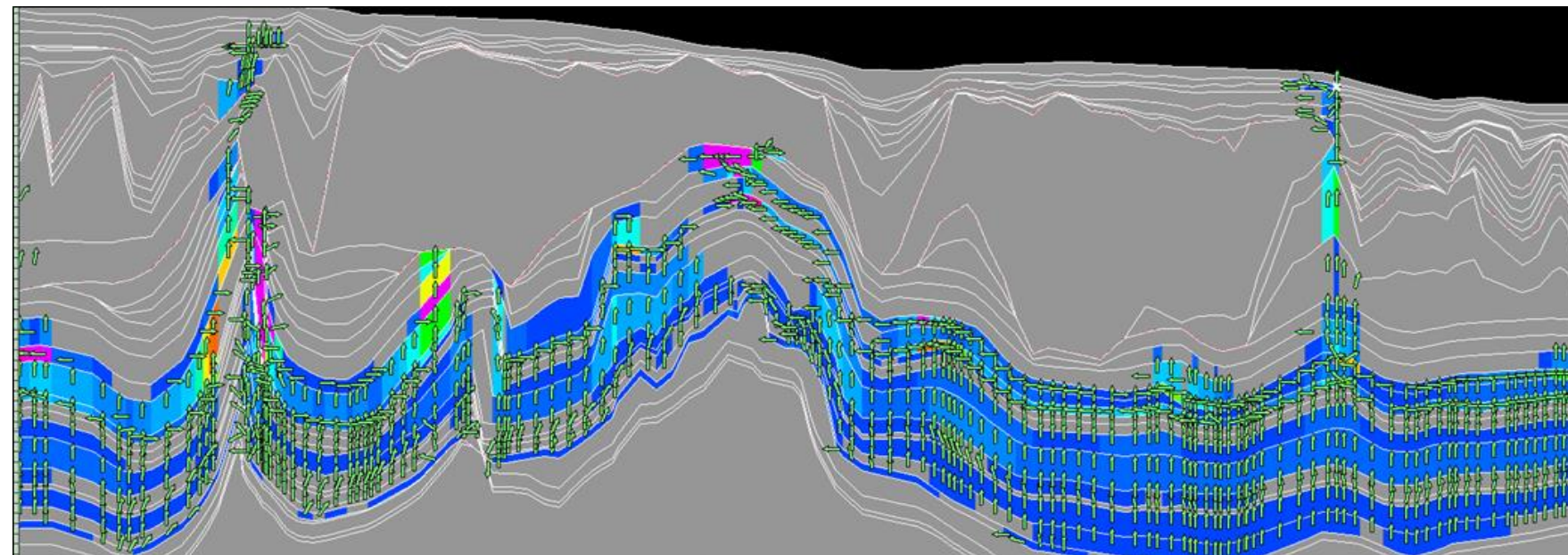
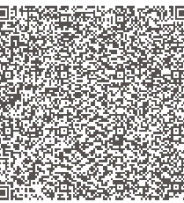


## CINTURÓN PLEGADO PERDIDO CINTURÓN SUBSALINO CORDILLERAS MEXICANAS

### SÍNTESIS GEOLÓGICO PETROLERA



Diciembre 2015



Temas	Página
<b>Introducción</b>	<b>3</b>
<b>Contexto regional</b>	<b>4</b>
Mapa de Provincias Geológicas	5
Mapa de Cobertura Sísmica	6
Mapa de Pozos Exploratorios y Emanaciones de HC	7
<b>Marco Estratigráfico</b>	<b>8</b>
Marco Estratigráfico	9
Sedimentología Jurásico	10
Sedimentología Cretácico	11
Sedimentología Paleoceno	12
Sedimentología Eoceno	13
Sedimentología Oligoceno	14
Sedimentología Mioceno	15
Correlación Estratigráfica	16
Sello Regional	17
<b>Marco Estructural</b>	<b>18</b>
Provincias Geológicas	19
Evolución Estructural (1)	20
Evolución Estructural (2)	21
Tipología de las Trampas (1)	22
Tipología de las Trampas (2)	23
Secciones- Localización de las Secciones Geológicas	24
Secciones Estructurales (1)	25
Secciones Estructurales (2)	26
Secciones Estructurales (3)	27
Secciones Estructurales (4)	28
Mapas Estructurales (1)	29
Mapas Estructurales (2)	30
Mapas Estructurales (3)	31

Temas	Página
<b>Sistemas Petroleros</b>	<b>32</b>
Rocas Generadoras - Tipo, Riqueza	33
Rocas Generadoras - Expulsión	34
Modelo Geológico - Corte A-A´	35
Modelo Geológico - Corte C-C´	36
Modelo de Migración y carga de HC - Sección A-A´	37
Modelo de Migración y carga de HC - Sección C-C´	38
Diagrama de Sincronía (1)	39
Diagrama de Sincronía (2)	40
Diagrama de Sincronía (3)	41
<b>Delimitación de Plays</b>	<b>42</b>
Plays Definidos	43
W4 Paleoceno Wilcox Inferior	44
W2 Paleoceno Wilcox Superior	45
W1A Wilcox Eoceno Inferior	46
Oligoceno	47
Mioceno Medio	48
Mioceno Superior	49
Plays - Espesor de rocas almacenadoras (1)	50
Plays - Espesor de rocas almacenadoras (2)	51
Plays - Espesor de rocas almacenadoras (3)	52
<b>Bibliografía</b>	<b>53</b>



El Artículo 39 de la Ley de los Órganos Reguladores Coordinados en Materia Energética, establece que la Comisión Nacional de Hidrocarburos ejercerá sus funciones procurando que los proyectos se realicen con arreglo a las siguientes bases:

- Acelerar el desarrollo del conocimiento del potencial petrolero del país.
- Elevar el factor de recuperación y la obtención del volumen máximo de petróleo crudo y de gas natural en el largo plazo, en condiciones económicamente viables, de pozos, campos y yacimientos abandonados, en proceso de abandono y en explotación.
- La reposición de las reservas de hidrocarburos, como garantes de la seguridad energética de la Nación y, a partir de los recursos prospectivos, con base en la tecnología disponible y conforme a la viabilidad económica de los proyectos.
- La utilización de la tecnología más adecuada para la exploración y extracción de hidrocarburos, en función de los resultados productivos y económicos.
- Asegurar que los procesos administrativos a su cargo, respecto de las actividades de exploración y extracción de hidrocarburos, se realicen con apego a los principios de transparencia, honradez, certeza, legalidad, objetividad, imparcialidad, eficacia y eficiencia.
- Promover el desarrollo de las actividades de exploración y extracción de hidrocarburos en beneficio del país.
- Procurar el aprovechamiento del gas natural asociado en las actividades de exploración y extracción de hidrocarburos.

En el marco de las próximas rondas de licitación de áreas para exploración de hidrocarburos y, en el ejercicio de las funciones antes señaladas, esta Comisión Nacional de Hidrocarburos elaboró el presente documento, en el que se presenta una Síntesis Geológico Petrolera de las tres provincias geológicas principales que se encuentran en Aguas Profundas en el Golfo de México: Cinturón Plegado Perdido, Cinturón Subsalino y Cordilleras Mexicanas.

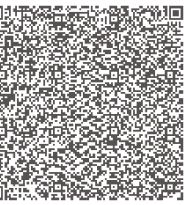
**Cinturón Plegado Perdido:** constituido por un sistema de pliegues con orientación SW-NE, asociados con fallas inversas con nivel de despegue en la masa de sal autóctona jurásica. Las potenciales trampas de hidrocarburos son estructuras anticlinales nucleadas por sal, alargadas y apretadas, con tirantes de agua que varían de 2,000 y 3,500 m. Se ha confirmado la existencia de yacimientos de aceite en areniscas depositadas en ambientes de abanicos turbidíticos del Eoceno inferior y en areniscas turbidíticas de canales en el Oligoceno.

**Cinturón Subsalino:** se caracteriza por la presencia de mantos tabulares de sal alóctona somera, formando napas y diapiros, evacuados desde la formación salina basal del Jurásico Caloviano, intercalados o sobrepuestos con la secuencia sedimentaria plegada del Jurásico, Cretácico y Terciario. La profundidad varía de 500 a 2500 m. Hacia el Oeste se individualiza una franja paralela, caracterizada por una tectónica salina y arcillosa con la presencia de pliegues, diapiros y paredes de sal, así como una serie de minicuenas en los ejes sinclinales con relleno sedimentario Neógeno.

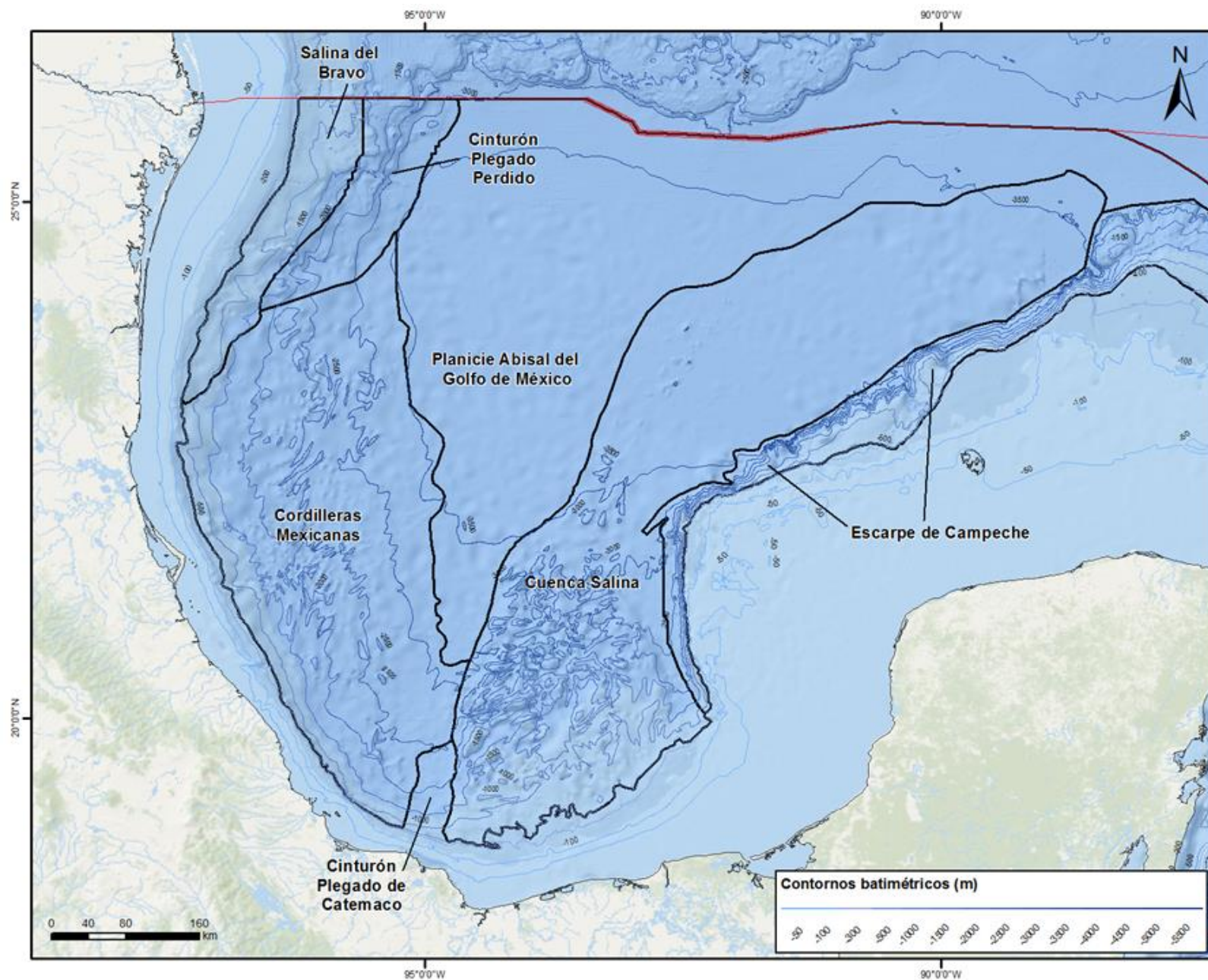
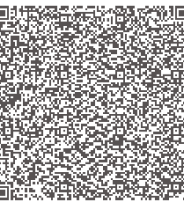
**Cordilleras Mexicanas:** es un sistema contraccional de pliegues alargados con rumbo NNW-SSE, que se extiende a lo largo de 500 km y cubre cerca de 70,000 km<sup>2</sup> en tirantes de agua entre 1,000 y 3,000 m. Se caracteriza por anticlinales asimétricos largos y angostos, generalmente con vergencia al Este. El sistema combinado extensión - compresión tuvo como principal plano de despegue los horizontes arcillosos del Eoceno Superior y algunos otros planos de despegue secundarios en la secuencia terciaria.

Para cada provincia morfo-estructural se aborda lo siguiente:

- El contexto geológico regional.
- El marco estratigráfico, del Jurásico al Plioceno, una descripción de los aspectos sedimentológicos y distribución de facies de las secuencias sedimentarias de interés petrolero.
- El marco estructural, capítulo en donde se describen los procesos de deformación de la secuencia sedimentaria y la topología de trampas petroleras resultantes.
- Los sistemas petroleros, que definen los elementos y los procesos de generación, migración y entrapamiento de hidrocarburos.
- Delimitación de los plays.



# **Contexto Geológico Regional**

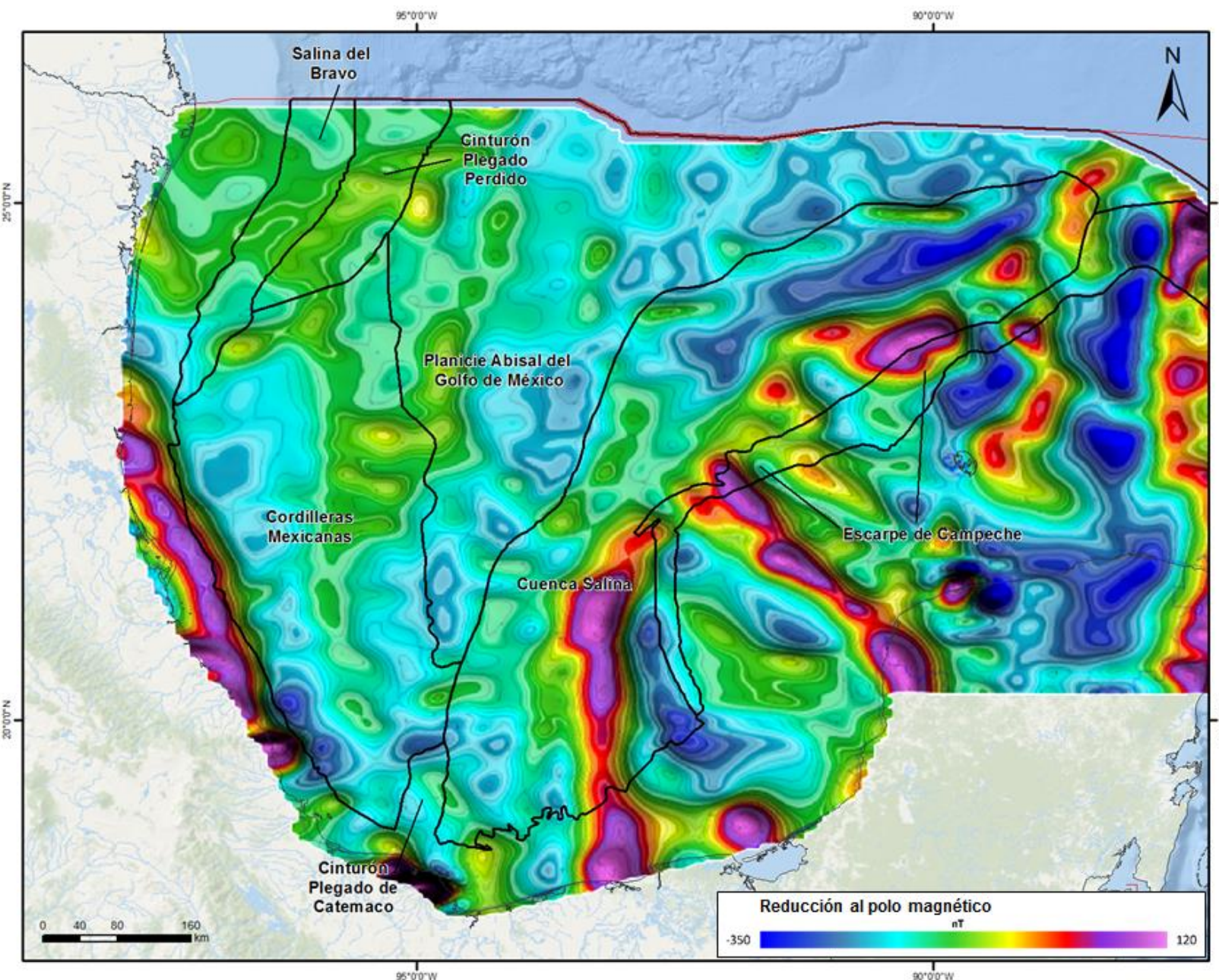


**Mapa de provincias geológicas**

El área de aguas profundas en el Golfo de México se extiende desde la isobata de 500 m hasta 1,500 m de profundidad en mar abierto. El término aguas ultra profundas hace referencia a profundidades mayores de 1,500 m. En el Golfo de México se registran profundidades hasta más de 3,500 m.

Las provincias geológicas de Aguas Profundas en el Golfo de México son:

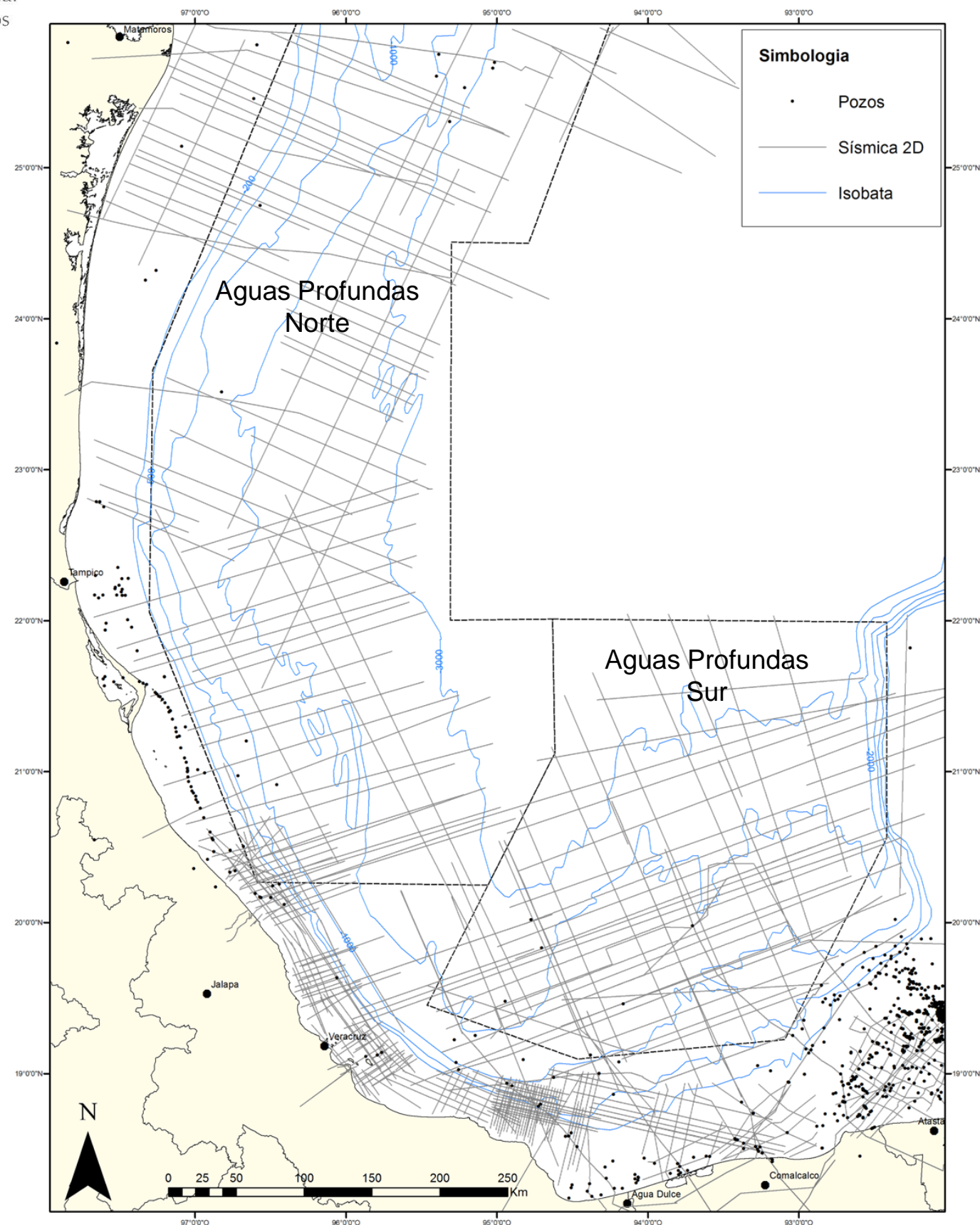
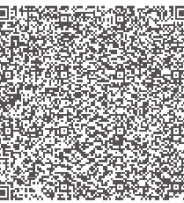
**Salina del Bravo - Cinturón Plegado Perdido - Cordilleras Mexicanas - Cinturón Plegado Catemaco - Cuenca Salina - Escarpe de Campeche.**



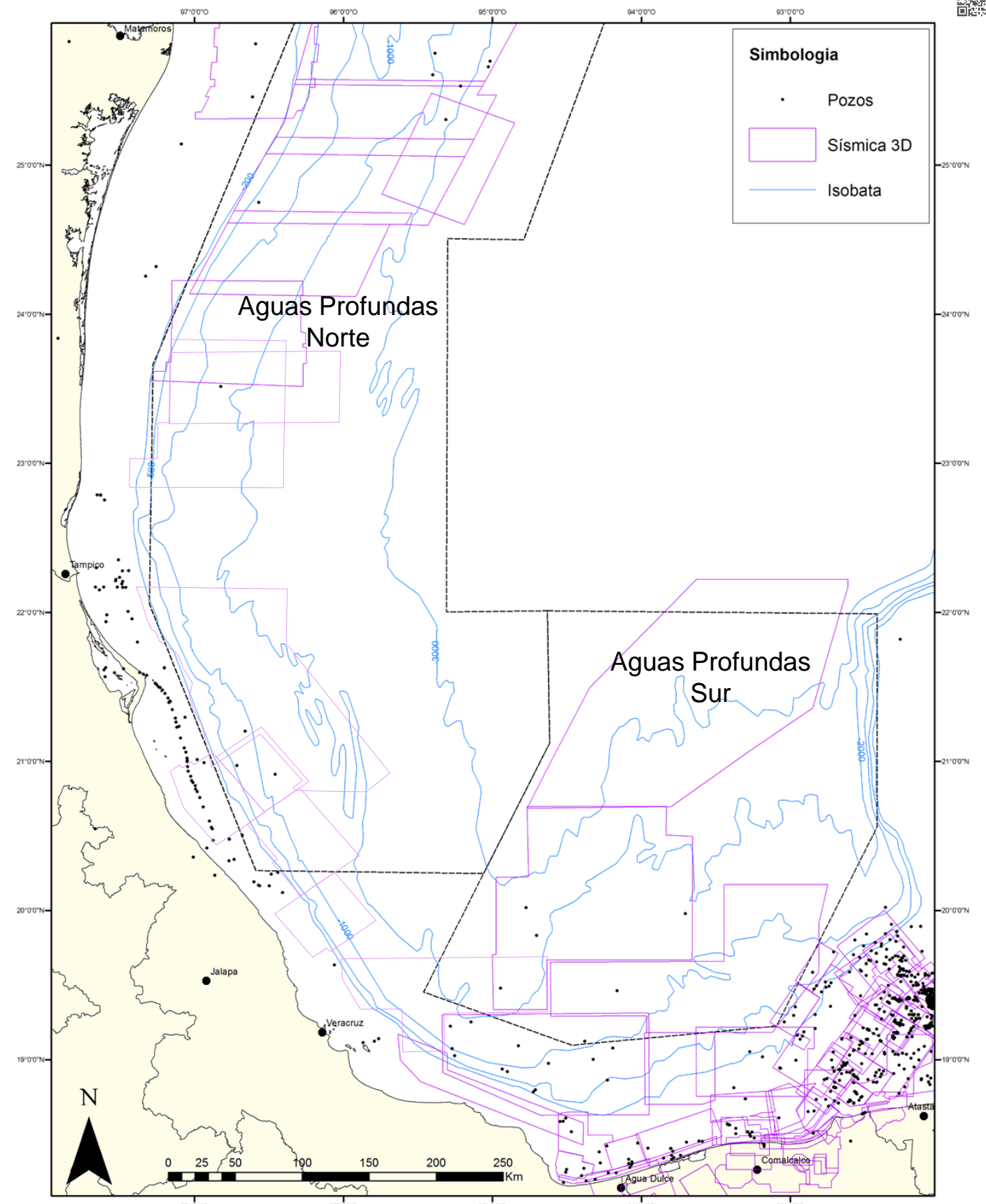
**Mapa de reducción al polo magnético**

Mapa de reducción al polo del Golfo de México, relacionando la posición de las anomalías magnéticas con la posición directa en subsuelo de elementos morfológicamente positivos del basamento.

