de las subcuencas petroleras mexicanas (Sabinas, Veracruz y Chiapas-Tabasco-Campeche). Dos de las ramas de la unión triple (la primera tiene rumbo suroeste-noreste, paralela al Escarpe de Campeche, es la continuidad de la *megashear* Tampico-Lázaro Cárdenas; la segunda tiene rumbo casi norte-sur y presenta una traza bien definida Nautla-Jalapa-Orizaba), permitieron el desplazamiento del bloque Chiapas-Tabasco-Campeche-Yucatán hacia el sureste, por medio de la *megashear* Orizaba-Tuxtepec-Juchitán-

Laguna Superior. Este movimiento formó la Subcuenca de Veracruz, que tiene probablemente más de 7,000 m de profundidad; está bordeada al suroeste por los lechos rojos de la Formación Todos Santos y permitió la inclinación hacia el noroeste de la rampa, entre la Sierra de Chiapas y la Península de Yucatán, que constituye la Subcuenca de Chiapas-Tabasco-Campeche, inicialmente cubierta por los lechos rojos de la Formación Todos Santos. La tercera rama de la triple unión corresponde a la *megashear* del Río Sabinas, que dio origen a la fosa denominada Subcuenca de Sabinas-Chihuahua, la cual fue inicialmente llenada con los lechos rojos de la Formación La Joya, como base de los depósitos marinos transgresivos del Grupo Zuloaga (Götte, 1990).

La falta de evidencias de una zona de subducción hacia el sureste del Bloque Chiapas-Tabasco-Campeche-Yucatán, permite suponer que el Golfo de México se formara también por un movimiento hacia el noroeste del Bloque de Texas-Luisiana, a lo largo de los *megashears* Caltam y Río Sabinas y fallas asociadas (Figura 6). Todas estas subcuencas fueron invadidas por las aguas marinas transgresivas postbajocienses provenientes del Golfo de México. Actualmente, estos me-

