

**EVOLUCIÓN TECTÓNICA DE LAS
CUENCAS DE SABINAS Y
BURGOS, NE DE MEXICO**

Ciudad de México, 1° Jun, 2016

Ricardo José Padilla y Sánchez

Facultad de Ingeniería

Universidad Nacional Autónoma de México

rpadilla@unam.mx



Contenido

- I. RESUMEN DE LA ESTRATIGRAFÍA Y PALEOGEOGRAFÍA DEL MESOZOICO DEL NE DE MEXICO
 - A. Triásico Tardío – Jurásico Medio
 - B. Jurásico Tardío
 - C. Cretácico
- II. TECTONICA Y ESTILOS DE PLEGAMIENTO EN EL NE DE MEXICO
 - A. Áreas altos del basamento (horsts)
 - 1) Península del Burro-Peyotes
 - 2) Isla de La Mula
 - 3) Isla de Monclova
 - 4) Isla de Coahuila
 - 5) Archipiélago de Tamaulipas

Contenido

- B. Áreas bajos del basamento
 - 1) Golfo de Sabinas
 - 2) Sierra Madre Oriental
 - 3) Cuenca de “foreland” de Parras
 - C. Lineamentos
 - 1) Lineamento Boquillas - Sabinas
 - 2) Lineamento Sierra Mojada - China
 - D. Modelo para el mecanismo de deformación del NE de Mexico
- III. MODELO DE TECTÓNICA DE PLACAS PARA EXPLICAR LA EVOLUTION MESOZOICA-CENOZOICA DE LA REGIÓN DEL GOLFO DE MEXICO-CARIBE
- A. Grandes fallas y discontinuidades involucradas en este modelo
 - B. Reconstrucciones de Tectónica de Placas

Contenido

IV. ¿QUE SON LAS LUTITAS ACEITÍFERAS (SHALE OIL) Y LAS LUTITAS GASÍFERAS (SHALE GAS)?

- A. Recursos convencionales vs no convencionales
- B. Litologías típicas
- C. Volúmenes recuperables
- D. Rentabilidad

I. RESUMEN DE LA ESTRATIGRAFÍA Y PALEO GEOGRAFÍA DEL MESOZOICO DEL NE DE MEXICO

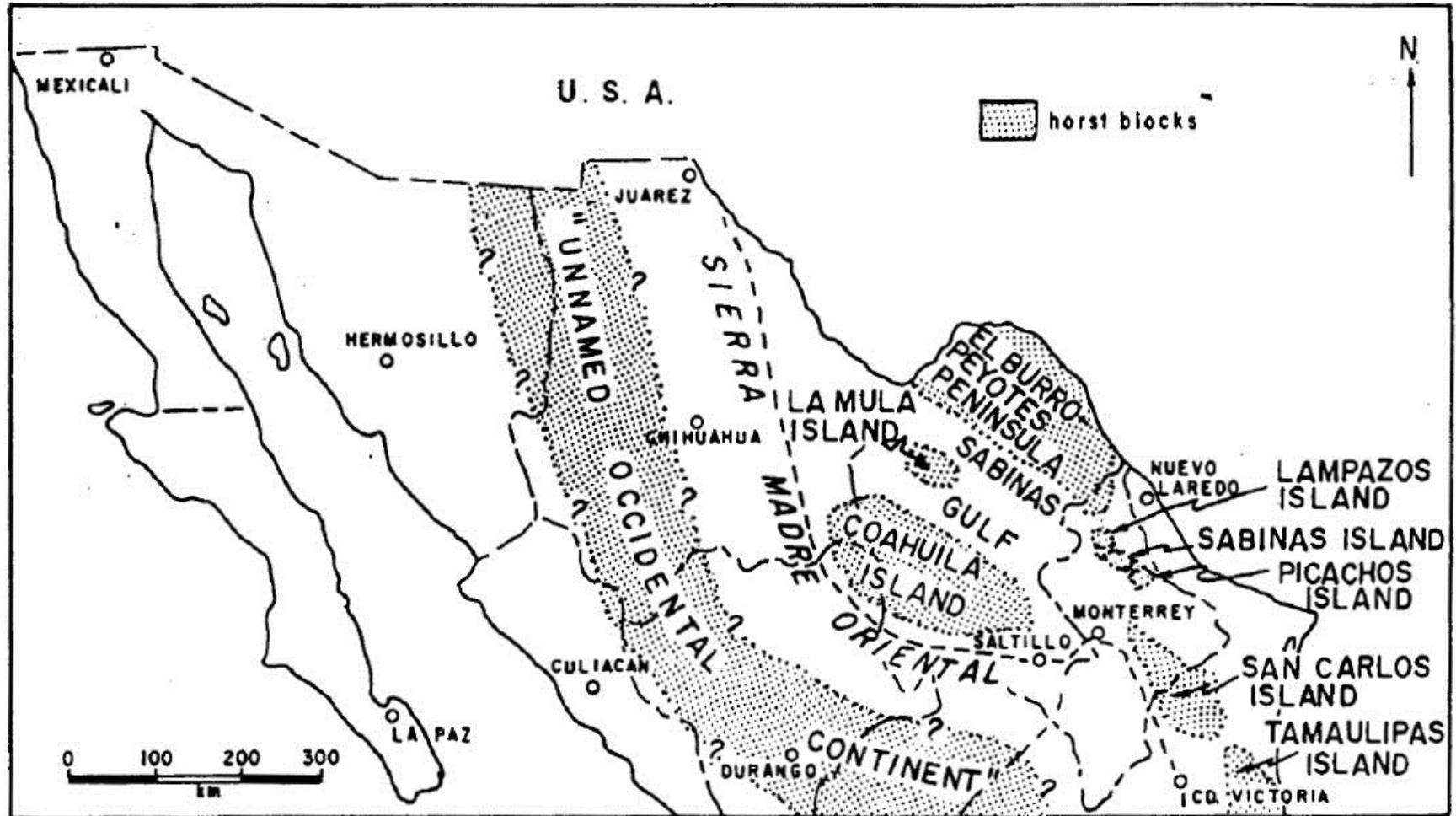


Fig. 3. Major Late Jurassic paleocontinental areas of northwestern Mexico. The Sierra Madre Oriental is a younger feature developed during the Early Tertiary Laramide Orogeny. After Humphrey (1949), González (1976), and López-Ramos (1980).

I. RESUMEN DE LA ESTRATIGRAFÍA Y PALEOGEOGRAFÍA DEL MESOZOICO DEL NE DE MEXICO

| | | | |
|-----------------------------------|-------|---------------------------------------|-----------|
| HUMPHREY, 1956; RAMIREZ-C., 1968. | | HUMPHREY, 1956; MARQUEZ et al., 1976. | |
| 2 COAHUILA ISLAND | | 3 SABINAS GULF | |
| SOUTH | NORTH | SOUTEAST | NORTHWEST |

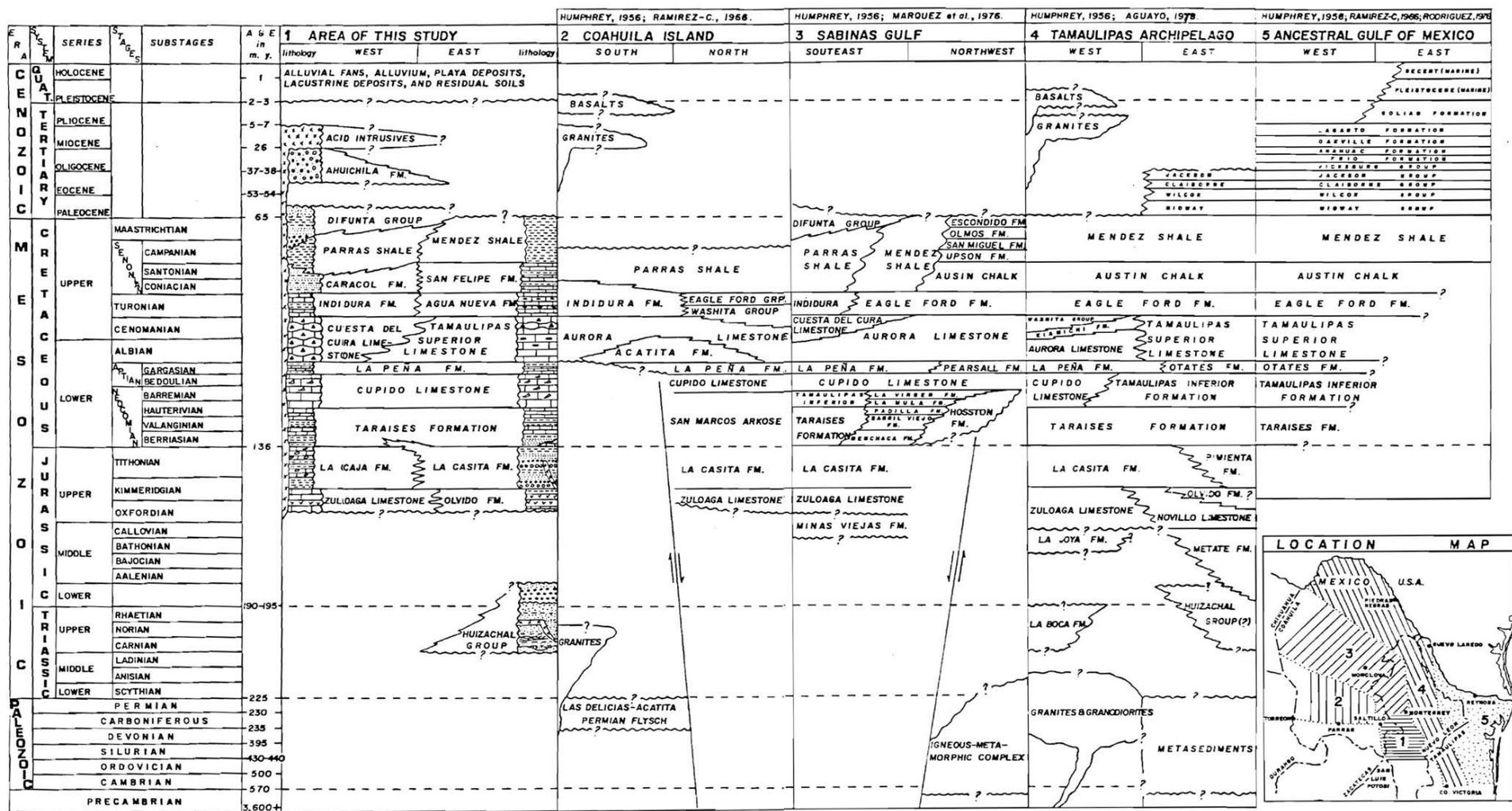


| | |
|---------------------------------|------|
| HUMPHREY, 1956; AGUAYO, 1978. | |
| 4 TAMAULIPAS ARCHIPELAGO | |
| WEST | EAST |

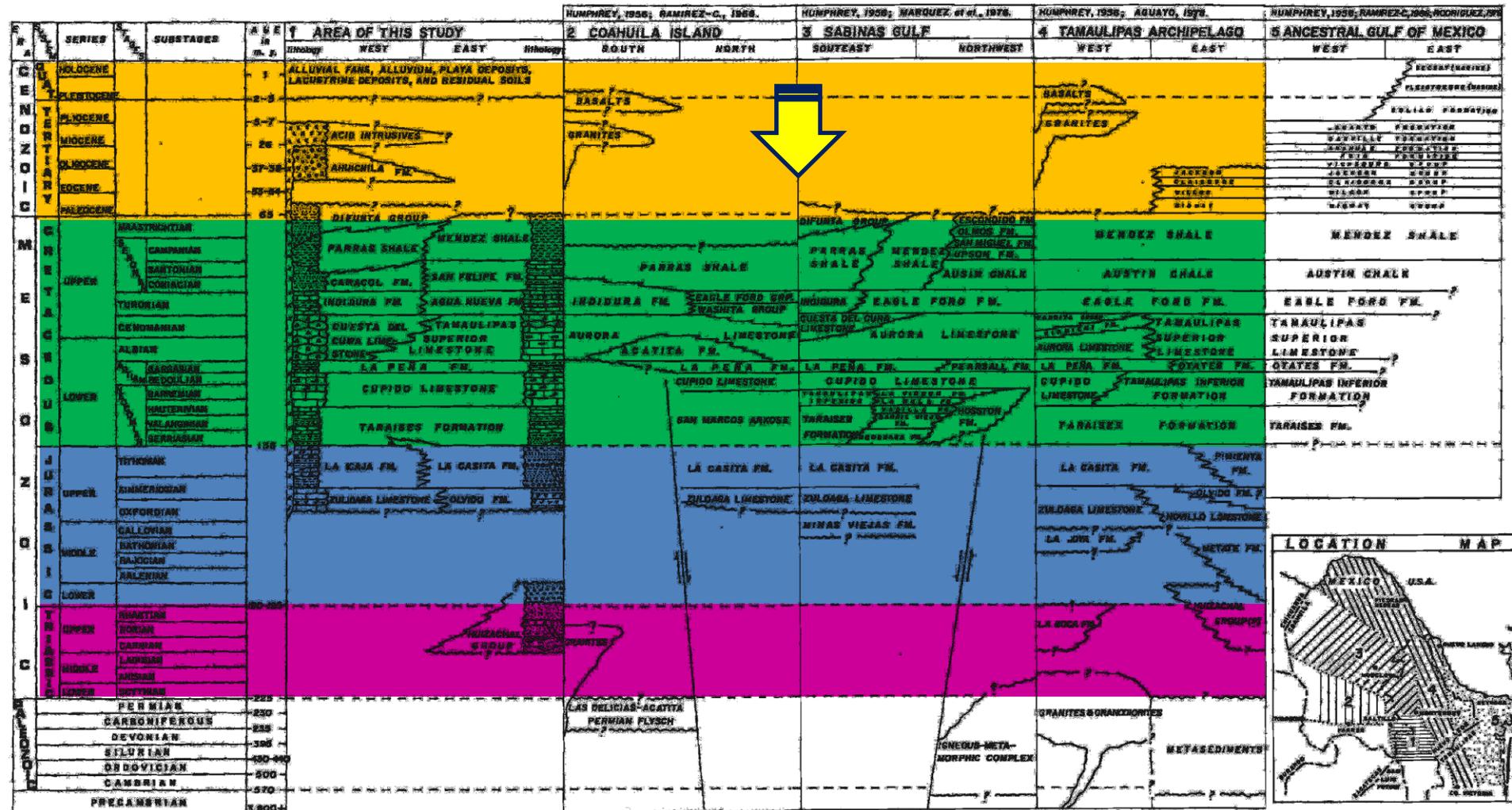
| | |
|--|------|
| HUMPHREY, 1956; RAMIREZ-C, 1966; RODRIGUEZ, 1978 | |
| 5 ANCESTRAL GULF OF MEXICO | |
| WEST | EAST |

| | | | |
|-----------------------------|------|------|-----------|
| 1 AREA OF THIS STUDY | | | |
| lithology | WEST | EAST | lithology |

I. RESUMEN DE LA ESTRATIGRAFÍA Y PALEOGEOGRAFÍA DEL MESOZOICO DEL NE DE MEXICO



I. RESUMEN DE LA ESTRATIGRAFÍA Y PALEOGEOGRAFÍA DEL MESOZOICO DEL NE DE MEXICO



HUMPHREY, 1956; RAMIREZ-C., 1966.

HUMPHREY, 1956; MARQUEZ et al., 1976.

HUMPHREY, 1956; AGUAYO, 1978.

2 COAHUILA ISLAND

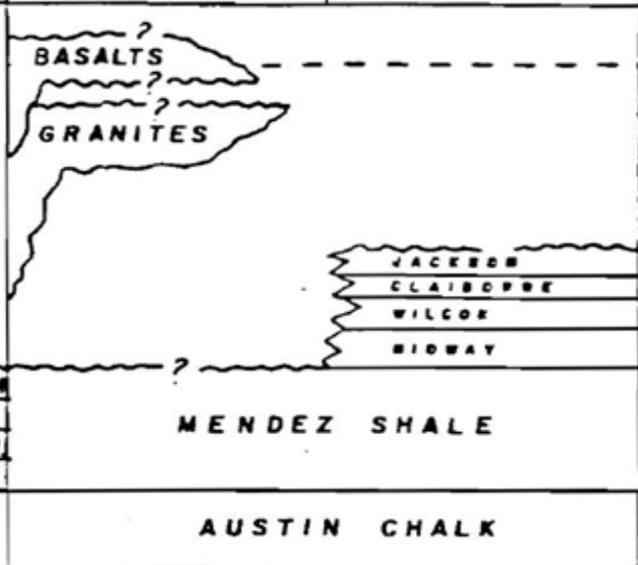
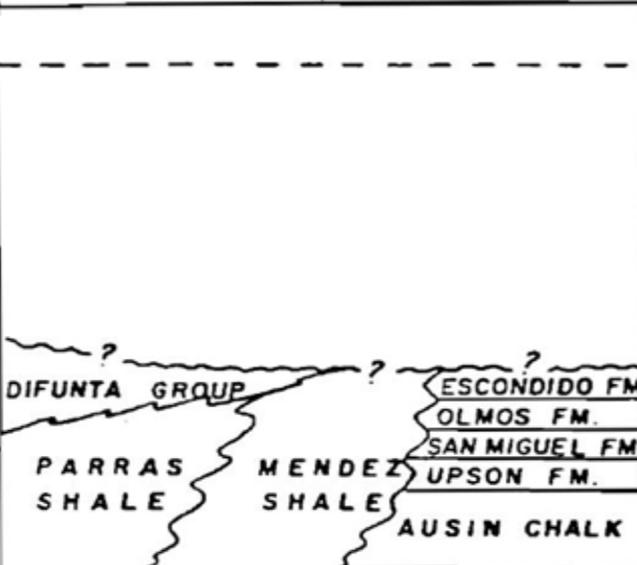
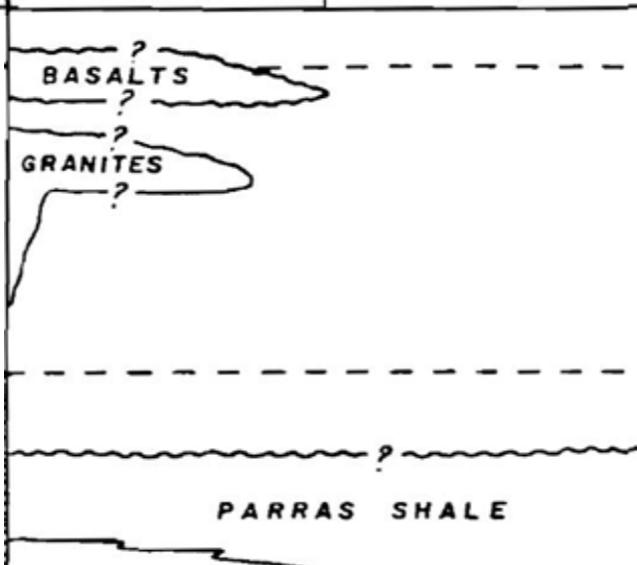
3 SABINAS GULF

4 TAMAULIPAS ARCHIPELAGO

SOUTH NORTH

SOUTEAST NORTHWEST

WEST EAST



INDIDURA FM. EAGLE FORD GRP. WASHITA GROUP

INDIDURA EAGLE FORD FM. CUESTA DEL CURA LIMESTONE AURORA LIMESTONE

EAGLE FORD FM. WASHITA GROUP KIAMICHI FM. TAMAULIPAS SUPERIOR LIMESTONE

AURORA Limestone ACATITA FM.

AURORA LIMESTONE LA PEÑA FM. PEARSALL FM.

AURORA LIMESTONE LA PEÑA FM. OTATES FM.

LA PEÑA FM. CUPIDO LIMESTONE

LA PEÑA FM. CUPIDO LIMESTONE

LA PEÑA FM. CUPIDO LIMESTONE TAMAULIPAS INFERIOR FORMATION

SAN MARCOS ARKOSE

TAMAULIPAS INFERIOR LA VIRGEN FM. LA MULA FM. PADILLA FM. HOSSTON FM. BARRIL VIEJO FM. MERCHACA FM.

TAMAULIPAS INFERIOR FORMATION TARAISES FORMATION

LA CASITA FM.

LA CASITA FM.

LA CASITA FM. PIMIENTA FM.

ZULOAGA LIMESTONE

ZULOAGA LIMESTONE MINAS VIEJAS FM.

ZULOAGA LIMESTONE LA JOYA FM. NOVILLO LIMESTONE METATE FM.



I. RESUMEN DE LA ESTRATIGRAFÍA Y PALEO GEOGRAFÍA DEL MESOZOICO DEL NE DE MEXICO

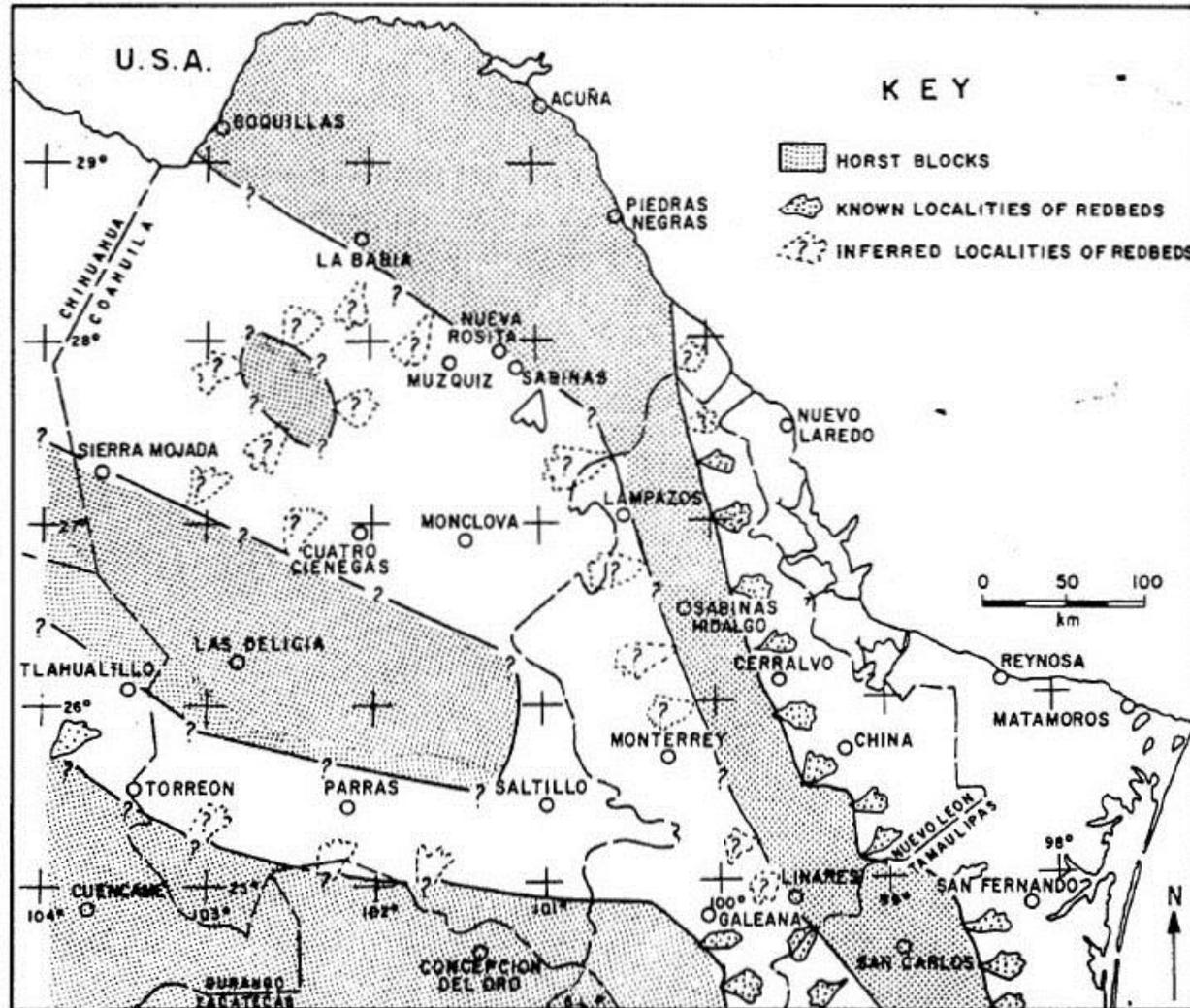


Fig. 4. Late Triassic-Middle Jurassic paleogeography of northeast Mexico.