# Aguas Profundas - Contexto Regional - Mapa de Cobertura Sísmica 2D y 3D

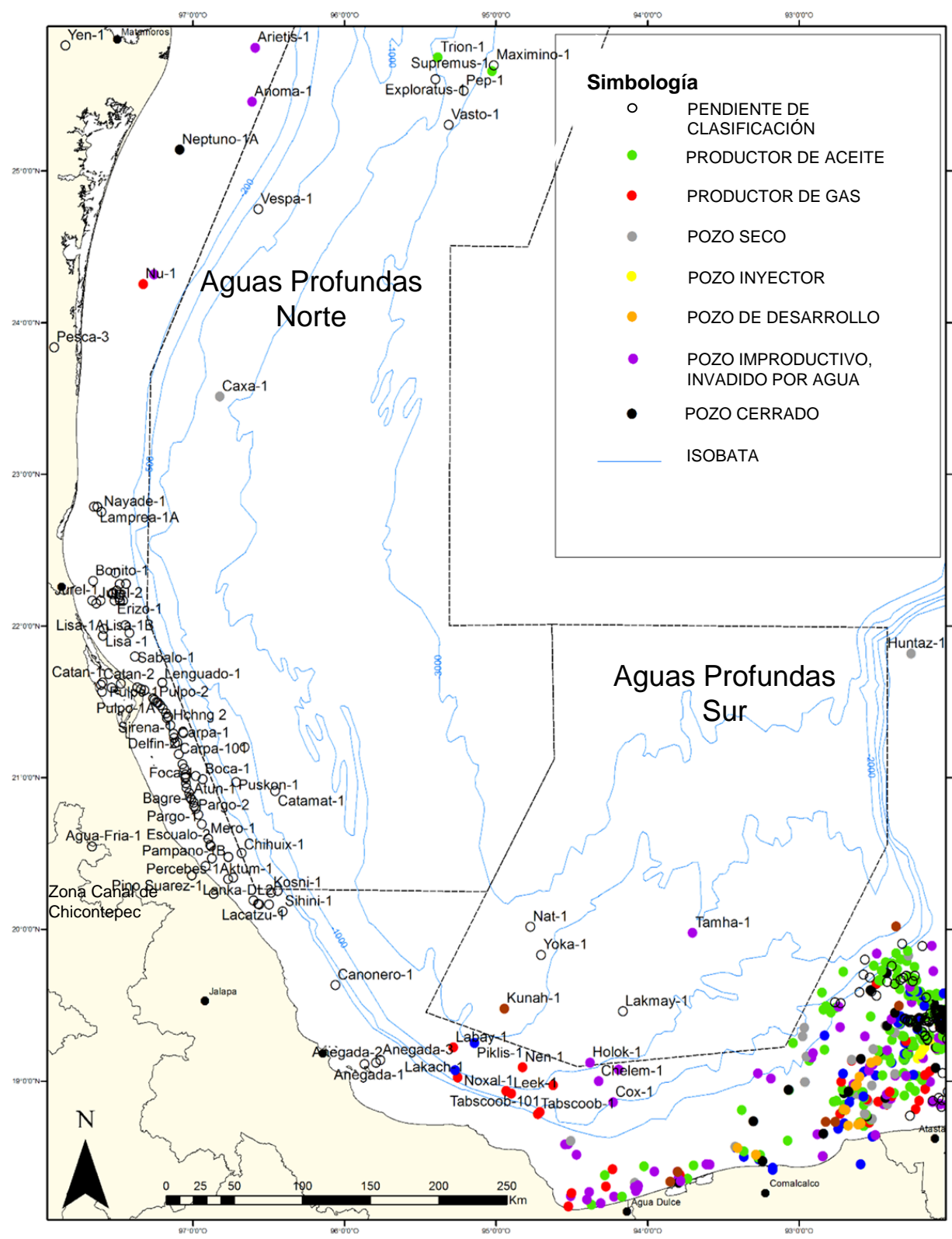


**Cobertura Sísmica 2D**

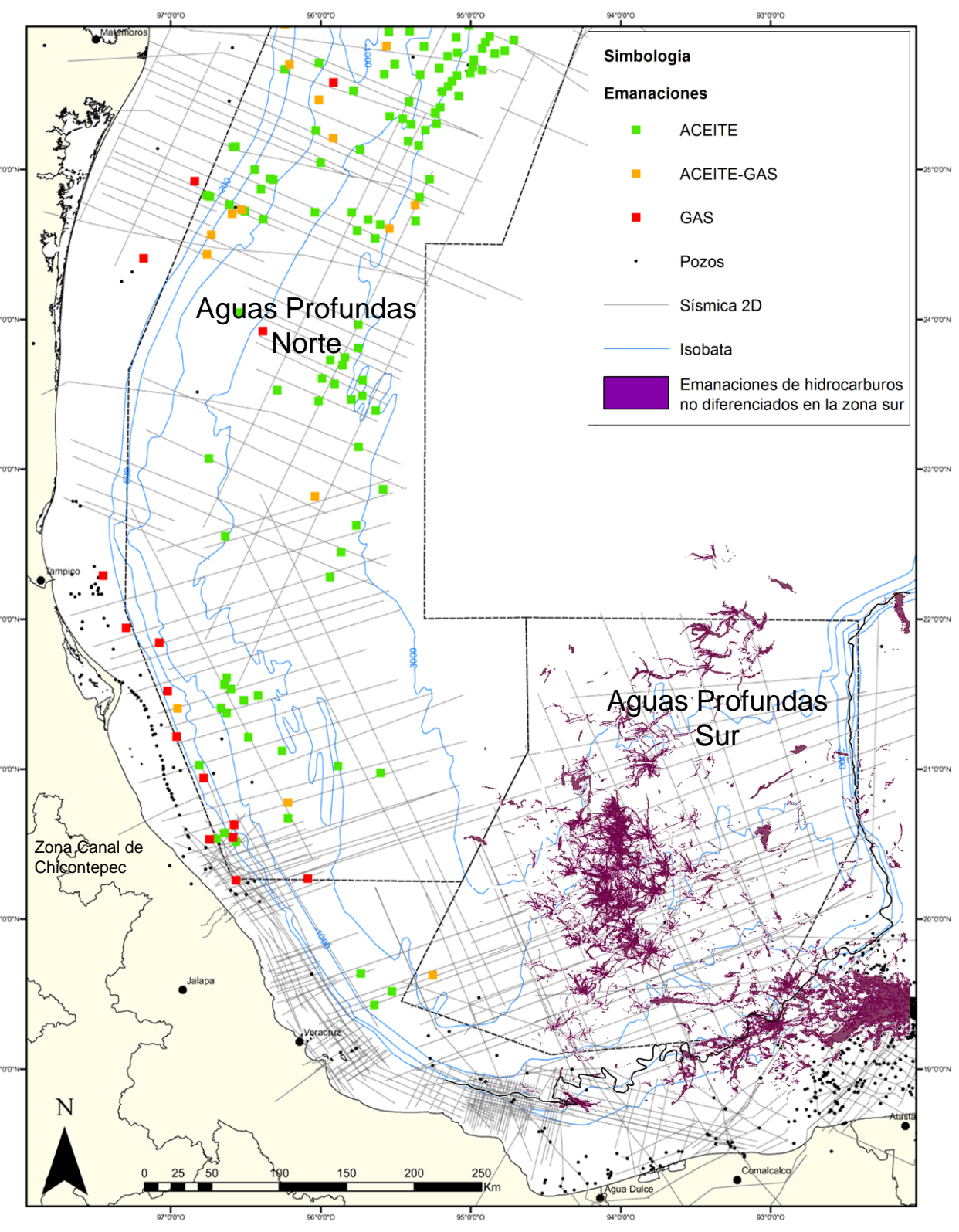


**Cobertura Sísmica 3D**

# Aguas Profundas - Contexto regional - Pozos exploratorios y emanaciones de HC



**Pozos exploratorios en los Sectores Oeste y Este del Golfo de México**



**Emanaciones de hidrocarburos en el fondo marino en el Sector Oeste y en la superficie en el Sector Este del Golfo de México**

## Exploración y descubrimientos

Los recientes descubrimientos en el Cinturón Plegado Perdido confirman el potencial petrolero en el Terciario. Las rocas almacenadoras son de buena calidad y recursos prospectivos estimados resultan prometedores.

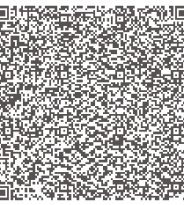
En el Cinturón Plegado Perdido se han perforado pozos exploratorios que confirman el funcionamiento de sistemas petroleros activos, logrando constituir con ello una base de información de campos ya conocidos y con recursos significativos en los Estados Unidos.

Por otro lado, se han reportado acumulaciones de hidrocarburos en las arenas del Mioceno cortadas durante operaciones de perforación, lo cual comprueba la existencia de otro sistema petrolero activo en la zona de mini-cuencas.

Se comprueba entonces, la existencia de sistemas petroleros activos con recursos significativos en un tren de estructuras que se prolongan desde el Cañón de Alaminos en los Estados Unidos hasta el área del Cinturón Plegado Perdido y Cinturón Subsalino en Territorio Mexicano.

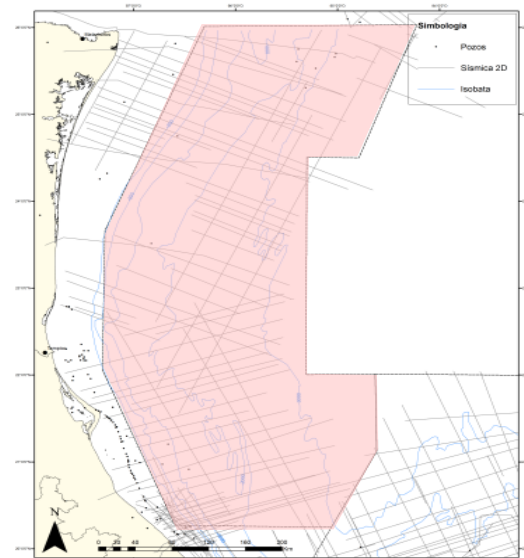
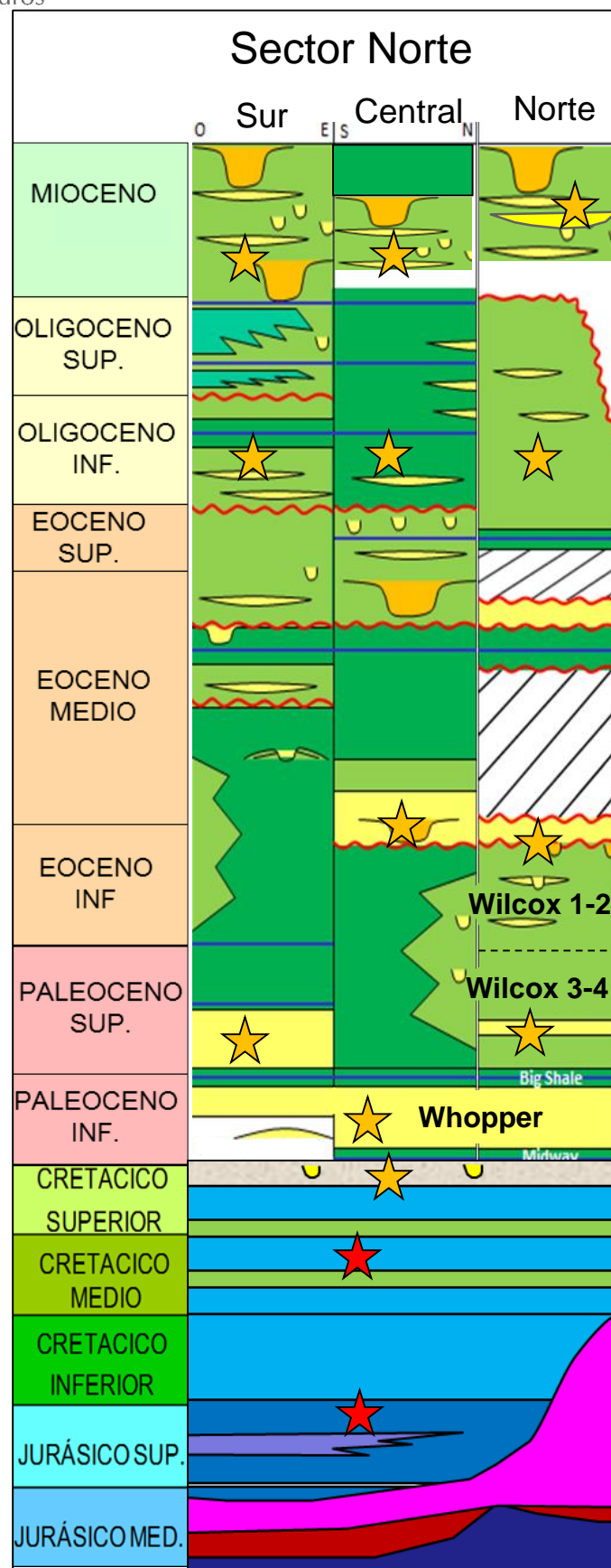
## Emanaciones de hidrocarburos

Se han reportado numerosas emanaciones de aceite y gas en el fondo marino, demostrando el funcionamiento de un sistema petrolero activo. Estas emanaciones se concentran principalmente en el área del Cinturón Plegado Perdido, Cinturón Subsalino y zona de mini-cuencas, también con relación al diapirismo salino y al frente distal del sistema compresivo con despegue en arcillas del Eoceno de Cordilleras Mexicanas.



## Marco Estratigráfico





- ★ Roca Almacén
- ★ Roca Generadora

- Arcillas
- Arcillas y areniscas muy finas
- Areniscas
- Areniscas fluvial-deltaica
- Cañón
- Canal
- Lóbulos
- "Levee channel"
- Siliciclásticos de canales, sistema turbidíticos
- Margas y carbonatos de cuenca
- Carbonatos, terrígenos y dolomía
- Sal, lechos rojos y basamento

**Mioceno-Plioceno:** Sedimentación en ambientes batiales a neríticos de facies predominantemente arcillosas y limolíticas de ambientes turbidíticos, con presencia de intercalaciones arenosas asociadas a abanicos y canales submarinos.

**Oligoceno:** Son intercalaciones delgadas de arenas de grano fino y arcillas depositadas en canales meandriformes y lóbulos distales, contemporáneos con los primeros episodios de deformación causada por el movimiento de sal alóctona. Por lo tanto, en esta época se modifica la configuración estructural por efecto de la deformación plástica de los cuerpos de sal.

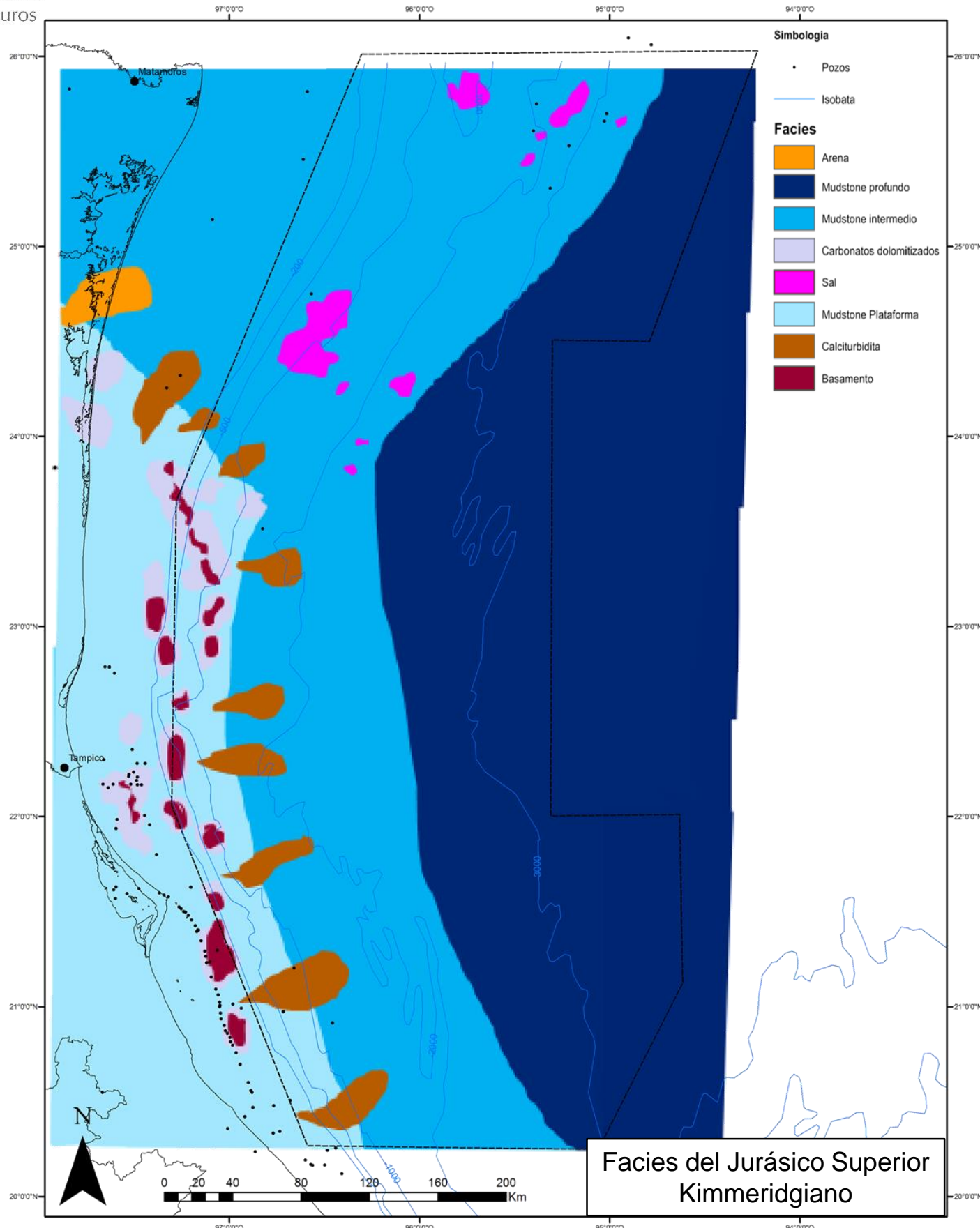
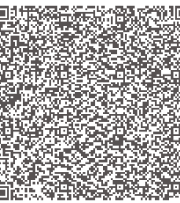
**Eoceno Medio-Superior:** La sedimentación se llevó a cabo en un ambiente batial inferior, formando un sello de buen espesor en el Eoceno Medio, compuesto de arcillas con delgadas intercalaciones de limonitas en ambientes de cuenca hemipelágica. También existen en el Eoceno Superior capas delgadas con facies de lóbulos y desborde de canal.

**Paleoceno-Eoceno Inferior:** El Paleoceno corresponde a un periodo de bajo nivel del mar en el Golfo de México. Está principalmente compuesto por cuerpos de areniscas con amplia extensión lateral denominadas "Whopper", (equivalentes a la Formación Wilcox Inferior) en facies de canales y capas turbidíticas que evolucionan a un sistema de abanico submarino arenoso con lóbulos y canales amalgamados, con mayor contenido de arcillas hacia el Eoceno Inferior correspondientes a un periodo alto del nivel del mar. Existen intervalos limo-arcillosos depositados en facies de cuenca hemipelágicas, intercalados en los intervalos arenosos del Paleoceno (Formación Midway y miembro "Big Shale").

**Cretácico:** Se identifican facies de carbonatos en ambientes de cuenca profunda con alta ciclicidad de fluctuaciones de nivel de mar. Hacia la parte intermedia se infiere un nivel de roca generadora secundaria de edad Turoniano, con alto contenido de materia orgánica depositada en un ambiente de cuenca anóxica. En el Cretácico Superior se identifican cuerpos calcáreo-arenosos de lóbulos turbidíticos distribuidos localmente.

**Jurásico Superior:** Sedimentos principalmente carbonatados de facies de rampa interna a externa con variaciones laterales a dolomías y terrígenos depositados en la rampa intermedia. Hacia su cima se identifica una máxima transgresión compuesta por carbonatos de cuenca con alto contenido de materia orgánica, particularmente en el Tithoniano, horizonte característico de ambientes anóxicos.

**Jurásico Medio:** Constituido por el depósito de lechos rojos sobre un basamento ígneo - metamórfico, evolucionando a rocas evaporíticas de gran espesor durante la fase de apertura del Golfo de México.



### Jurásico Medio

Está caracterizado principalmente por el depósito de evaporitas asociadas a la apertura del Golfo de México. Durante el Caloviano y al inicio del Oxfordiano, las condiciones marinas se extendieron paulatinamente a través de la cuenca.

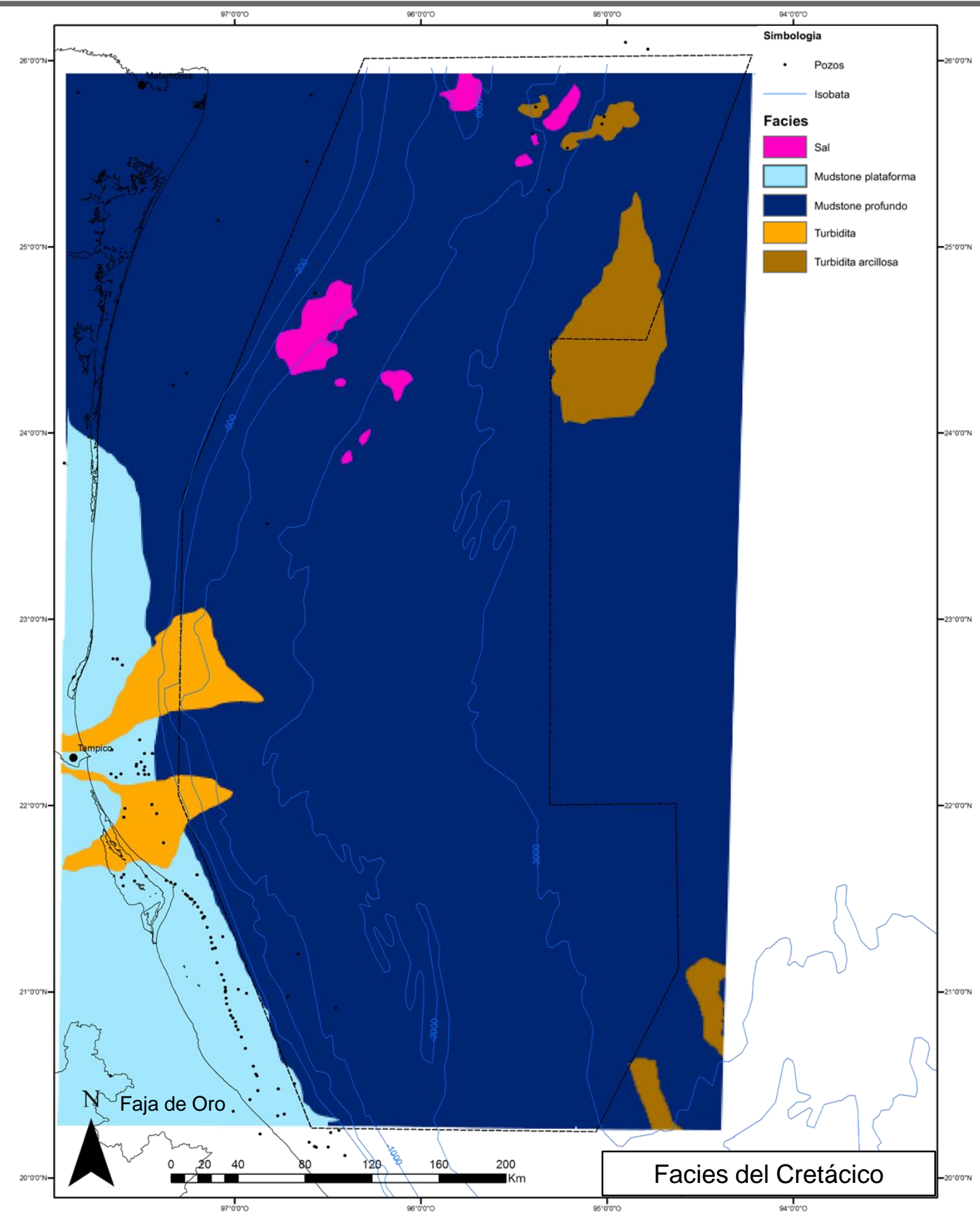
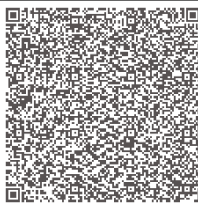
### Jurásico Superior

Consiste en un periodo de transgresión marina desde el Oxfordiano hasta el Tithoniano.

De manera general, durante el Oxfordiano y Kimmeridgiano, se registran facies carbonatadas que varían de rampa interna a rampa externa con la presencia local de lóbulos arenosos en las porciones de rampa intermedia.

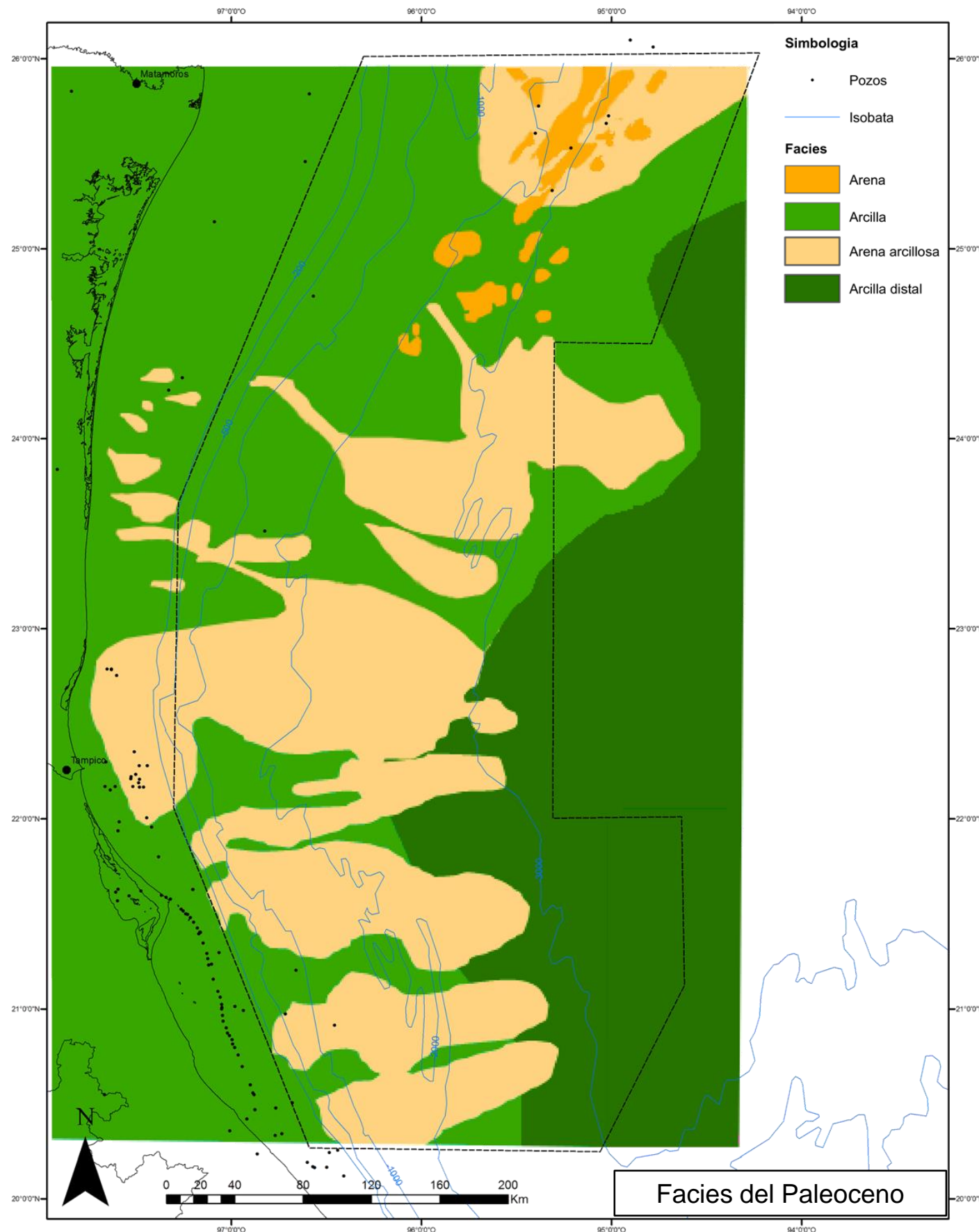
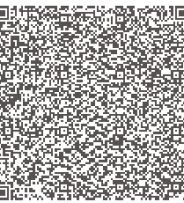
Existen también altos de basamento bordeados de calizas dolomitizadas. No existe hasta el momento pozos que hayan perforado estas unidades para comprobar su calidad como roca almacén, por lo que son únicamente considerados como *plays* hipotéticos.