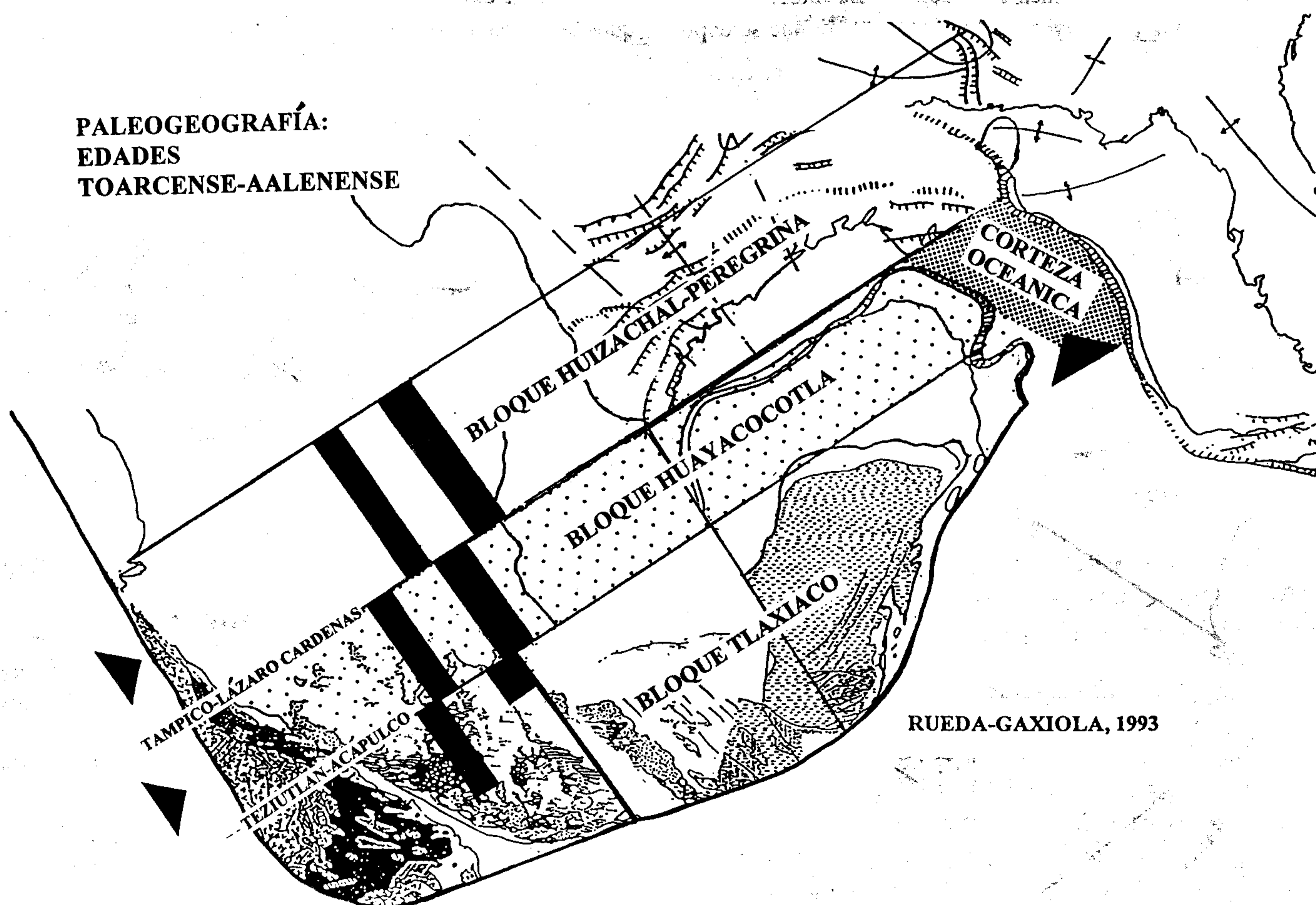


Figura 4. Durante las edades Toarciense-Aalenense, las grandes fallas se convierten en los *megashears* Tampico-Lázaro Cárdenas y Teziutlán-Acapulco, y dividen la Cuenca de Huayacocotla-El Alamar en tres fragmentos que se desplazan hacia el SW. El desplazamiento originó el plegamiento y levantamiento de los sedimentos rhaeto-liásicos depositados en esta cuenca y la formación de la Subcuenca de Tampico-Misantla.