I. RESUMEN DE LA ESTRATIGRAFÍA Y PALEO GEOGRAFÍA DEL MESOZOICO DEL NE DE MEXICO

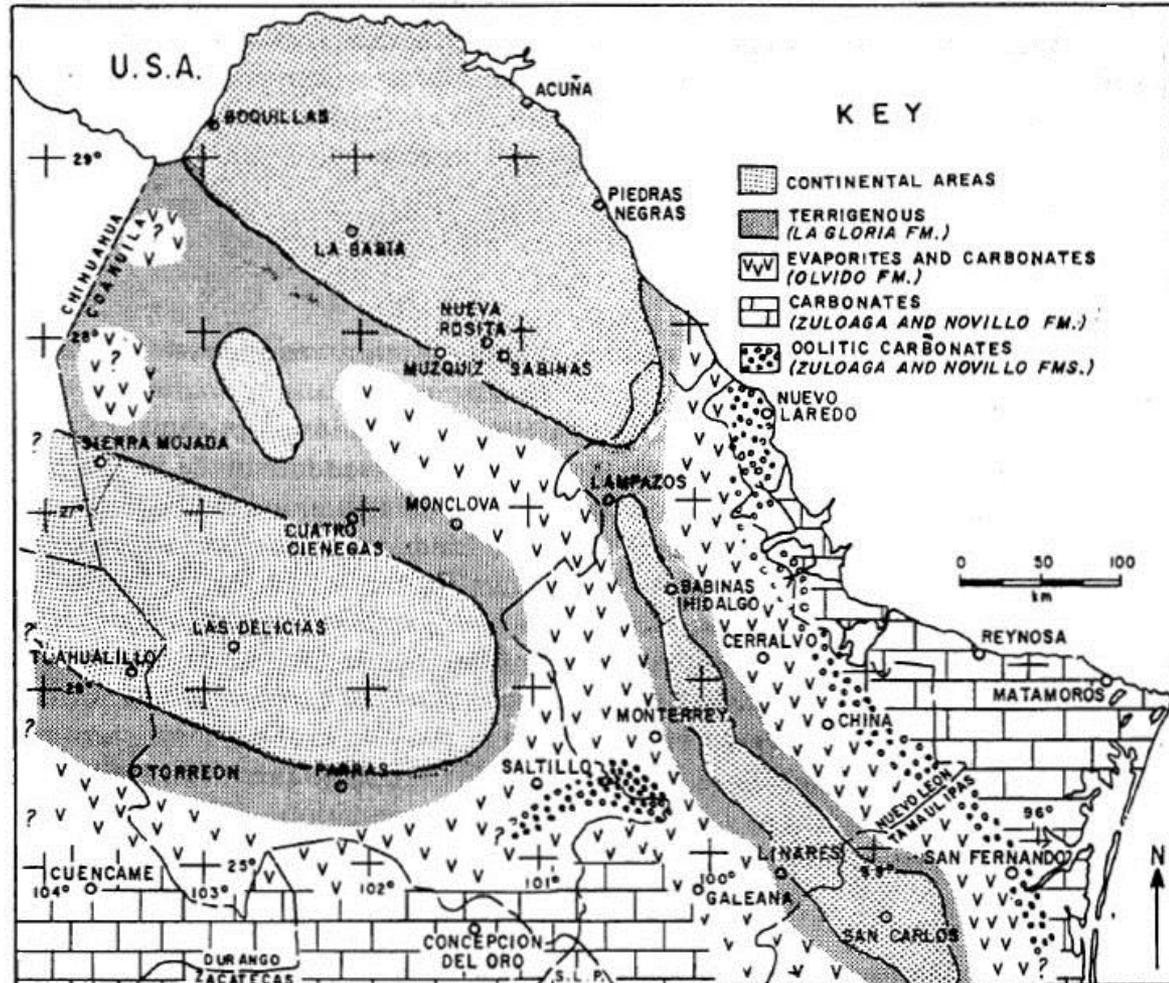


Fig. 5. Late Oxfordian - Early Kimmeridgian paleogeography of northeast Mexico.

I. RESUMEN DE LA ESTRATIGRAFÍA Y PALEOGEOGRAFÍA DEL MESOZOICO DEL NE DE MEXICO

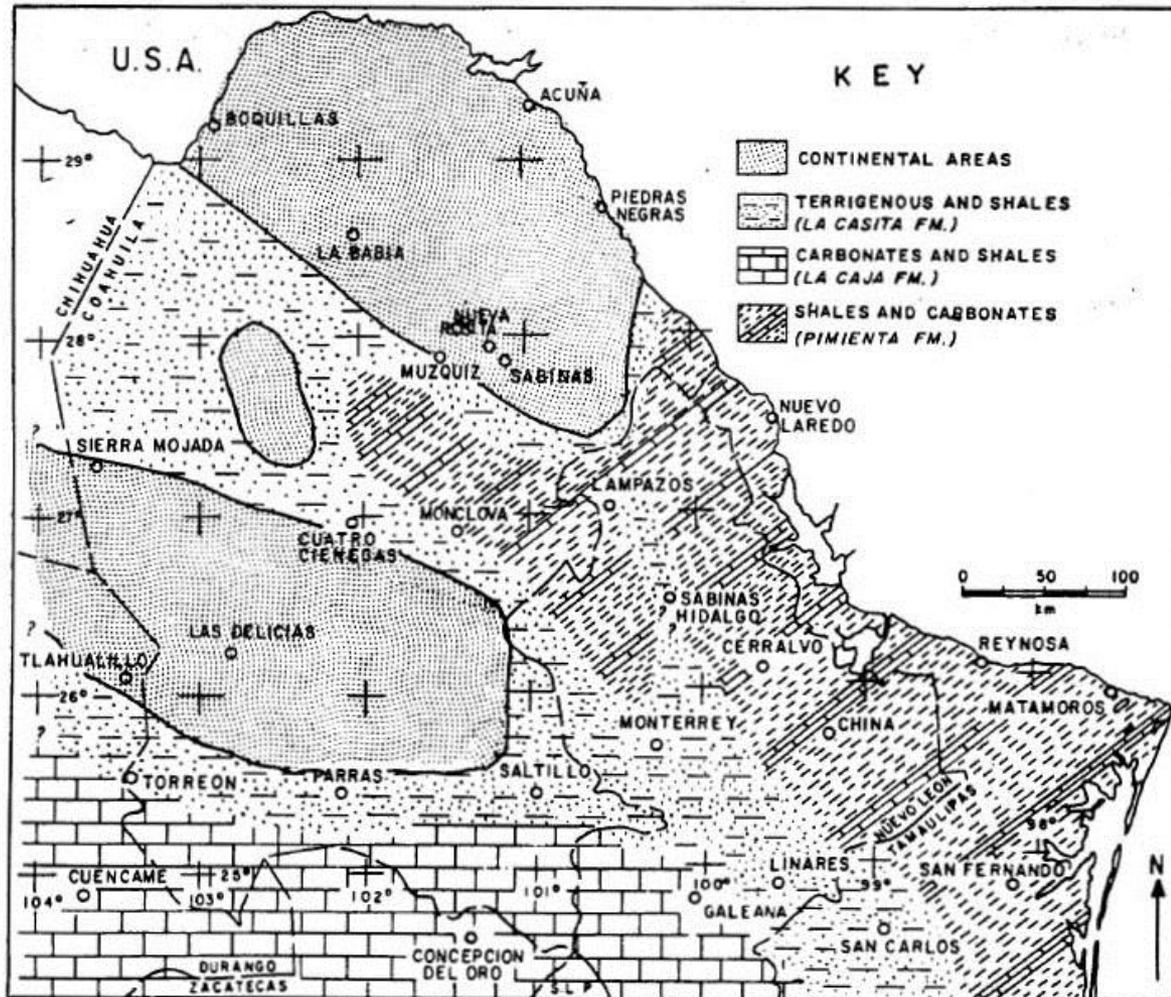


Fig. 6. Late Kimmeridgian - Tithonian paleogeography of northeast Mexico.

I. RESUMEN DE LA ESTRATIGRAFÍA Y PALEOGEOGRAFÍA DEL MESOZOICO DEL NE DE MEXICO

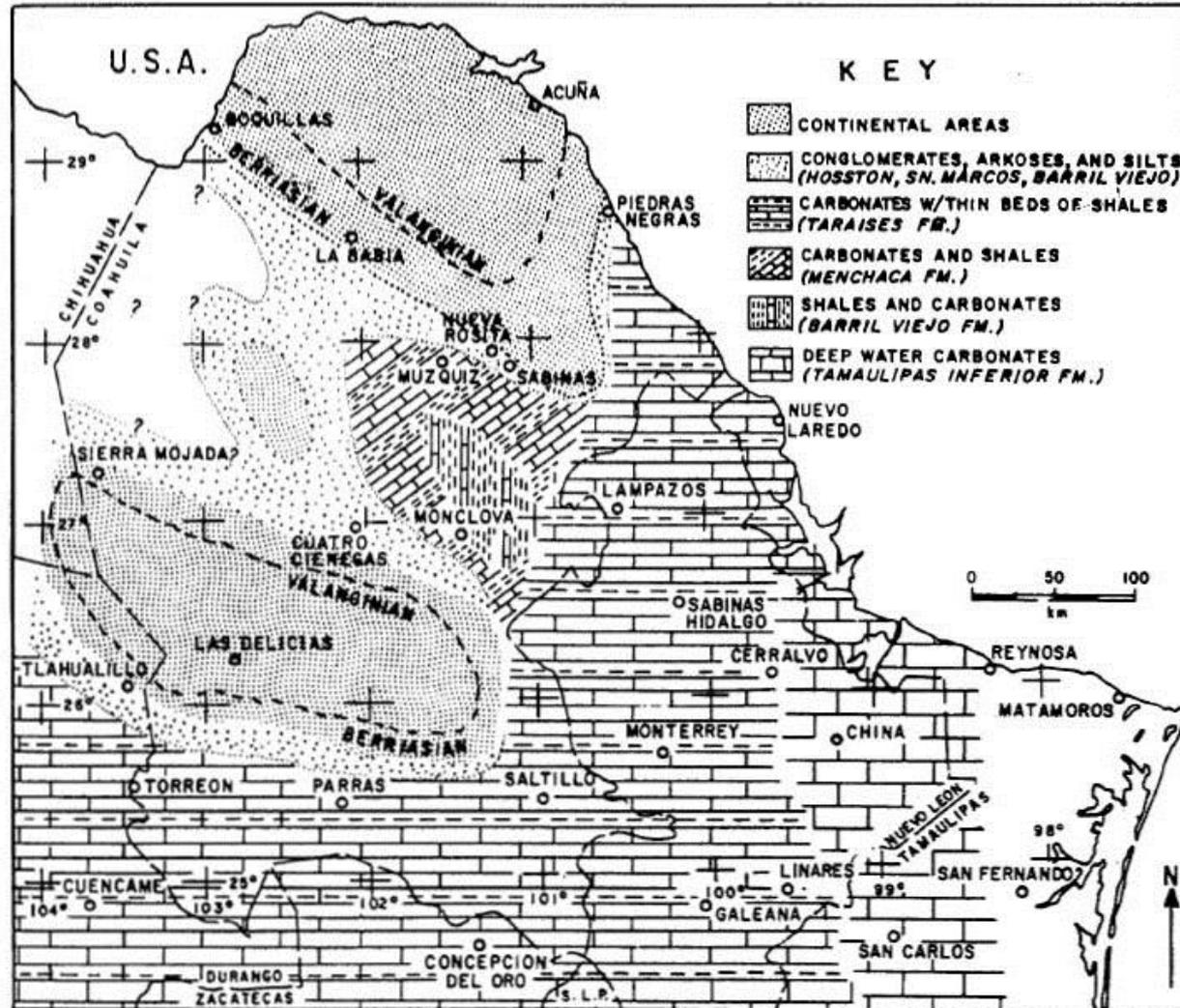


Fig. 7. Berriasian - Valanginian paleogeography of northeast Mexico.

I. RESUMEN DE LA ESTRATIGRAFÍA Y PALEOGEOGRAFÍA DEL MESOZOICO DEL NE DE MEXICO

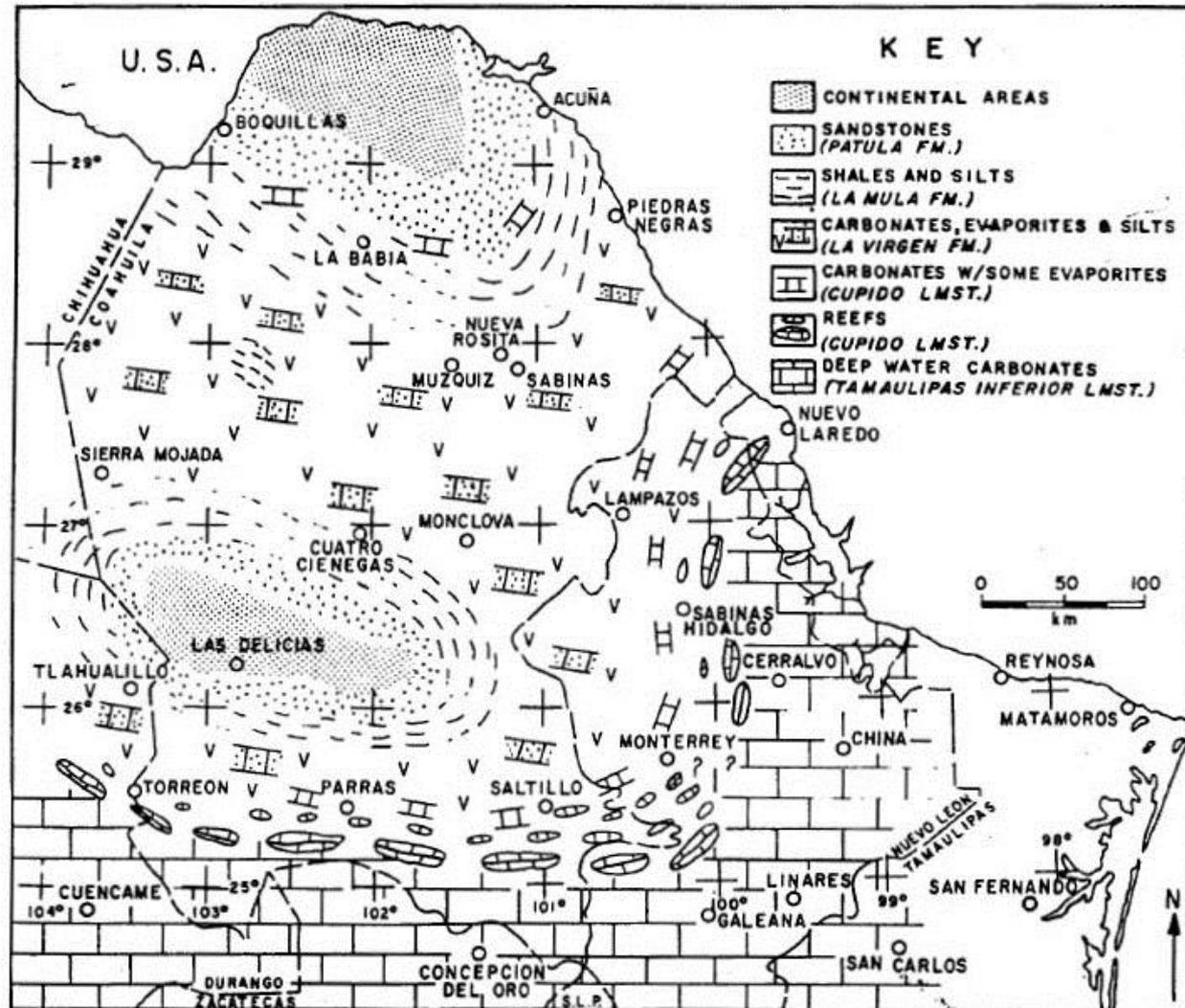


Fig. 8. Late Neocomian paleogeography of northeast Mexico.

I. RESUMEN DE LA ESTRATIGRAFÍA Y PALEO GEOGRAFÍA DEL MESOZOICO DEL NE DE MEXICO

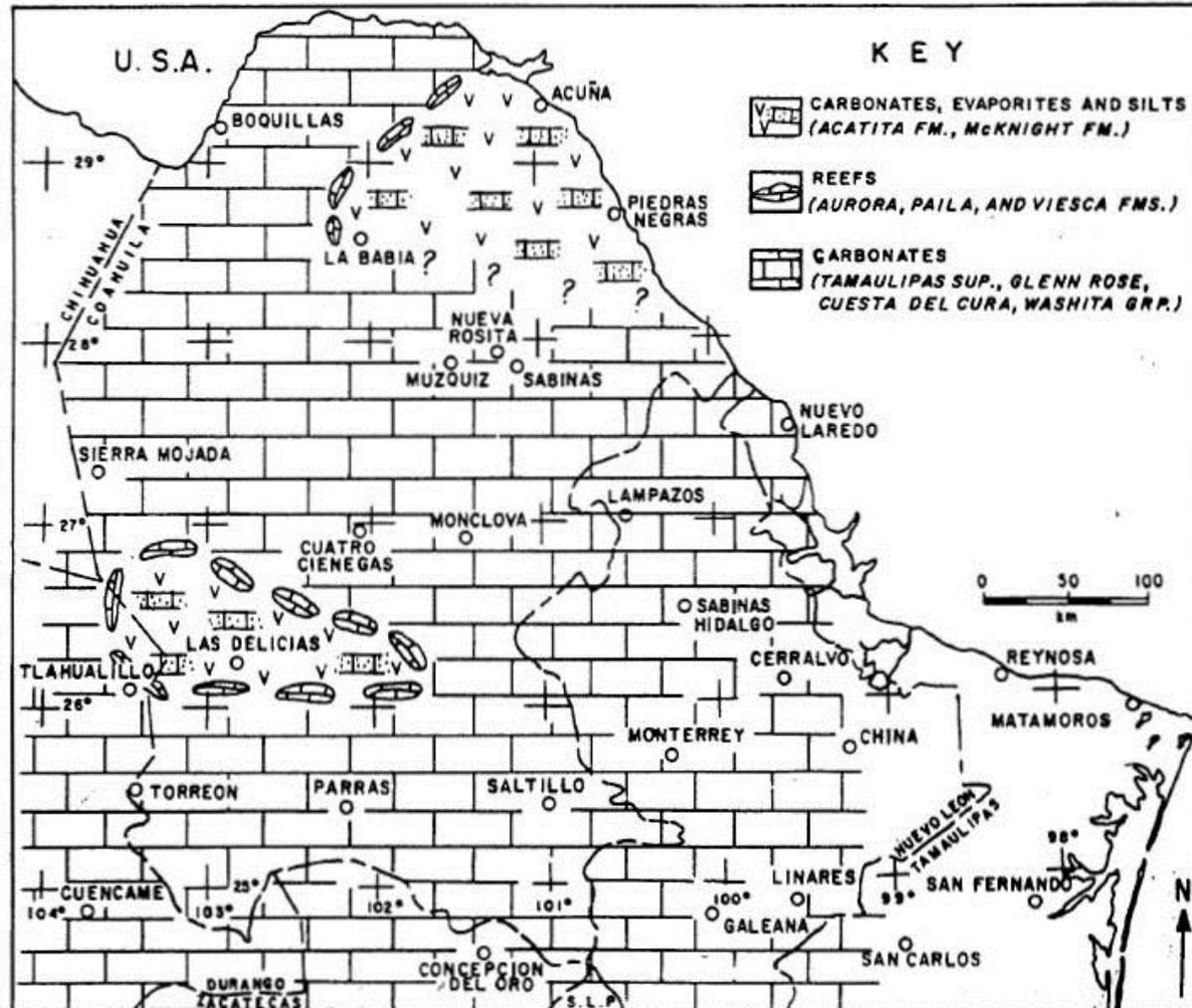


Fig. 9. Albian - Cenomanian paleogeography of northeast Mexico.

I. RESUMEN DE LA ESTRATIGRAFÍA Y PALEOGEOGRAFÍA DEL MESOZOICO DEL NE DE MEXICO

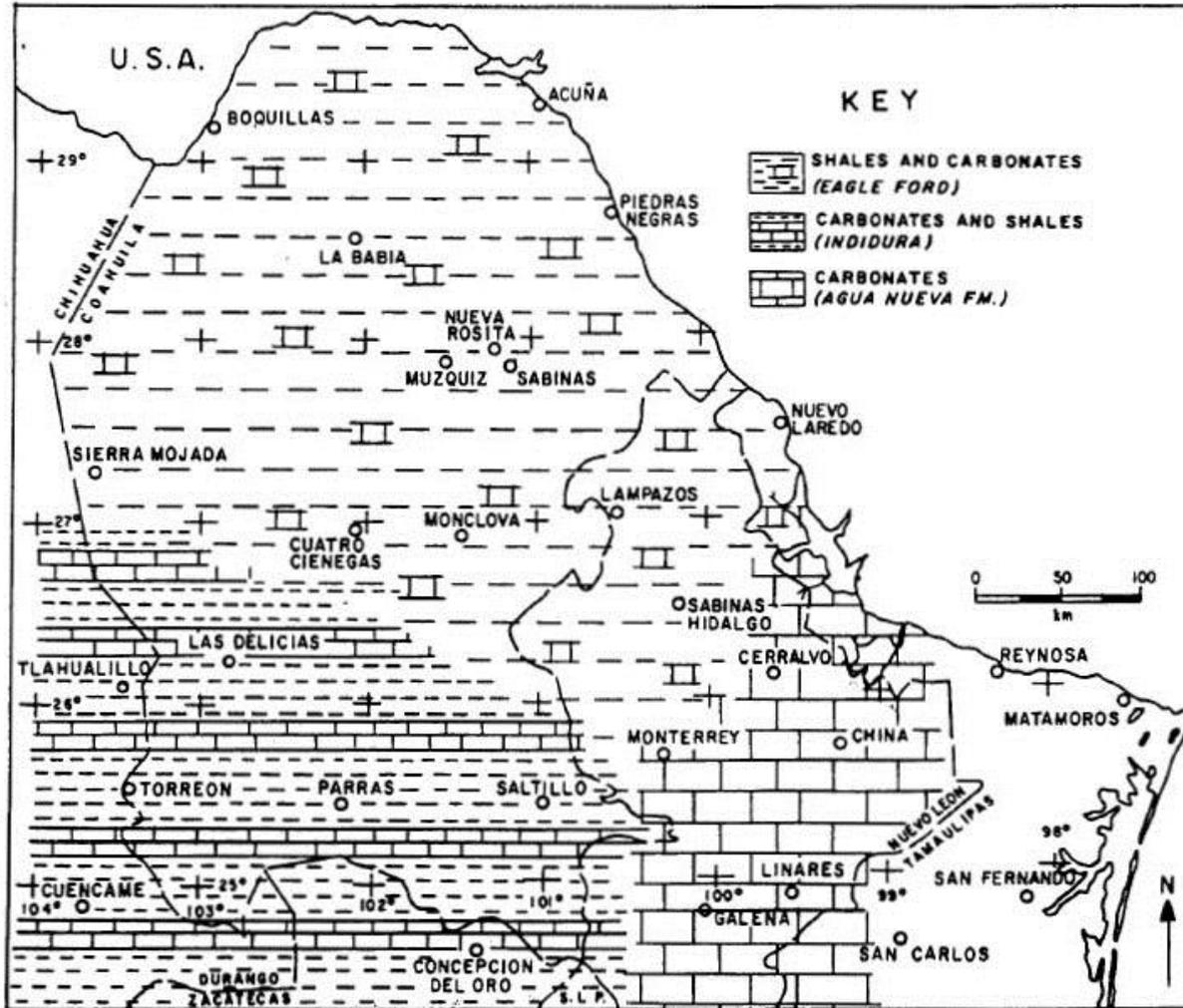


Fig. 10. Turonian paleogeography of northeast Mexico.

I. RESUMEN DE LA ESTRATIGRAFÍA Y PALEOGEOGRAFÍA DEL MESOZOICO DEL NE DE MEXICO



Fig. 11. Coniacian - Santonian paleogeography of northeast Mexico.