Durante el Tithoniano, ocurrió la máxima transgresión marina, relacionada con los eventos anóxicos del Jurásico Superior registrados a nivel global. Se depositaron carbonatos finos laminados con limolitas carbonosas ricas en materia orgánica de ambientes anóxicos de cuenca, dando lugar a las rocas generadoras con mayor potencial del Golfo de México.



El **Cretácico Inferior** y **Medio** están representados por un ambiente batial dominado por carbonatos de cuenca, con intercalación de flujos clásticos carbonatados relacionados con deslizamientos sinsedimentarios y flujos turbidíticos de calcarenitas provenientes de la plataforma carbonatada.

Actualmente, los pozos perforados no han alcanzado las unidades del Cretácico en estos ambientes para comprobar su calidad como roca almacén. Sin embargo, por analogía con los pozos perforados en la porción Norte del Cinturón Plegado Perdido en los Estados Unidos, se pronostica la presencia de facies de carbonatos de cuenca fracturados y en algunos casos cuerpos sedimentarios carbonatados originados por derrumbes de la plataforma externa. Debido a la profundidad del Cretácico en esta región, más de 6,000 m, se estiman eventualmente porosidades y permeabilidades bajas.



El **Paleoceno** está representado principalmente por sedimentos de ambientes turbidíticos batiales, conformados por arenas de grano fino con intercalaciones de lutita. Las fuentes principales de los sedimentos clásticos provienen del Norte y Noroeste, es decir, principalmente de los aportes sedimentarios del delta de Houston y Río Grande o Río Bravo. Para la porción central y sur de esta área, las fuentes sedimentarias provienen del Occidente y corresponden a los deltas de los ríos y cañones que aportaron sedimentos al Golfo de México en un sistema sedimentario de carácter turbidítico.

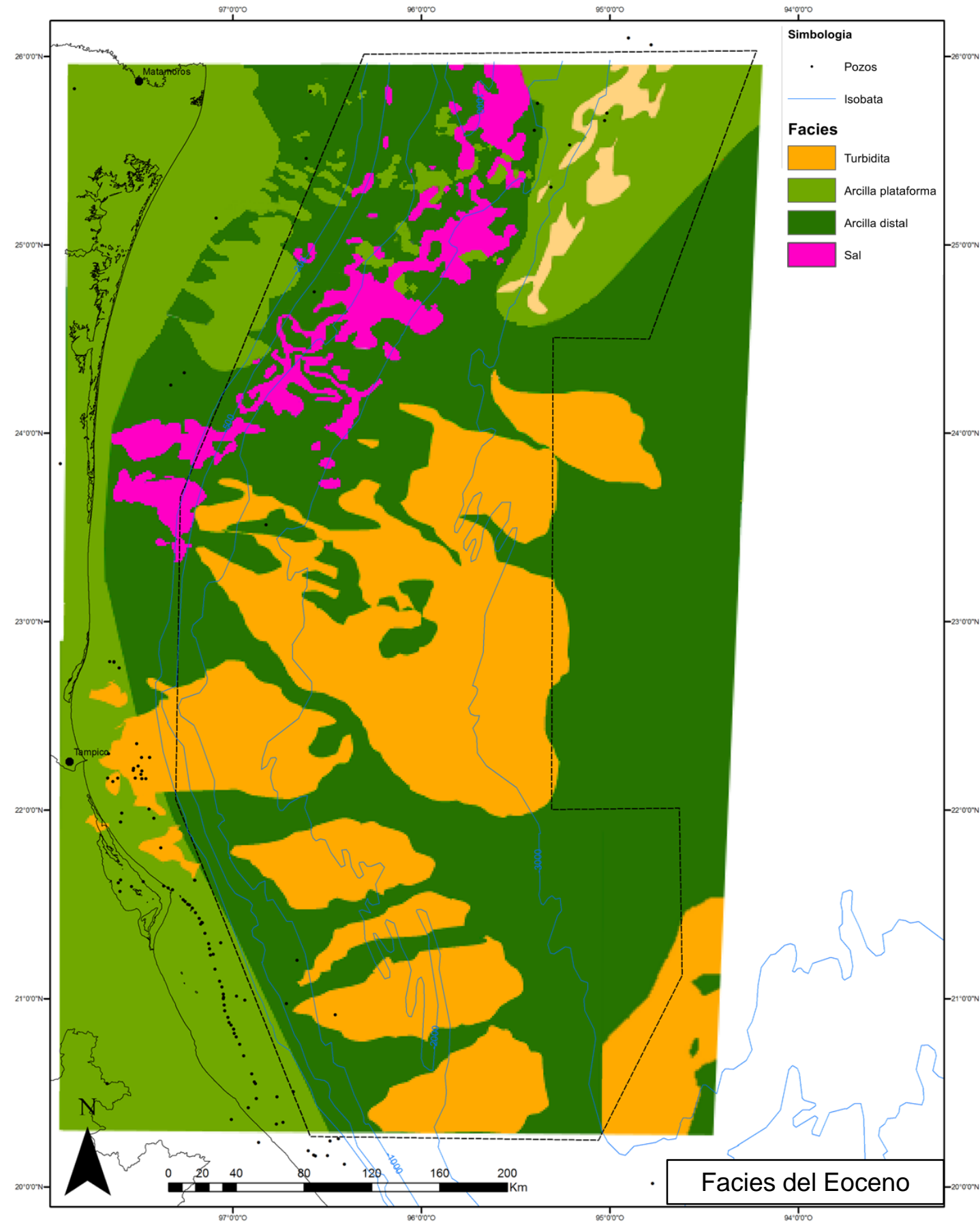
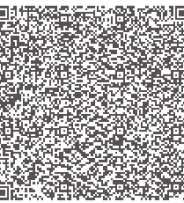
La secuencia del Paleoceno se divide, de la base a la cima, en las unidades siguientes:

La Formación Midway del **Paleoceno Inferior** está compuesta principalmente por intercalaciones de lutitas y limolitas, constituyendo un sello regional, sobre rocas del Cretácico Superior.

La Formación Wilcox del **Paleoceno Superior-Eoceno Inferior** corresponde a cuerpos arenosos de extensión limitada representados por facies de lóbulos turbidíticos, canales arenosos y sedimentos limolíticos que se extienden hacia la cuenca. El aporte sedimentario principal proviene del Nor-Noroeste y un aporte secundario del Oeste. Las porosidades y permeabilidades se preservan, en un rango de altas a moderadas, dando lugar a una buena calidad como yacimiento.

El miembro denominado como arenas "Whopper" hacia la base del **Paleoceno Superior** Wilcox corresponde a la unidad con mayor cantidad de facies arenosas, con intercalaciones de arenas finas y limonitas de ambientes de cuenca. Tienen una amplia extensión como capas de arena, canales arenosos y sedimentos limolíticos hasta la porción de cuenca. La calidad de roca almacén ya ha sido comprobada por los pozos perforados en el Cinturón Plegado Perdido, con altas porosidades y permeabilidades.

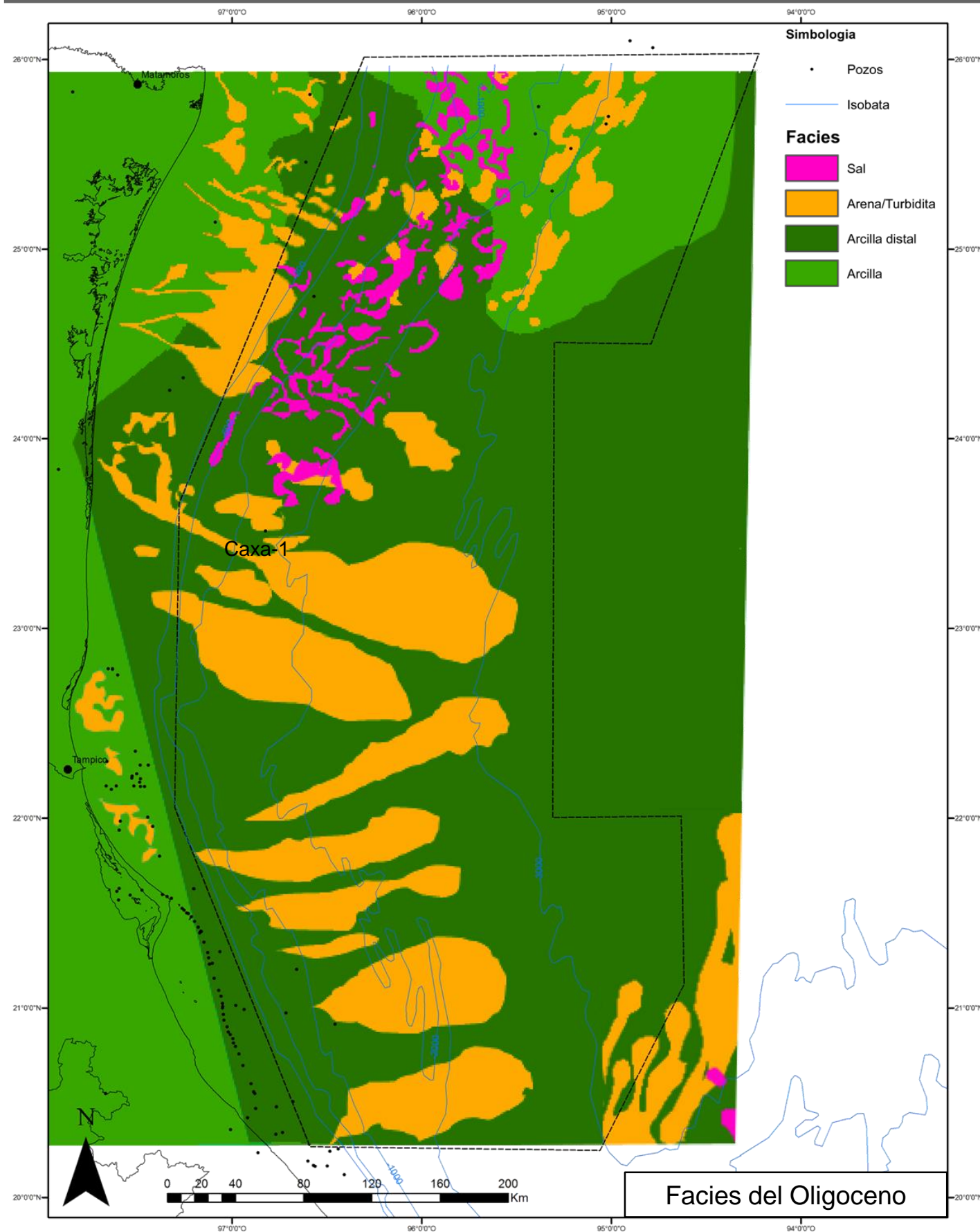
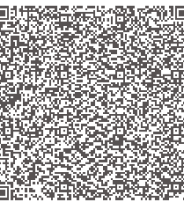
La secuencia arcillosa denominada "Big Shale" que separa los miembros superior e inferior del grupo Wilcox, se compone de intercalaciones de limolitas y lutitas depositados en ambientes de cuenca, que funciona como un sello regional con cobertura homogénea.



**El Eoceno Inferior** se caracteriza por un ambiente batial arcilloso con intercalaciones de canales y abanicos arenosos distales amalgamados cuyo origen viene del Noroeste y del Oeste, principalmente del Delta de Houston y del Río Bravo. Su base corresponde con el miembro superior del grupo Wilcox y se caracteriza por un mayor contenido de limonitas y lutitas que gradualmente incrementa a intercalaciones finas de arenas hacia su cima (lutitas "Yoakum"). La calidad del reservorio ha sido ya comprobada por los pozos perforados en el Cinturón Plegado Perdido, mostrando calidades de yacimiento de buenas a excelentes y con espesores reducidos de los intervalos arenosos intercalados con arcillas.

**El Eoceno Medio** se caracteriza por representar el sello regional de mayor importancia del área de estudio. Esta compuesto principalmente por lutitas e intercalaciones de limonitas con bajas permeabilidades y altas presiones capilares. Su distribución es homogénea en la mayor parte del área.

**El Eoceno Superior** también funge como unidad sello compuesto por limonitas y lutitas con algunos intervalos arenosos de lóbulos y extensas capas turbidíticas. Durante el **Eoceno Superior** el transporte de sedimentos se vio fuertemente influenciado por la deformación tectónica salina, muy intensa en esta época, individualizando particularmente el área de mini-cuencas.



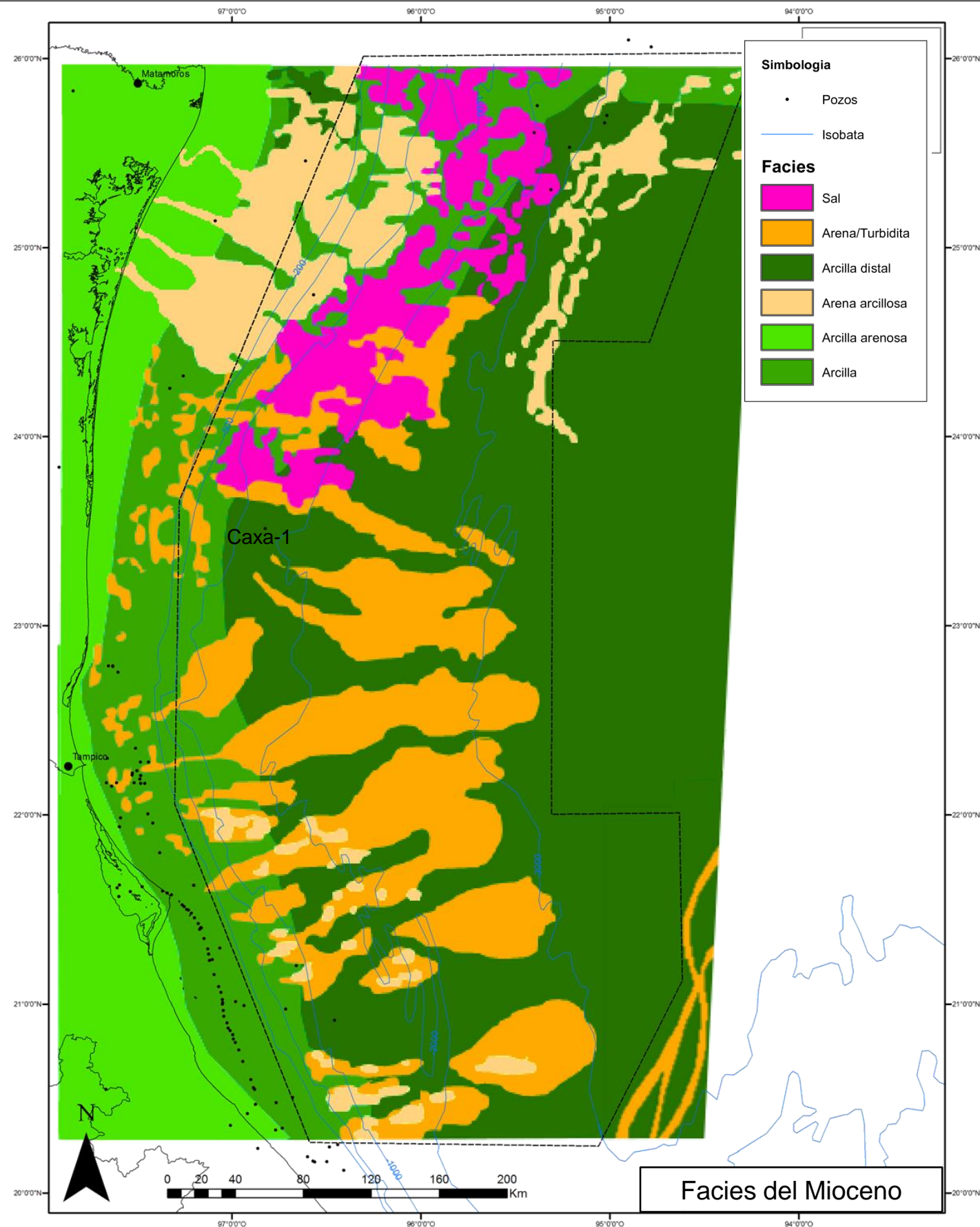
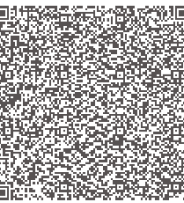
Durante el **Oligoceno Inferior** dominan ambientes batiales a neríticos con un mayor aporte de arenas desde el Oeste depositándose en el talud y cuenca, y una disminución de cuerpos arenosos procedentes del Noroeste (Formación Frio).

Las facies almacenadoras están compuestas por intercalaciones de arenas finas y limolitas en facies de lóbulos turbidíticos confinados en una matriz arcillosa.

La paleotopografía del fondo marino, modificado por el empuje de sal alóctona, condiciona la sedimentación en la cuenca, separando los depósitos con procedencia del Oeste y los del procedencia del Noroeste.

La calidad de reservorio ya ha sido comprobada por los pozos perforados en el Cinturón Plegado Perdido, mostrando una buena calidad de roca almacén con espesores importantes de intervalos arenosos.

El **Oligoceno Superior** presenta mayormente propiedades de sello regional por su mayor contenido en limolitas y lutitas con respecto a los intervalos arenosos.



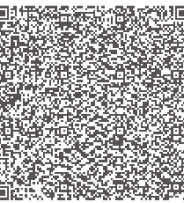
Durante el **Mioceno** dominan ambientes batiales a neríticos con un mayor aporte de sedimentos desde el Oeste depositándose en el talud y cuenca, y una disminución de sedimentos procedentes del Noroeste.

En el área de mini-cuencas, las facies están compuestas por limonitas con delgadas intercalaciones de arenas finas en facies de lóbulos turbidíticos predominando una componente arcillosa.

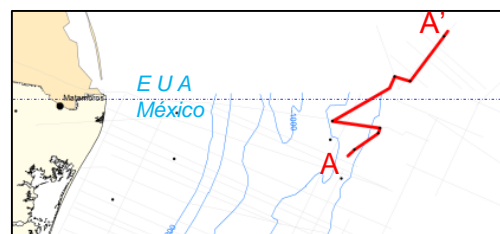
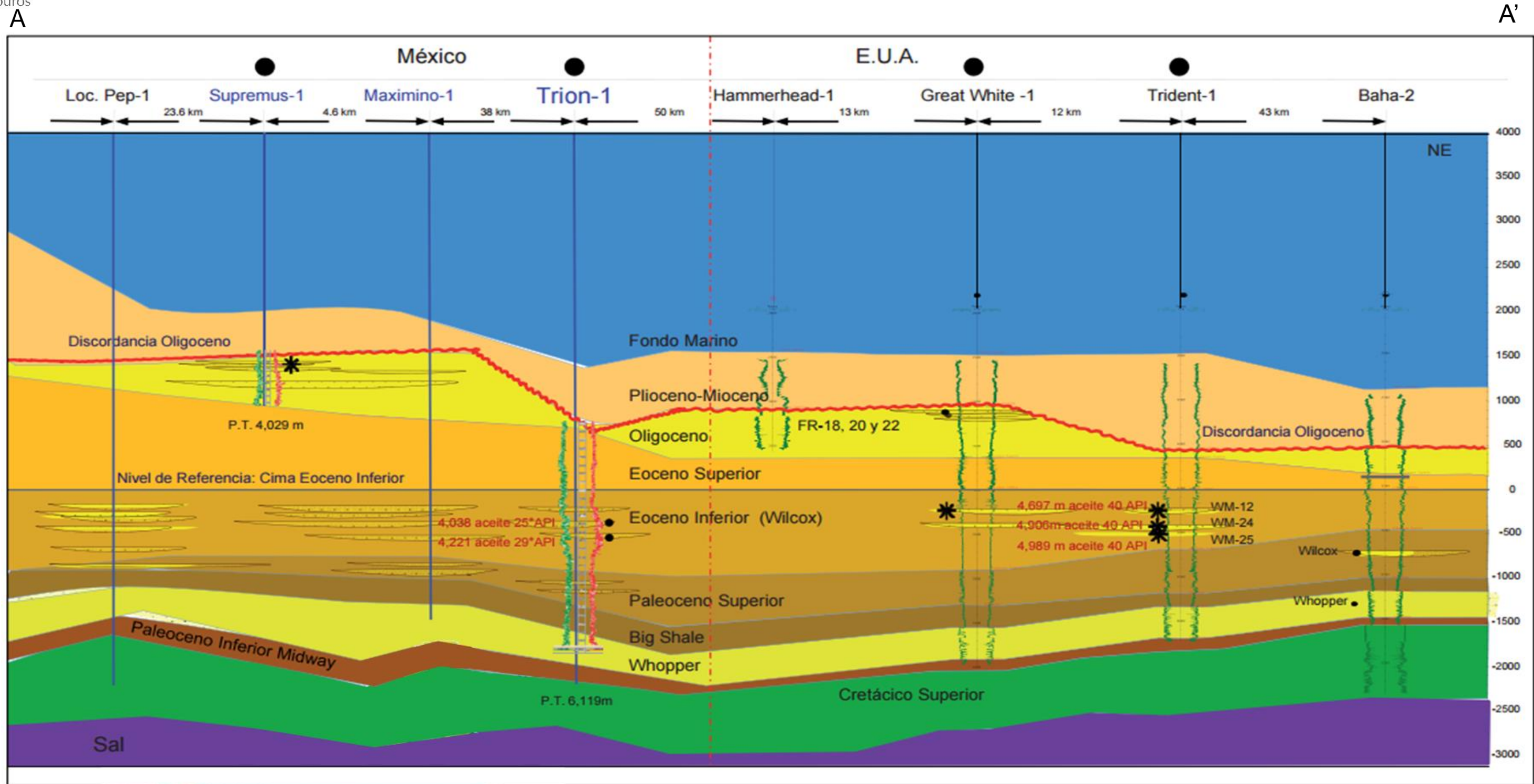
La paleotopografía del fondo marino fue modificada por el empuje de sal alóctona, condicionando la sedimentación en la cuenca y separando los depósitos con procedencia del Oeste y los del procedencia del Noroeste.

La tectónica salina y arcillosa en la porción de Mini-cuencas da lugar a la creación de paleogeografías negativas desarrollando diversas cuencas interdiapíricas por el desalojo de sal o arcilla.

Los reservorios principales se observan en el Mioceno Inferior y Medio. La calidad de reservorio ya ha sido comprobada por un pozo perforados en la zona de Mini-cuencas, mostrando una buena a moderada calidad de roca almacén con delgados intervalos de arenas de grano fino dentro de una matriz limo-arcillosa.

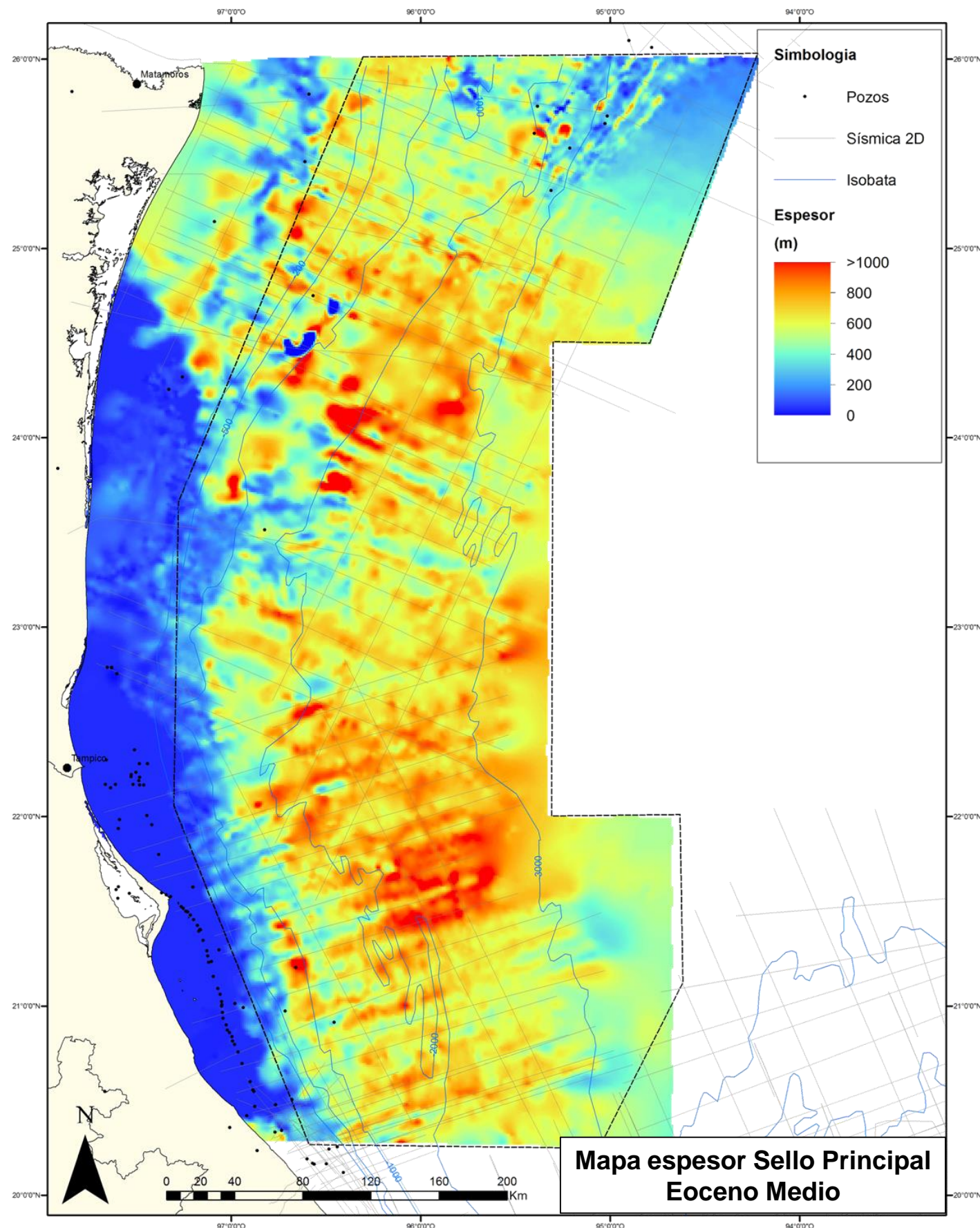
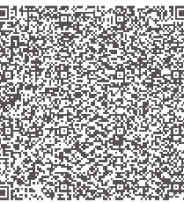


A'



La correlación de pozos perforados en el Cinturón Plegado Perdido, tanto en la porción Mexicana como en E.U.A., demuestran la continuidad del sistema sedimentario del Paleógeno, compuesto por cuerpos arenosos de lóbulos y canales turbidíticos amalgamados confinados en una matriz arcillosa. Las correlaciones muestran también un aumento en contenido de arenas hacia la base del Paleógeno (Wilcox Inferior, miembro "Whopper") con intercalaciones de cuerpos limolíticos con baja calidad de sello (miembro "Big Shale"), variando hacia su cima a intervalos arenosos de menor espesor (Wilcox Superior) intercalados con sellos de mejor calidad (Eoceno Medio). Se observa una discordancia regional hacia la cima del Oligoceno resultado de un evento erosivo.