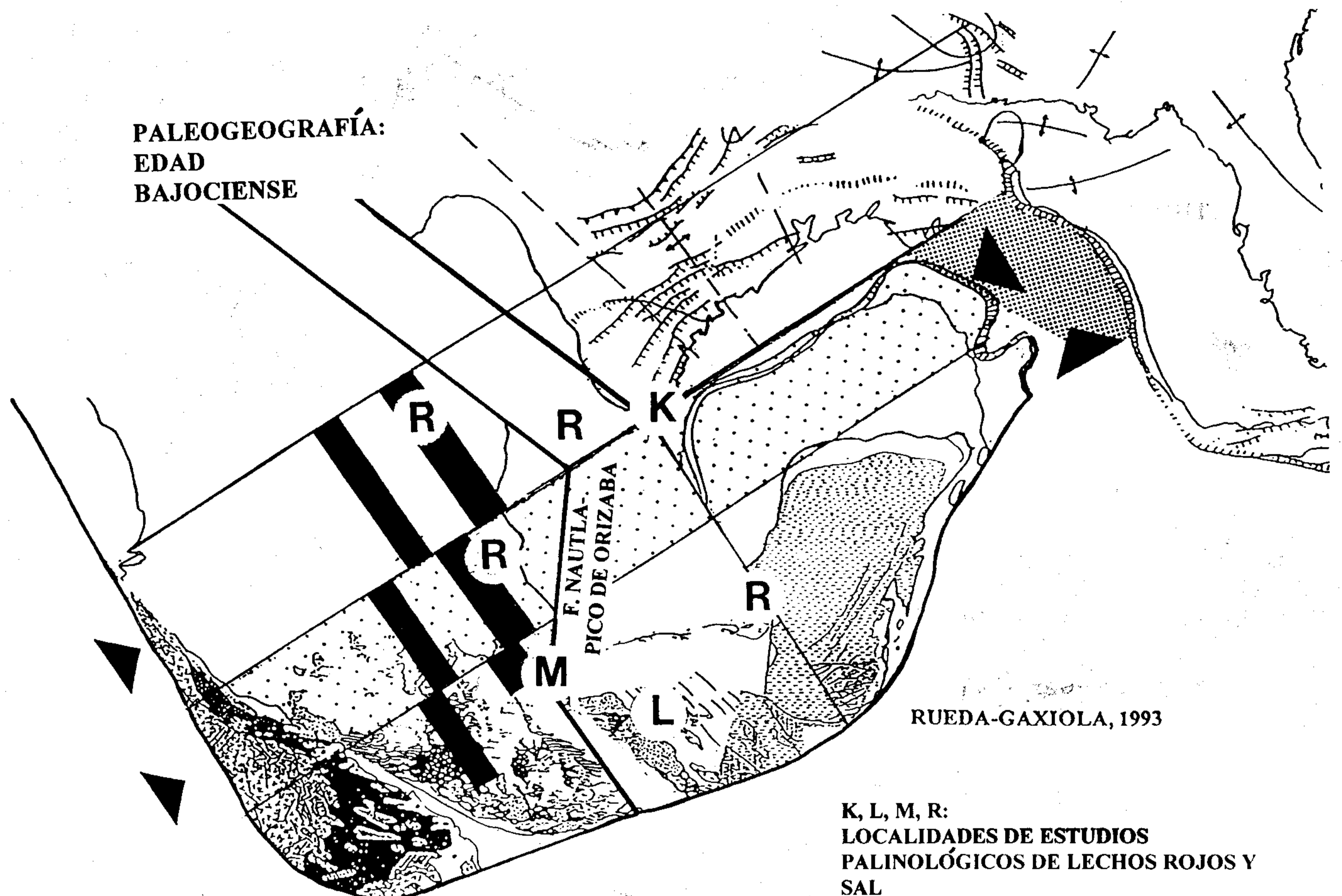


Figura 5. Durante la edad Bajociense, se formó la unión triple con centro al NE de la ciudad de Tampico, dando origen a la falla de Nautla-Orizaba y los *megashears* Pico de Orizaba-Laguna Superior, Mohave-Sonora-Caltam y Texas-Boquillas-Río Sabinas que permitieron el movimiento de los bloques Chiapas-Yucatán y de Texas-Luisiana y la formación del Golfo de México y de sus subcuencas mexicanas (Chihuahua-Sabinas-Burgos, Veracruz Chiapas-Tabasco-Campeche).

gashears tienen sus expresiones geológica y topográfica muy bien definidas, indicando que se trata de planos de debilidad de la corteza que han seguido actuando desde el Mesozoico.

CONCLUSIONES

Si este modelo es verdadero, se descubrirán nuevas provincias petroleras en las plataformas mexicanas sumergidas hacia el centro del Golfo de México. Por otra parte, este modelo permite:

1. Explicar las diferencias en distribución geográfica de la composición y de la altitud de las rocas volcánicas del Cinturón Volcánico Transversal de México, con base en los límites de los bloques de Huayacocotla, de Huizachal-Peregrina y de Tlaxiaco.
2. Saber que la dirección de flujo hacia el NW de los ríos Balsas y Pánuco-Moctezuma se debe a la inclinación del bloque de Huayacocotla.
3. Entender el comportamiento de la difusión de las ondas sísmicas originadas en las costas de los estados de Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y

Chiapas, relacionadas con los procesos de subducción en la Trinchera de Mesoamérica y la incidencia de la sismicidad en la región del Istmo de Tehuantepec.

4. Explicar los cambios de inclinación de la parte superior de la zona Wadati-Benioff de las placas Rivera y Cocos y su influencia en el vulcanismo de la región de México limitada entre los paralelos 14 y 21 grados de latitud norte.
5. Entender la distribución y tipo de yacimientos minerales relacionados con los *megashears* y fallas que permitieron los movimientos de los bloques tectónicos implicados en el modelo tectónico aquí establecido.
6. Comprender algunos episodios de la geología histórica de esta parte de Norte- y Centroamérica.