I. RESUMEN DE LA ESTRATIGRAFÍA Y PALEO GEOGRAFÍA DEL MESOZOICO DEL NE DE MEXICO

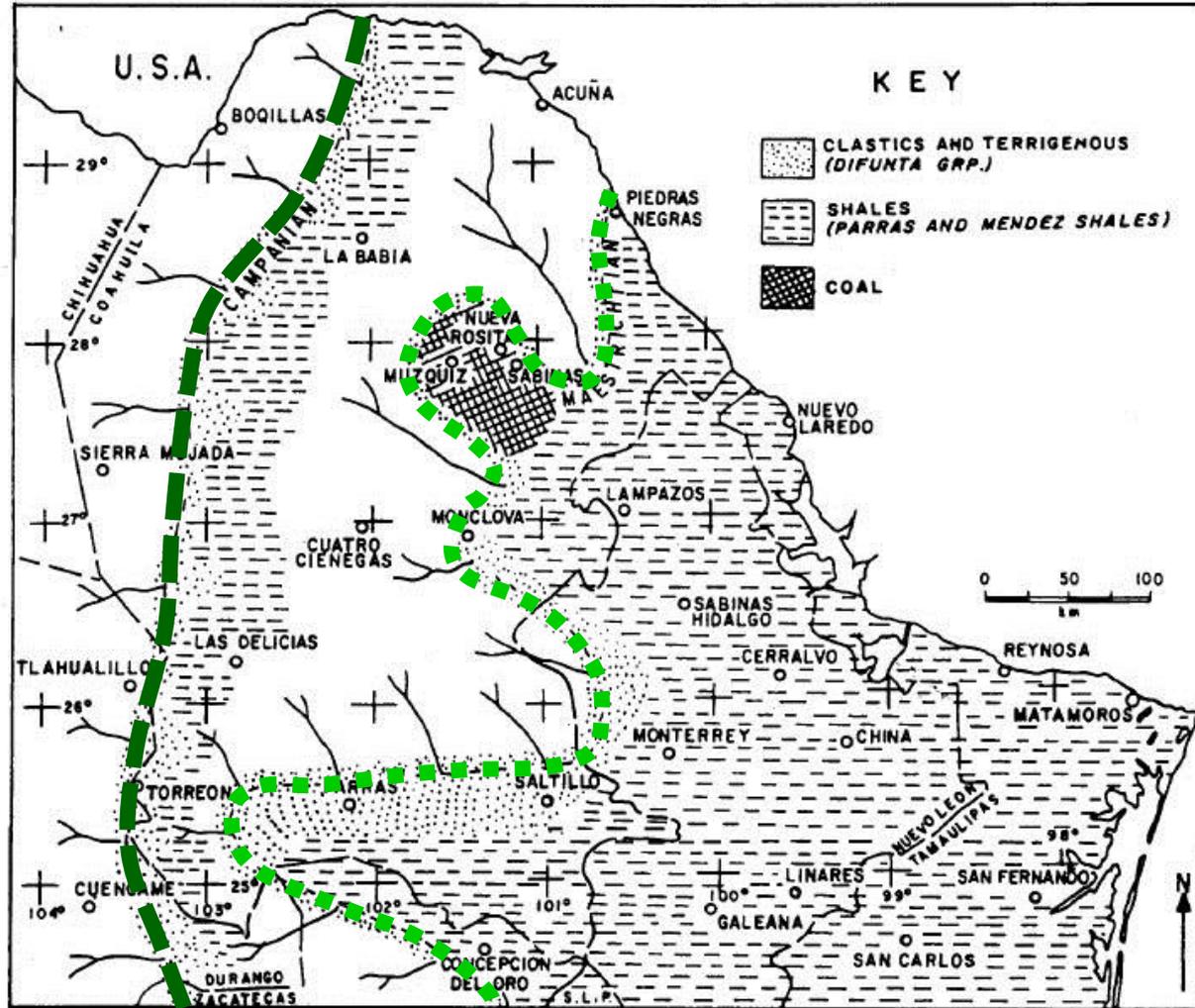
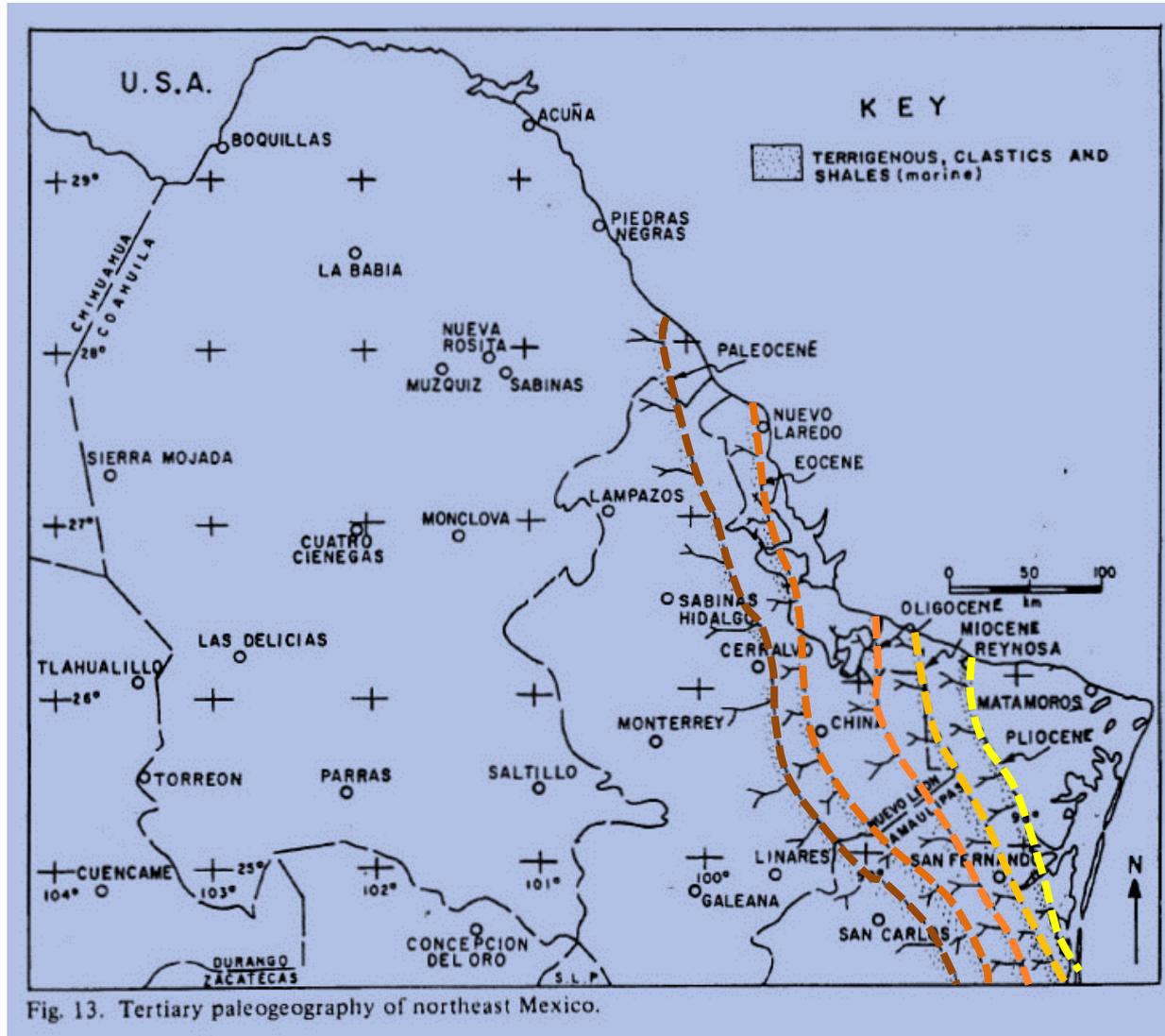


Fig. 12. Campanian - Maastrichtian paleogeography of northeast Mexico.

I. RESUMEN DE LA ESTRATIGRAFÍA Y PALEO GEOGRAFÍA DEL MESOZOICO DEL NE DE MEXICO



II. TECTONICA Y ESTILOS DE PLEGAMIENTO EN EL NE DE MEXICO

C.- Lineaments

Lineaments have been defined as:

- * - Significant lines of landscapes which reveal the hidden architecture of the rock basement. They are character lines of the Earth's physiognomy.
- ** - An essentially rectilinear topographic feature resulting from a fault.
- ** - A topographic line that is structurally controlled.

In the area under consideration for this chapter, and with the aid of satellite photographs, it was possible to interpret several linear features that coincide with the boundaries of different styles of folding. Two of these lineaments are easily identified: the Boquillas-Sabinas, and the Sierra Mojada-China (Figure V-2).

II. TECTÓNICA Y
ESTILOS DE
PLEGAMIENTO EN EL
NE DE MEXICO



II. TECTONICA Y ESTILOS DE PLEGAMIENTO EN EL NE DE MEXICO

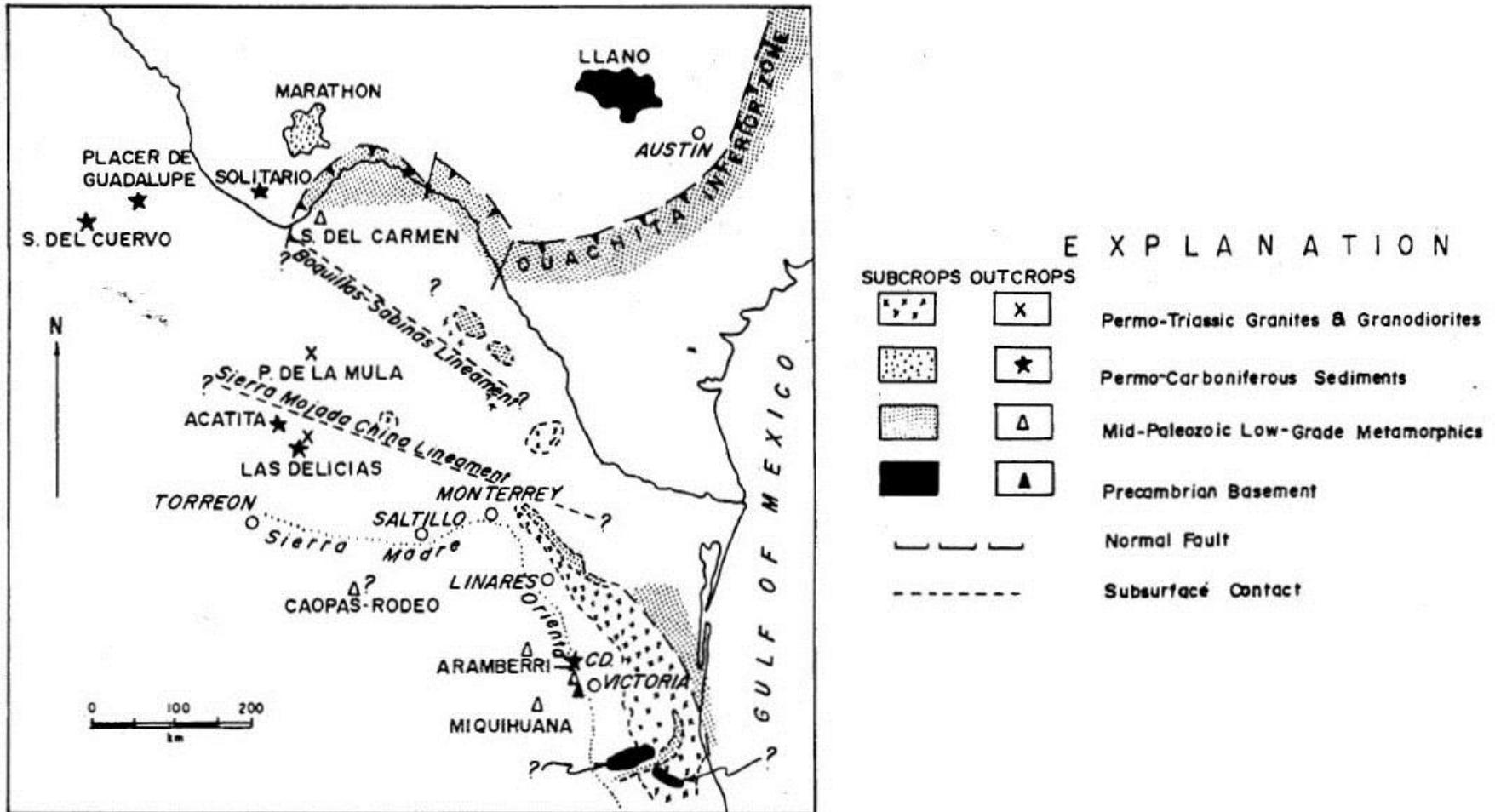


Fig. 16. Generalized geologic map of southern United States and northeast Mexico showing the surface and subsurface occurrences of pre-Mesozoic rocks. Modified from Garrison *et al.* (1980), after Flawn *et al.* (1961), López-Ramos (1972), and unpublished sources.

II. TECTONICA Y ESTILOS DE PLEGAMIENTO EN EL NE DE MEXICO

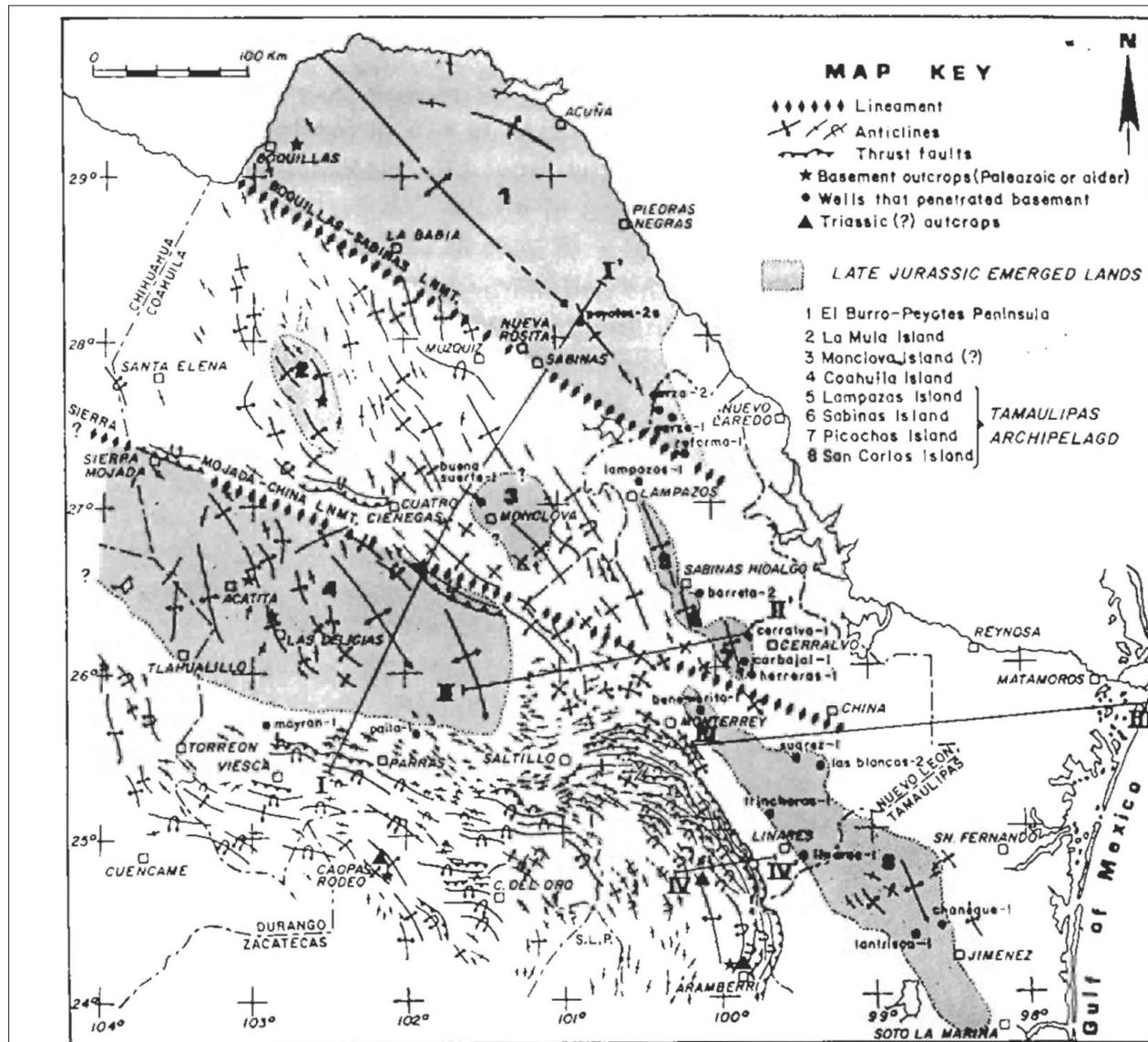


Fig. 15. Structural map of northeast Mexico showing the approximate location of Late Jurassic continental areas. The location of wells is approximate. The lines of sections shown in this map correspond to those of Figure 17.

II. TECTONICA Y ESTILOS DE PLEGAMIENTO EN EL NE DE MEXICO

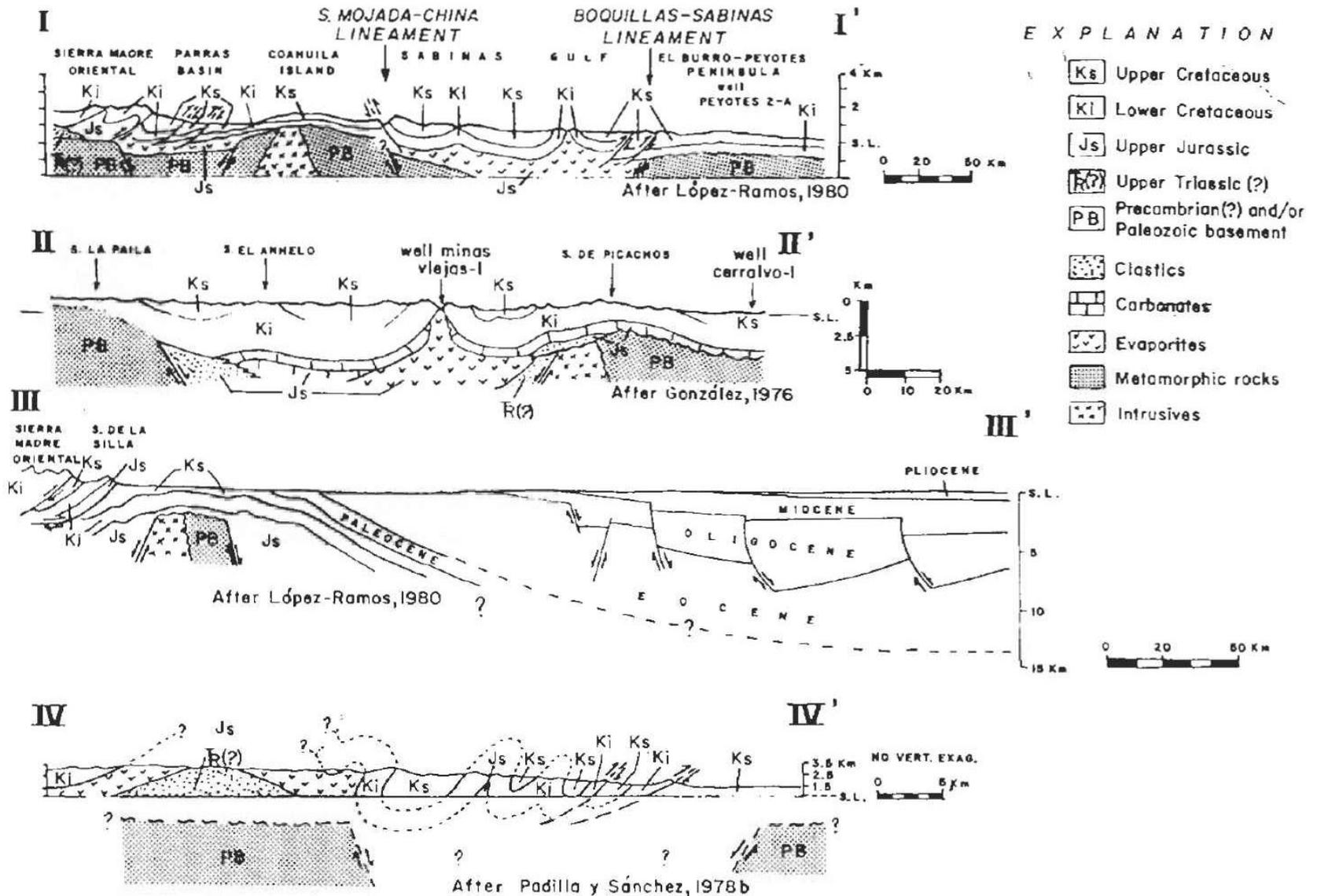


Fig. 17. Schematic cross-sections showing the different styles of folding in northeast Mexico. All four cross-sections have been slightly modified by the writer, but their vertical and horizontal scales are the same used in the original sources. For location of sections see figure 15.

II. TECTONICA Y ESTILOS DE PLEGAMIENTO EN EL NE DE MEXICO

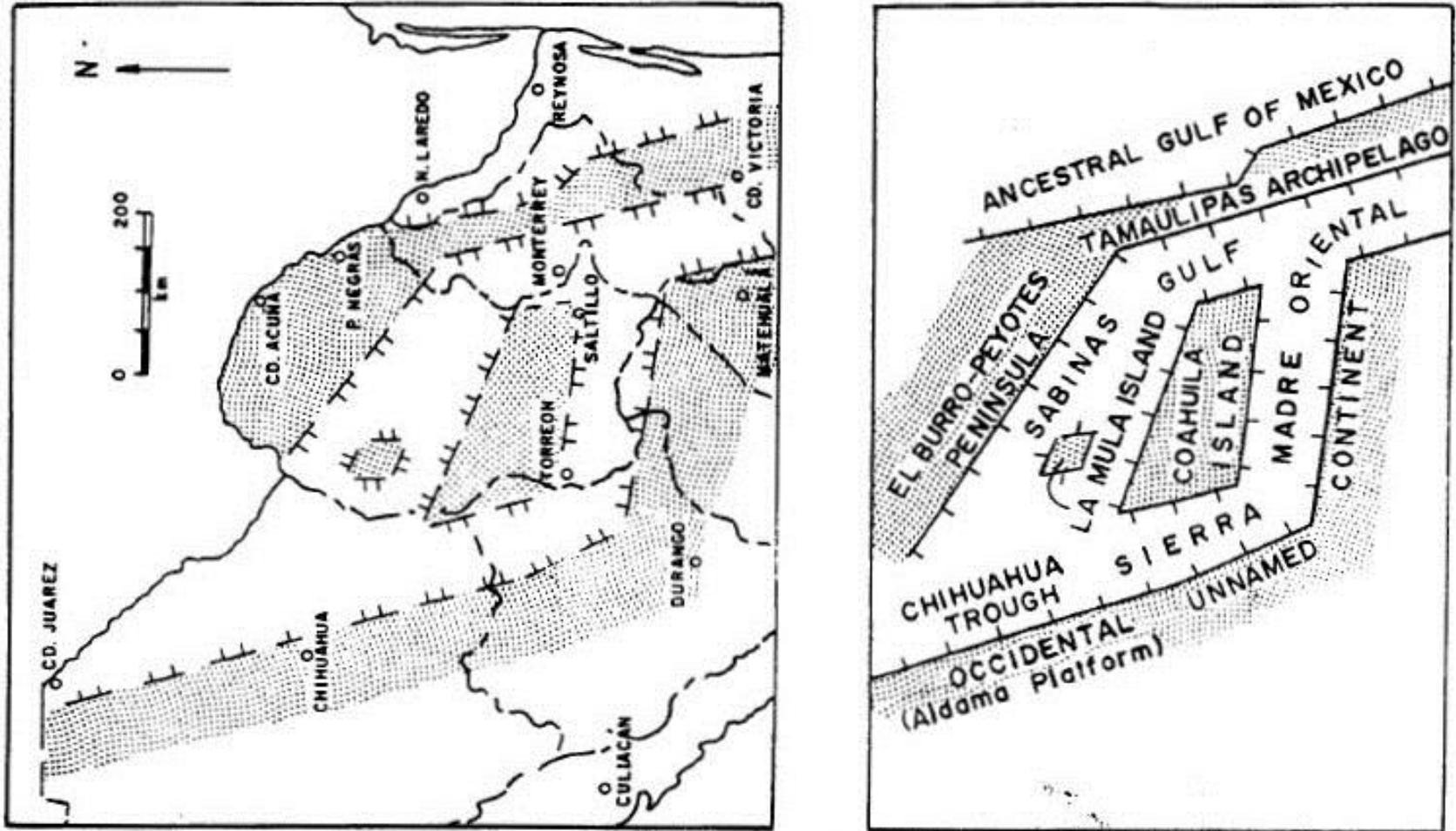


Fig. 18. Diagrammatic distribution of Early Mesozoic horsts and grabens in northeast Mexico.

II. TECTONICA Y ESTILOS DE PLEGAMIENTO EN EL NE DE MEXICO

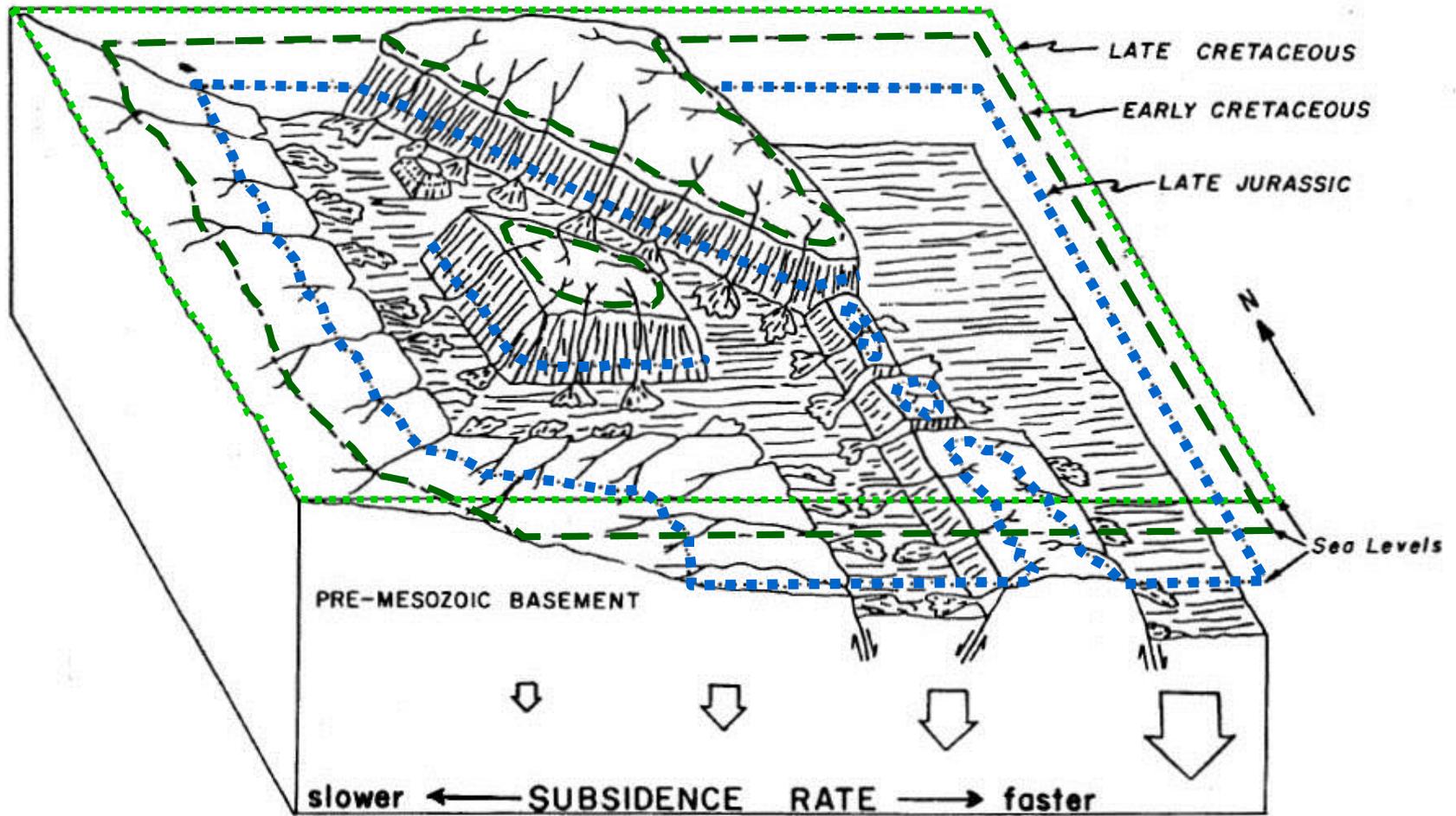


Fig. 19. Idealized block-diagram showing the major Early Mesozoic grabens and horsts in northeastern Mexico, and the inferred transgression of the sea over continental areas during the Late Jurassic (dotted line), Early Cretaceous (dashed line), and Late Cretaceous (solid line).