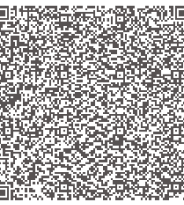


**Espesor de formaciones sello del Eoceno Medio-Superior**

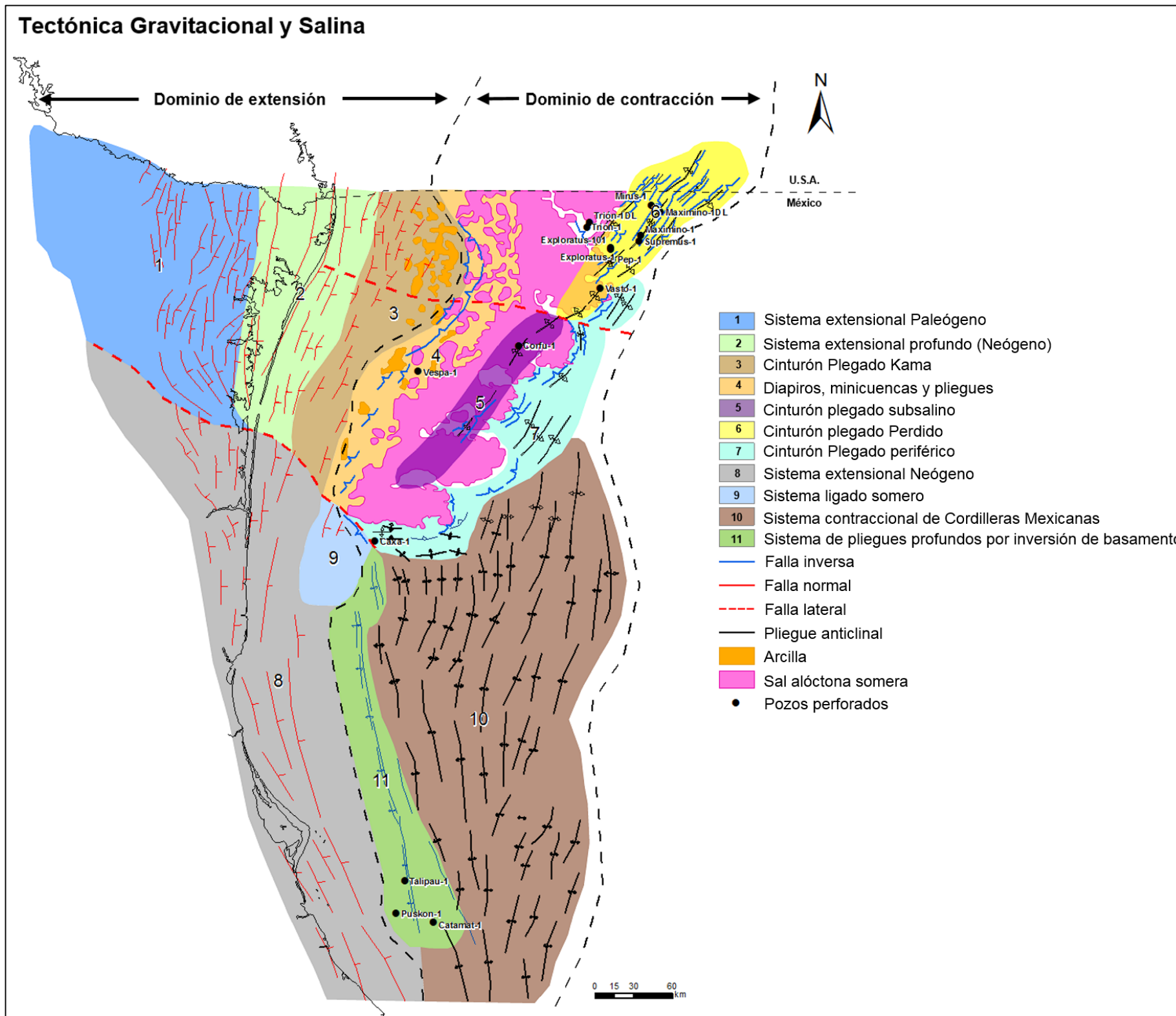
El sello regional del Eoceno Medio esta compuesto por arcillas e intercalaciones de limolitas, depositadas en ambiente batial inferior con espesores importantes que varían entre los 400 a 1000 m.

Su baja permeabilidad y altas presiones capilares lo hacen un sello de excelente calidad. Las bajas permeabilidades creadas por efectos de compactación y probablemente por efectos de diagénesis en arcillas, permiten una buena retención de hidrocarburos en los yacimientos que los subyacen y, por consiguiente, una reducida fuga hacia niveles más someros.

De manera general, la fuga hacia niveles mas someros ocurre cuando las presiones capilares del sello son rebasadas por la presión de fluidos, y/o a través de fallas que cortan el sello regional.



# Marco Estructural



Mapa de estilos estructurales en las provincias geológicas del Sector Oeste del Golfo de México

**1. Provincia Salina del Bravo:** Se localiza en el sector noroccidental del Golfo de México, frente al delta del Río Bravo, en tirantes de agua que varían de 500 a 2,500 m. Incluye las subprovincias del Cinturón Subsalino y Mini-cuevas:

El Cinturón Subsalino corresponde a un régimen compresivo de pliegues amplios por propagación de fallas inversas en sus crestas y flancos, con orientación preferencial NE-SW, nucleados por sal y cubiertos por canopies y lengüetas de sal alóctona. La cubierta de canopies ocurre por encima de los sedimentos del Eoceno Medio, por lo que la intrusión de cuerpos de sal alóctona data de al menos esta misma edad.

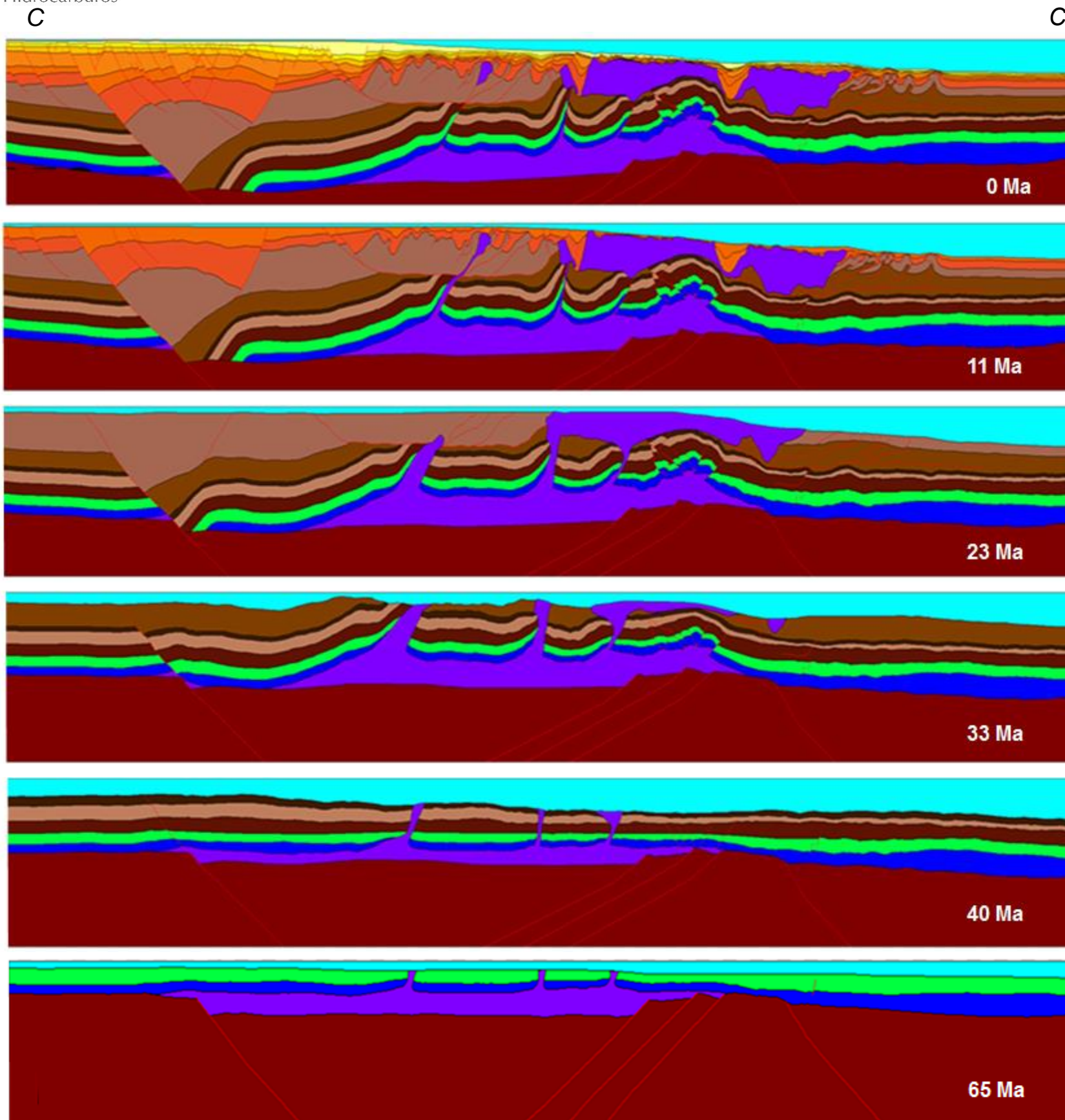
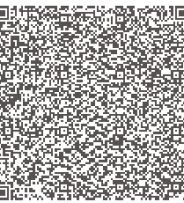
La zona de Mini-cuevas se localiza al occidente, representada por una franja, casi paralela al borde del talud continental, con la presencia de diairos de sal o arcilla asociados a un régimen extensivo gravitacional con niveles de despegue someros sobre las arcillas del Eoceno Superior y creando estructuras de relleno sin-sedimentario Neógeno y acuñamiento de sedimentos contra diairos de sal o arcilla.

**2. Cinturón Plegado Perdido:** Se localiza al oriente de la Provincia Salina del Bravo y constituye un conjunto de pliegues por propagación de fallas inversas de orientación NE-SW, que despegan en la sal autóctona Jurásica. El cinturón plegado es producto de la compresión y el mecanismo de deformación de la sal originado por la tectónica gravitacional ocurrida al occidente del área, en el área de plataforma la Provincia de Burgos, durante el Oligoceno-Mioceno.

El cinturón de pliegues se extiende hacia la parte estadounidense del Golfo de México, en los cuales se han realizado varios descubrimientos importantes de aceite como Baha, Trident, Great White, Tobago, Silvertip y Tiger. En la parte mexicana, varios descubrimientos como Trion-1, Supremus-1, Maximino-1 y Vasto-1 comprueban las acumulaciones de hidrocarburos en los plays del Paleógeno.

**3. Cordilleras Mexicanas:** Se localiza al oriente de la plataforma continental del Golfo de México, frente a la costa de los estados de Veracruz y Tamaulipas. En esta zona, se formó un amplio cinturón plegado, desde la parte Sur de la Provincia Salina del Bravo hasta el Sur del Golfo de México.

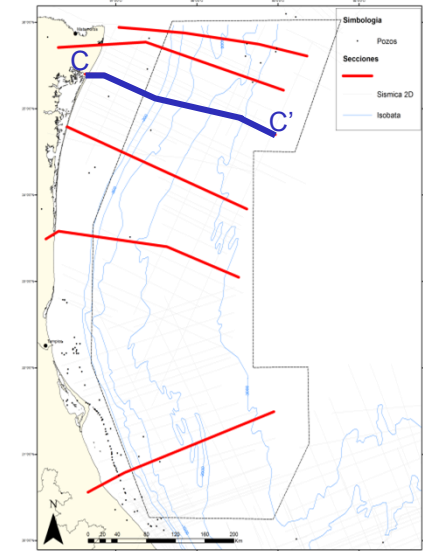
Se extiende a lo largo de 500 km y cubre cerca de 70,000 km<sup>2</sup> con tirantes de agua de entre 1,000 y 3,000 m, generado como respuesta a la extensión gravitacional desarrollada desde el Sur de la Cuenca de Burgos y la Cuenca Tampico - Misantla. Se compone de anticlinales simétricos, con leve vergencia hacia el oriente, alargados y angostos. El sistema combinado extensión-compresión de la Provincia Geológica de Cordilleras Mexicanas se transmite a través de más de una superficie de despegue principal dentro del Paleógeno, así como también superficies de despegue secundarias dentro de la secuencia Terciaria. Las estructuras están presentes principalmente en la serie sedimentaria Terciaria, en particular del Mioceno al Reciente. Los pliegues más jóvenes y de mayor amplitud se localizan hacia la parte central de las Cordilleras Mexicanas.



**Oligoceno - Mioceno Medio (33-11 Ma):**

Tiene lugar la formación de un sistema deltaico a partir del aporte de sedimentos del ancestral Río Bravo. La orientación del sistema extensional indujo un cambio gradual, pasando de Norte-Sur a Noreste-Suroeste en la plataforma continental. Las primeras fallas normales de este sistema despegaron y se propagaron con niveles de despegue salinos, mientras que las fallas sucesivas localizadas hacia la cuenca despegan en el límite Paleoceno-Eoceno o dentro del Eoceno. Este sistema origina el Cinturón Plegado Perdido y, en la provincia salina, diapiros comprimidos y toldos de sal plegados.

Hacia el margen occidental del Golfo de México, se estableció un sistema de fallas lístricas que se desarrolló adyacente a la Provincia Geológica de Cordilleras Mexicanas (conocido también como Cinturón Extensional Quetzalcóatl), el cual corresponde a una serie de anticlinales largos y angostos, con vergencia dominante hacia el oriente y en algunos casos en sentido opuesto, que constituyen superficies de despegue ubicadas en el Terciario. La edad del plegamiento en la provincia varía, de occidente a oriente, del Mioceno Tardío al Reciente.

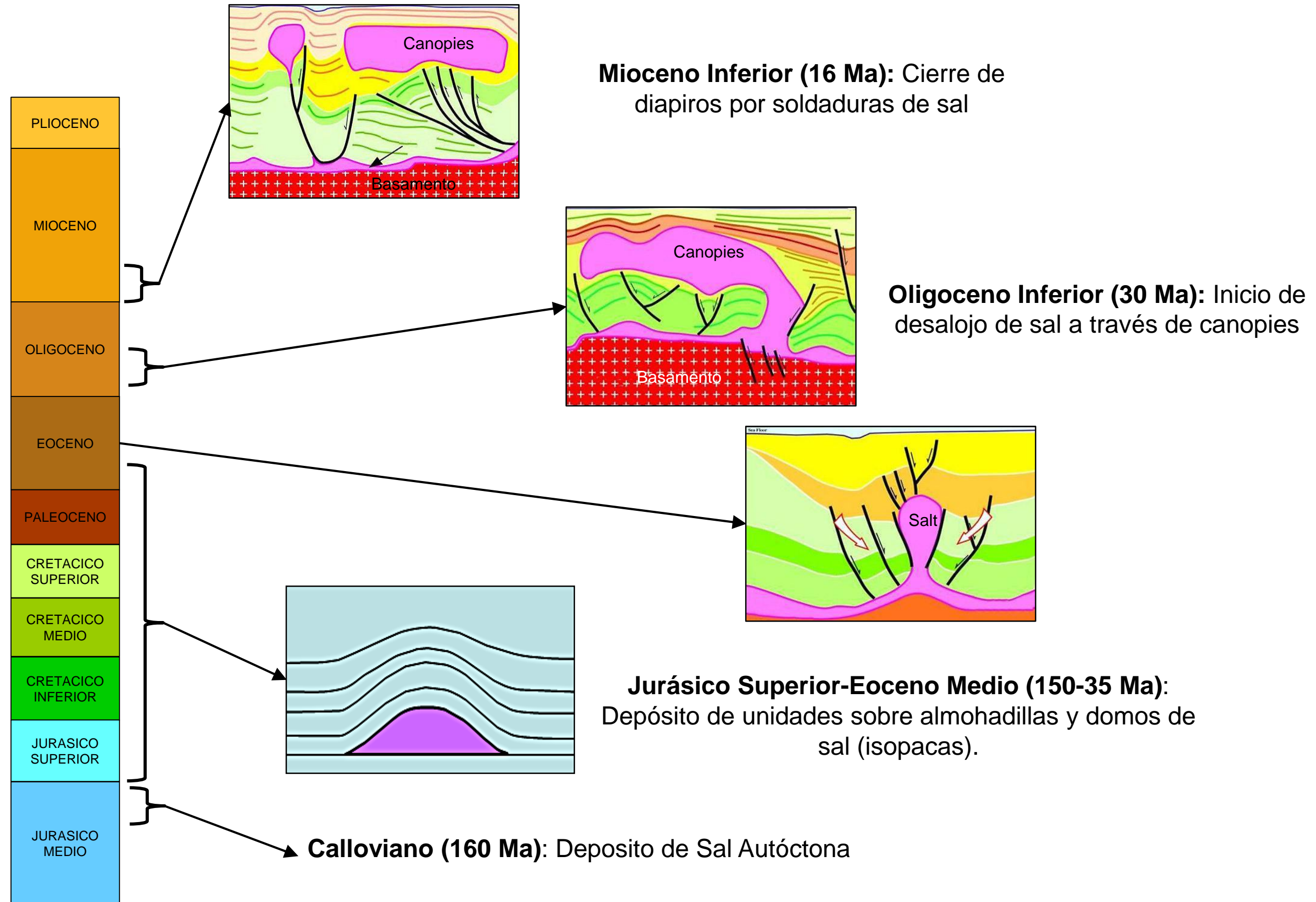
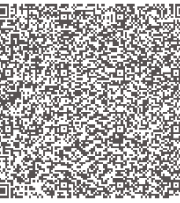


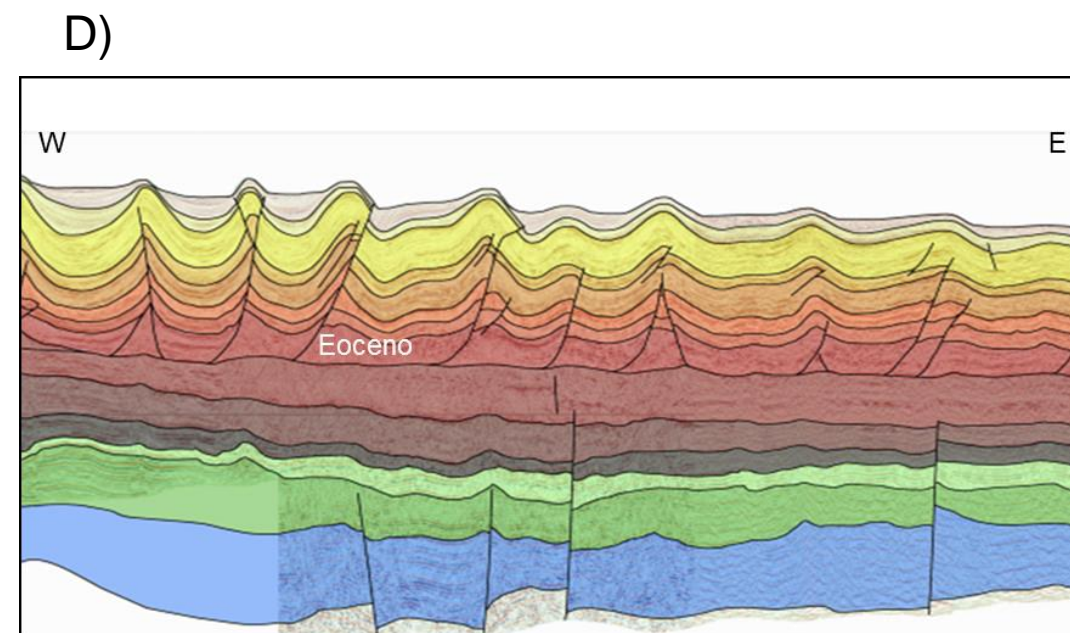
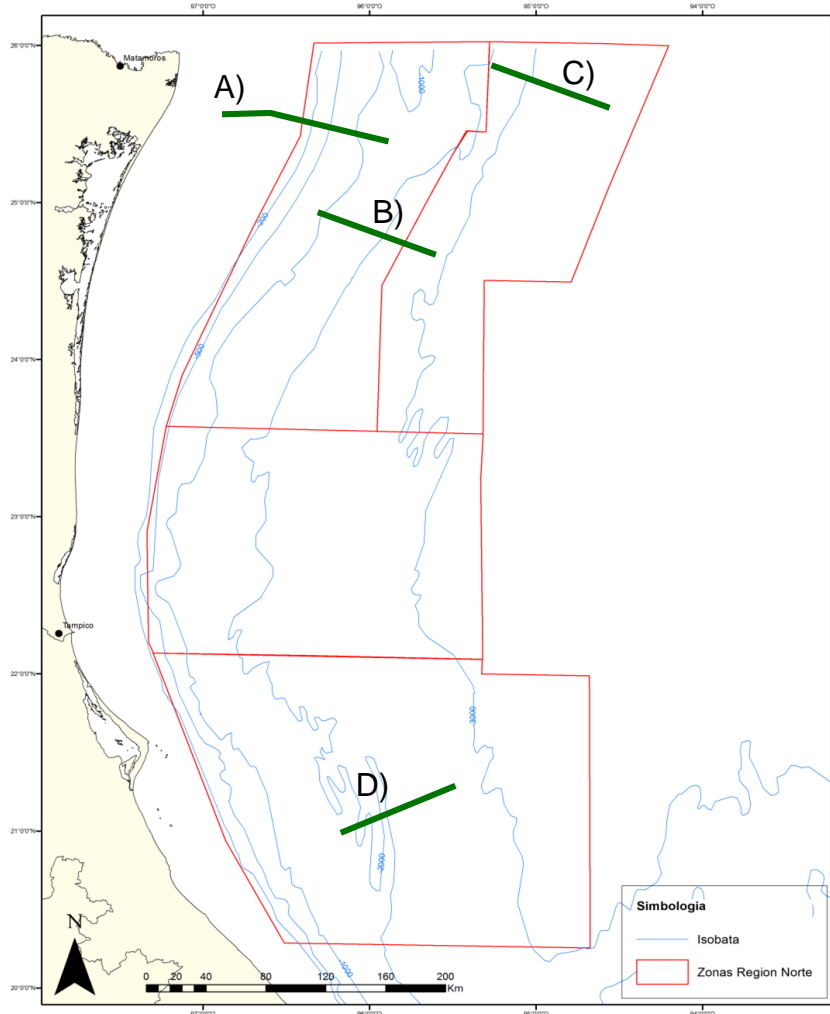
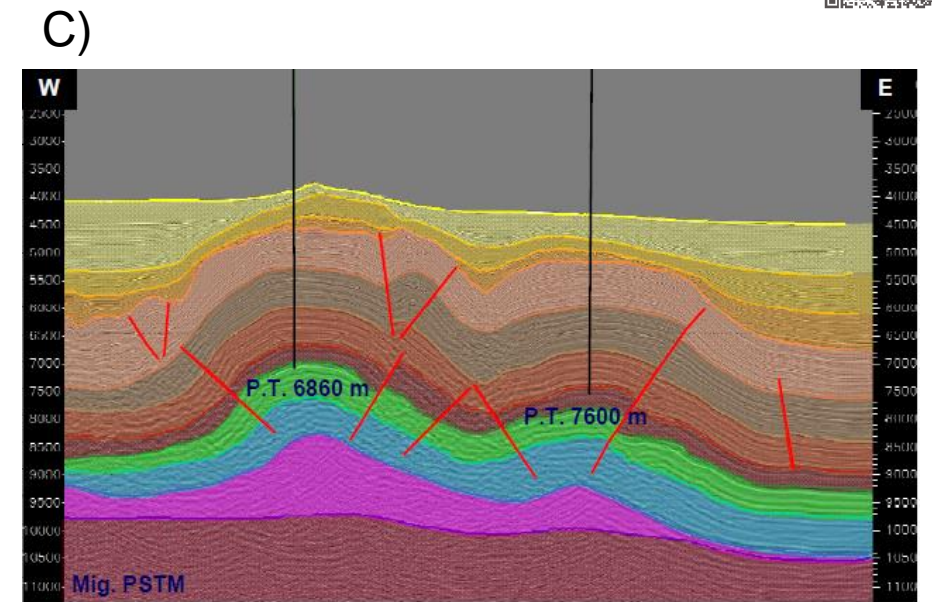
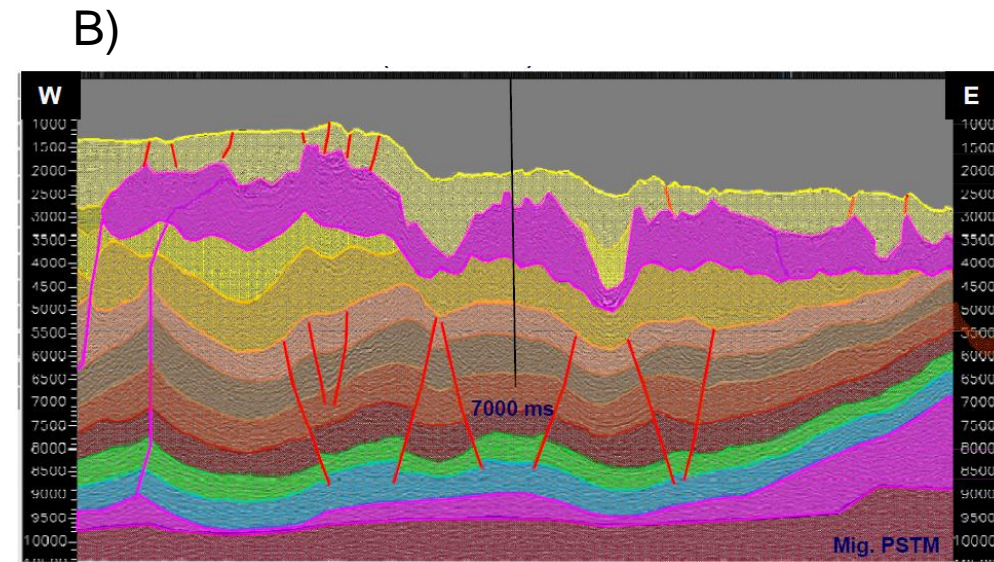
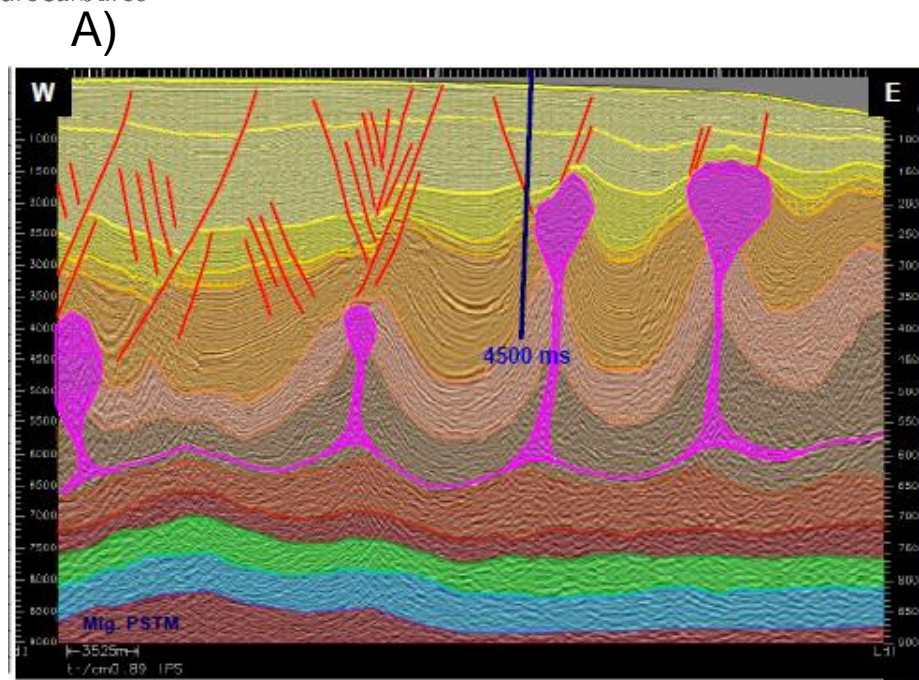
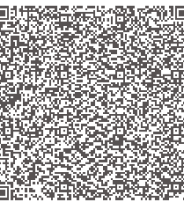
**Eoceno Inferior – Eoceno Tardío (56-33 Ma):**

La Orogenia Laramide instala un sistema tectónico en compresión, levantando y erosionando rocas preexistentes con el consecuente aumento de la carga sedimentaria y deformación de la secuencia bajo un régimen gravitacional, con la formación de pliegues anticlinales por la transferencia del esfuerzo hacia las partes más profundas de la cuenca. Al oeste, en la Cuenca de Burgos, la carpeta sedimentaria terciaria se emplaza en un marco tectónico distensivo gravitacional por el efecto de un basculamiento regional hacia el Este. La progradación de sedimentos hacia el oriente estimula la movilización de las masas salinas, creando cuerpos de sal alóctonos como diapiros y domos que evolucionan a canopies y lengüetas de sal con desplazamiento también hacia el Este. Las estructuras del Cinturón Subsalino datan del Eoceno Tardío.