Estos son algunos de los temas que deben ser tratados en un próximo artículo *in extenso* de esta versión resumida.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece la invitación de la Dra. Gloria Alencáster, coordinadora del Simposio sobre Estratigrafía y Paleo-

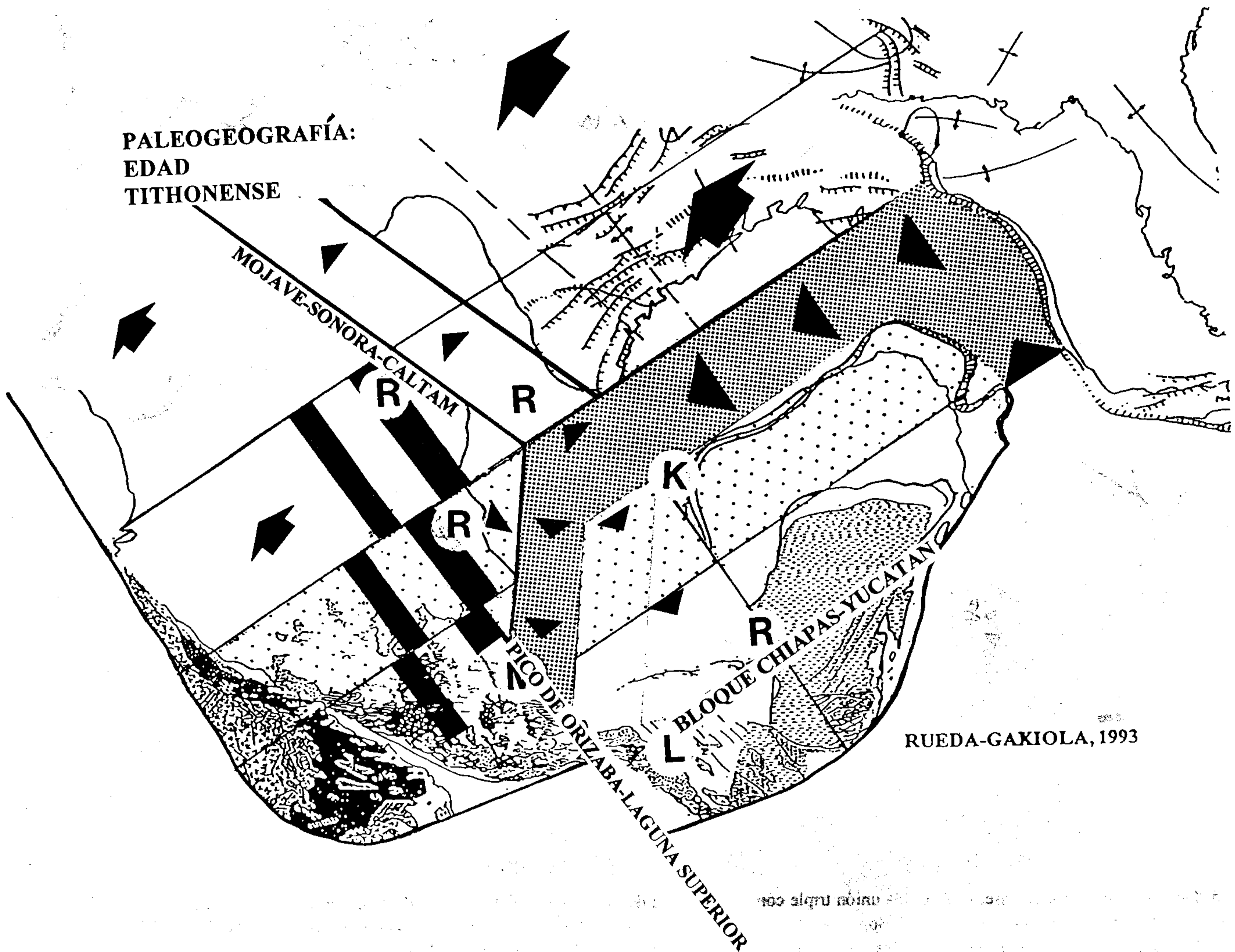
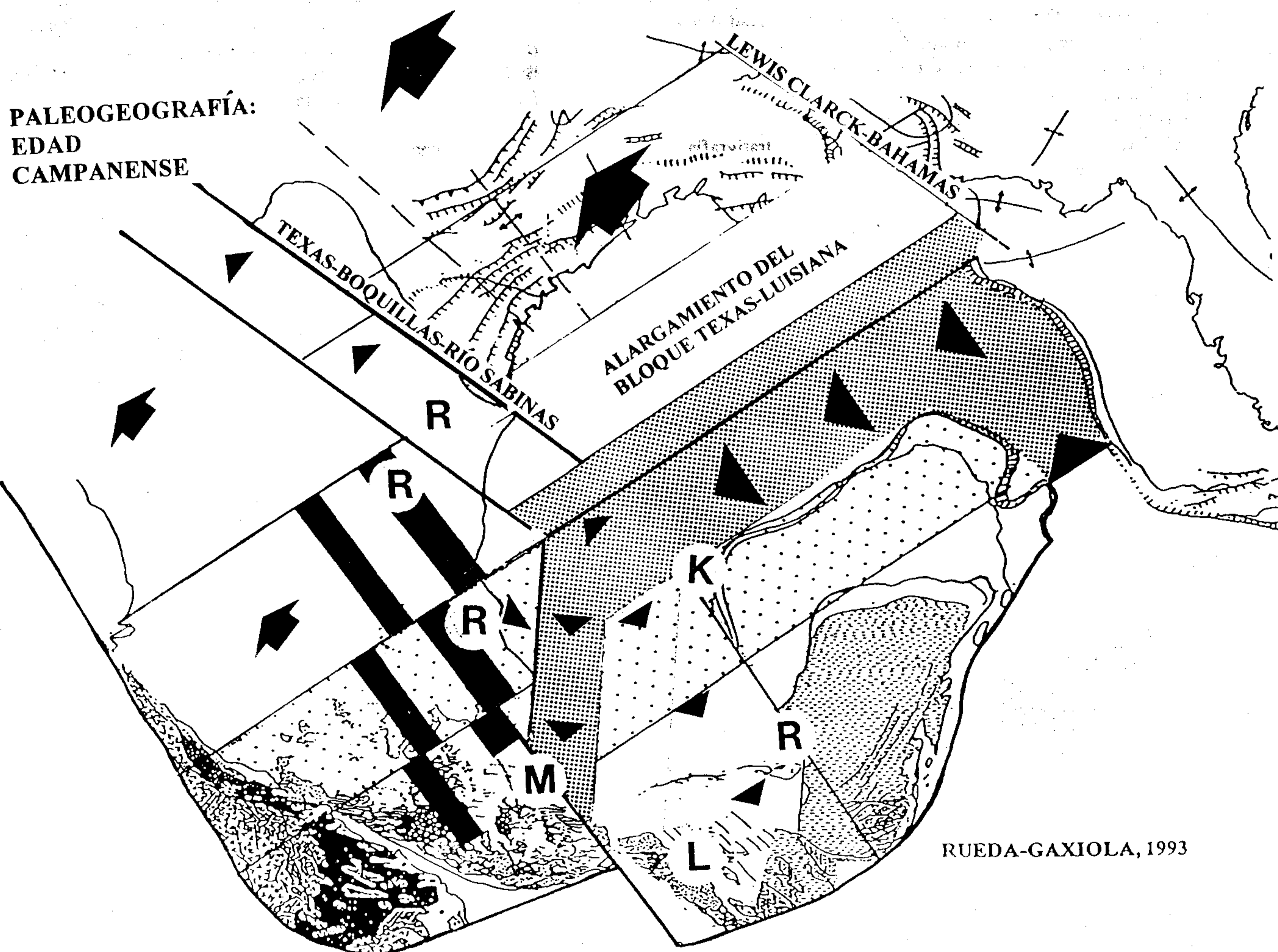