II. TECTONICA Y ESTILOS DE PLEGAMIENTO EN EL NE DE MEXICO

D. Modelo para explicar el mecanismo de deformación del NE de México

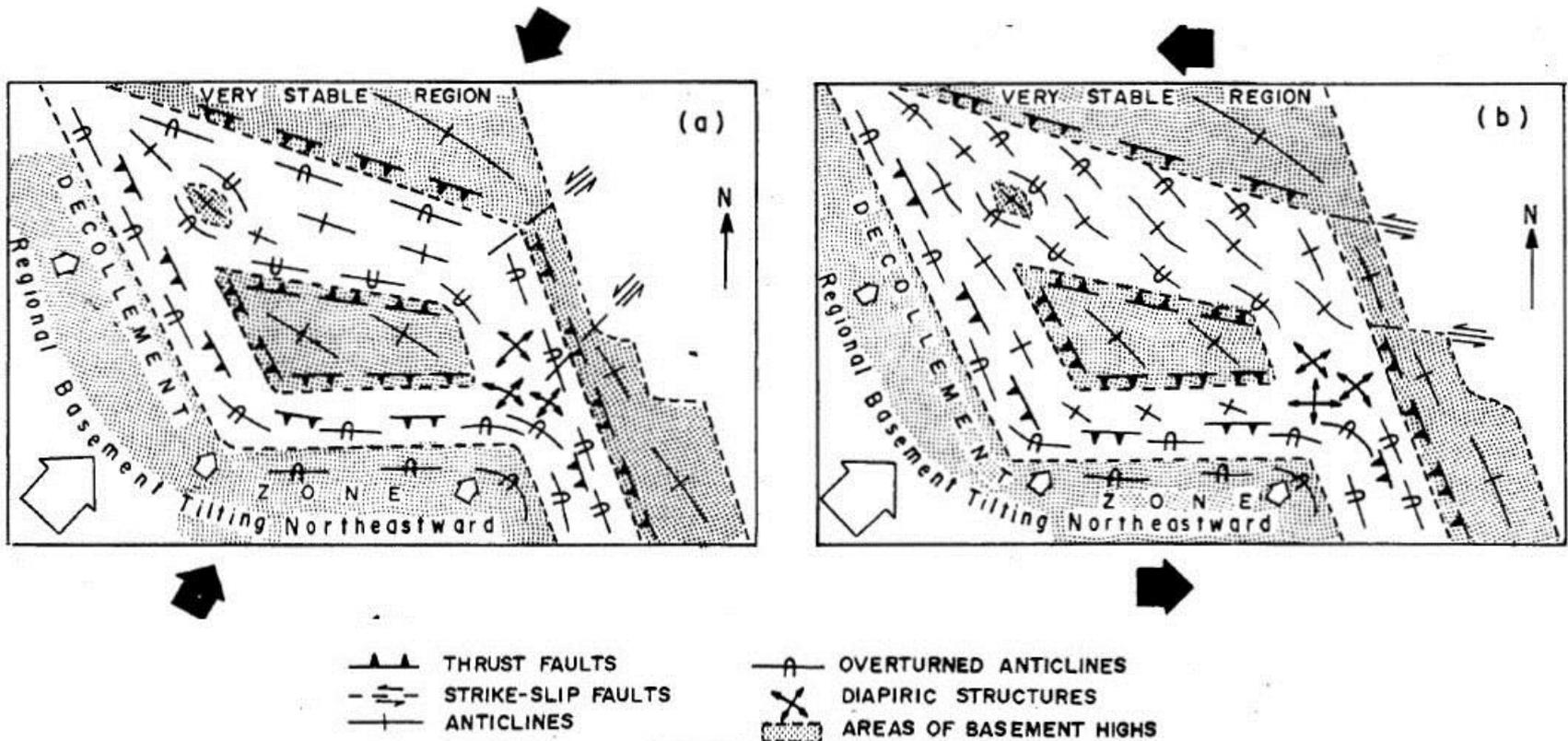
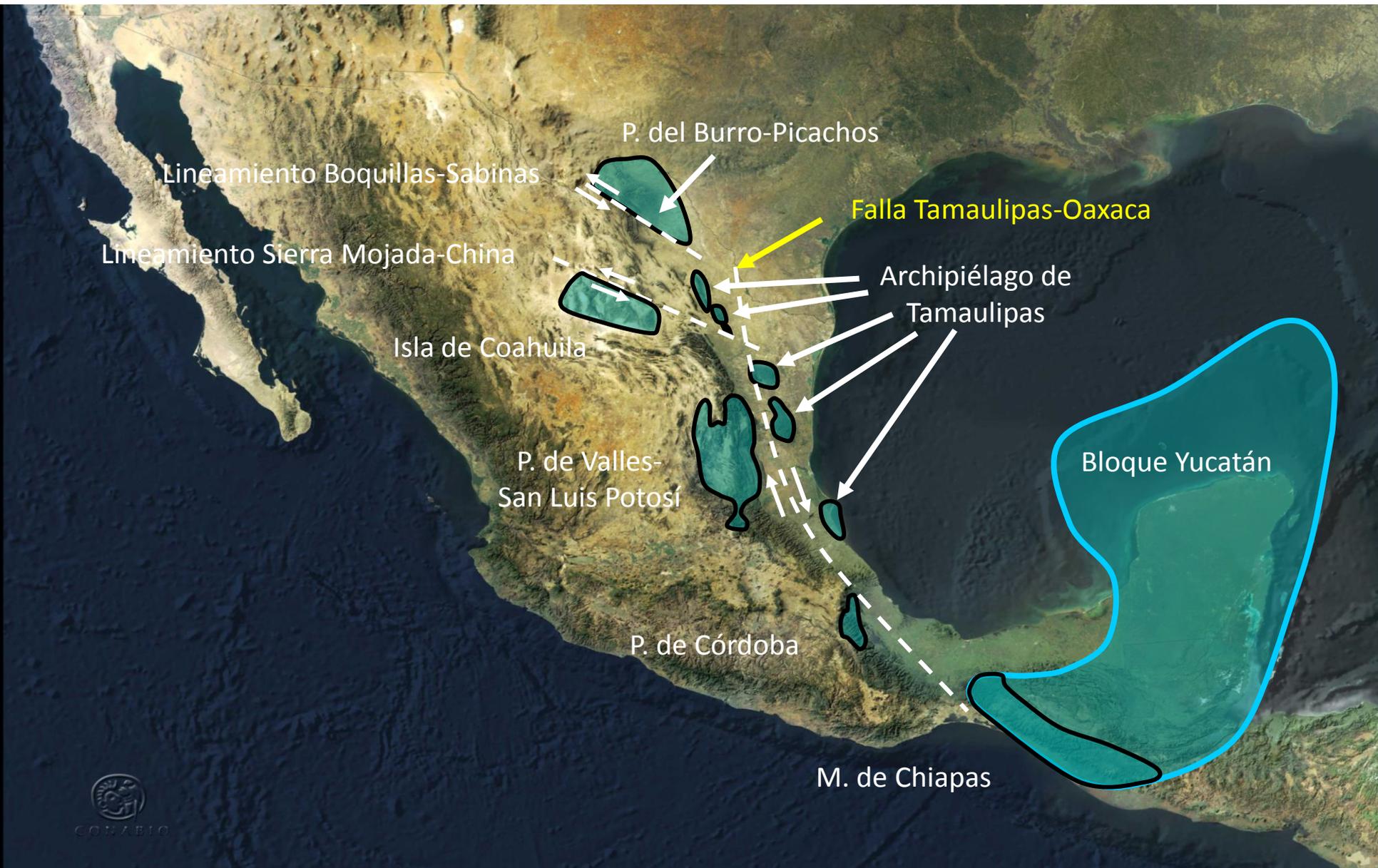


Fig. 20. Idealized distribution of structures if (a) SW-NE coaxial compressive forces ("classical model"), or (b) a sinistral E-W shear couple of forces were applied to a sedimentary post-Late Triassic-Late Cretaceous cover. See text for discussion.

III. MODELO DE TECTÓNICA DE PLACAS PARA EXPLICAR LA EVOLUCION MESOZOICA-CENOZOICA DE LA REGIÓN DEL GOLFO DE MEXICO-CARIBE



III. MODELO DE TECTÓNICA DE PLACAS PARA EXPLICAR LA EVOLUCION MESOZOICA-CENOZOICA DE LA REGIÓN DEL GOLFO DE MEXICO-CARIBE

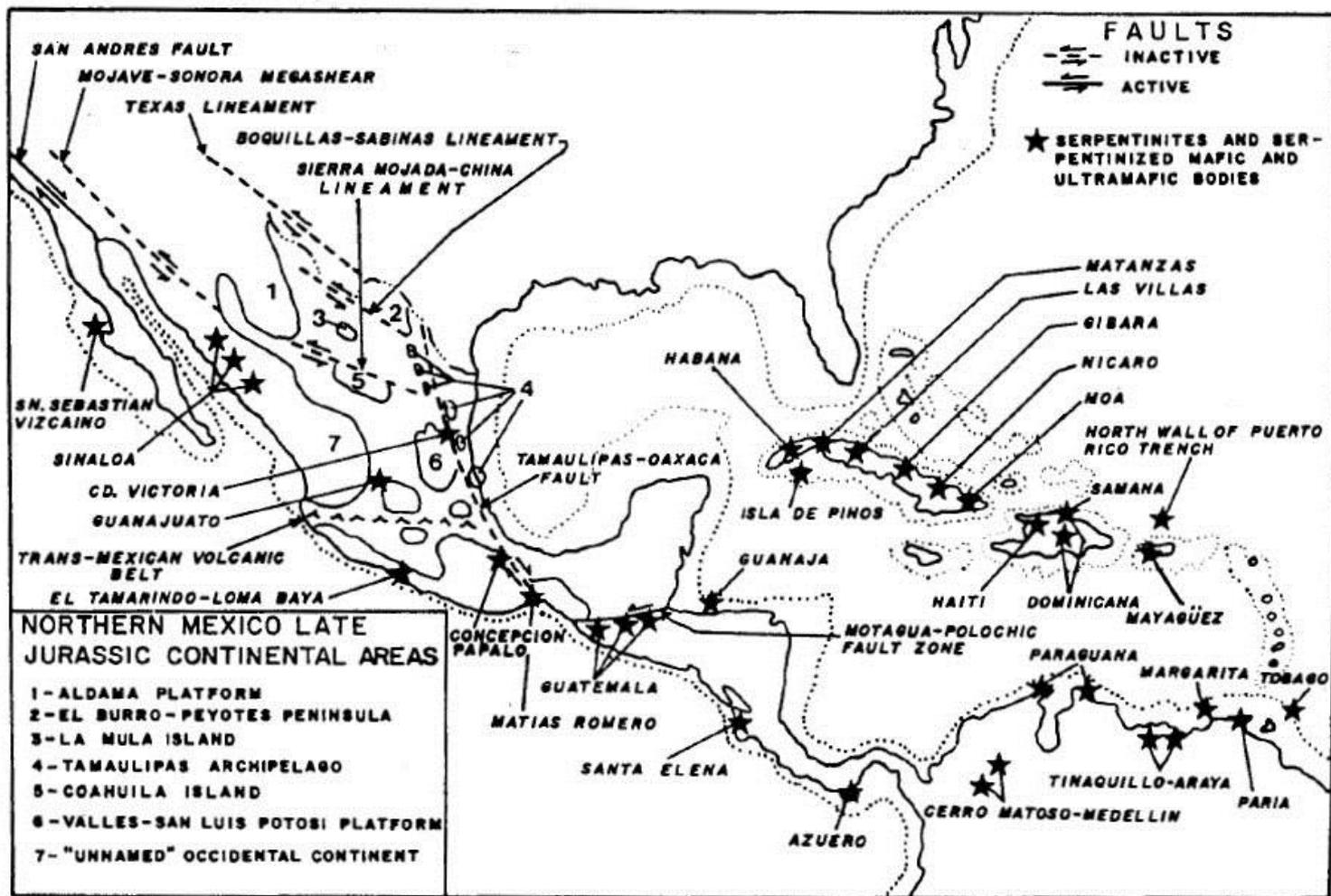
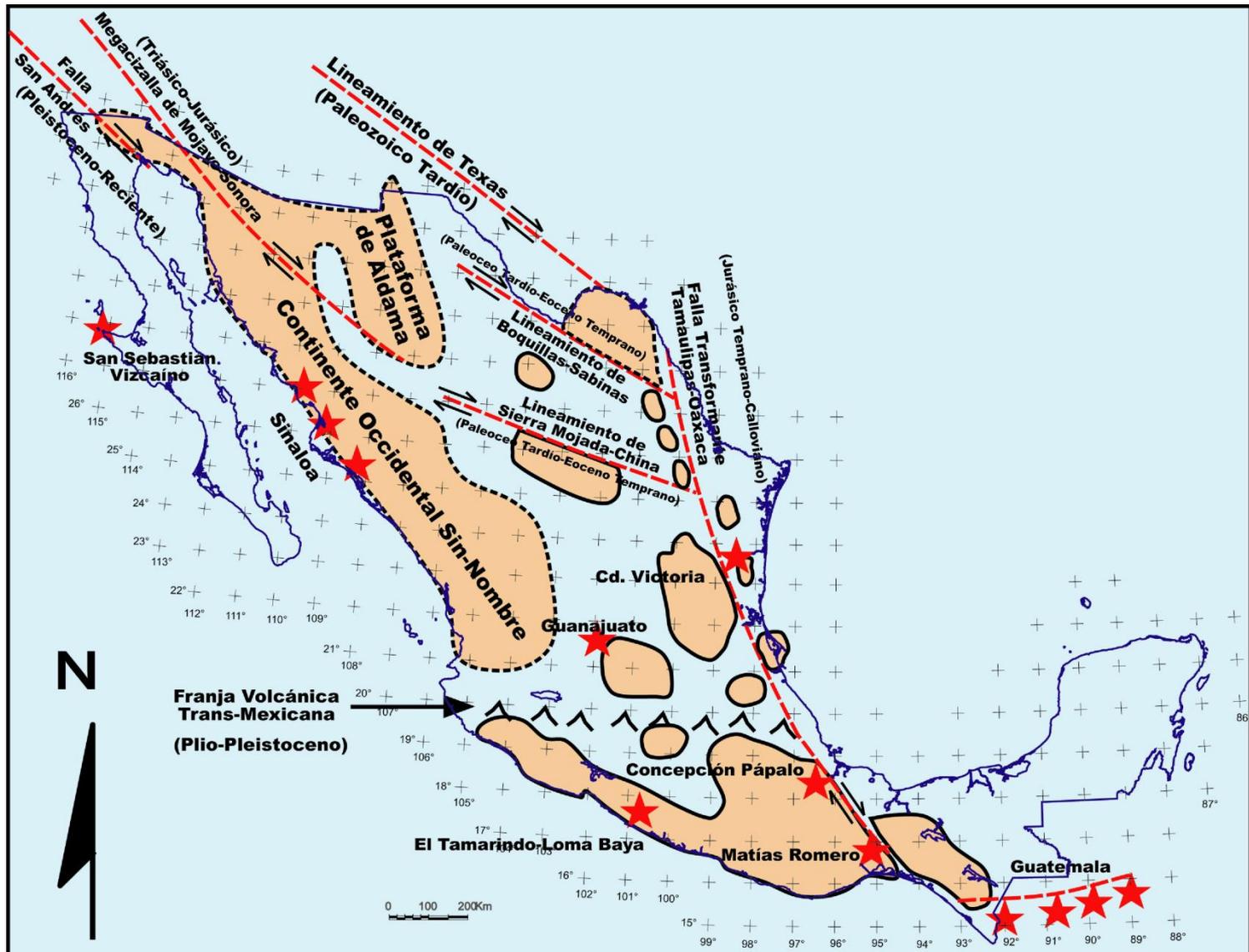


Fig. 21. Major tectonic features considered in this paper. From several sources, mainly Case (1980), Enos (1983), Urrutia-Fucugauchi (1984), Anderson and Schmidt (1983), Delgado and Morales (1984), Horne *et al.* (1976), and Dengo (1972). Note that most serpentinites and serpentinitized mafic and ultramafic rocks are commonly related to transform fault zones.

III. MODELO DE TECTÓNICA DE PLACAS PARA EXPLICAR LA EVOLUCION MESOZOICA-CENOZOICA DE LA REGIÓN DEL GOLFO DE MEXICO-CARIBE



III. MODELO DE TECTÓNICA DE PLACAS PARA EXPLICAR LA EVOLUCIÓN MESOZOICA-CENOZOICA DE LA REGIÓN DEL GOLFO DE MEXICO-CARIBE

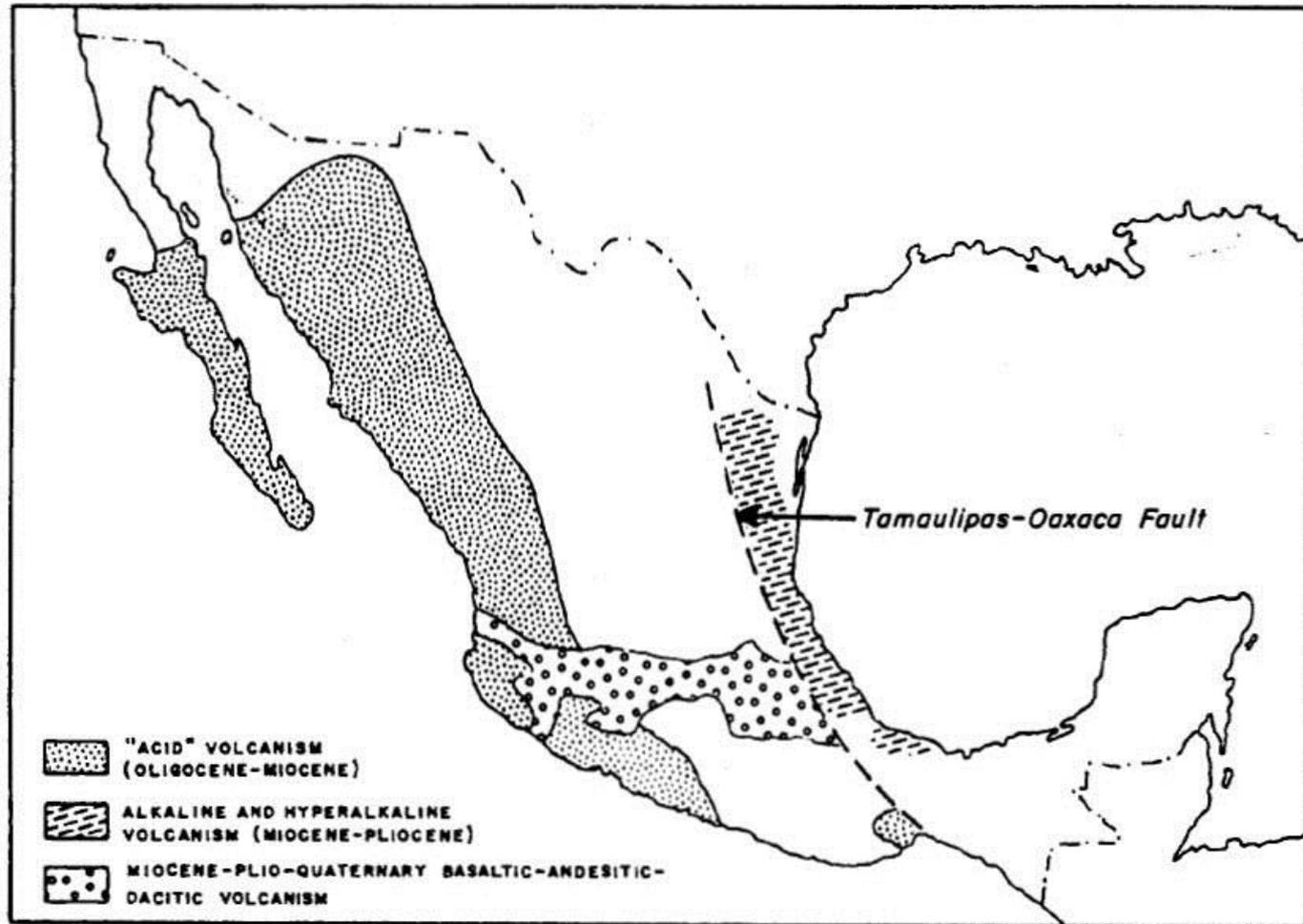
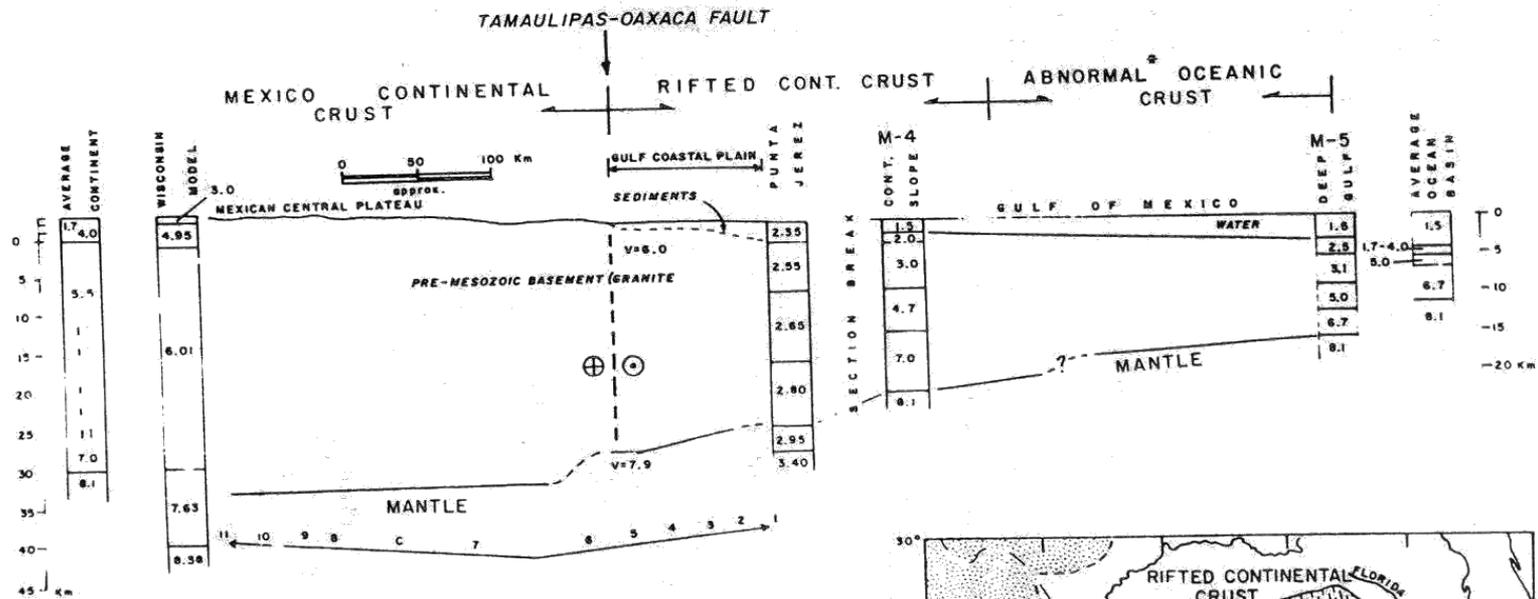


Fig. 22. Distribution of Cenozoic volcanism in Mexico. Modified from Robin (1982). El Chichón volcanic area and several others have been omitted because they are irrelevant for this discussion.

III. MODELO DE TECTÓNICA DE PLACAS PARA EXPLICAR LA EVOLUCION MESOZOICA-CENOZOICA DE LA REGIÓN DEL GOLFO DE MEXICO-CARIBE



Numbers in Punta Jerez column indicate densities in g/cc, otherwise indicate Pwave velocities in Km/sec

*Abnormal means an oceanic crust covered by a thick package of sediments

Fig. 23. Crustal model of eastern Mexico and adjoining areas. Modified from Ramirez (1984).