**Jurásico Medio – Paleoceno Tardío (163-56 Ma) :**

Se desarrolló una cuenca de tipo *rift*, favoreciendo depósito de lechos rojos y evaporitas durante el Caloviano, seguido de una estructuración de capas de sal que deformaron suavemente la cubierta sedimentaria. El espesor de sal autóctona es fue controlado por la los bloques altos preexistente del basamento. Durante el Cretácico Inferior se desarrolló un margen pasivo que persistió hasta el Paleoceno Tardío, en un contexto de subsidencia térmica y enfriamiento cortical. La tectónica salina originó, por carga diferencial, una redistribución de cuerpos de sal dentro de la secuencia sedimentaria terciaria, así como intrusiones y diapiros salinas en zonas de fallas.





**A) Zona de Minicuecas**

*Trampas:* Estructuras extensivas gravitacionales con niveles de despegue someros sobre las arcillas del Oligoceno Inferior y con orientación regional y contra regional formando estructuras del tipo de relleno de cuenca (minicuecas).

*Plays:* Siliciclásticos en el Neógeno: Mioceno - Oligoceno.

**B) Zona Cinturón Subsalino**

*Trampas:* Anticlinales fallados en sus flancos crestas, nucleados por domos de sal y sepultados o cubiertos por canopies y lengüetas de sal alóctona.

*Plays:* Niveles arenosos del Paleógeno Wilcox

**C) Zona Cinturón Plegado Perdido**

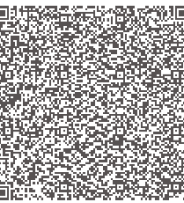
*Trampas:* Serie de pliegues por propagación de fallas nucleados por sal con fallas en sus flancos y fallas crestales en la cima de las estructuras

*Plays:* Niveles arenosos del Paleógeno: Paleoceno-Eoceno Wilcox y Oligoceno Frio

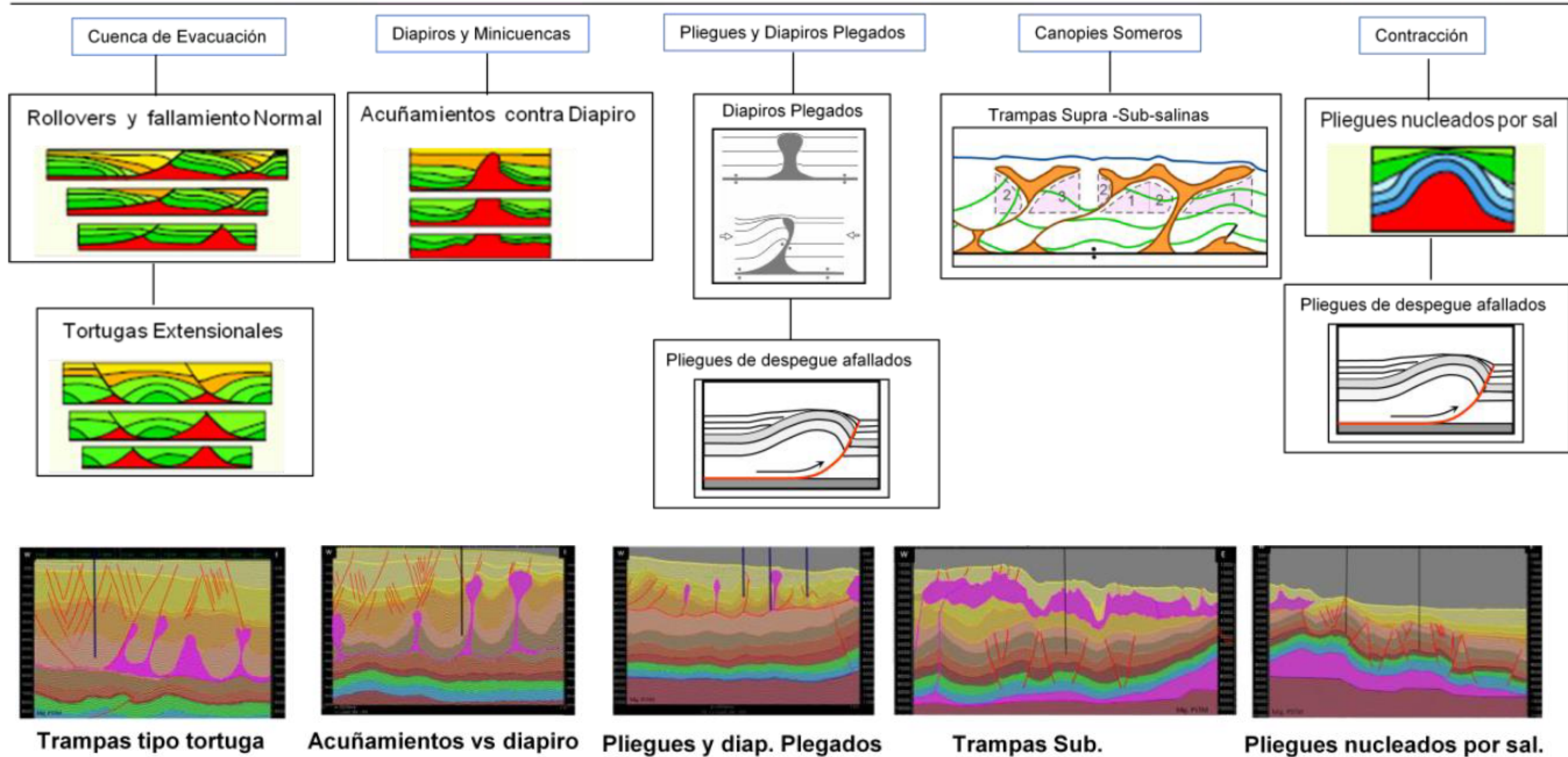
**D) Cordilleras Mexicanas**

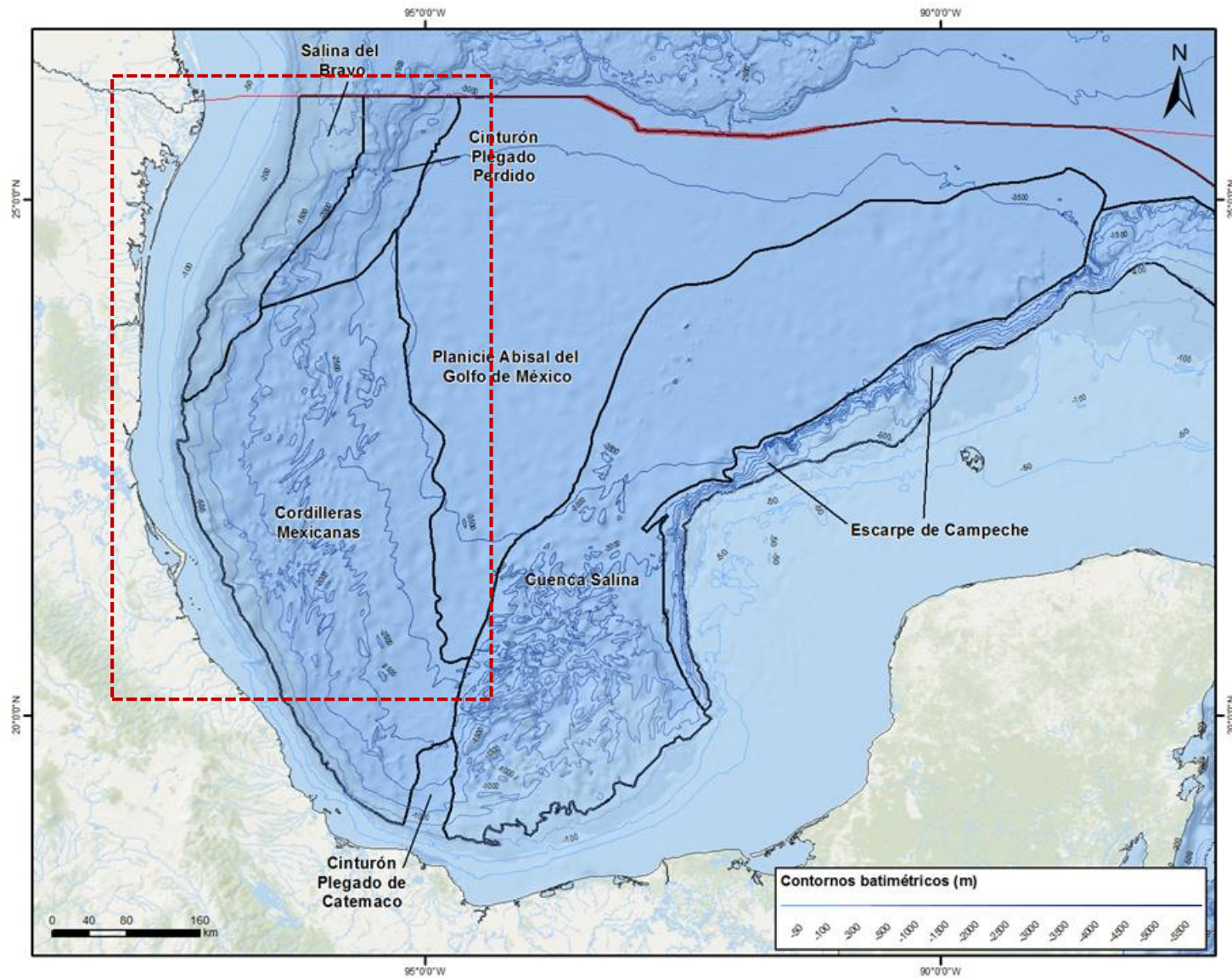
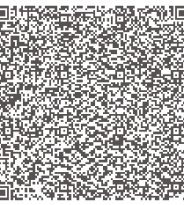
*Trampas:* Serie de pliegues por propagación de fallas con despegue sobre arcillas del Eoceno

*Plays:* Niveles arenosos del Paleógeno: Paleoceno-Eoceno Wilcox, Oligoceno Frio y Mioceno.

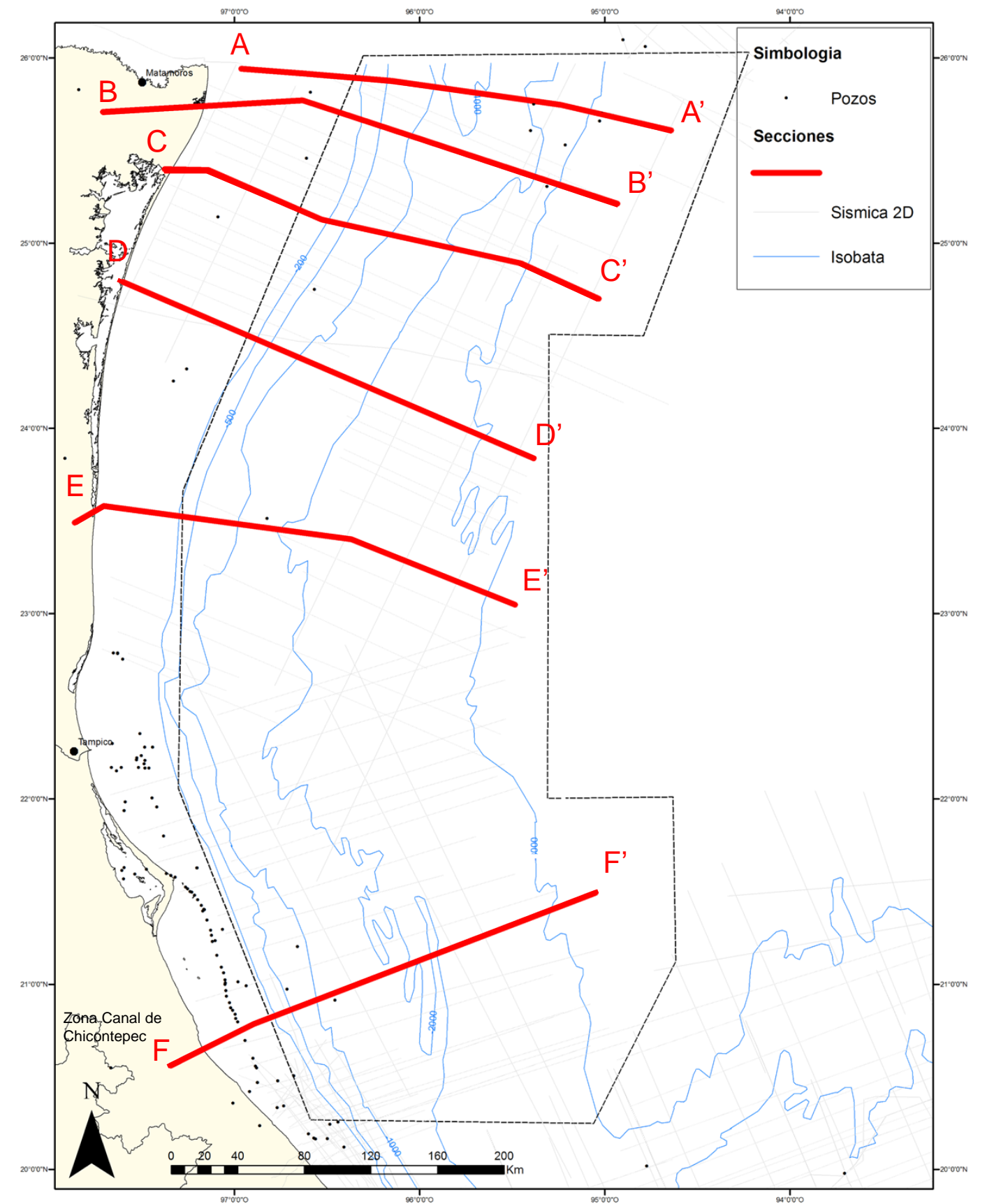


# Tipos de Trampas

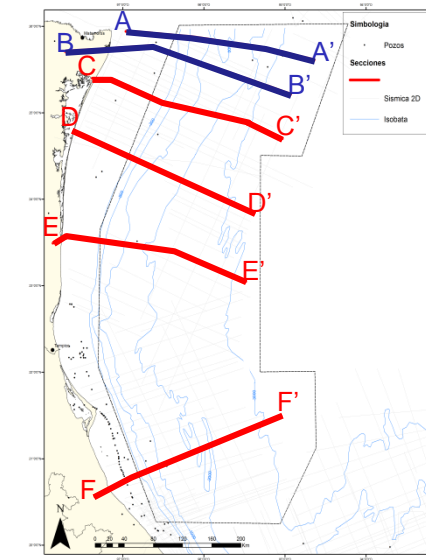
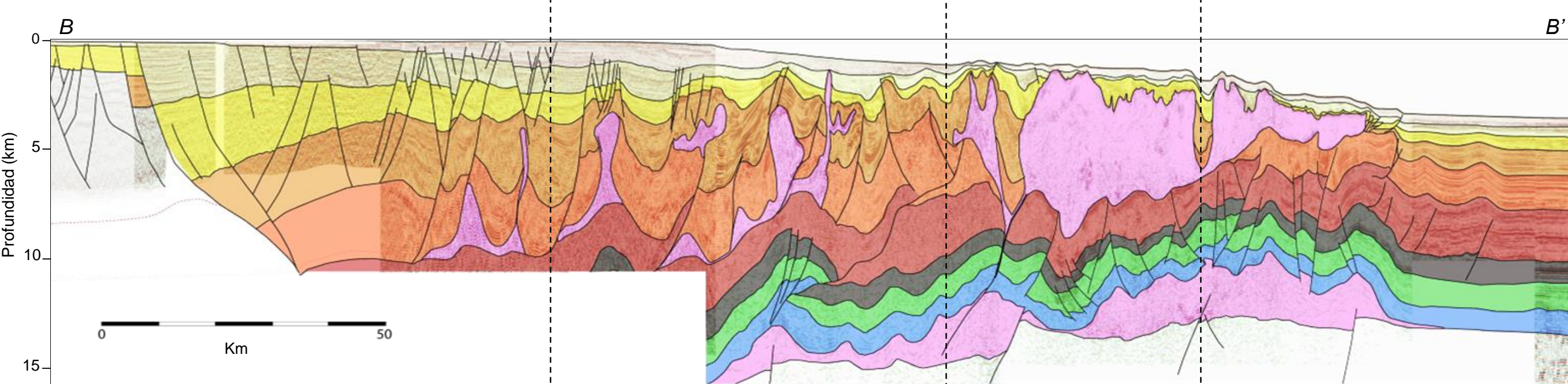
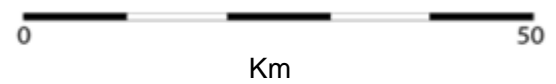
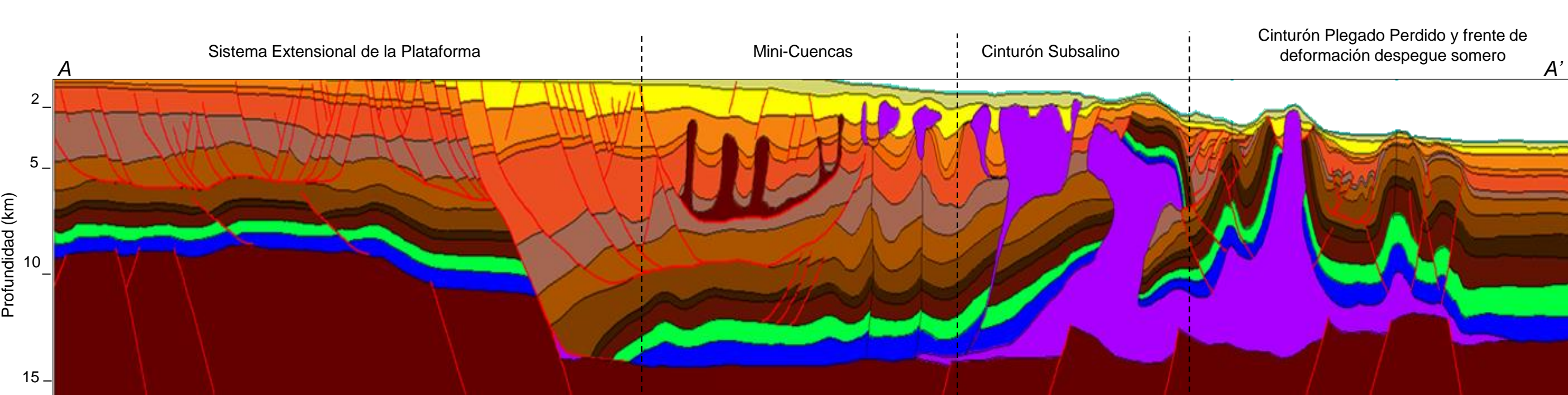
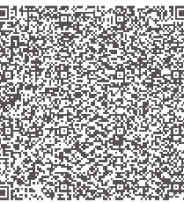




Mapa que muestra la ubicación de las secciones regionales interpretadas.





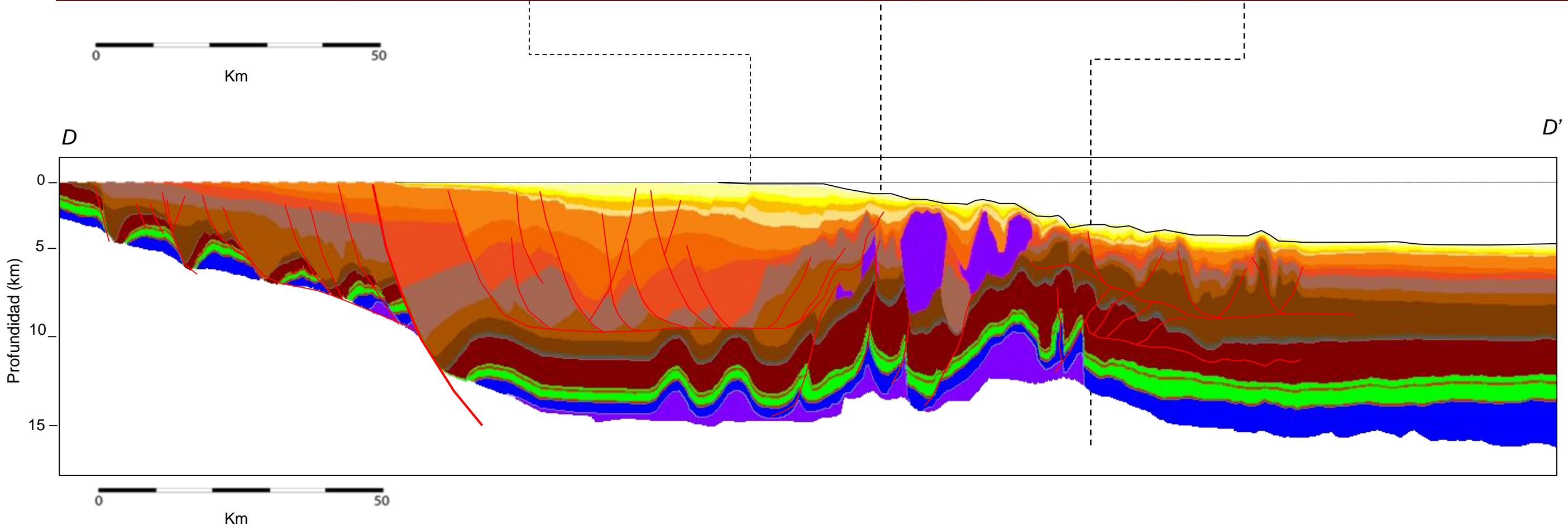
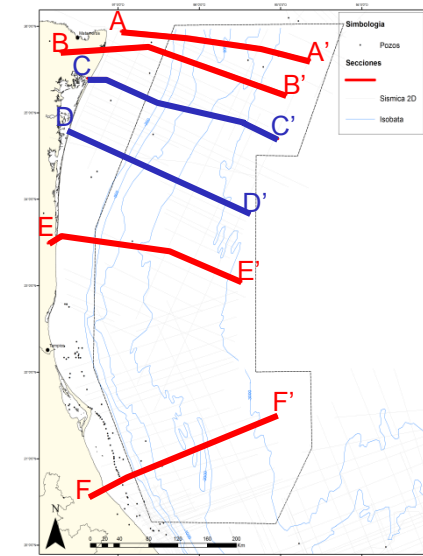
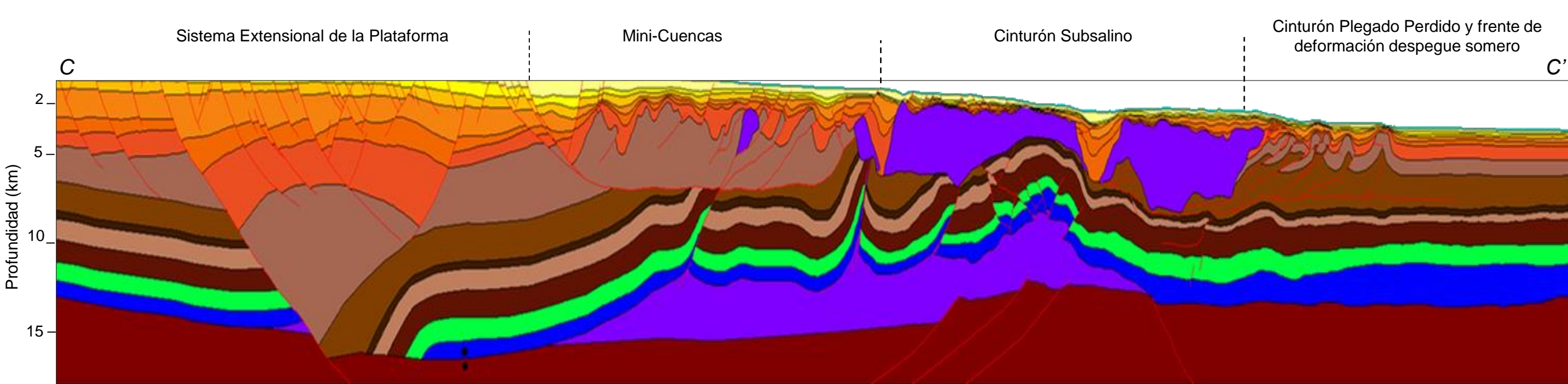
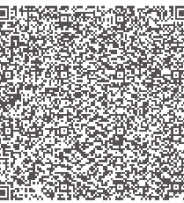