Figura 6. Durante la edad Tithonense, el bloque de Chiapas-Yucatán permaneció estático, mientras que el resto del territorio se desplazaba hacia el NW a diferentes velocidades, por medio de los *megashears* Mojave-Sonora-Caltam, Lewis Clark-Bahamas y Pico de Orizaba-Laguna Superior, formándose el piso oceánico del centro del Golfo de México y el Istmo de Tehuantepec. El agua del Océano Atlántico transgredió a las cuencas de Chihuahua-Sabinas-Burgos, de Veracruz y de Chiapas-Tabasco-Campeche.

geografía de México, de la II Convención sobre la Evolución Geológica de México y Recursos Asociados, para que una versión ampliada de la ponencia ahí presentada fuera publicada en este número especial. Igualmente, agradece las correcciones, sugerencias y observaciones que hicieron al manuscrito original los doctores José María Pons, de la Universidad de Barcelona, y Reinhard Schmidt-Effing, de Philipps-Universität, así como a la Dra. Blanca E. Buitrón, por sus atenciones y trámites necesarios para que este artículo fuera publicado. Igualmente, agradece al Ing. Miguel Gómez-Ponce su colaboración en los trabajos de campo en la región de Teziutlán-Jalapa-Orizaba, al Dr. Raúl Navarro, de Jalapa, Ver., la información geográfica e histórica sobre esta región, y al Geól. Álvaro Villamizar, sus sugerencias y observaciones sobre la ponencia presentada en The South-Central/Rocky Mountain Section of the Geological Society of America, Section No. 7, Mesozoic redbeds of Mexico and related Mesozoic strata.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguayo-Camargo, J.E., y Marín-Córdova, Salvador, 1987, Origen y evolución de los rasgos morfotectónicos postcretácicos de México: Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, v. 48, núm. 2, p. 15-39.
- Del Valle-Reyes, Aarón, 1997, The most important Mesozoic redbeds in Mexico: Geological Society of America Abstracts with Programs, v. 29, núm. 2, p. 45 (resumen).
- González-García, Raúl, y Holguín-Quñones, Noel, 1992, Las rocas generadoras de México: Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, v. 42, núm. 1, p. 9-23.
- Götte, M., 1990, Halotektonische deformation prozesse in sulfatgestein der Minas Viejas-Formation (Ober-Jura) in der Sierra Madre Oriental, Norost-Mexiko: Dipl. Geol. Dissertation des Fachbereich Geowissenschaften und Geographie der Technischen Hochschule Darmstadt., 270 p.
- Gutiérrez-Galicia, M.L., 1984, El método palinoestratigráfico aplicado a muestras superficiales mesozoicas de las secciones Pueblo Viejo y Jericó del Estado de Chiapas, México: México, D.F., Instituto Politécnico



RUEDA-GAXIOLA, 1993

Figura 7. Paleogeografía en la edad Campaniense, mostrando el desplazamiento de los bloques de Chiapas-Yucatán y de Texas-Luisiana que permitió alcanzar la posición casi definitiva del piso oceánico, del Istmo de Tehuantepec, de las subcuencas mexicanas del Golfo de México y del máximo alargamiento del borde sudoriental del bloque Texas-Luisiana.

Nacional, Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura (Unidad Ticomán), tesis profesional, 170 p. (inédita).

Herrera-Soto, M.; Estavillo-García, C.F.; y Brito-Arias, Moisés, 1990, Estudio estratigráfico de los lechos rojos de la Formación Todos Santos en el área de Valle Nacional, Oaxaca: México, D.F., Instituto Mexicano del Petróleo, Subdirección de Tecnología de Exploración, Proyecto C-3048, s/p., 144 p.

Kirkland, W.D., y Gerhardt, J.E., 1971, Jurassic Salt, central Gulf of Mexico, and its temporal relation to circum-Gulf evaporites: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 5, núm. 5, p. 680-686.

Miall, A.D., 1985, Architectural-element analysis—A new method of facies analysis applied to fluvial deposits—Recognition of fluvial depositional systems and their resource potential: Tulsa, Okla., Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Short Course, núm. 19, cap. 3, p. 33-81.

Murillo-Muñetón, Gustavo, 1994, Petrologic and geochronologic study of Grenville-age granulites and post-granulite plutons from the La Mixtequita area, State of Oaxaca, southern Mexico, and their tectonic significance: Los Angeles, CA., University of Southern California, tesis de maestría, 144 p. (inédita).