III. MODELO DE TECTÓNICA DE PLACAS PARA EXPLICAR LA EVOLUCION MESOZOICA-CENOZOICA DE LA REGIÓN DEL GOLFO DE MEXICO-CARIBE

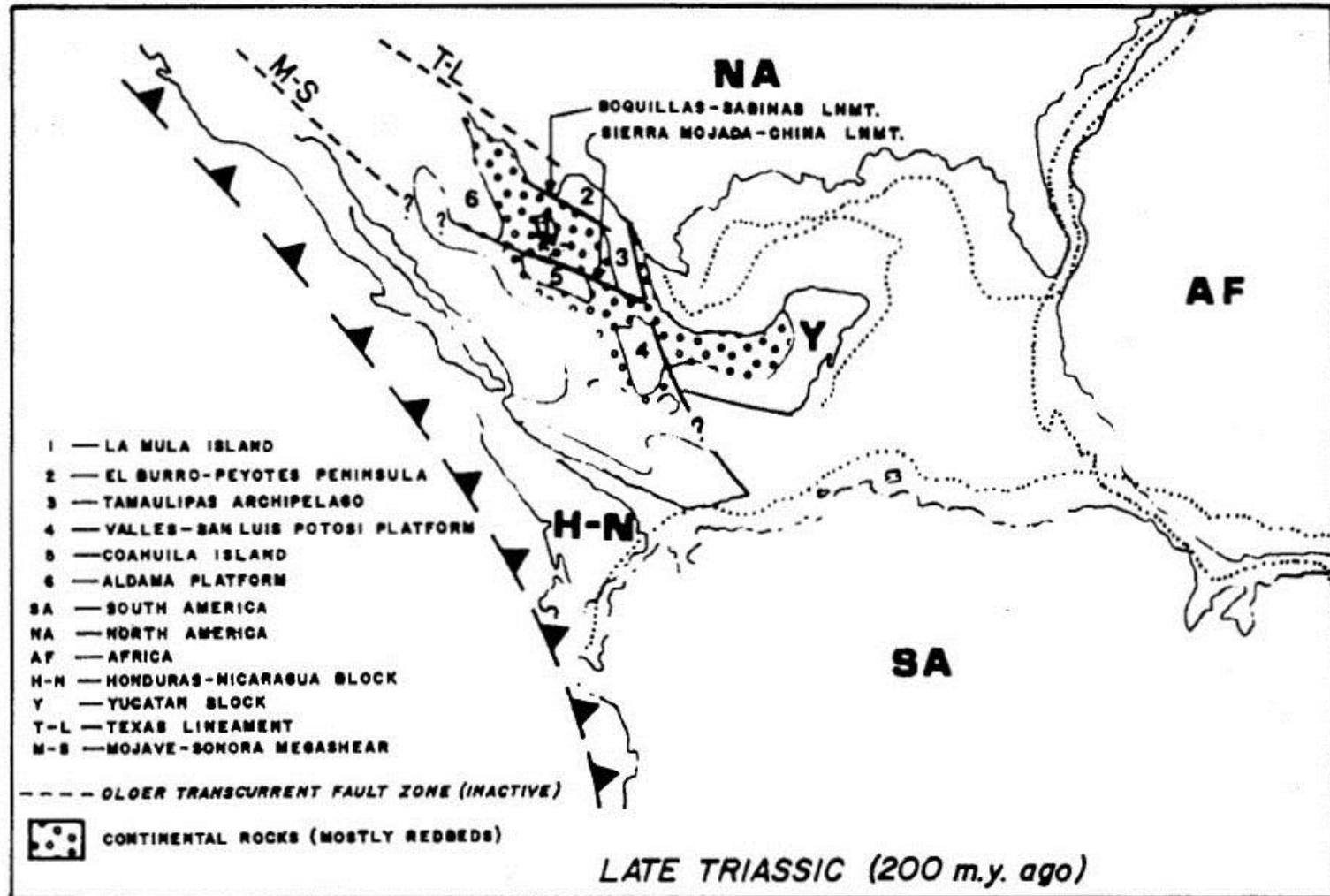
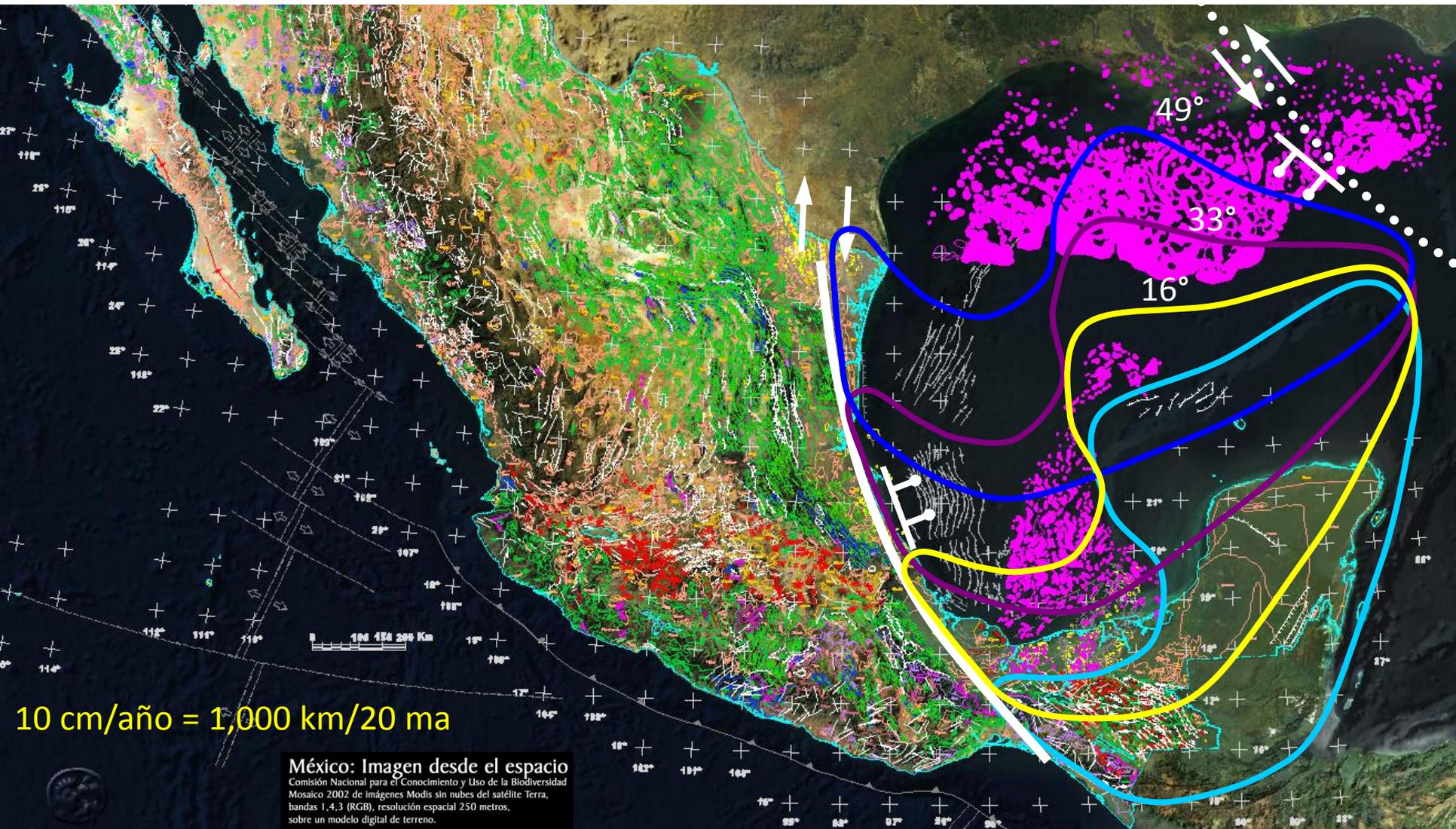


Fig. 24. Paleo-reconstruction at 200 Ma. Note in this and in subsequent figures that paleogeographic data are included only for Mexico, specifically the northeastern part.

III. MODELO DE TECTÓNICA DE PLACAS PARA EXPLICAR LA EVOLUCIÓN MESOZOICA-CENOZOICA DE LA REGIÓN DEL GOLFO DE MEXICO-CARIBE



Trayectoria del Bloque Yucatán (180-159 ma)

III. MODELO DE TECTÓNICA DE PLACAS PARA EXPLICAR LA EVOLUCION MESOZOICA-CENOZOICA DE LA REGIÓN DEL GOLFO DE MEXICO-CARIBE

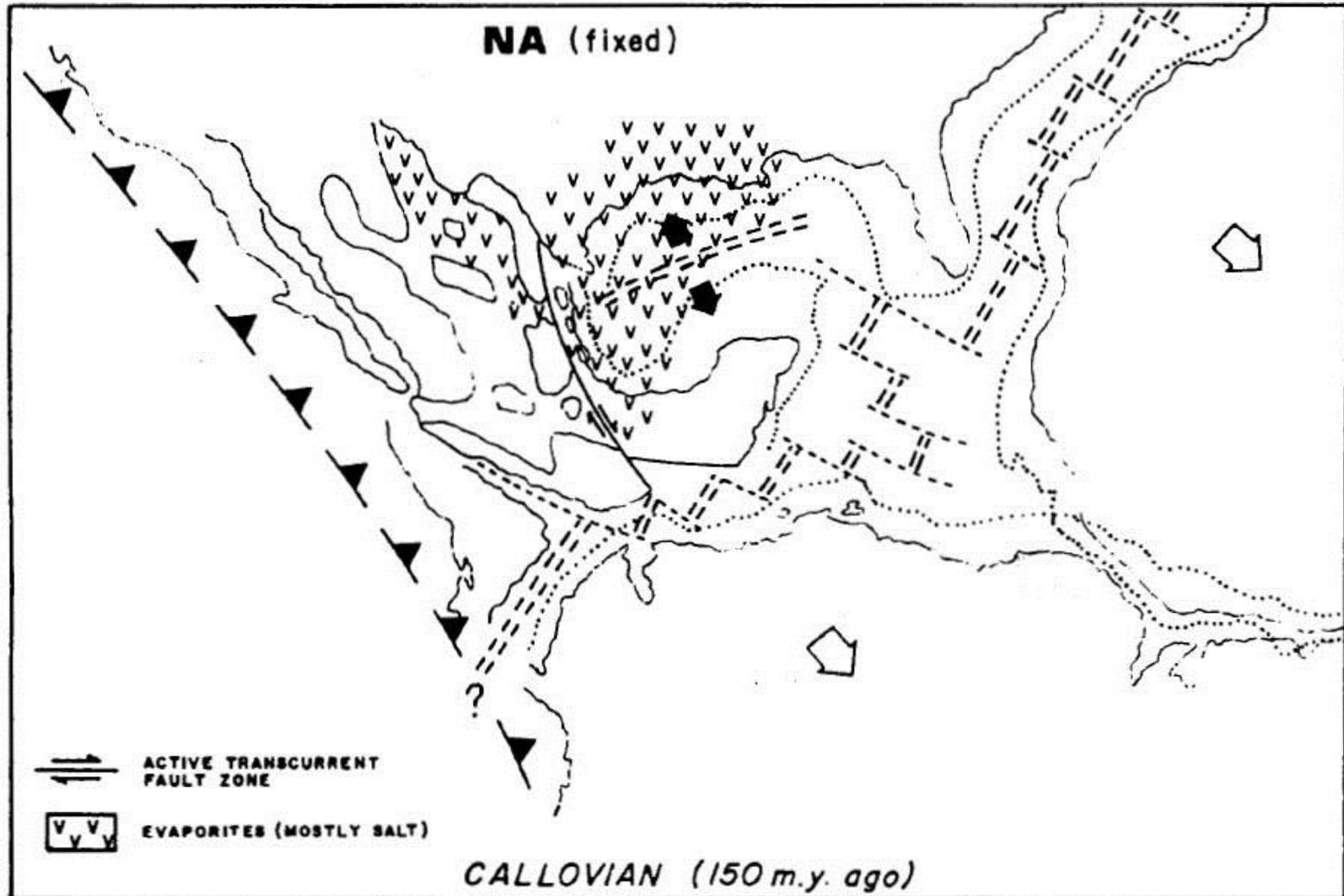


Fig. 25. Paleo-reconstruction at 150 Ma.

III. MODELO DE TECTÓNICA DE PLACAS PARA EXPLICAR LA EVOLUCION MESOZOICA-CENOZOICA DE LA REGIÓN DEL GOLFO DE MEXICO-CARIBE

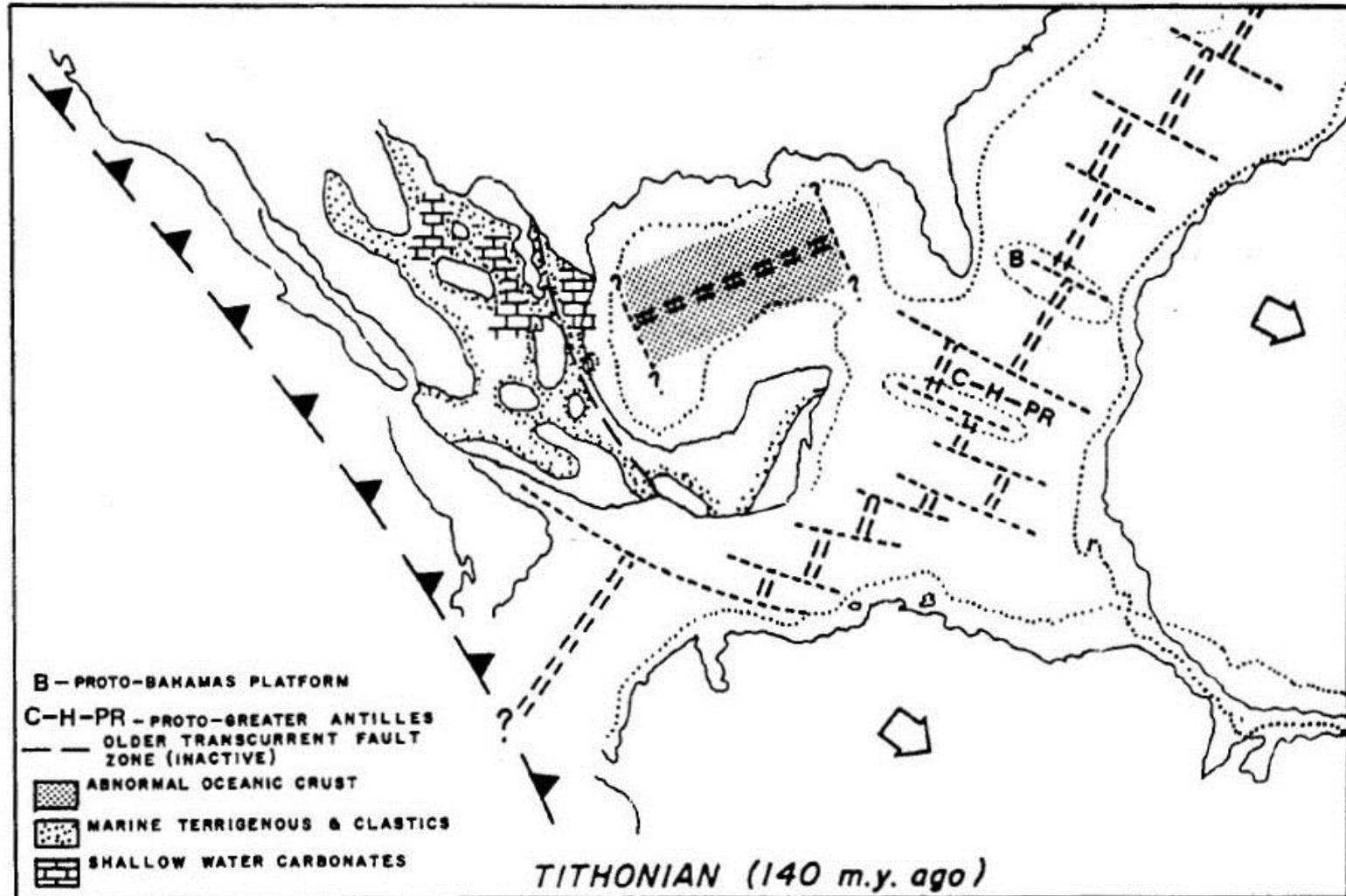


Fig. 26. Paleo-reconstruction at 140 Ma.

III. MODELO DE TECTÓNICA DE PLACAS PARA EXPLICAR LA EVOLUCION MESOZOICA-CENOZOICA DE LA REGIÓN DEL GOLFO DE MEXICO-CARIBE

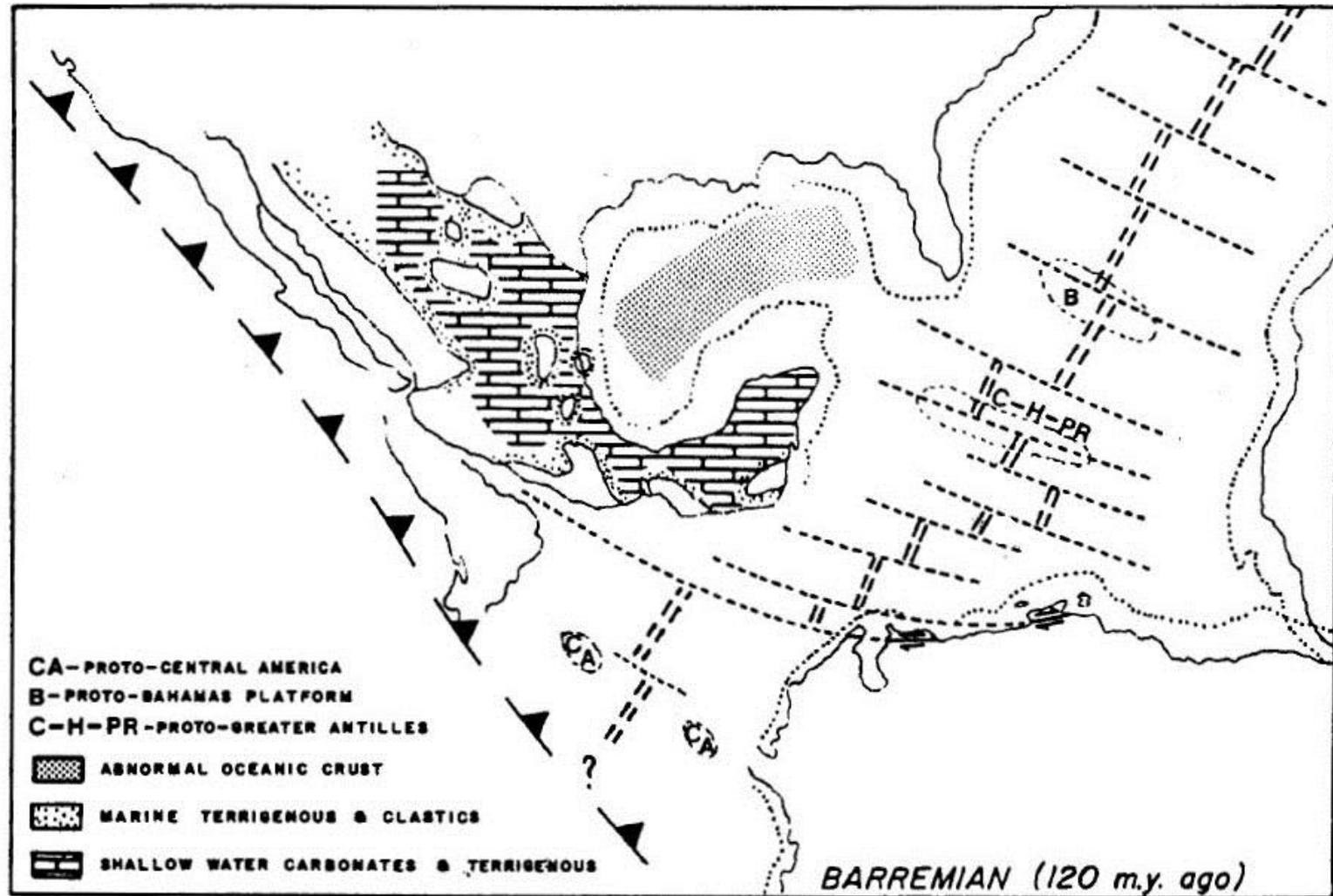


Fig. 27. Paleo-reconstruction at 120 Ma.

III. MODELO DE TECTÓNICA DE PLACAS PARA EXPLICAR LA EVOLUCION MESOZOICA-CENOZOICA DE LA REGIÓN DEL GOLFO DE MEXICO-CARIBE

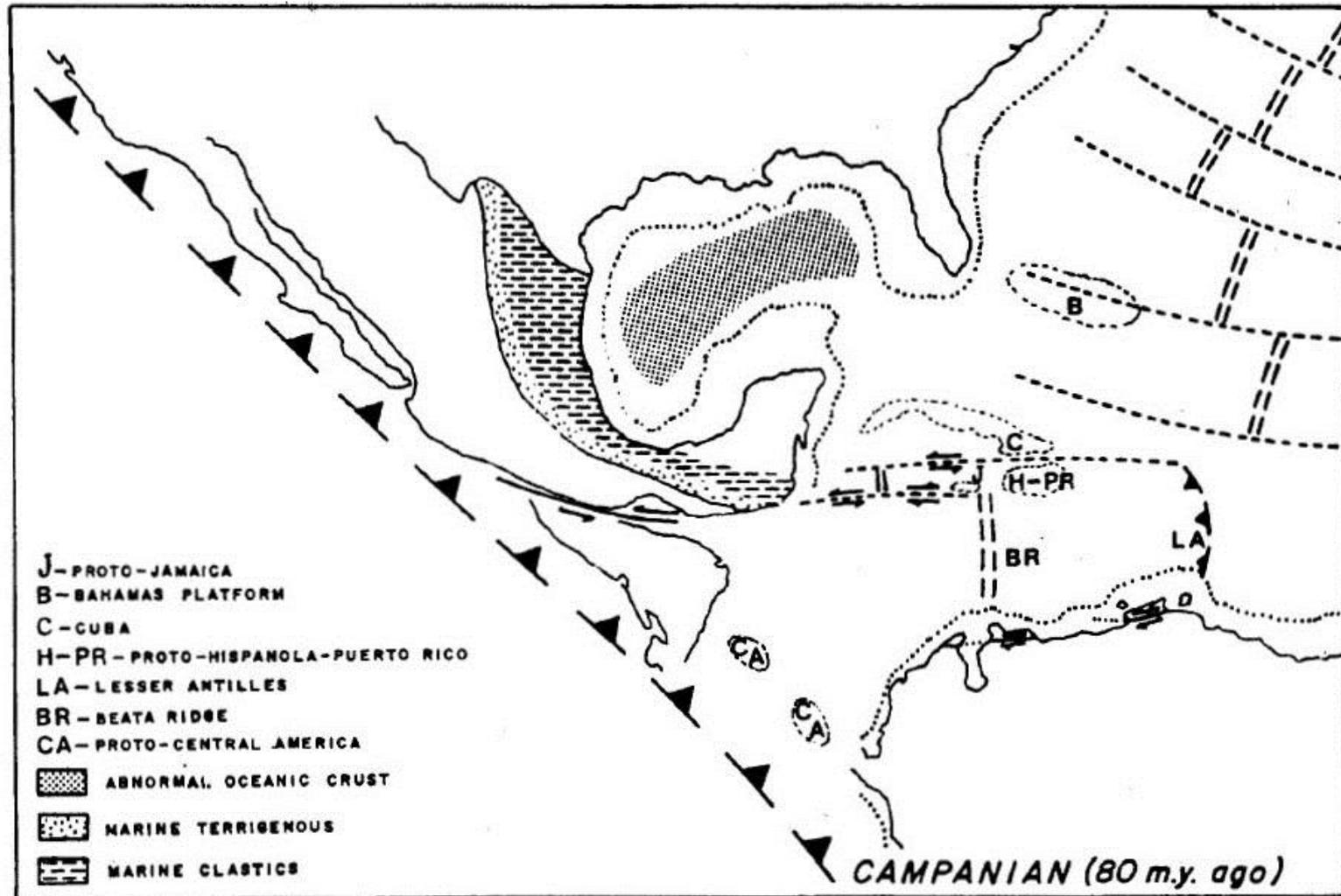


Fig. 28. Paleo-reconstruction at 80 Ma.

III. MODELO DE TECTÓNICA DE PLACAS PARA EXPLICAR LA EVOLUCION MESOZOICA-CENOZOICA DE LA REGIÓN DEL GOLFO DE MEXICO-CARIBE

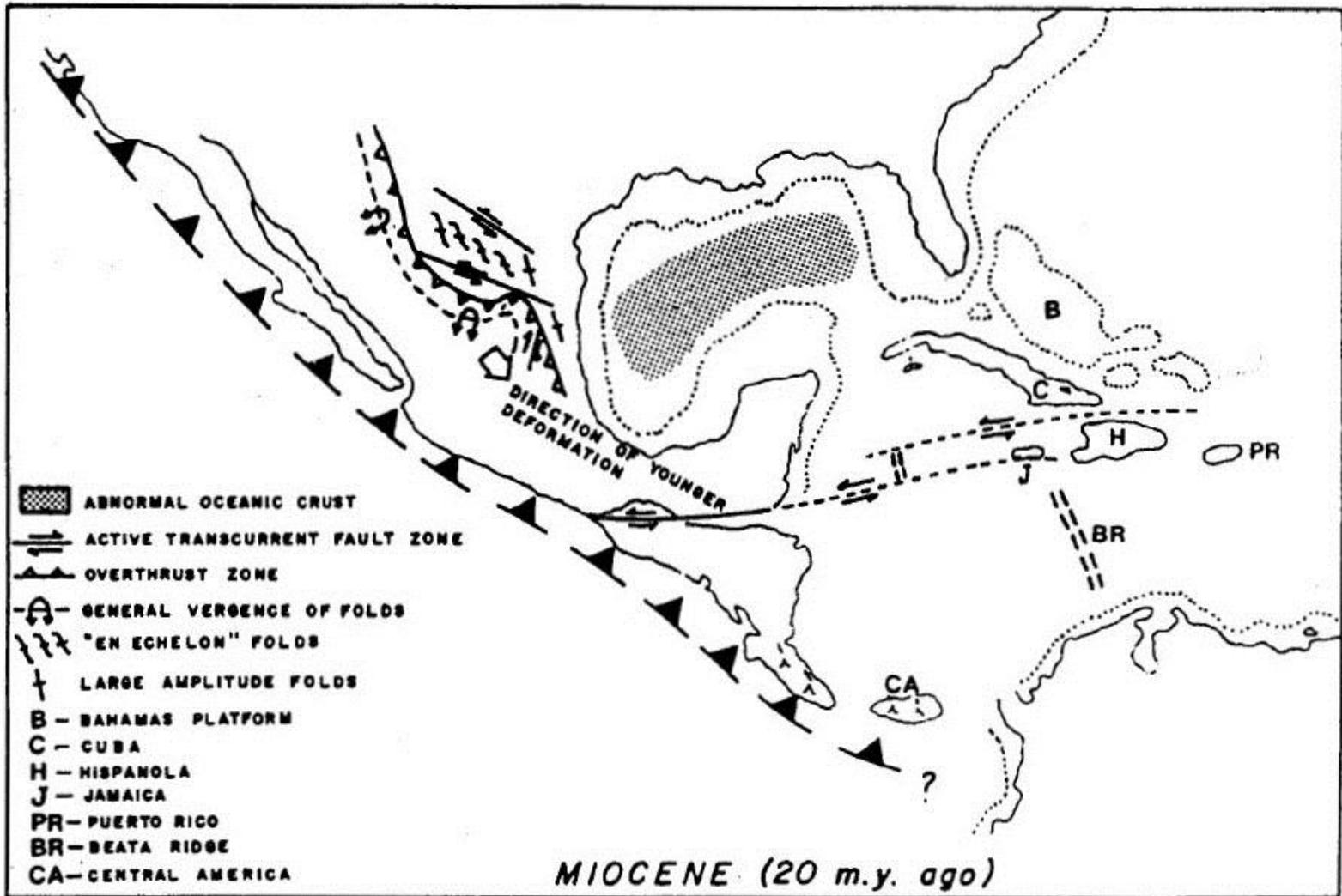


Fig. 29. Paleo-reconstruction at 20 Ma.