Estratigrafía Sección AA'

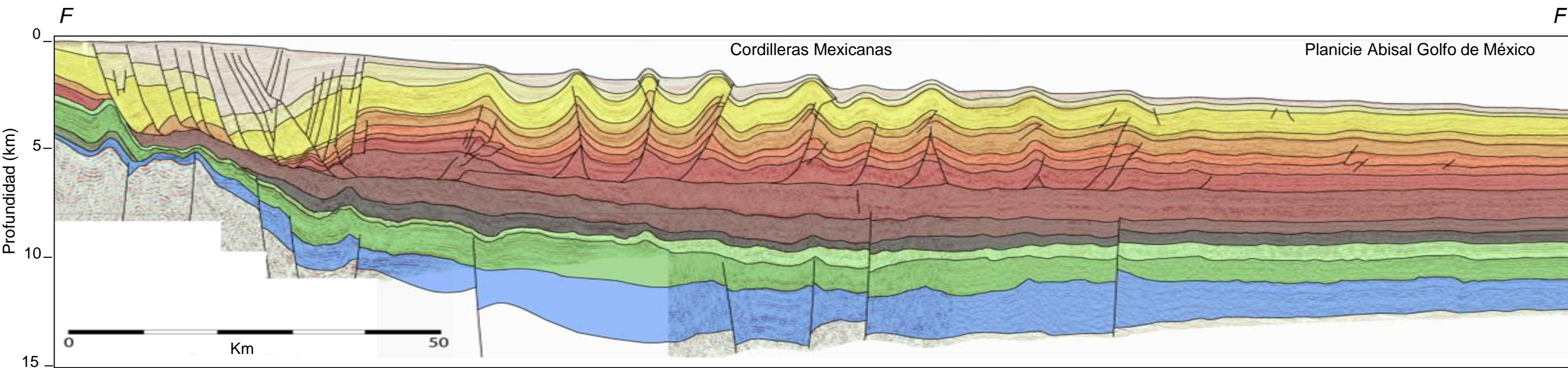
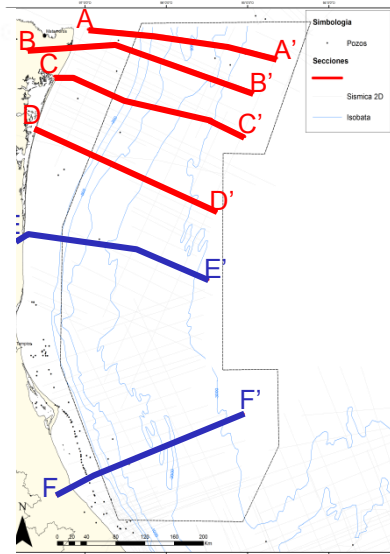
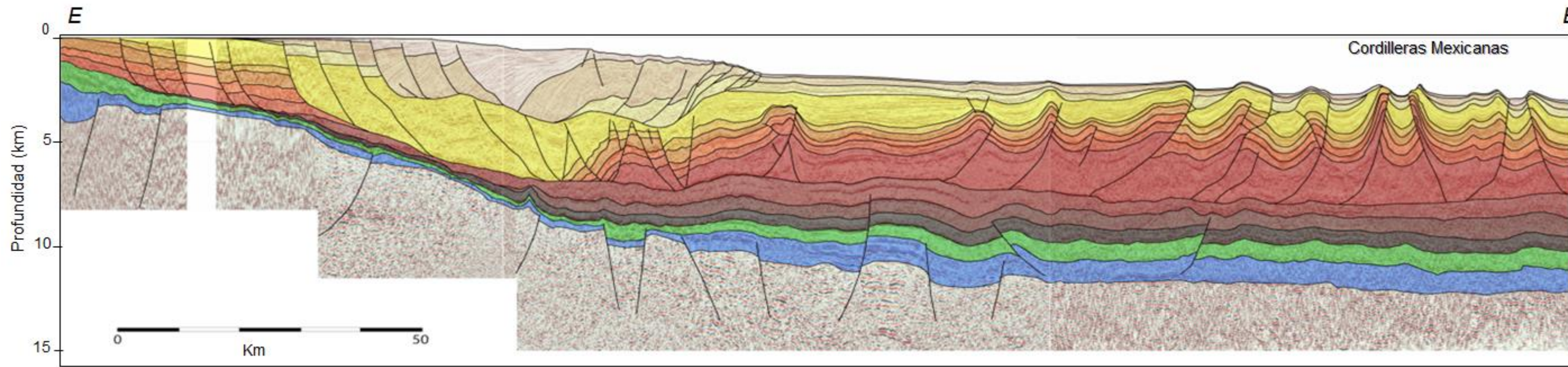
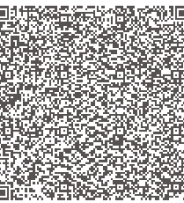
Tirante de agua	Eoceno medio
Pleistoceno	Eoceno inferior
Plioceno	Eoceno wilcox
Mioceno superior	Paleoceno
Mioceno medio	P. whooper
Mioceno inferior	Cretácico
Oligoceno superior	Jurásico
Oligoceno inferior	Sal
Eoceno superior	Basamento

Estratigrafía Sección BB'

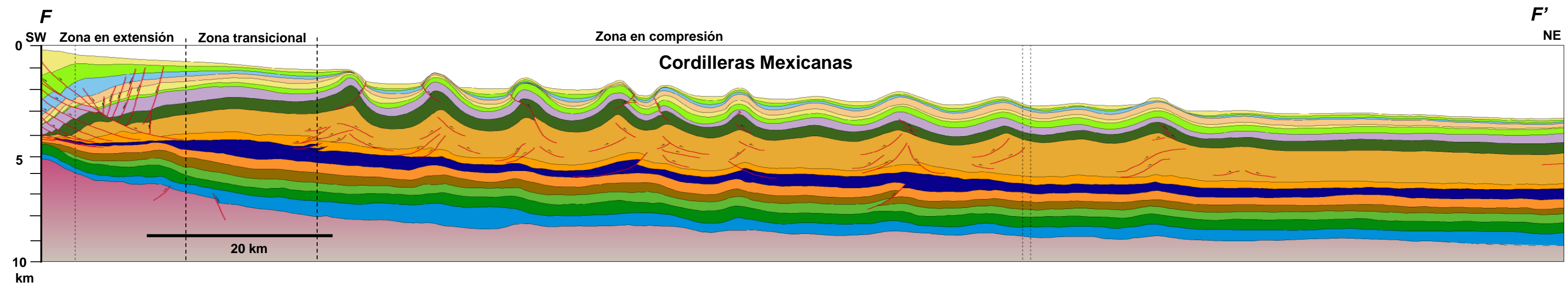
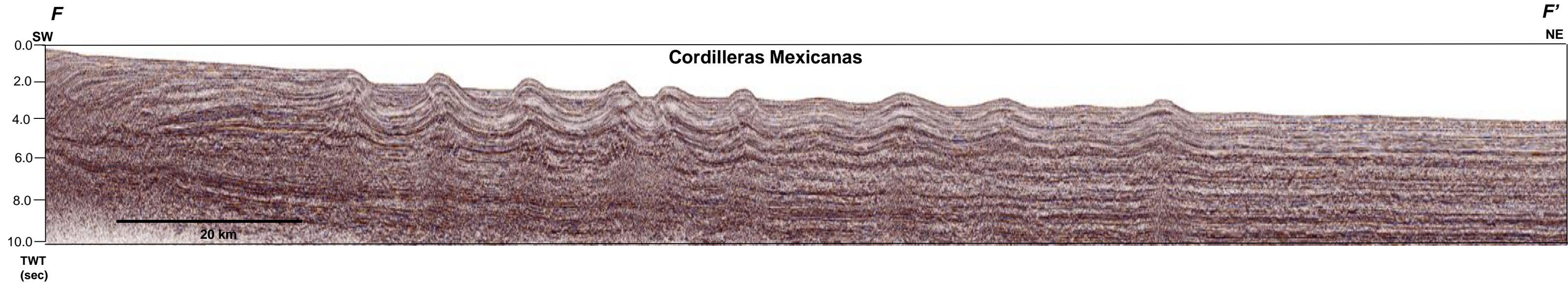
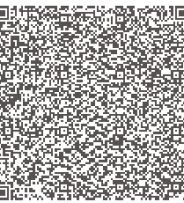
Pleistoceno
Plioceno
Mioceno Superior
Mioceno Inferior
Oligoceno
Eoceno
Paleoceno
Cretácico
Jurásico
Sal



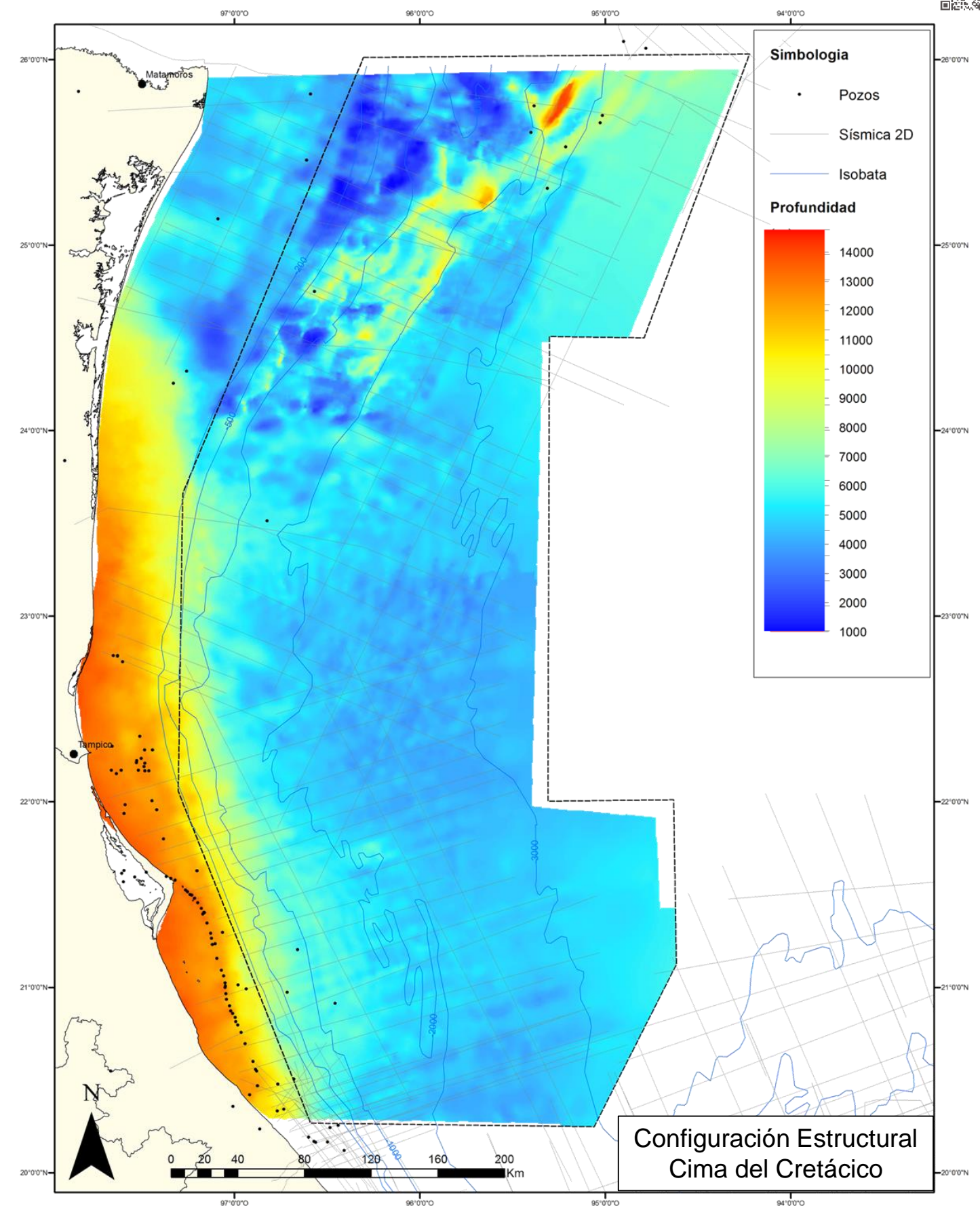
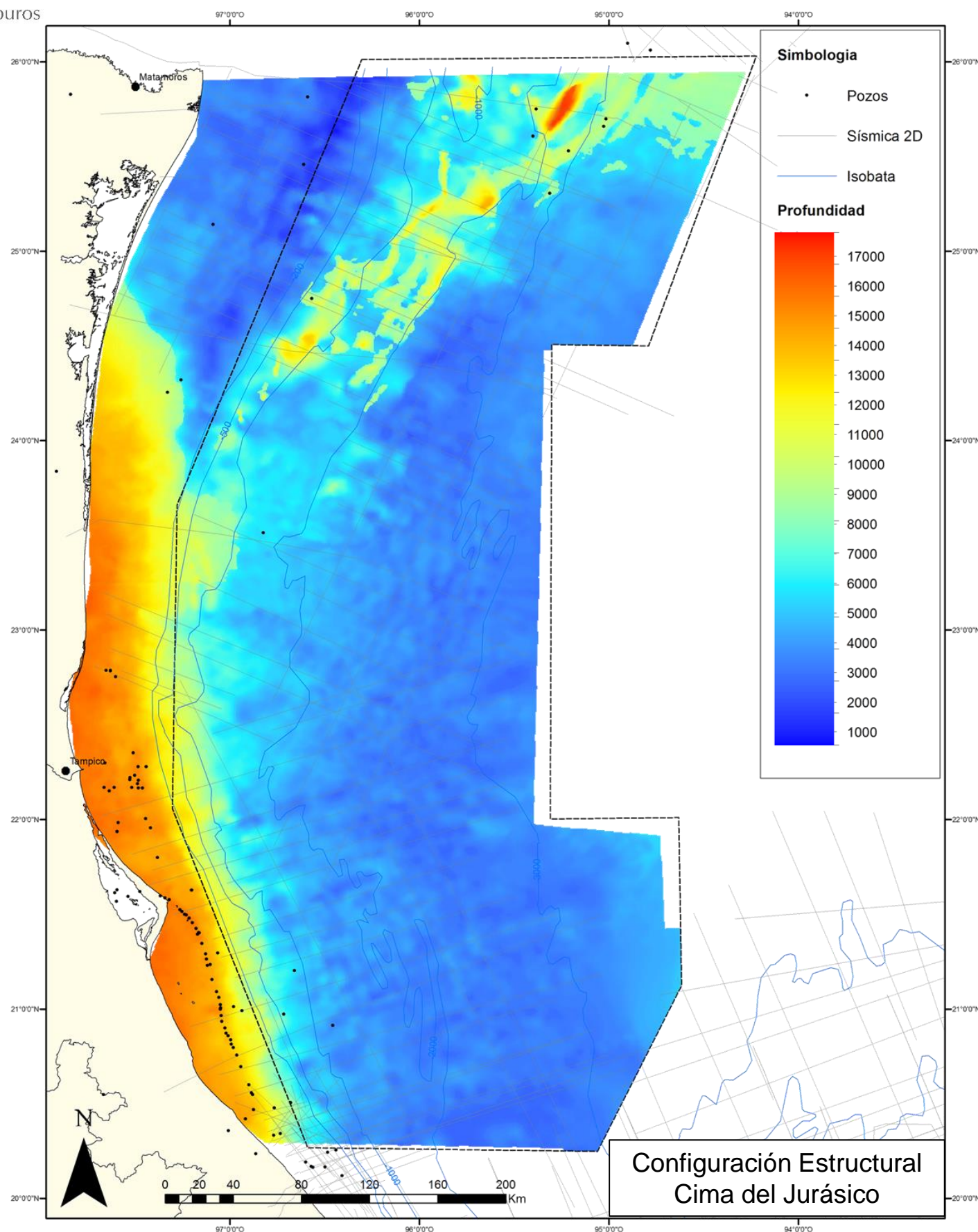
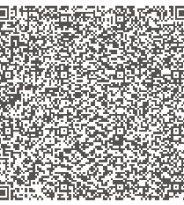
- Estratigrafía**
- Tirante de agua
  - Pleistoceno
  - Plioceno
  - Mioceno superior
  - Mioceno medio
  - Mioceno inferior
  - Oligoceno superior
  - Oligoceno inferior
  - Eoceno superior
  - Eoceno medio
  - Eoceno inferior
  - Eoceno wilcox
  - Paleoceno
  - P. whooper
  - Cretácico
  - Jurásico
  - Sal
  - Basamento

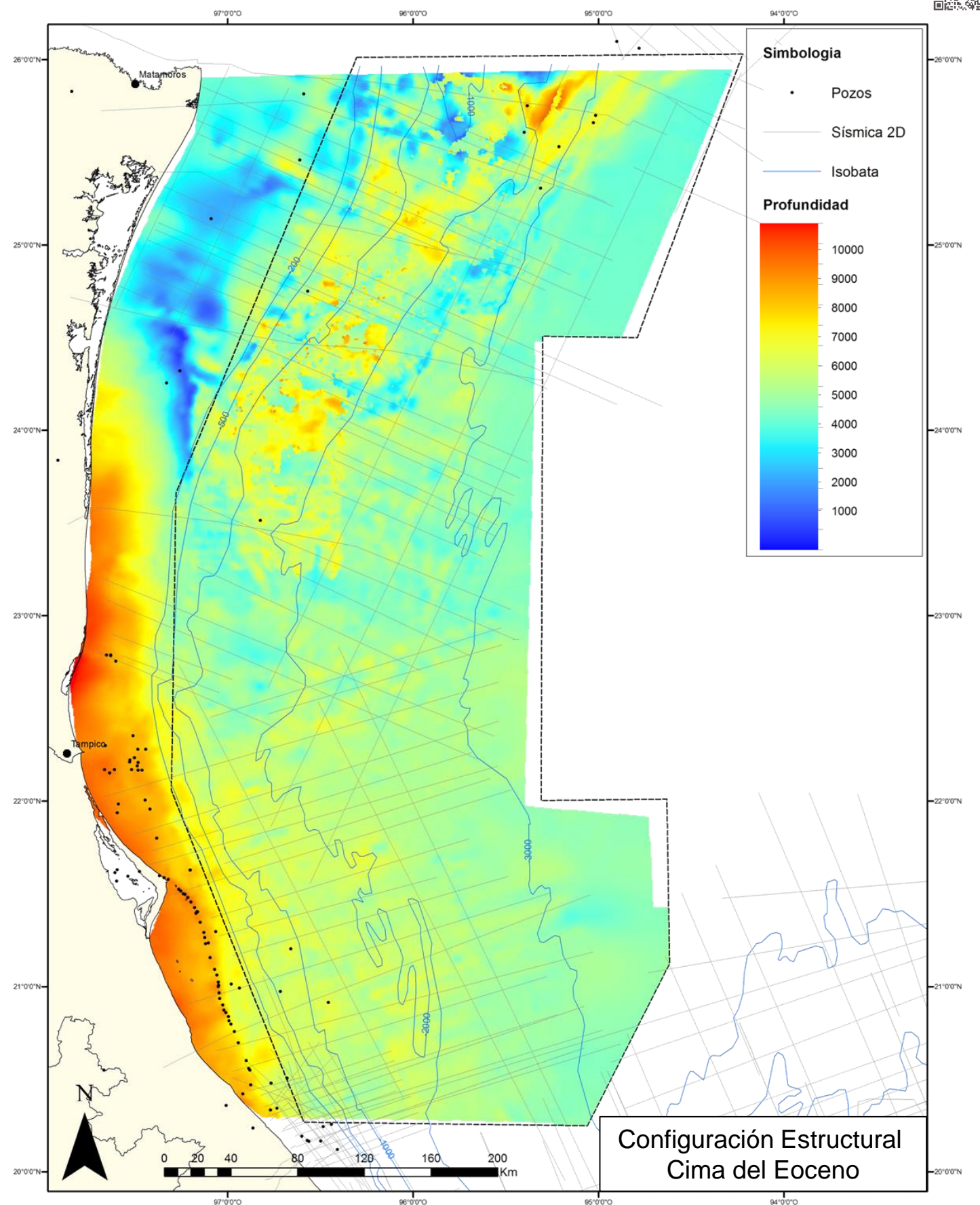
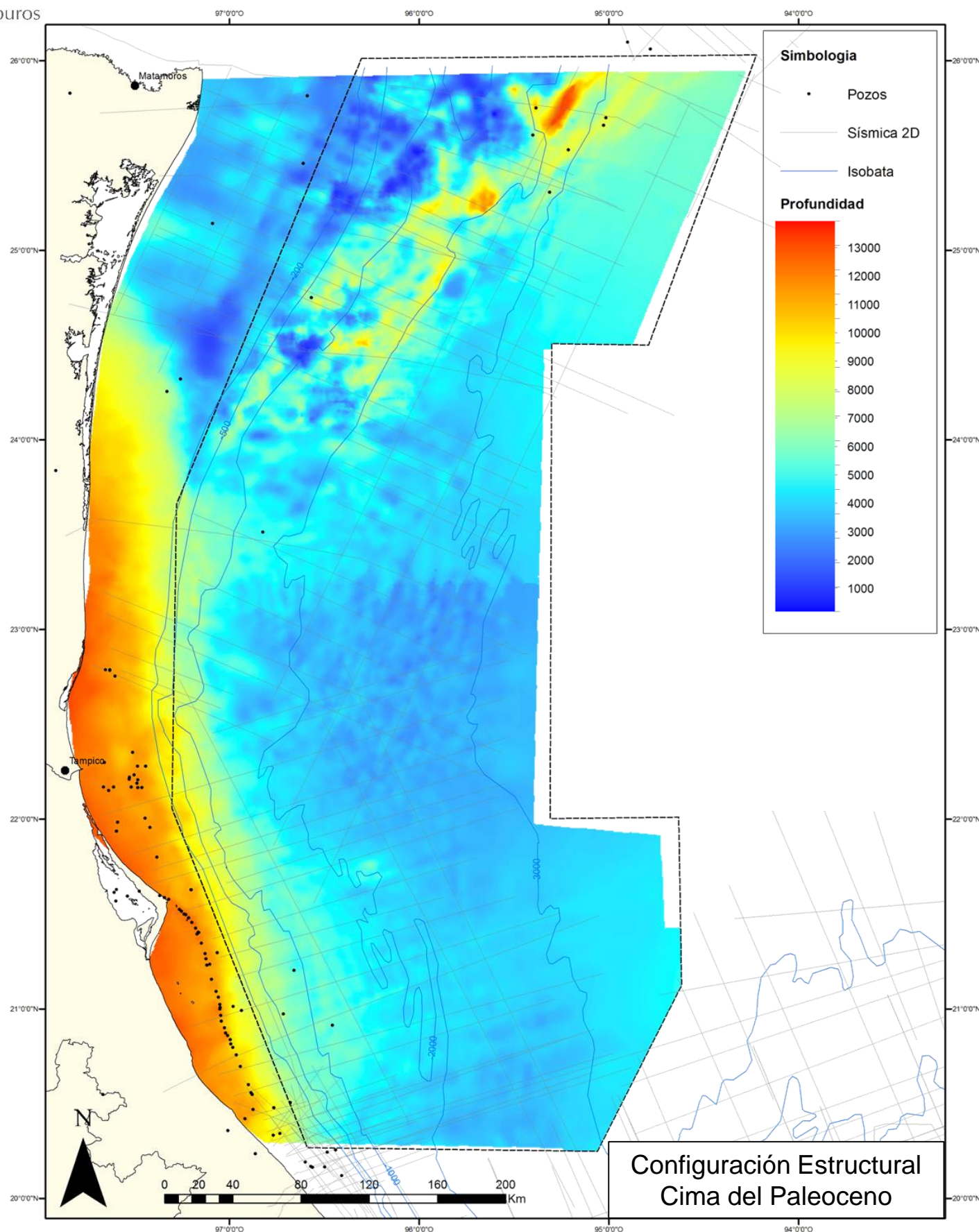
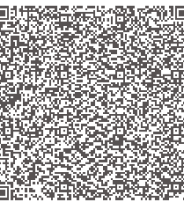