Rueda-Gaxiola, Jaime, 1972, La edad de los lechos rojos del núcleo 13 del Pozo Soledad 101, zona de Poza Rica, Veracruz, México: Sociedad

Botánica de México, Congreso Latinoamericano de Botánica, 1, México, D.F., Resúmenes, p. 9-10 (resumen).

—1976, El estudio de los constituyentes orgánicos e inorgánicos de las formaciones jurásicas Huayacocotla y Rosario del este de México y sus relaciones con la tectónica, generación y entrapamiento de hidrocarburos: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Congreso Latinoamericano de Geología, 3, Acapulco, Gro., México, Resúmenes.

—1977, The petrography and kerogen optical features of two Lower and Middle Jurassic formations from the Mexican Gulf Coast and paleogeographical, sedimentary, tectonic and petroleum generation relationships: Symposium of thermal maturation of sedimentary organic matter: Geological Society of America Meeting, El Paso, Texas, p. XX

—1993, El método palinoestratigráfico (palinología *sensu lato*) aplicado a la exploración petrolera: Acta Mexicana de Ciencia y Tecnología, v. 11, núm. 41, p. 23-33.

—1997a, The origin of the Gulf of Mexico and its Mexican petroleum sub-basins, based on redbed palynostratigraphy: The Geological Society of America, 31st annual, South-Central/Rocky Mountain Sections, 50th annual, University of Texas, El Paso, Texas, Abstracts with Programs, Technical sessions, v. 29, núm. 2, p. 45 (resumen).

—1997b, El origen del Golfo de México y de sus subcuencas petroleras

mexicanas, con base en palinoestratigrafía de lechos rojos: Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo e Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México, Convención sobre la Evolución Geológica de México y Recursos Asociados, 2, Pachuca, Hgo., Simposia y coloquio, s/p.

Rueda-Gaxiola, Jaime, y Dueñas, M.A., 1990, La palinoestratigrafía de la secuencia cortada por el Pozo Xicalango 101 es básica para el conocimiento de la evolución del Golfo de México: Instituto Nacional de Antropología e Historia, Investigaciones recientes en Paleobotánica y Palinología, Cuaderno de Trabajo, núm. 42, p. 11-51.

Rueda-Gaxiola, Jaime; López-Ocampo, Ezequiel; Dueñas, M.A.; y Rodríguez, J.L., 1993a, Los anticlinorios de Huizachal-Peregrina y de Huayacocotla—dos partes de la fosa de Huayacocotla-El Alamar; I, El Alogrupo Los San Pedros: Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, v. 43, núm. 1, p. 1-33 (citado en la Tabla 1 como Rueda-Gaxiola y colaboradores, 1993a).

Rueda-Gaxiola, Jaime; Dueñas, M.A.; Rodríguez, J.L.; Minero, Marisela; y Uribe, Georgina, 1993b, Los anticlinorios de Huizachal-Peregrina y de Huayacocotla—dos partes de la fosa de Huayacocotla-El Alamar; II, Bioestratigrafía, cronoestratigrafía y paleoecología del Alogrupo Los San Pedros: Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, v. 43, núm. 2, p. 1-29 (citado en la Tabla 1 como Rueda-Gaxiola y colaboradores, 1993b).

Rueda-Gaxiola, Jaime, y Jiménez-Rentería, J., 1996 (EN TEXTO VIENE 1997), ¿Fue la Cuenca de Tlaxiaco una continuidad hacia el sureste de la Fosa triásico-jurásica de Huayacocotla-El Alamar? Resúmenes del IX Coloquio sobre Paleobotánica y Palinología.

Schmidt-Effing, Reinhard, 1980, The Huayacocotla aulacogen in Mexico (Lower Jurassic) and the origin of the Gulf of Mexico, in Pilger, R.H., ed., The origin of the Gulf of Mexico and the early opening of Central North Atlantic Ocean: Baton Rouge, La., Louisiana State University, Symposium, Proceedings, v. 1, p. 79-86.