III. MODELO DE TECTÓNICA DE PLACAS PARA EXPLICAR LA EVOLUCION MESOZOICA-CENOZOICA DE LA REGIÓN DEL GOLFO DE MEXICO-CARIBE

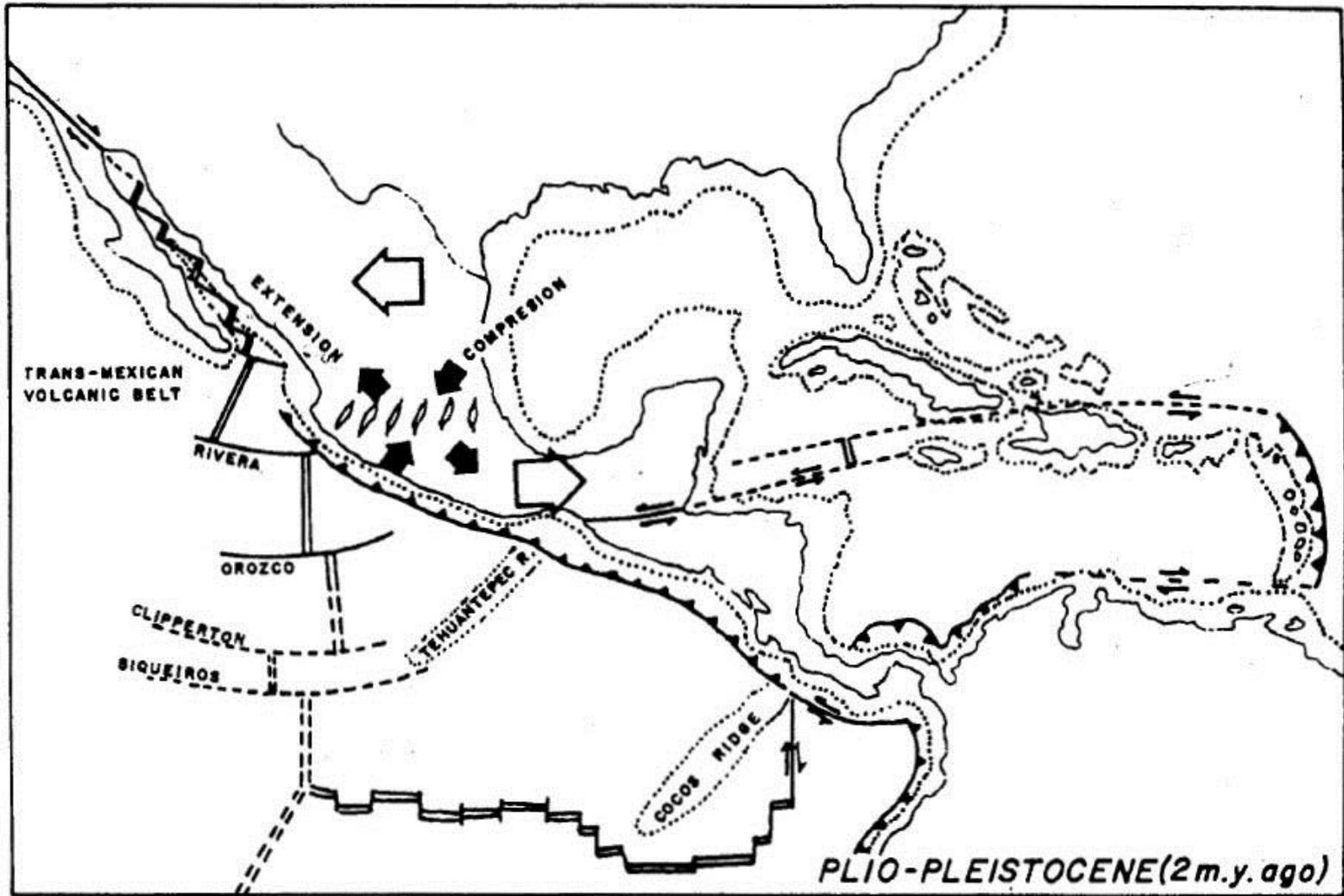


Fig. 30. Paleo-reconstruction at 2 Ma.

III. MODELO DE TECTÓNICA DE PLACAS PARA EXPLICAR LA EVOLUCIÓN MESOZOICA-CENOZOICA DE LA REGIÓN DEL GOLFO DE MEXICO-CARIBE

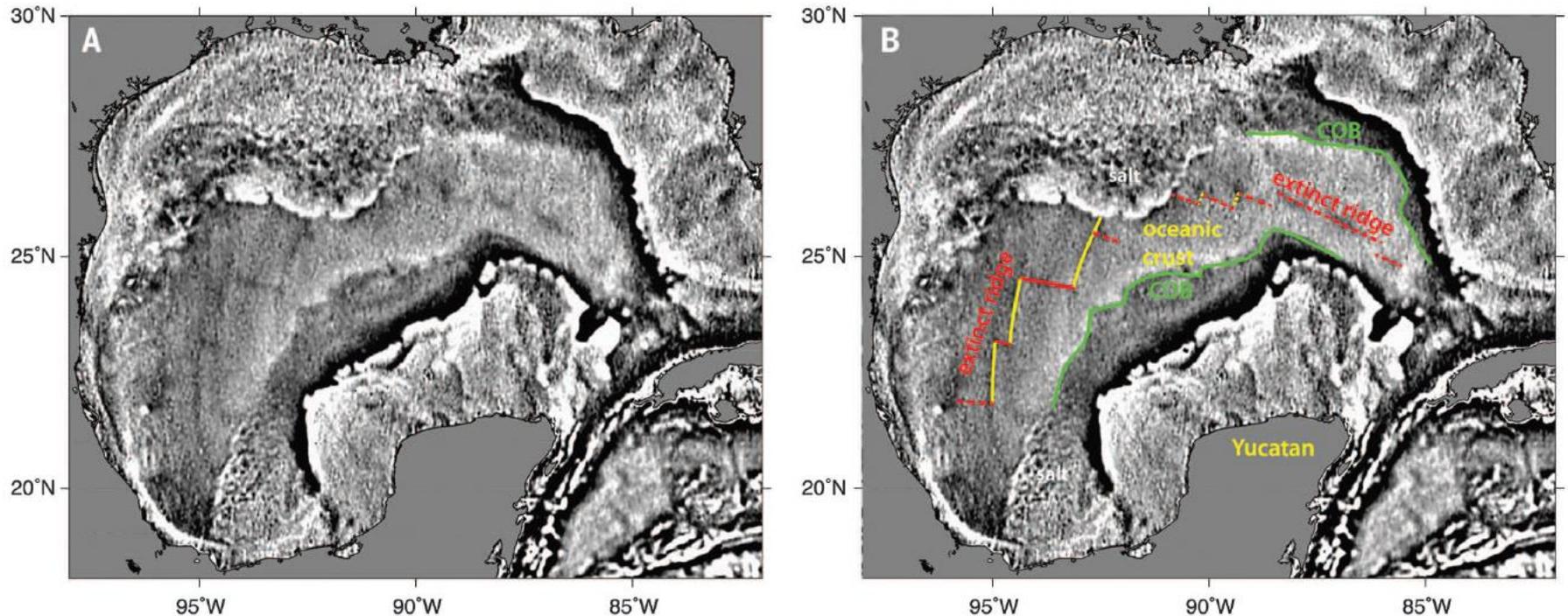


Fig. 2. Gulf of Mexico VGG. (A) Uninterpreted. (B) Our interpretation of tectonic structures, after Pindell and Kennan (9). The VGG reveals subtle signatures of the extinct spreading ridges and FZs as well as a significant change in amplitude across the boundary between continental and oceanic crust (COBs). This is a Mercator projection; grayscale saturates at ± 20 eotvos units.

IV. ¿QUE SON LAS LUTITAS ACEITÍFERAS (SHALE OIL) Y LAS LUTITAS GASÍFERAS (SHALE GAS)?

LAS LUTITAS ACEITÍFERAS (SHALE OIL) Y LAS LUTITAS GASÍFERAS (SHALE GAS) NO SON:

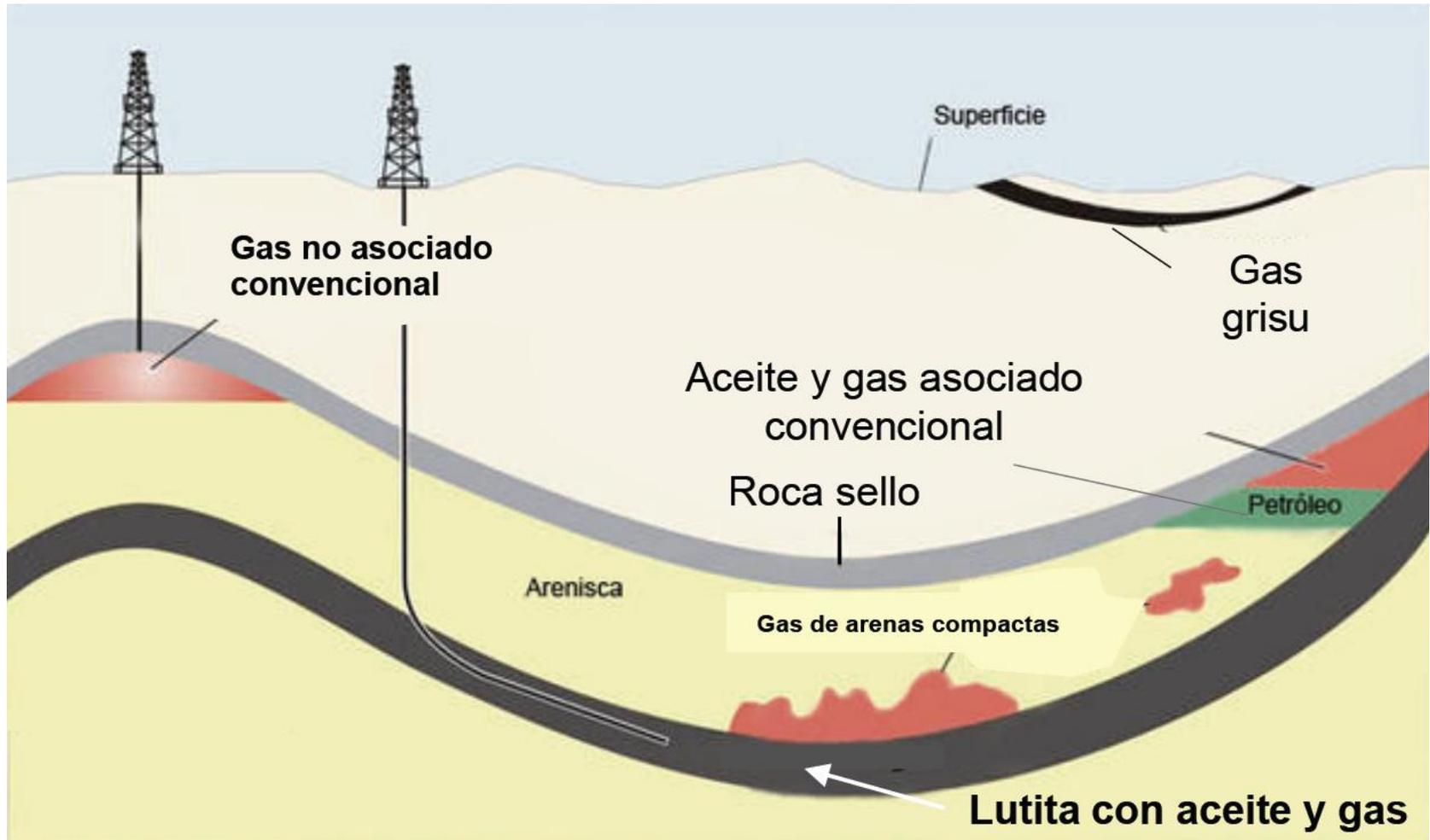
1. LUTITAS SOLAMENTE
 2. EN MUCHOS CASOS SON CALIZAS
 3. EN OTROS CASOS SON ARENISCAS
-
- A. Recursos convencionales vs no convencionales
 - B. Litologías típicas
 - C. Volúmenes recuperables
 - D. Rentabilidad

IV. ¿QUE SON LAS LUTITAS ACEITÍFERAS (SHALE OIL) Y LAS LUTITAS GASÍFERAS (SHALE GAS)?



Source: <https://www.pembina.org/oil-sands>

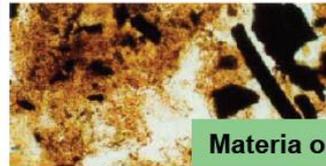
IV. ¿QUE SON LAS LUTITAS ACEITÍFERAS (SHALE OIL) Y LAS LUTITAS GASÍFERAS (SHALE GAS)?



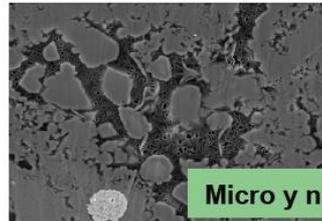
IV. ¿QUE SON LAS LUTITAS ACEITÍFERAS (SHALE OIL) Y LAS LUTITAS GASÍFERAS (SHALE GAS)?



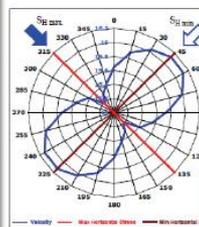
Concepto de aceite y gas en lutitas



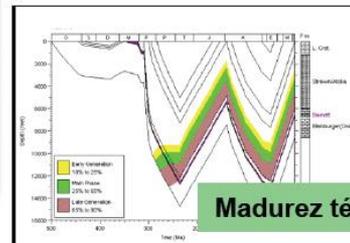
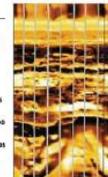
Materia orgánica



Micro y nano porosidad



Mecánica de rocas y análisis de esfuerzos



Madurez térmica

Para considerar un play no convencional de oil shale o gas shale se deben cumplir al menos las siguientes características:

- ◆ Riqueza orgánica total: $COT > 2$, kerógeno tipo II y III
- ◆ Rangos de madurez de aceite: $\%Ro > 0.9$, $TMAX > 440$
- ◆ Litología de carbonatos arcillosos con propiedades mecánicas favorables para el fracturamiento
- ◆ Gas libre dentro de los espacios porosos y fracturas
- ◆ Gas adsorbido en el kerógeno y en las partículas arcillosas

IV. ¿QUE SON LAS LUTITAS ACEITÍFERAS (SHALE OIL) Y LAS LUTITAS GASÍFERAS (SHALE GAS)?

Litologías típicas de la Fm. Eagle Ford

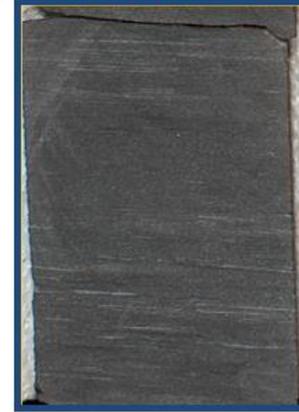
Marl



Foraminifer Marl



Foram-Rich Marl



Limestone



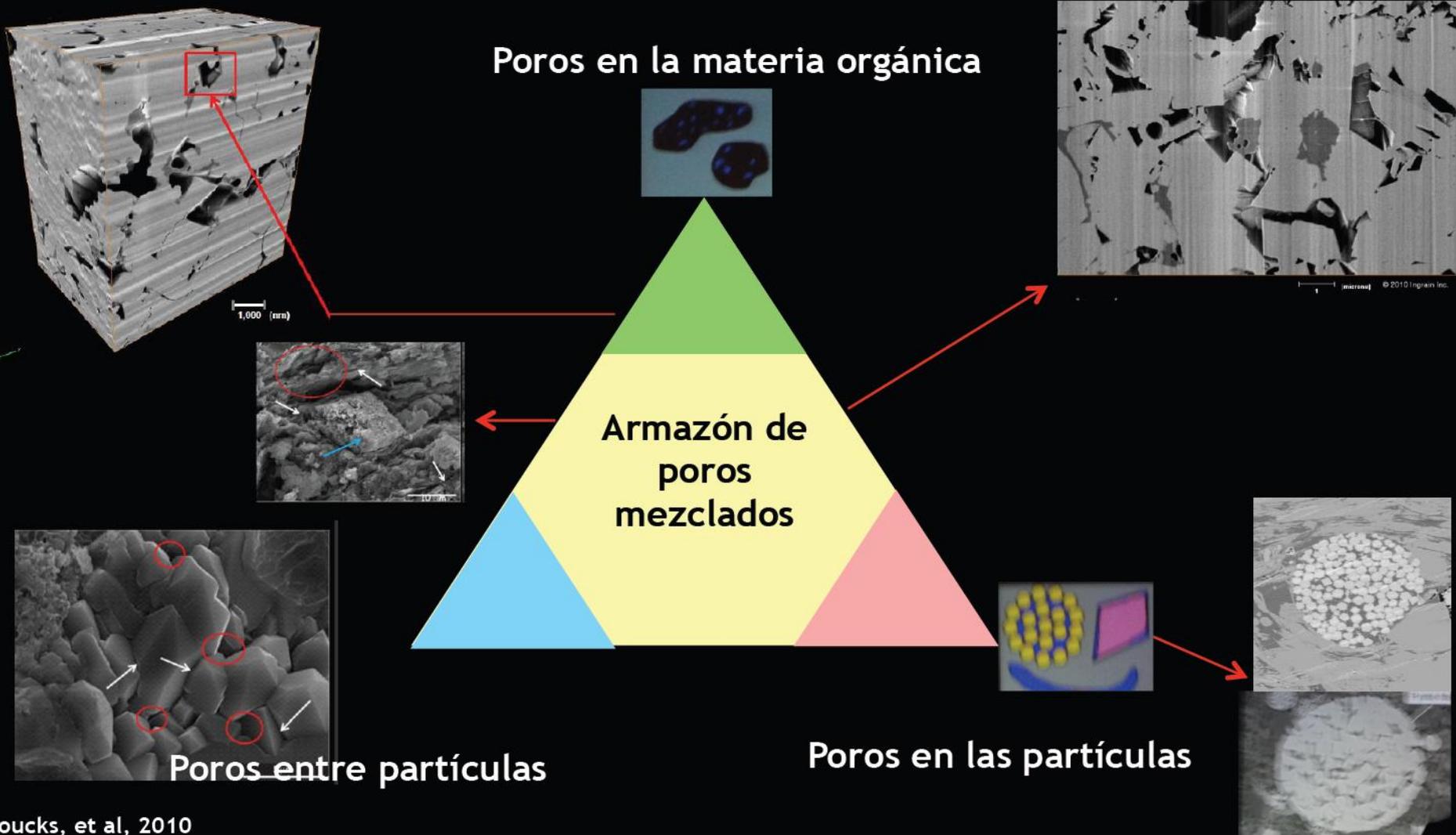
Calcareous Shale



Ash Beds/Bentonite



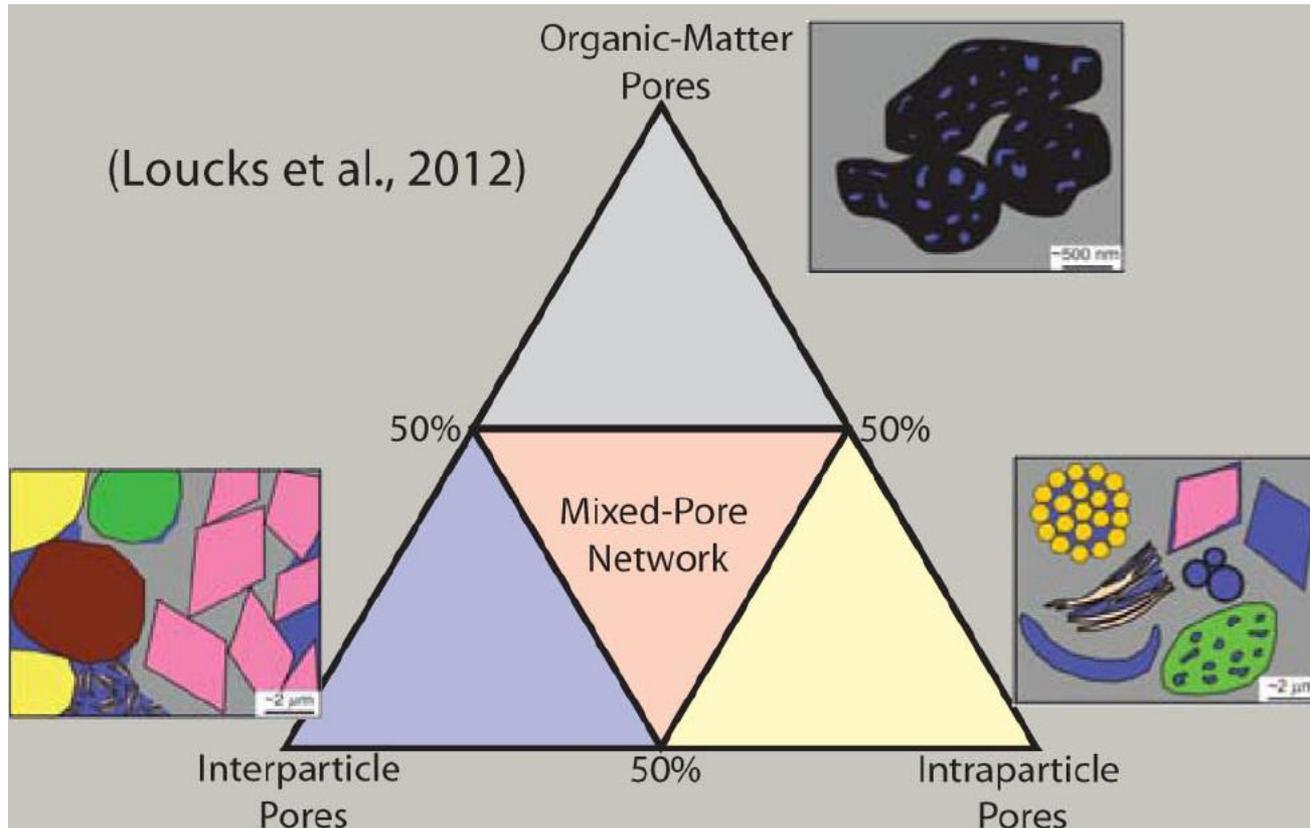
IV. ¿QUE SON LAS LUTITAS ACEITÍFERAS (SHALE OIL) Y LAS LUTITAS GASÍFERAS (SHALE GAS)?



Loucks, et al, 2010

Source: http://sociedadgeologica.org.mx/pdfs/Gas%20en%20lutitas_SGM.pdf

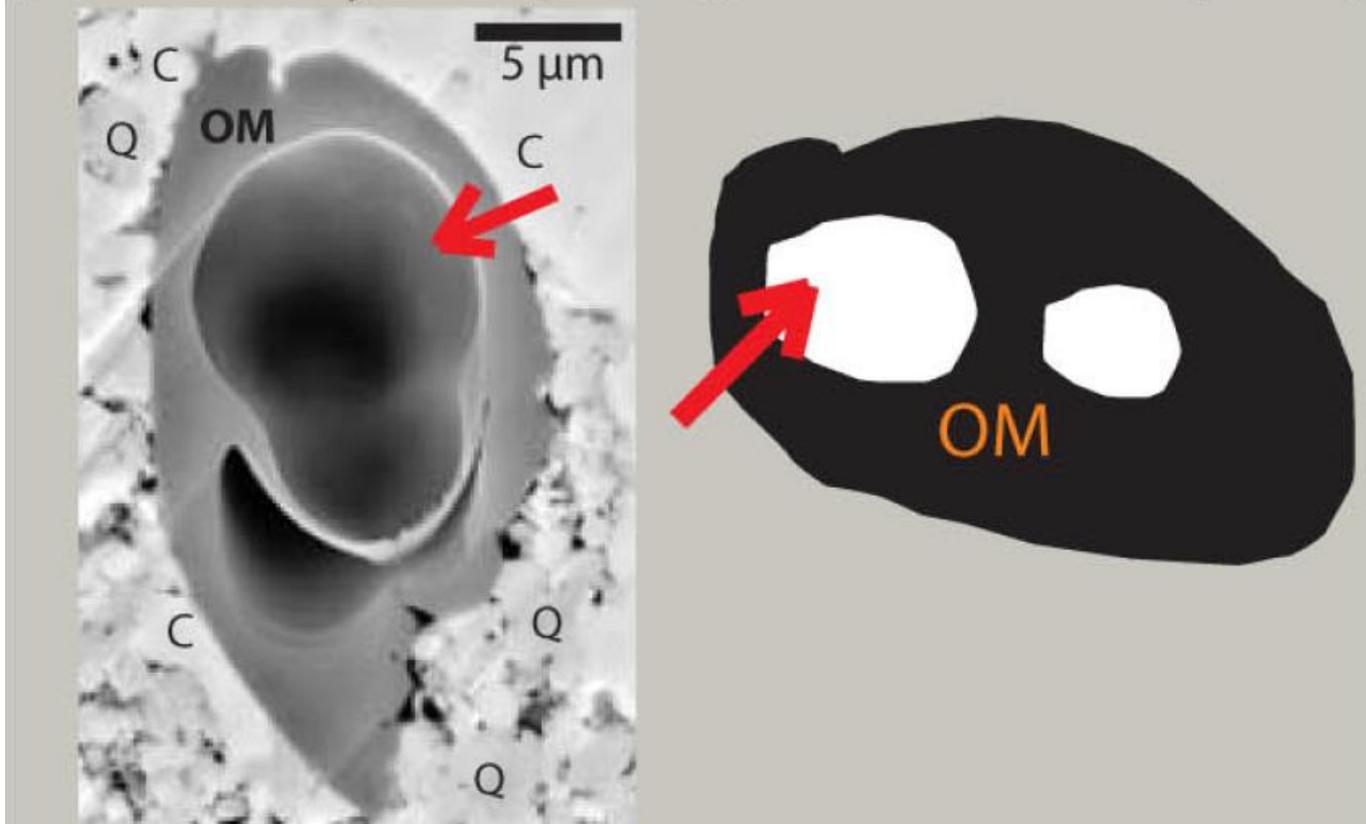
IV. ¿QUE SON LAS LUTITAS ACEITÍFERAS (SHALE OIL) Y LAS LUTITAS GASÍFERAS (SHALE GAS)?