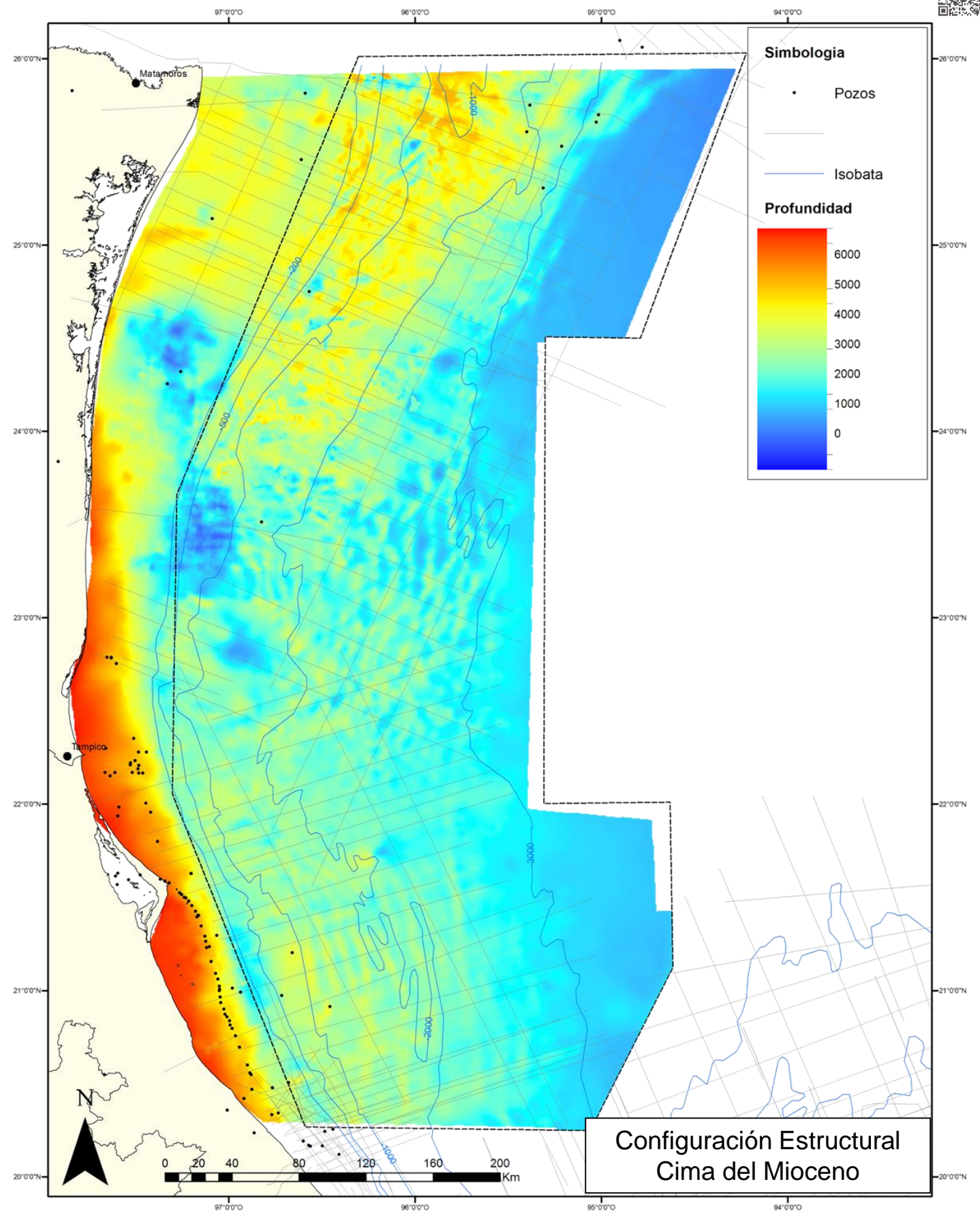
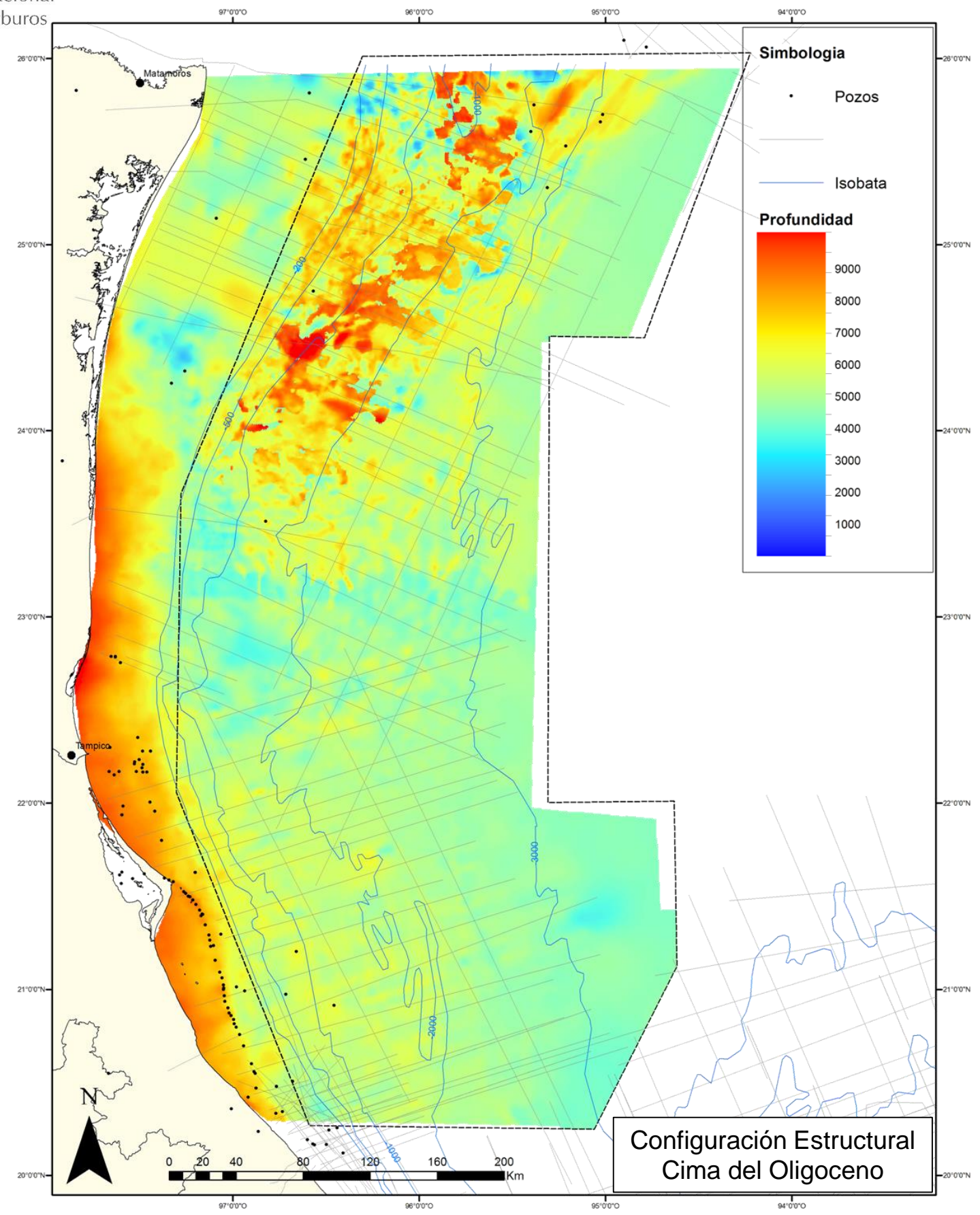
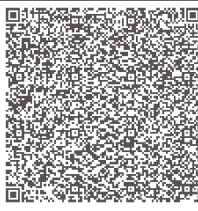
- Estratigrafía**
- Pleistoceno
  - Plioceno
  - Mioceno Superior
  - Mioceno Inferior
  - Oligoceno
  - Eoceno
  - Paleoceno
  - Cretácico
  - Jurásico
  - Sal

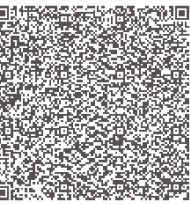


El dominio contraccional de Cordilleras Mexicanas, está caracterizado por anticlinales de crecimiento formados en el Neógeno. Mostrando diferentes estilos estructurales (pliegues con buzamiento, desprendimiento, y pliegues por propagación de falla).



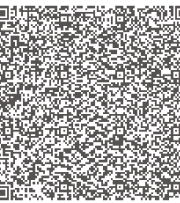




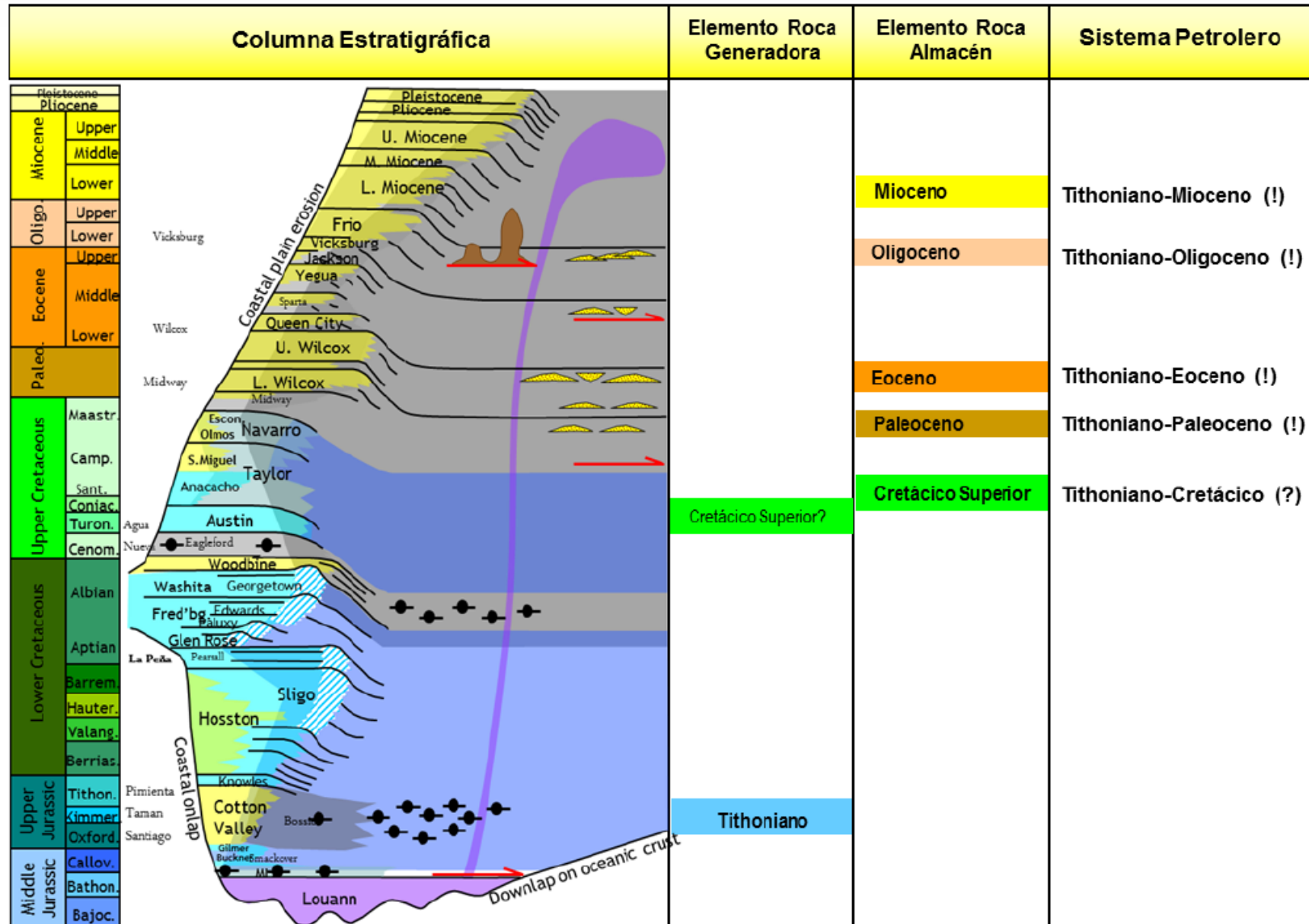


# **Sistemas Petroleros**

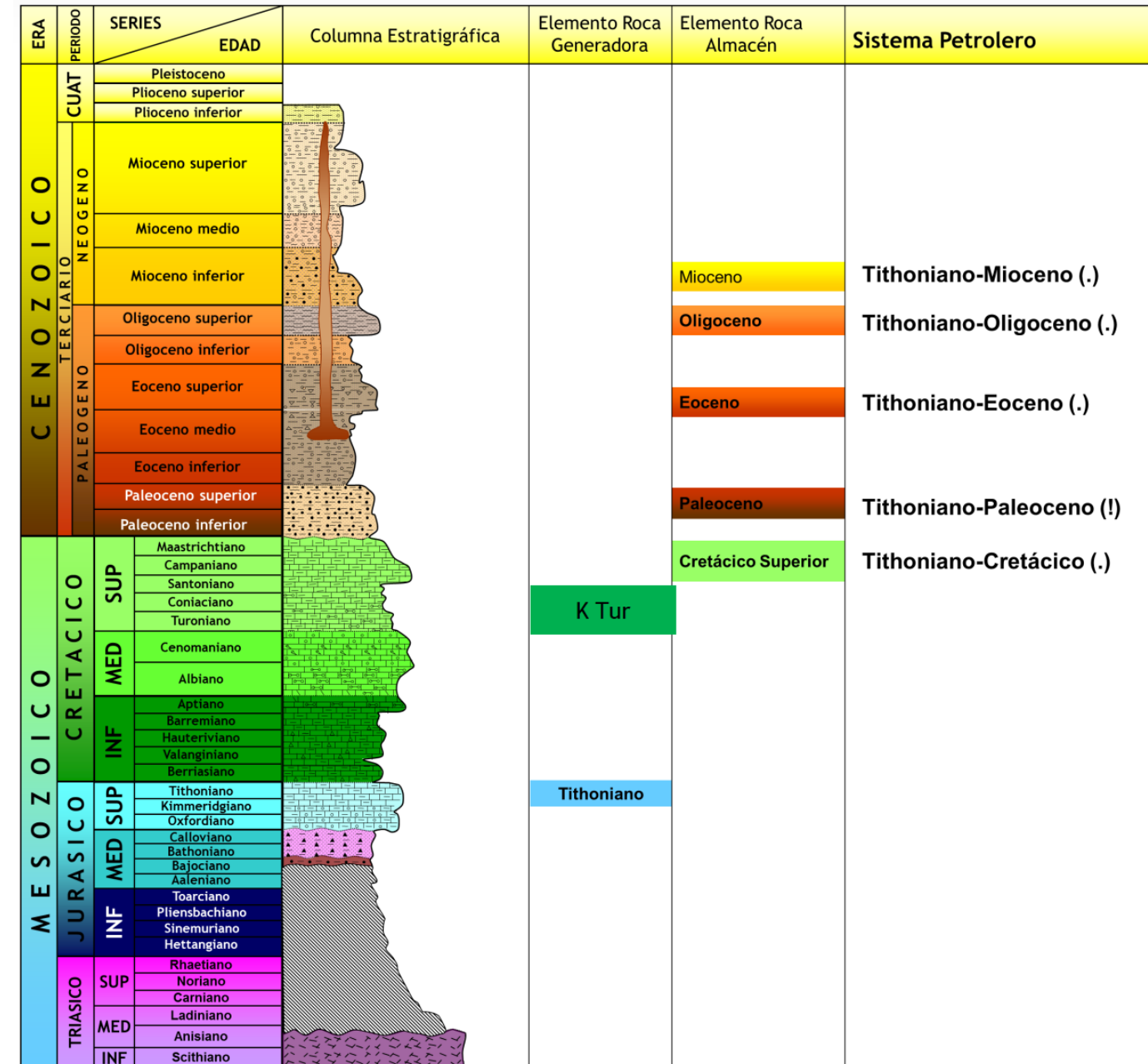




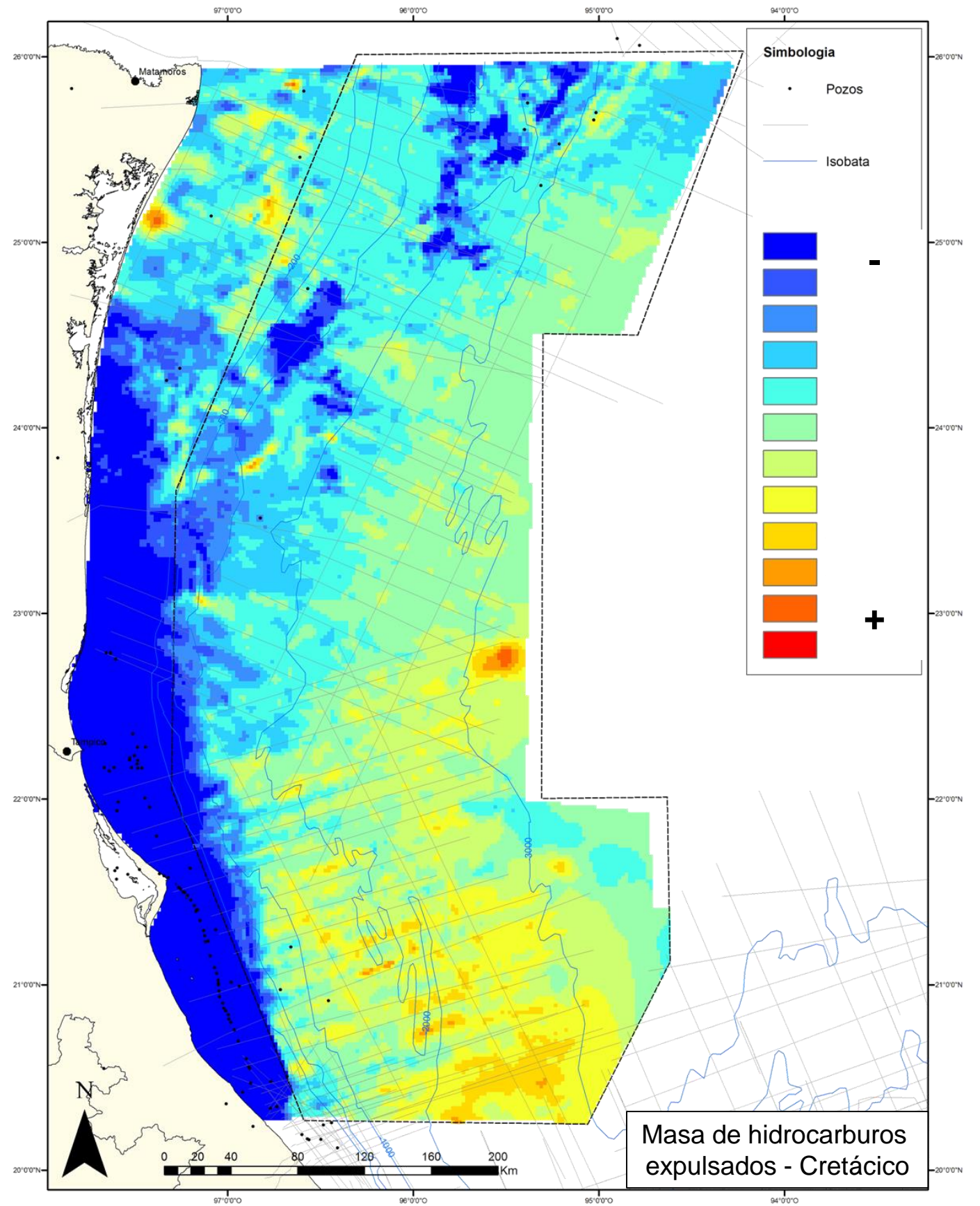
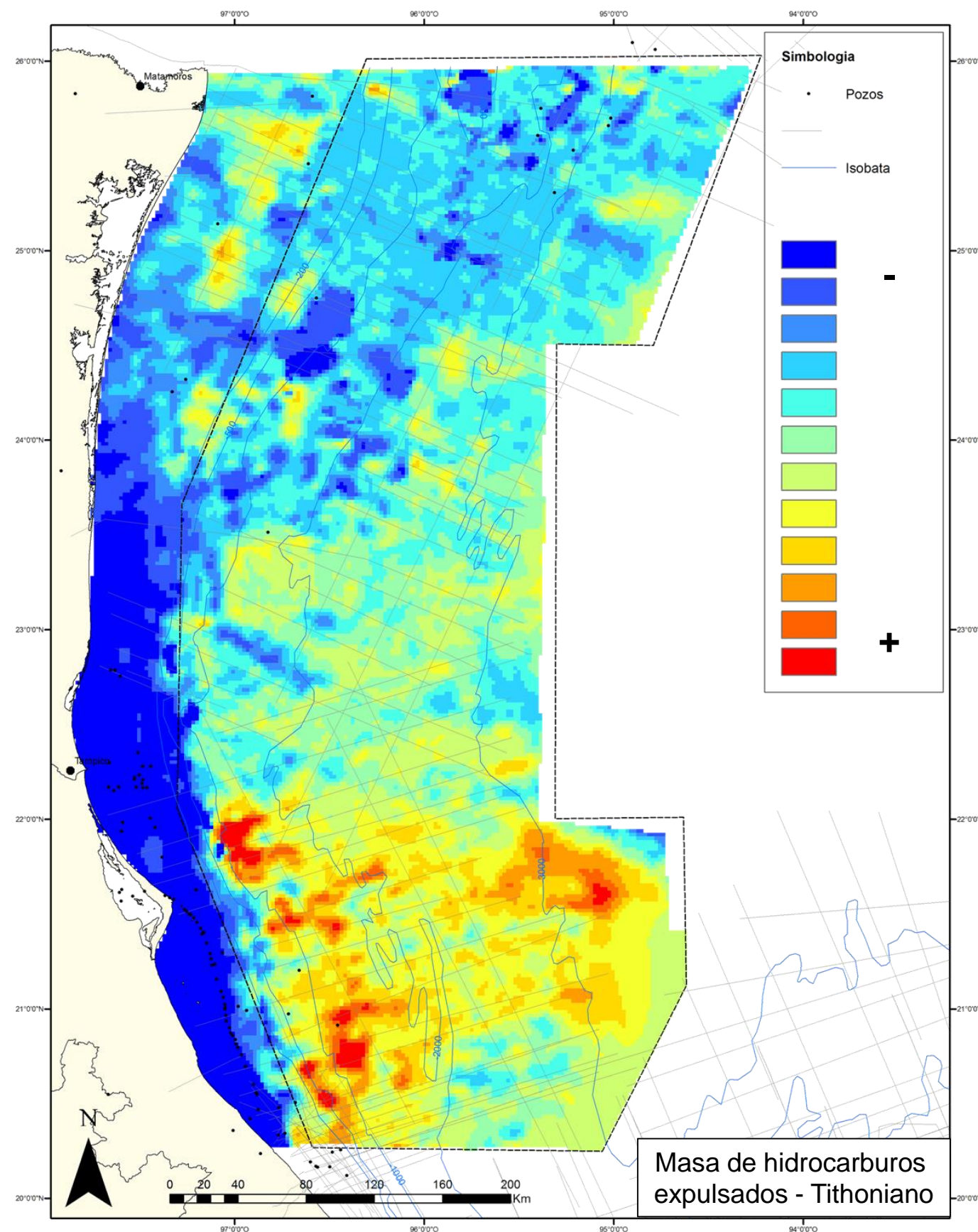
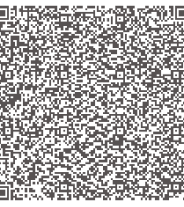
## Cinturón Plegado Perdido



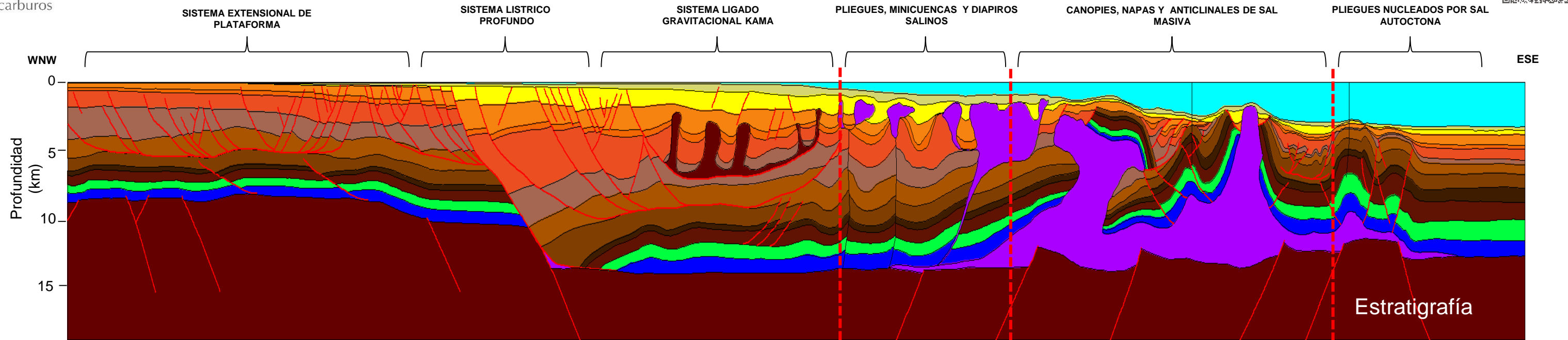
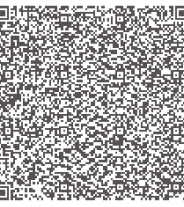
## Cordilleras Mexicanas



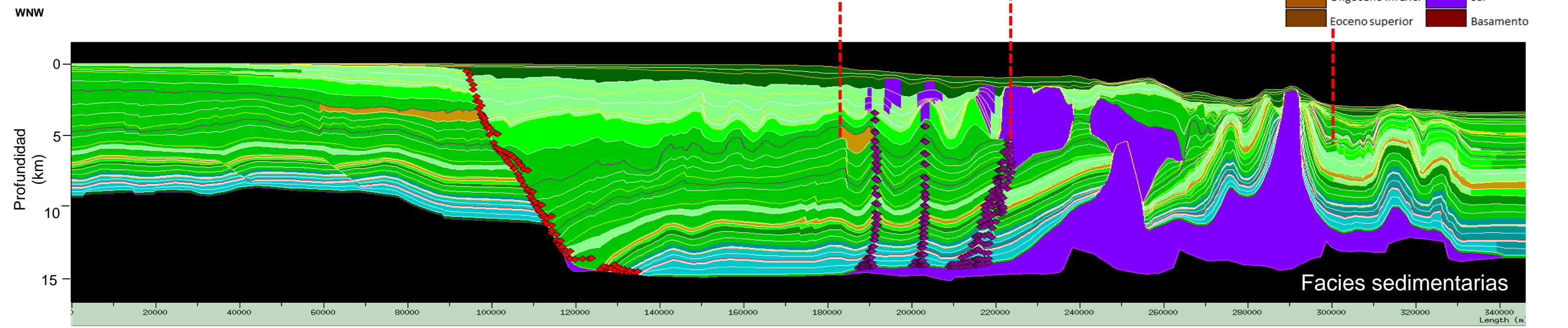
Sistemas petroleros identificados en el Sector Norte del Golfo de México