IV. ¿QUE SON LAS LUTITAS ACEITÍFERAS (SHALE OIL) Y LAS LUTITAS GASÍFERAS (SHALE GAS)?

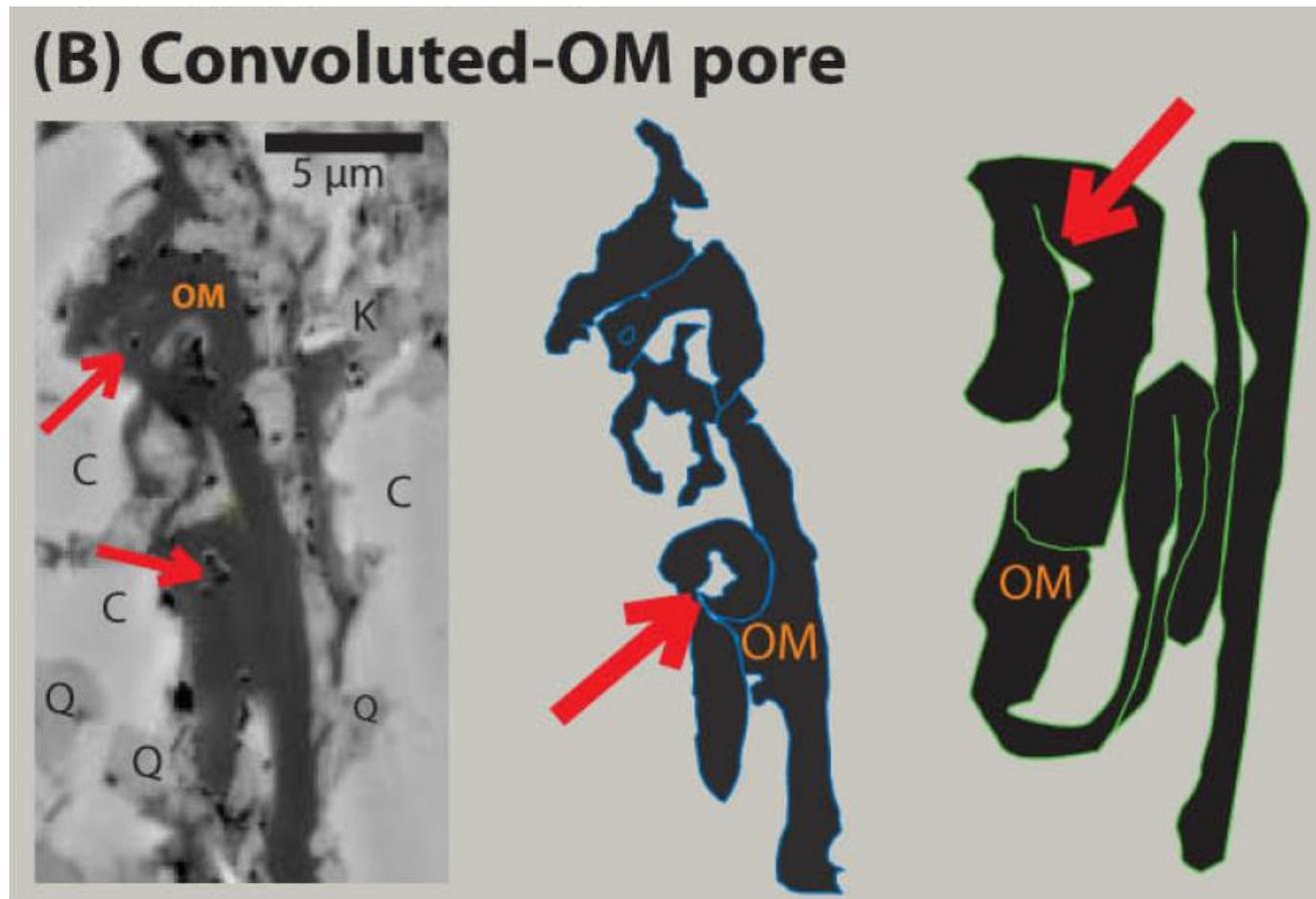
Types of OM pore

(A) Primary OM pore (Inherited OM pore)



IV. ¿QUE SON LAS LUTITAS ACEITÍFERAS (SHALE OIL) Y LAS LUTITAS GASÍFERAS (SHALE GAS)?

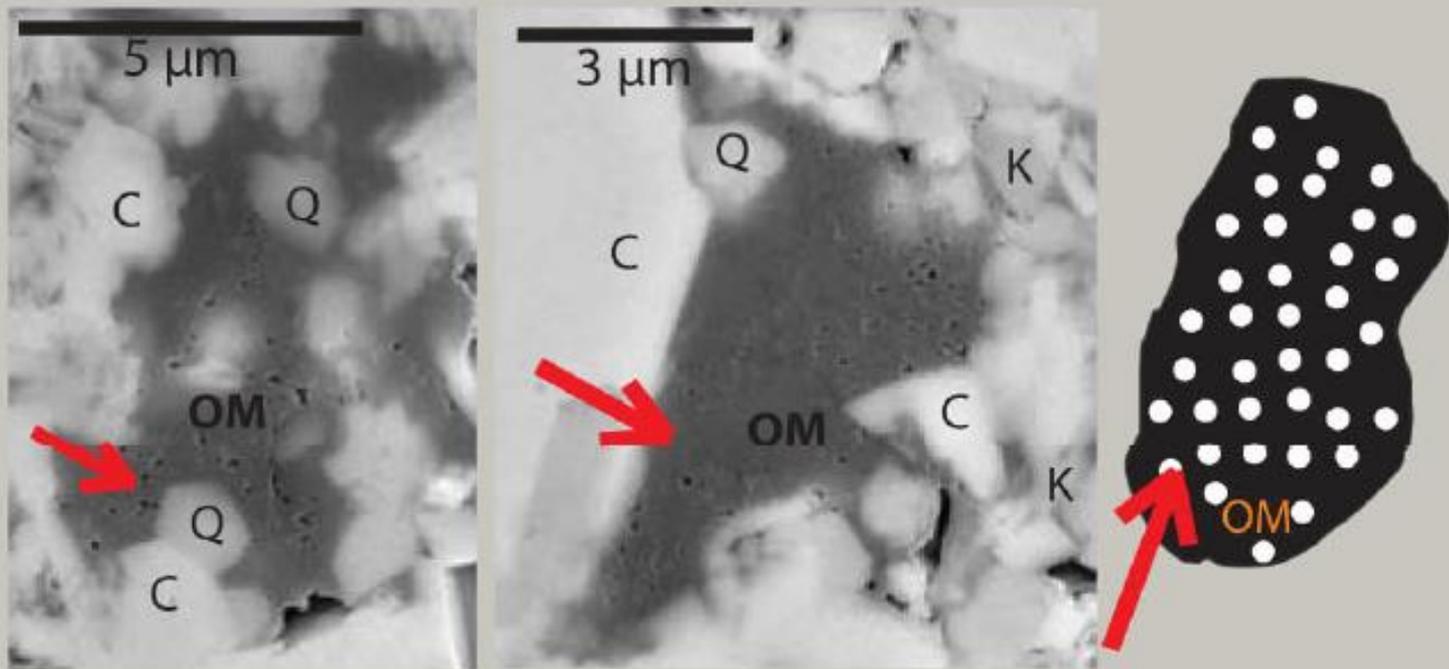
Types of OM pore



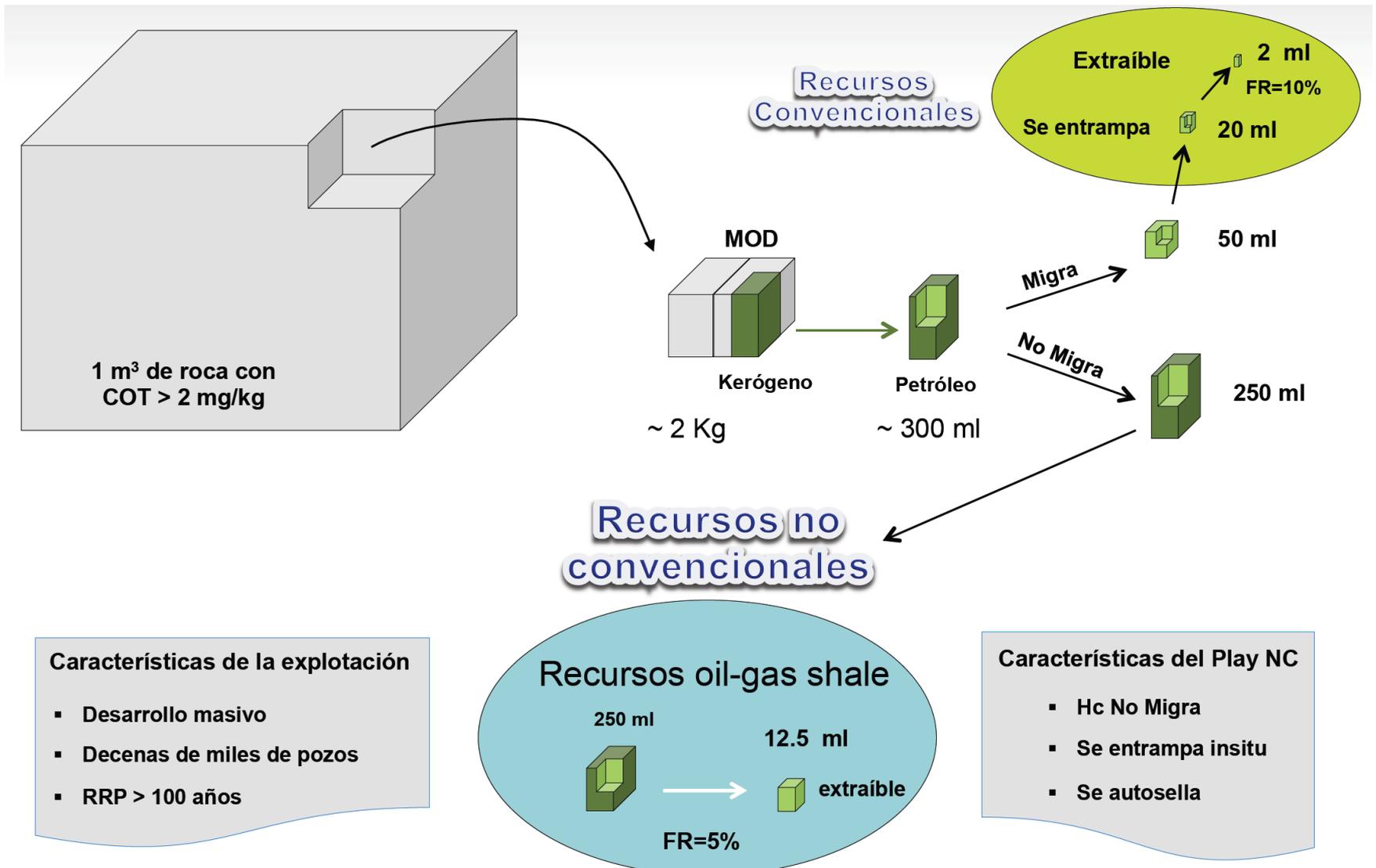
IV. ¿QUE SON LAS LUTITAS ACEITÍFERAS (SHALE OIL) Y LAS LUTITAS GASÍFERAS (SHALE GAS)?

Types of OM pore

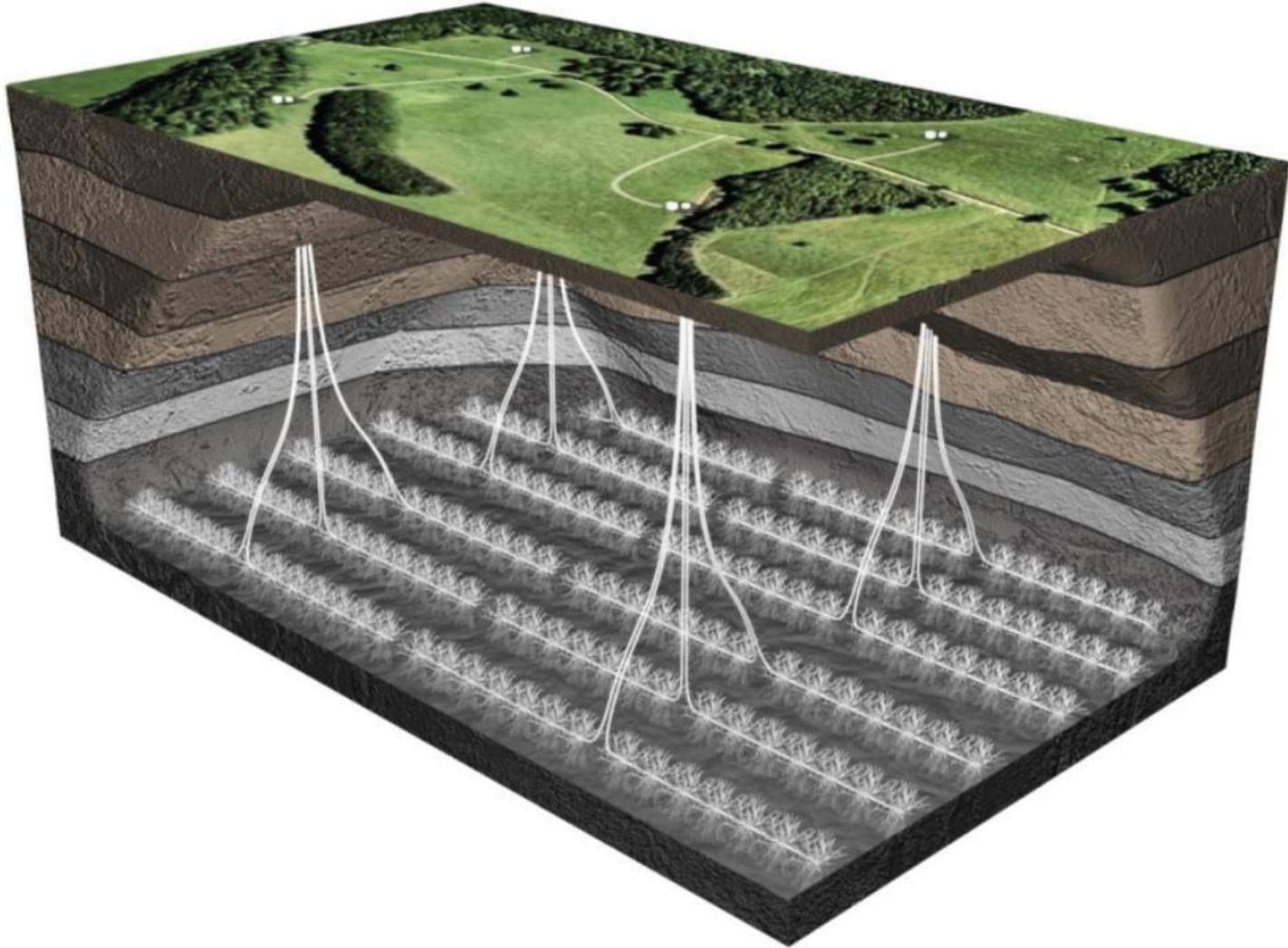
(C) Nanometer-sized OM spongy pore



IV. ¿QUE SON LAS LUTITAS ACEITÍFERAS (SHALE OIL) Y LAS LUTITAS GASÍFERAS (SHALE GAS)?

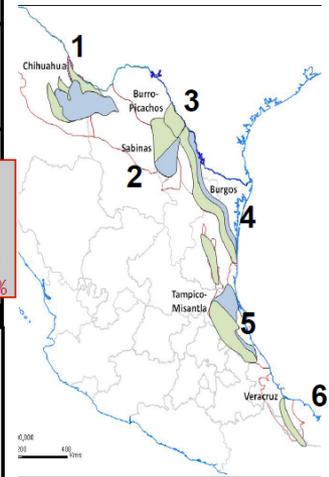
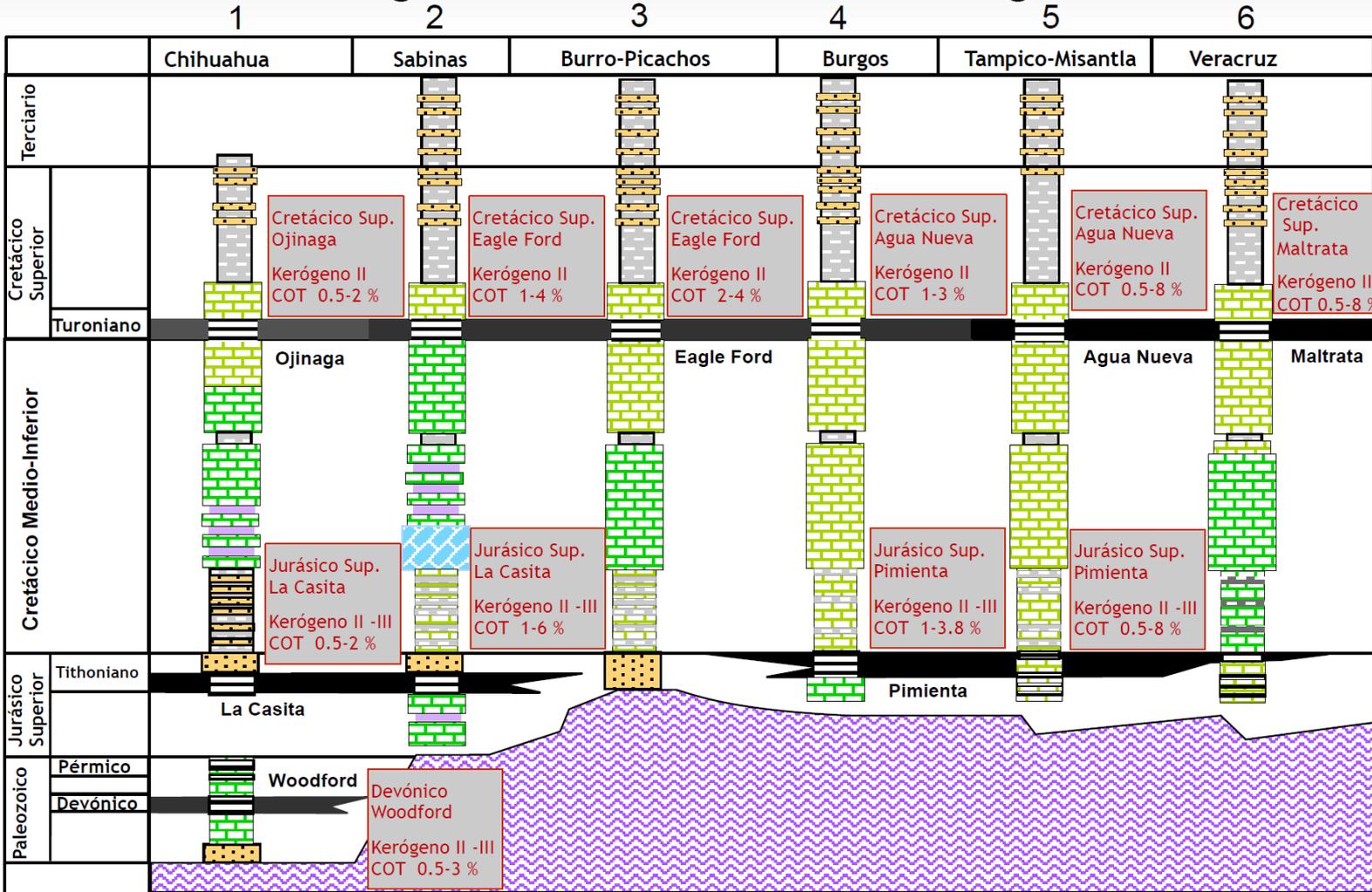


IV. ¿QUE SON LAS LUTITAS ACEITÍFERAS (SHALE OIL) Y LAS LUTITAS GASÍFERAS (SHALE GAS)?



IV. ¿QUE SON LAS LUTITAS ACEITÍFERAS (SHALE OIL) Y LAS LUTITAS GASÍFERAS (SHALE GAS)?

Columna Estratigráfica de Cuencas con Lutitas Orgánicas



| Carbono Total | |
|---------------|-----------|
| % Carbónico | Potencial |
| 0.01 - 0.2 | Muy Pobre |
| 0.21 - 0.5 | Pobre |
| 0.51 - 1.0 | Regular |
| 1.01 - 3.0 | Rico |
| > 3.0 | Muy Rico |

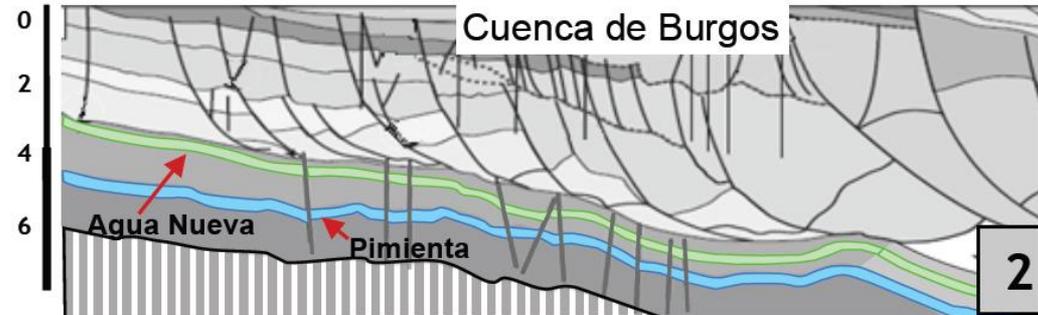
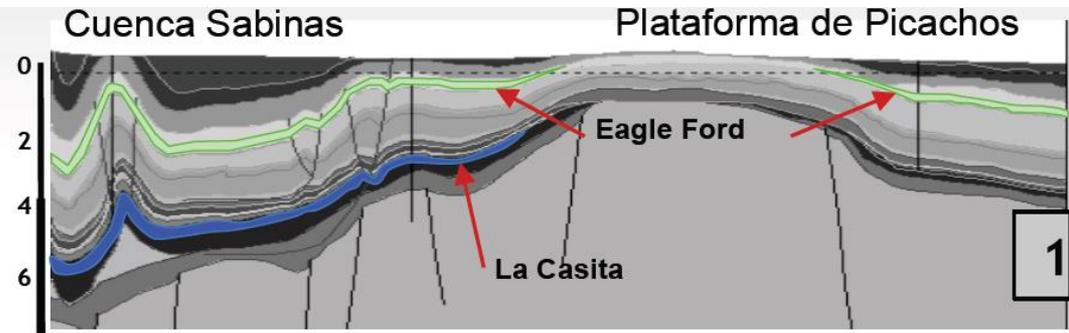
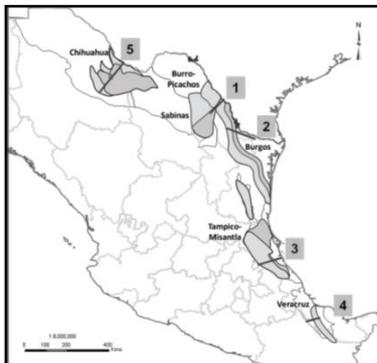
IV. ¿QUE SON LAS LUTITAS ACEITÍFERAS (SHALE OIL) Y LAS LUTITAS GASÍFERAS (SHALE GAS)?

Cuenca de Sabinas
Lutitas Orgánicas: La Casita y Eagle Ford
Profundidad: 1500-4000

Plataforma de Picachos
Lutitas Orgánicas: Eagle Ford
Profundidad: 1500-3800

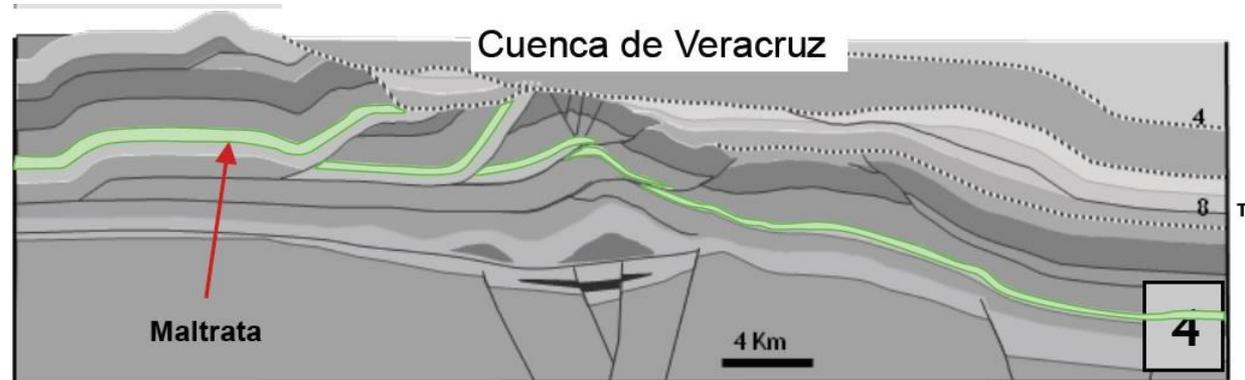
Cuenca de Burgos
Lutitas Orgánicas: Pimienta y Agua Nueva
Profundidad: 1500-5000

Cuenca Tampico-Misantla
Lutitas Orgánicas: Pimienta y Agua Nueva
Profundidad: 1500-4100

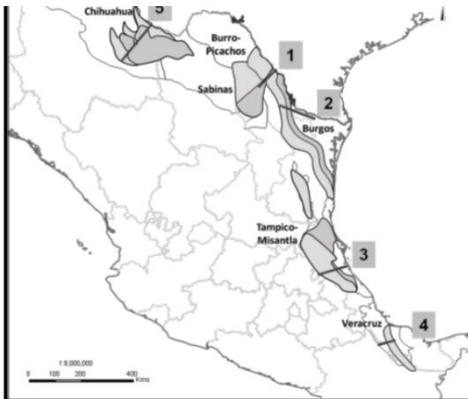
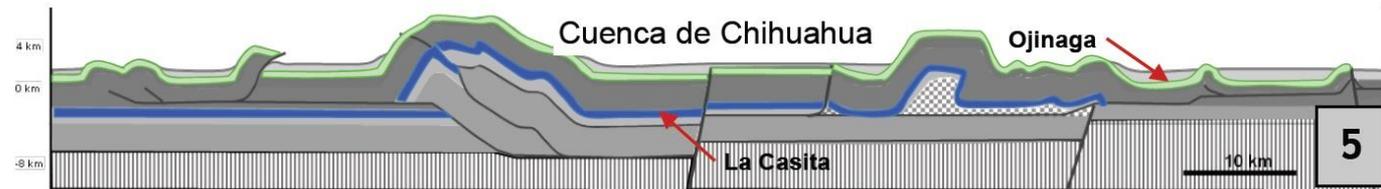


IV. ¿QUE SON LAS LUTITAS ACEITÍFERAS (SHALE OIL) Y LAS LUTITAS GASÍFERAS (SHALE GAS)?

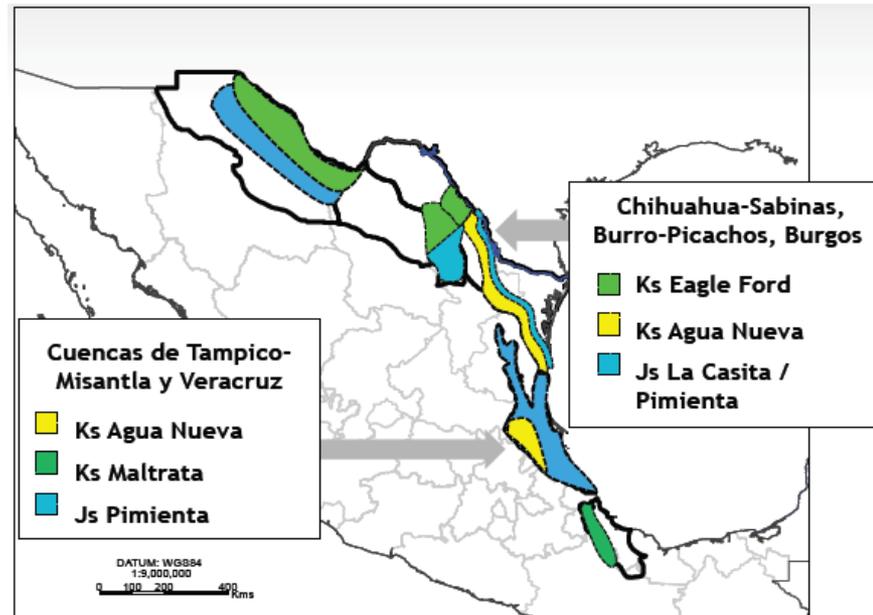
Cuenca de Veracruz
Lutitas Orgánicas: Pimienta y Agua Nueva
Profundidad: 2000-4500



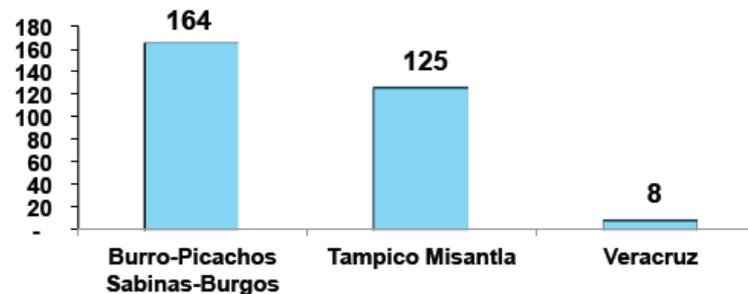
Cuenca de Chihuahua
Lutitas Orgánicas: La Casita y Eagle Ford
Profundidad: 1500-3000



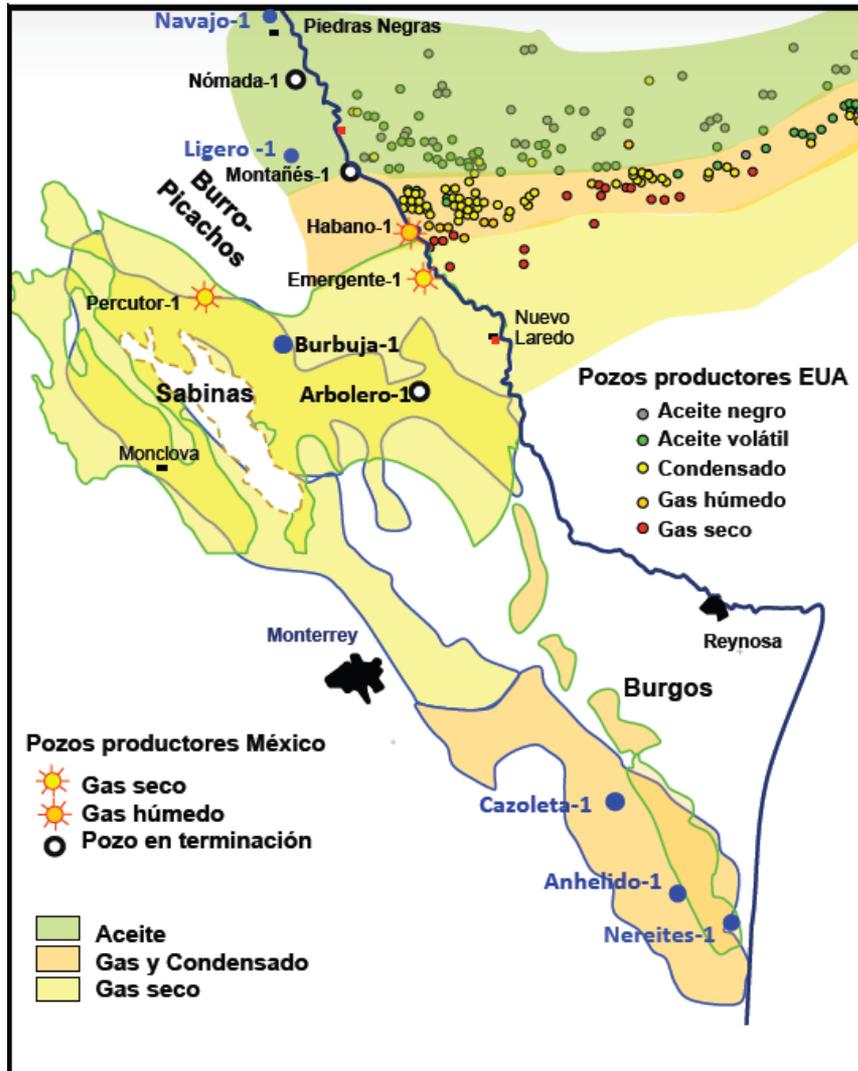
IV. ¿QUE SON LAS LUTITAS ACEITÍFERAS (SHALE OIL) Y LAS LUTITAS GASÍFERAS (SHALE GAS)?



Recursos prospectivos no convencionales:
297 MMMpc

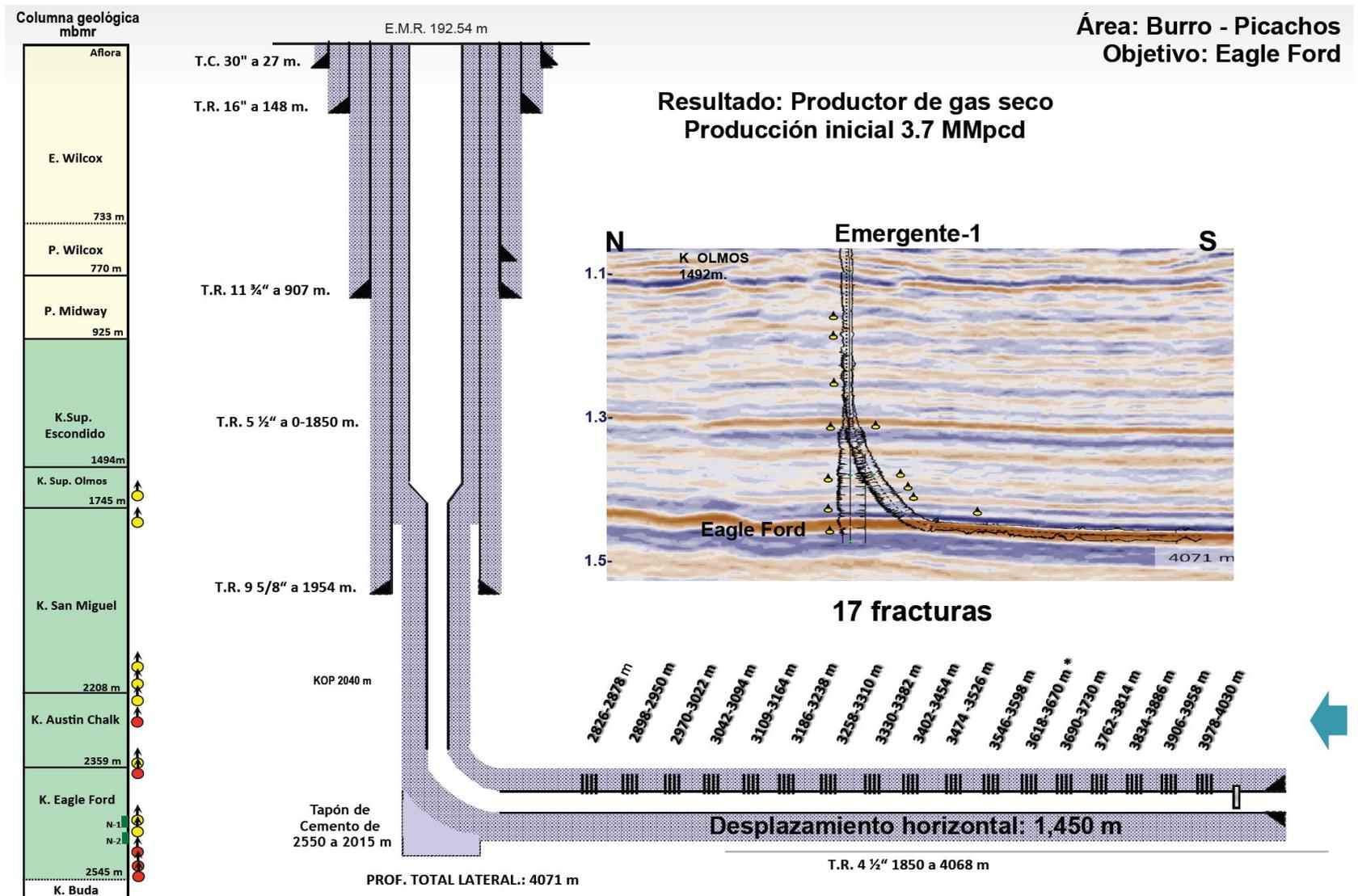


IV. ¿QUE SON LAS LUTITAS ACEITÍFERAS (SHALE OIL) Y LAS LUTITAS GASÍFERAS (SHALE GAS)?

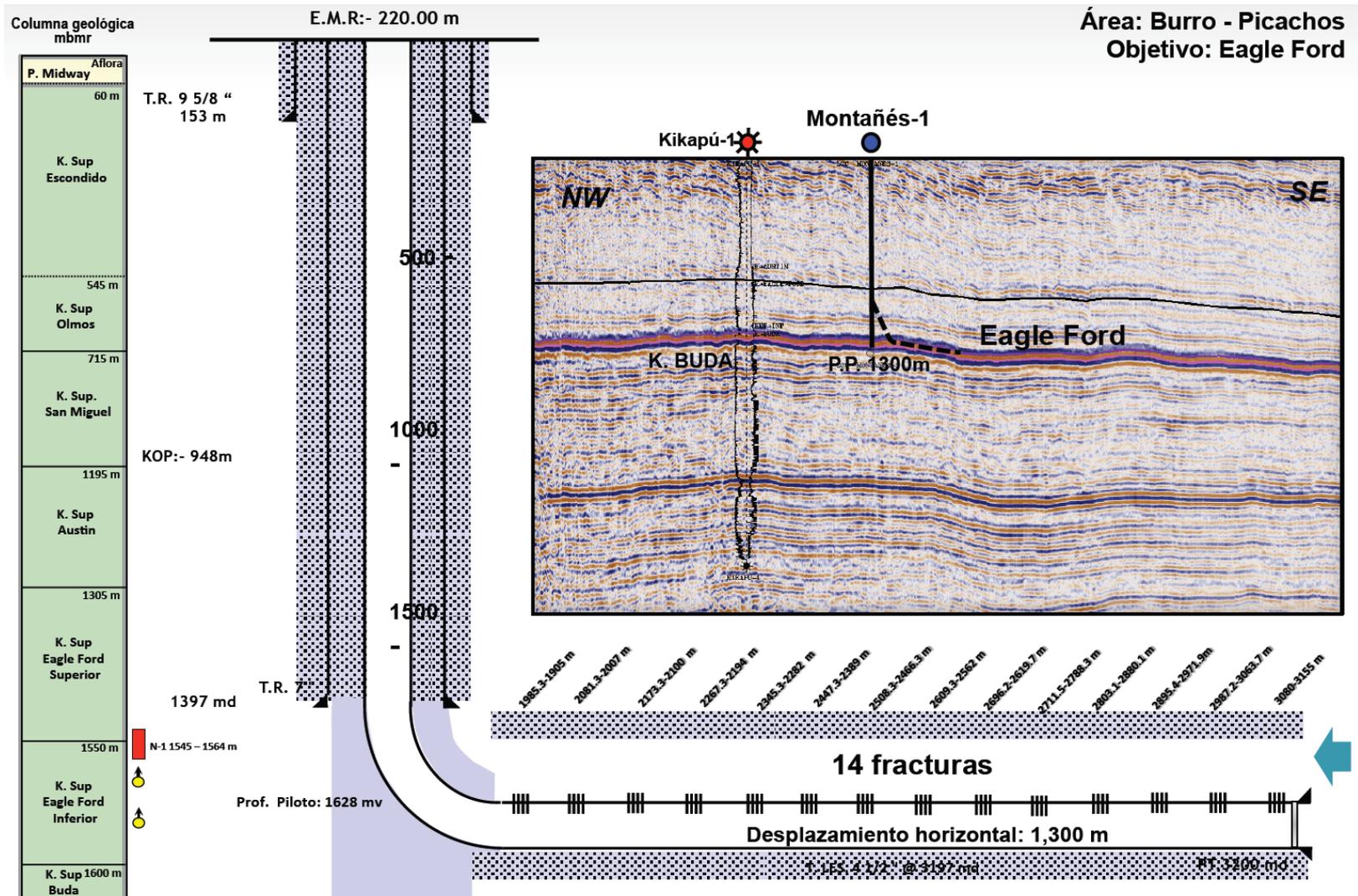


| Loc/Opt | Play | Prof. (md) | Hcs. |
|-------------|--------------|------------|---------------------|
| Navajo-1 | K. E. Ford | 2,230 | Aceite |
| Ligero -1 | K.E. Ford | 2,230 | Condensado |
| Nereites -1 | K. E. Ford | 4,300 | Condensado |
| Anhérido-1 | J. Pimienta | 4,500 | Gas húmedo / aceite |
| Cazoleta-1 | J. Pimienta | 3,200 | Gas húmedo / aceite |
| Burbuja-1 | J. La Casita | 4,100 | Gas Seco |

IV. ¿QUE SON LAS LUTITAS ACEITÍFERAS (SHALE OIL) Y LAS LUTITAS GASÍFERAS (SHALE GAS)?



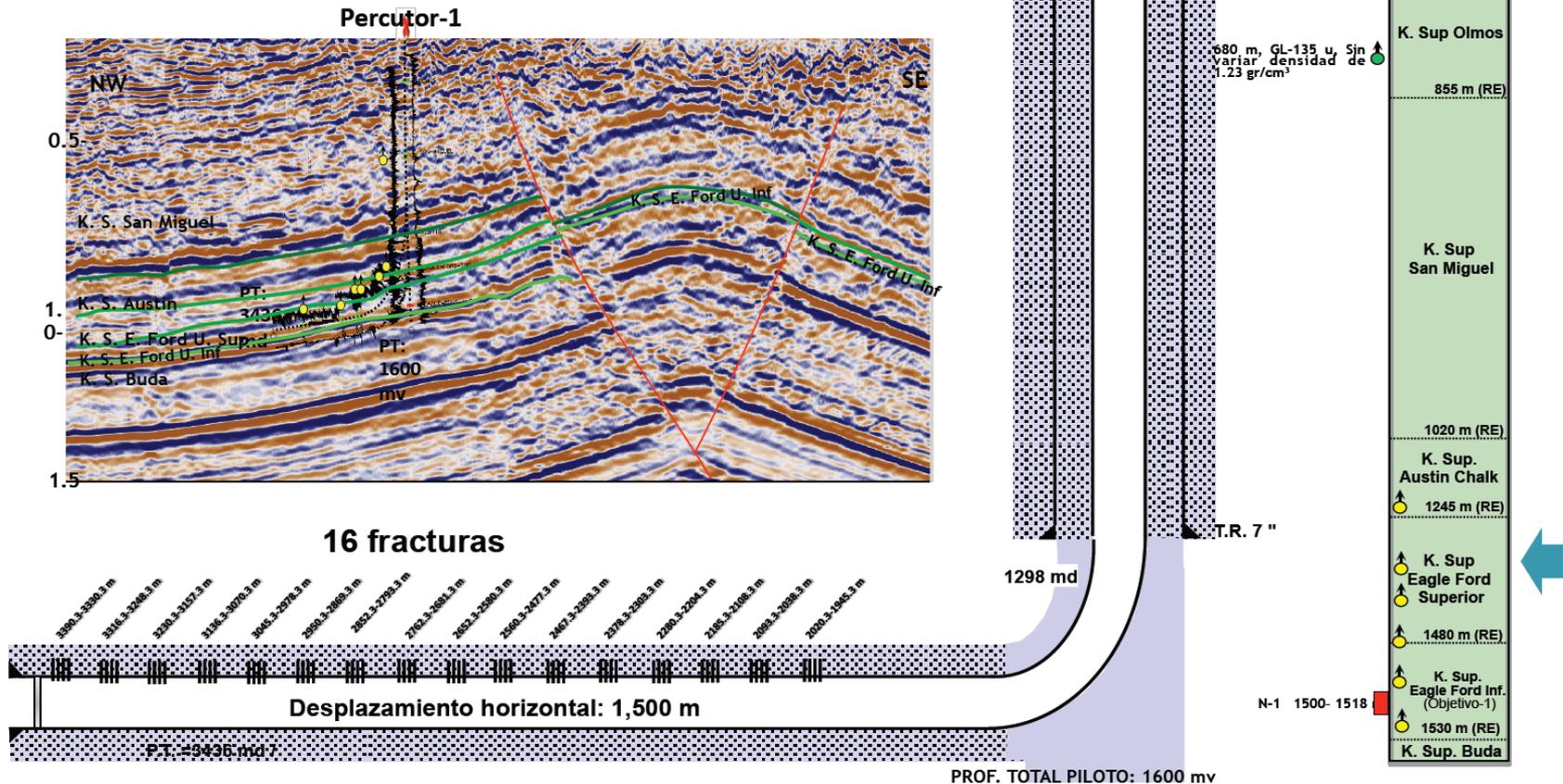
IV. ¿QUE SON LAS LUTITAS ACEITÍFERAS (SHALE OIL) Y LAS LUTITAS GASÍFERAS (SHALE GAS)?



IV. ¿QUE SON LAS LUTITAS ACEITÍFERAS (SHALE OIL) Y LAS LUTITAS GASÍFERAS (SHALE GAS)?

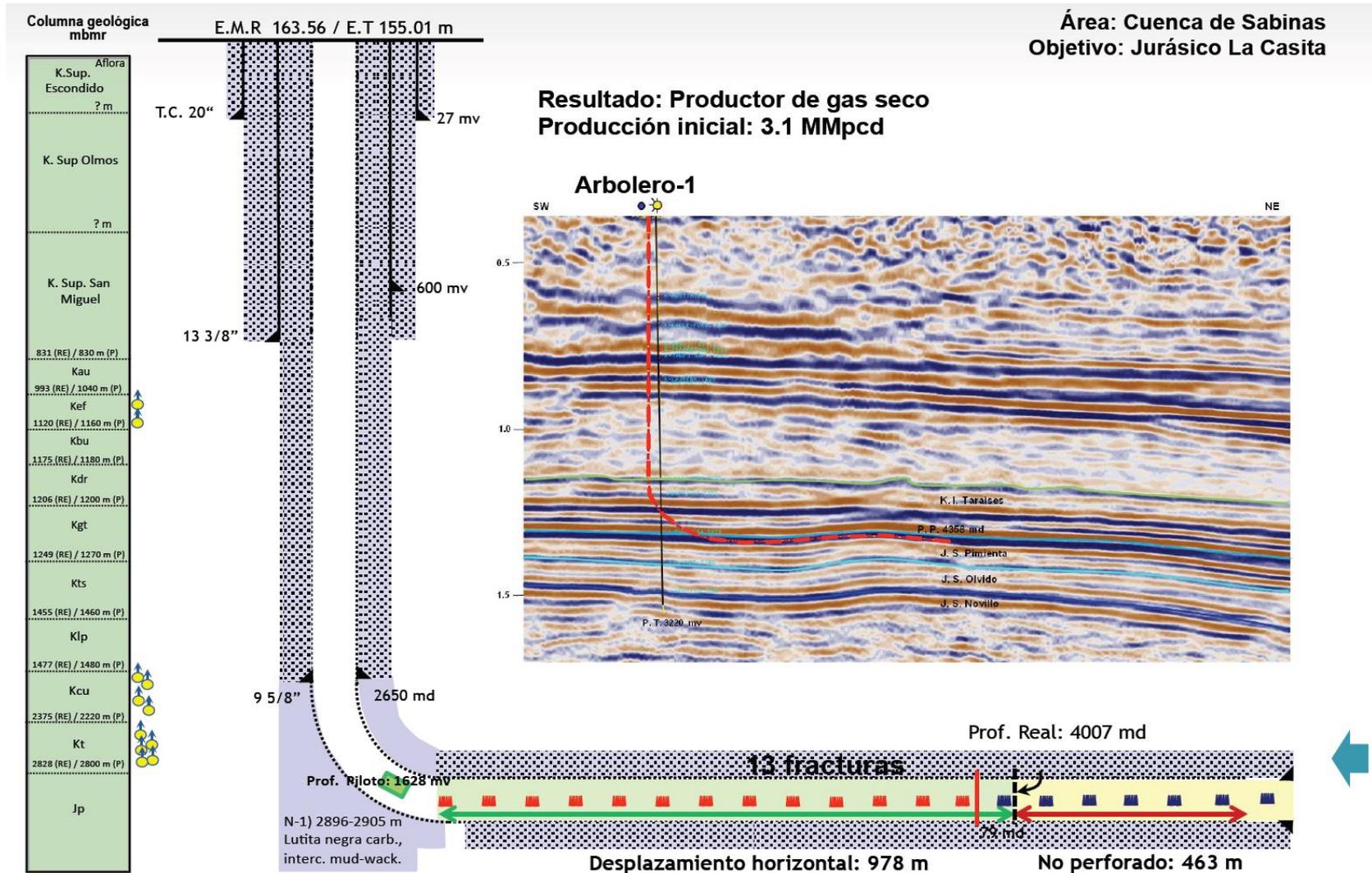
Área: Cuenca de Sabinas
Objetivo: Eagle Ford

Resultado: Productor de gas seco
Producción inicial 2.2 MMpcd



Source: http://sociedadgeologica.org.mx/pdfs/Gas%20en%20lutitas_SGM.pdf

IV. ¿QUE SON LAS LUTITAS ACEITÍFERAS (SHALE OIL) Y LAS LUTITAS GASÍFERAS (SHALE GAS)?



¡GRACIAS!



¿PREGUNTAS?

www.imagenesaereasdemexico.com