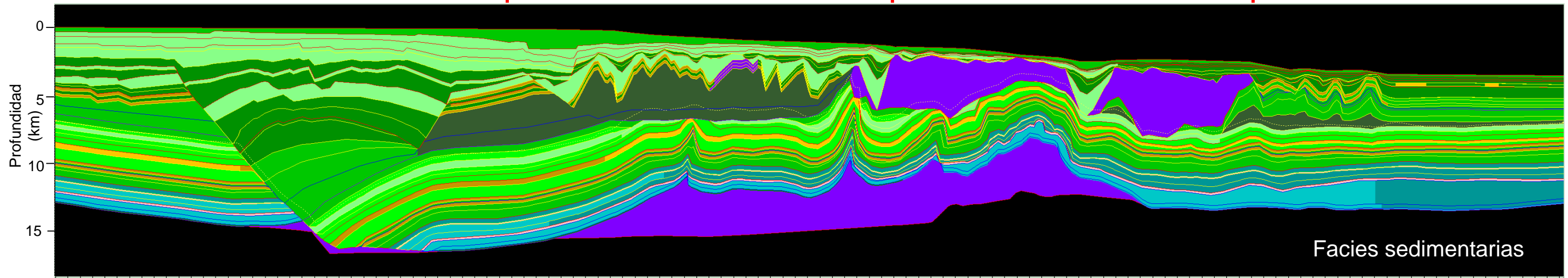
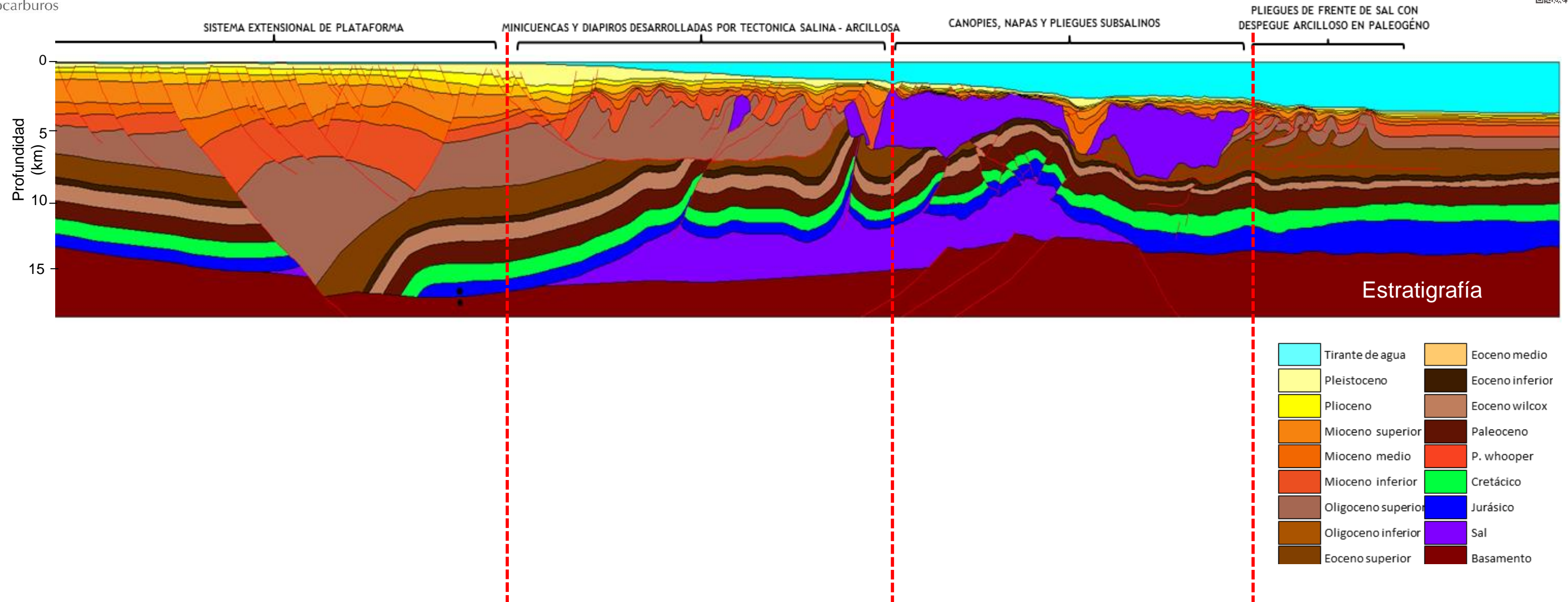
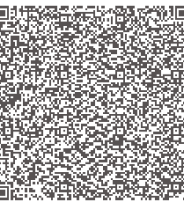
# Sistemas Petroleros - Modelo Geológico - Sección A-A'

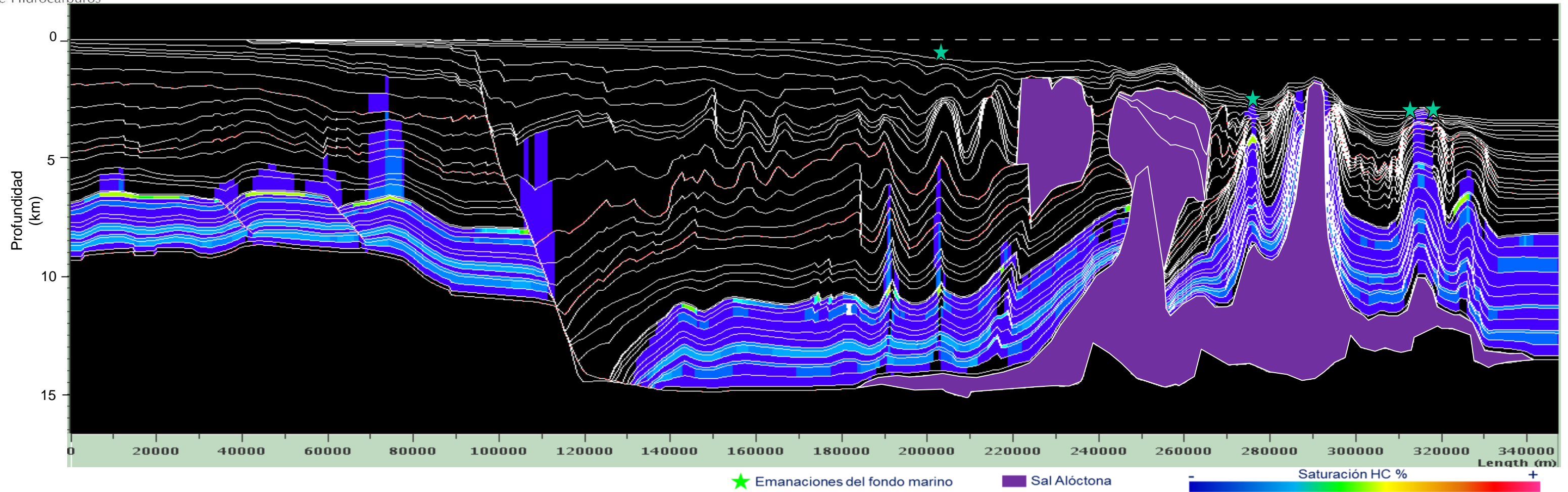


Tirante de agua	Eoceno medio
Pleistoceno	Eoceno inferior
Plioceno	Eoceno wilcox
Mioceno superior	Paleoceno
Mioceno medio	P. whooper
Mioceno inferior	Cretácico
Oligoceno superior	Jurásico
Oligoceno inferior	Sal
Eoceno superior	Basamento



# Sistemas Petroleros - Modelo Geológico - Sección C-C'



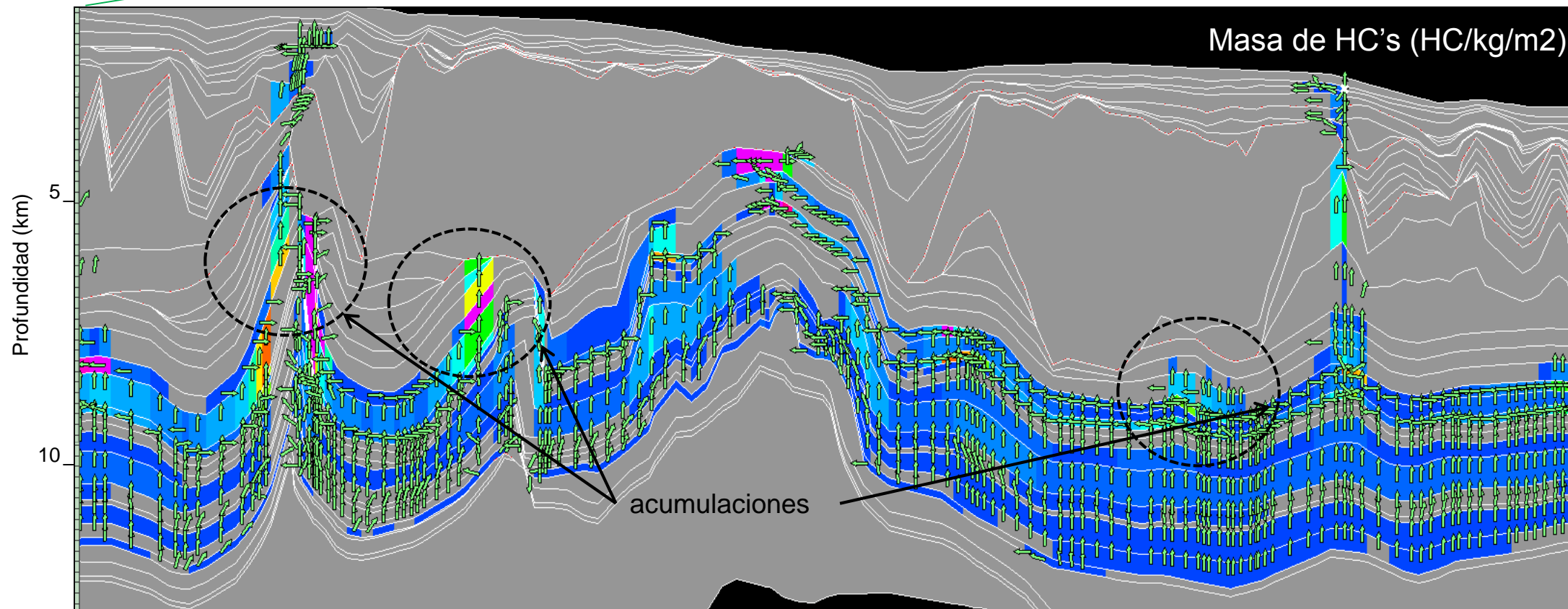
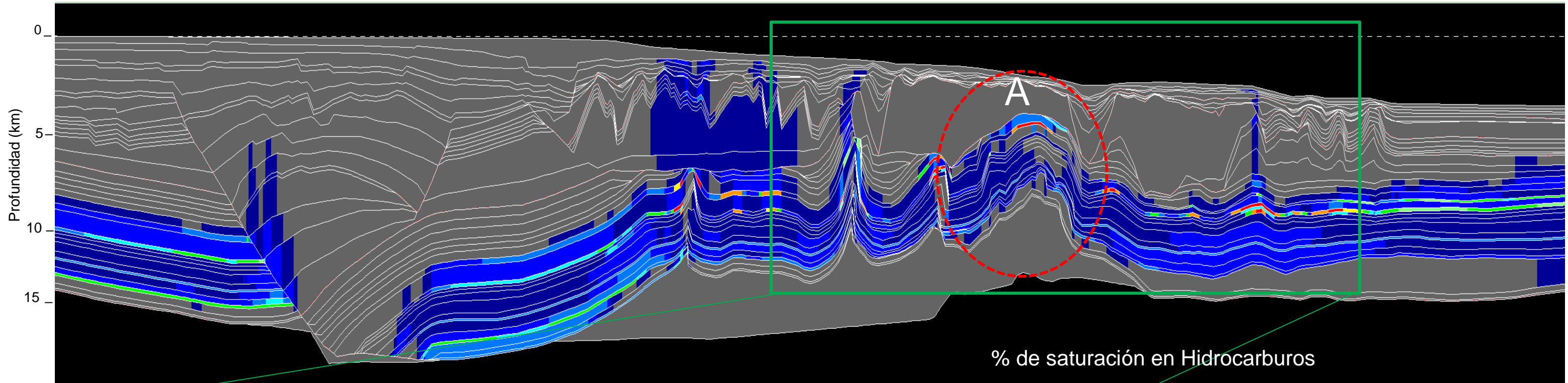
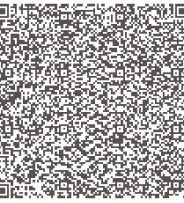


**Modelo de escenario de saturación de hidrocarburos**

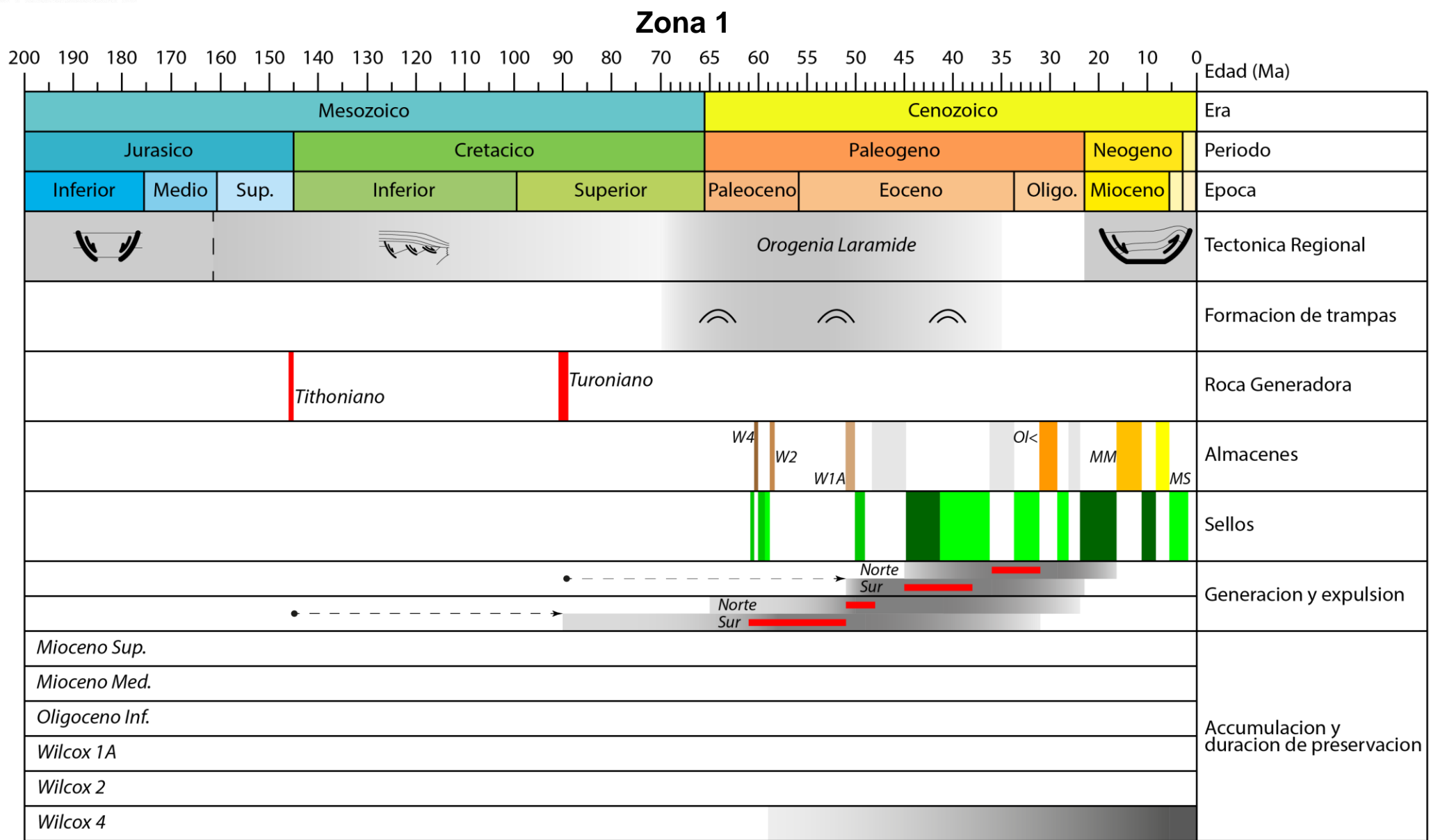
Los factores que controlan la migración de manera general en el área de estudio son:

- La continuidad lateral de facies permeables del Paleoceno / Cretácico Superior
- El papel de las fallas en las rutas de migración: contribución de varios compartimentos vs. migración local por compartimento)
- La eficiencia de los sellos en función de fracturación y espesor
- La movilidad de los hidrocarburos en función de la fase del hidrocarburo (grado de madurez o degradación)
- El área e inclinación de áreas de drenaje

El Terciario se carga mayormente por hidrocarburos ligeros, condensados o gas, con un RGA > 300 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> y un grado API > 30. Por razones de sincronía, esta carga ocurre con mayor probabilidad en las áreas en donde el Tithoniano está en la ventana de generación de condensados o gas seco al día presente. Igualmente, la carga será más eficiente en las estructuras que tienen un área de drenaje mayor.

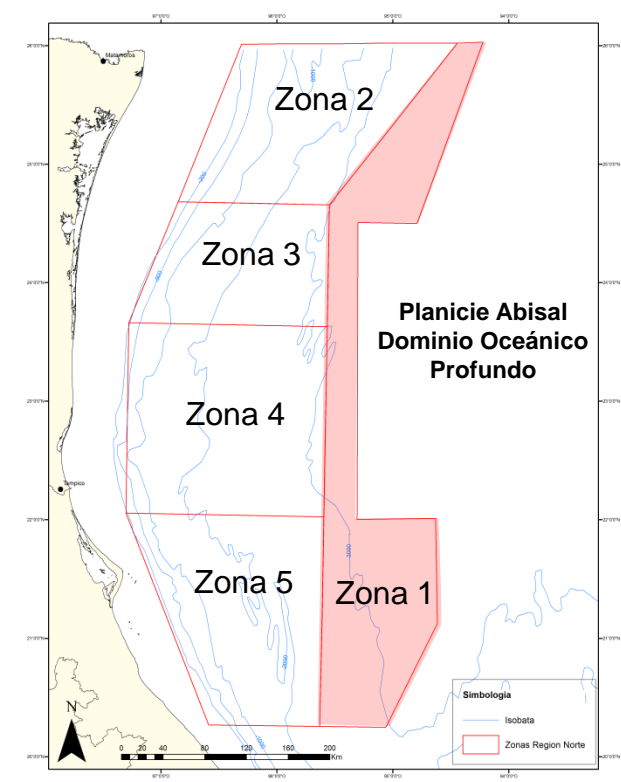


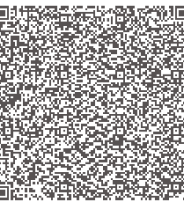
- Modelo de escenario de migración de hidrocarburos**
- 1) Expulsión Roca generadora (Migración Primaria).
  - 2) Migración vertical dentro del Cretácico.
  - 3) Carga y Drenaje lateral dentro del Paleoceno.
  - 4) Fuga vertical hacia reservorios Eoceno Inferior por ruptura de presiones capilares o fallas.
  - 5) Migración terciaria fondo marino.



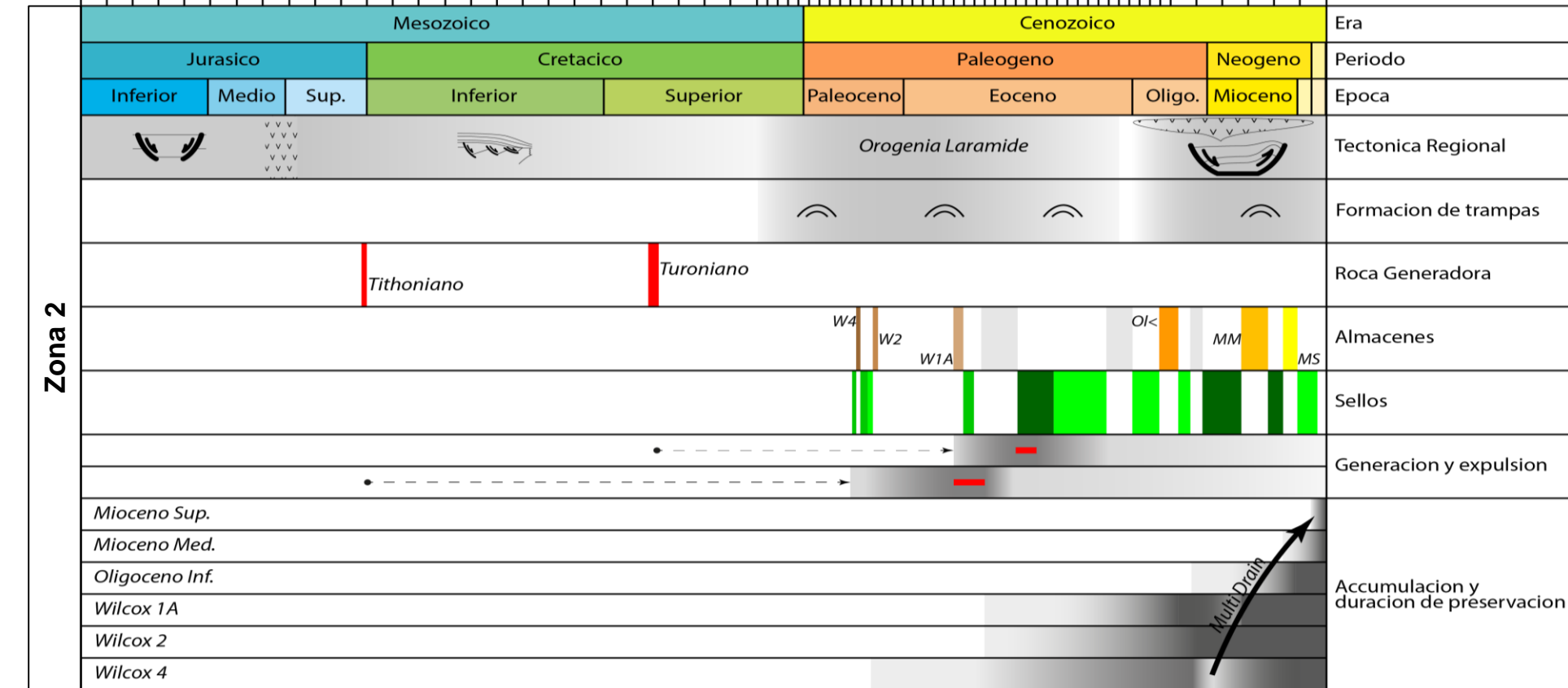
La zona en Aguas Profundas tiene una superficie de mas de 250 000 km<sup>2</sup>. Se dividió en 6 sub-zonas que en función de conceptos geológicos como la batimetría, la profundidad del basamento y la presencia de sal.

- **Z1:** 36,500 km<sup>2</sup> → Corresponde a la **Zona Abisal** o **Dominio Oceánico Profundo**. Corteza oceánica, sin sal, con poca deformación tectónica.
- **Z2:** 23,500 km<sup>2</sup> → Incluye el sector **Salina del Bravo (Norte)** y el **Cinturón Plegado Perdido**. Cuenca con mayores espesores de sal (Caloviano). Talud y plataforma sedimentaria del Neógeno, altamente deformados por la tectónica salina, con una corteza de tipo continental delgada o transicional.
- **Z3:** 17,500 km<sup>2</sup> → **Salina del Bravo (Sur)**. Es similar a la zona 2, pero con una cuenca más profunda (hacia el Sur), la corteza aparece más delgada, y posiblemente con menor presencia de sal
- **Z4:** 31,000 km<sup>2</sup> → **Cordilleras Mexicanas (Norte)**. Talud y planicie abisal (corteza oceánica), sin sal, con deformaciones tectónicas importantes durante el terciario (gravitacionales).
- **Z5:** 26,000 km<sup>2</sup> → **Cordilleras Mexicanas (Sur)**. Se presenta similar a la zona 2, pero un más profunda.

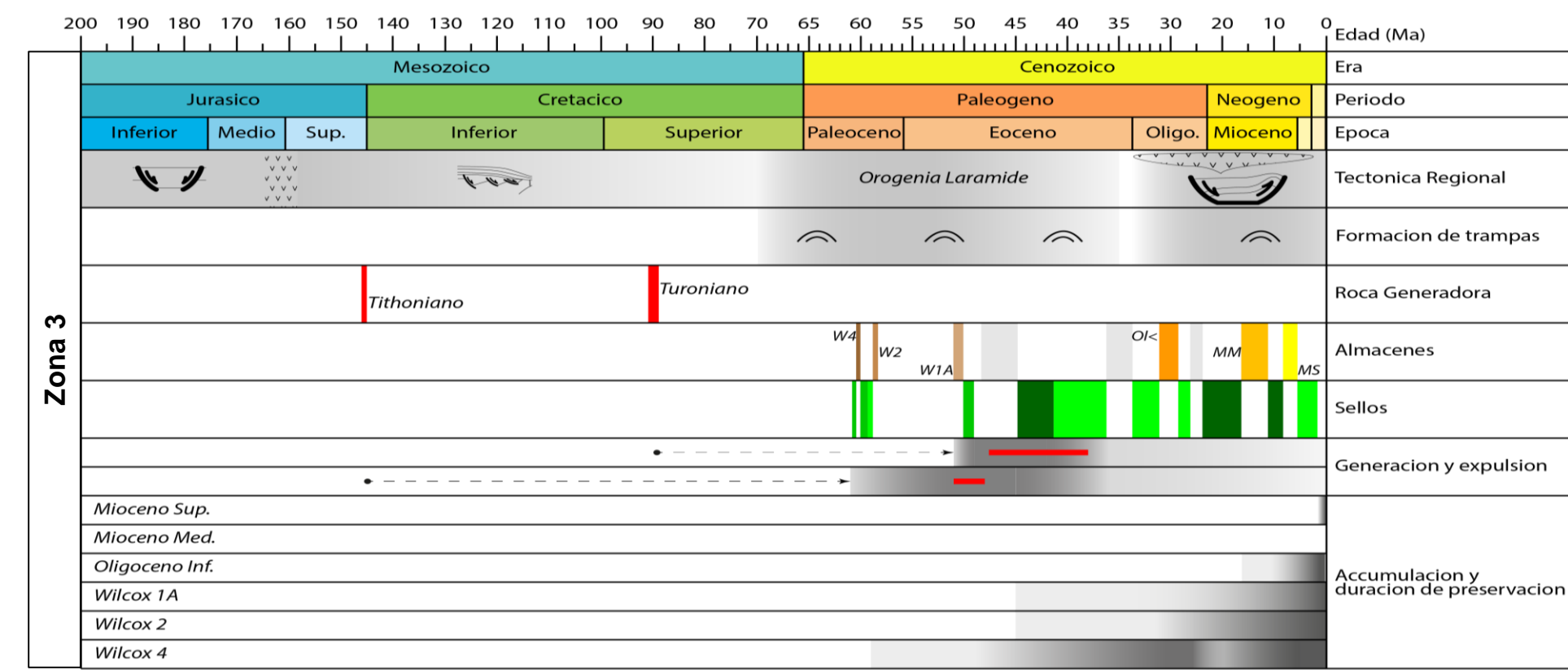
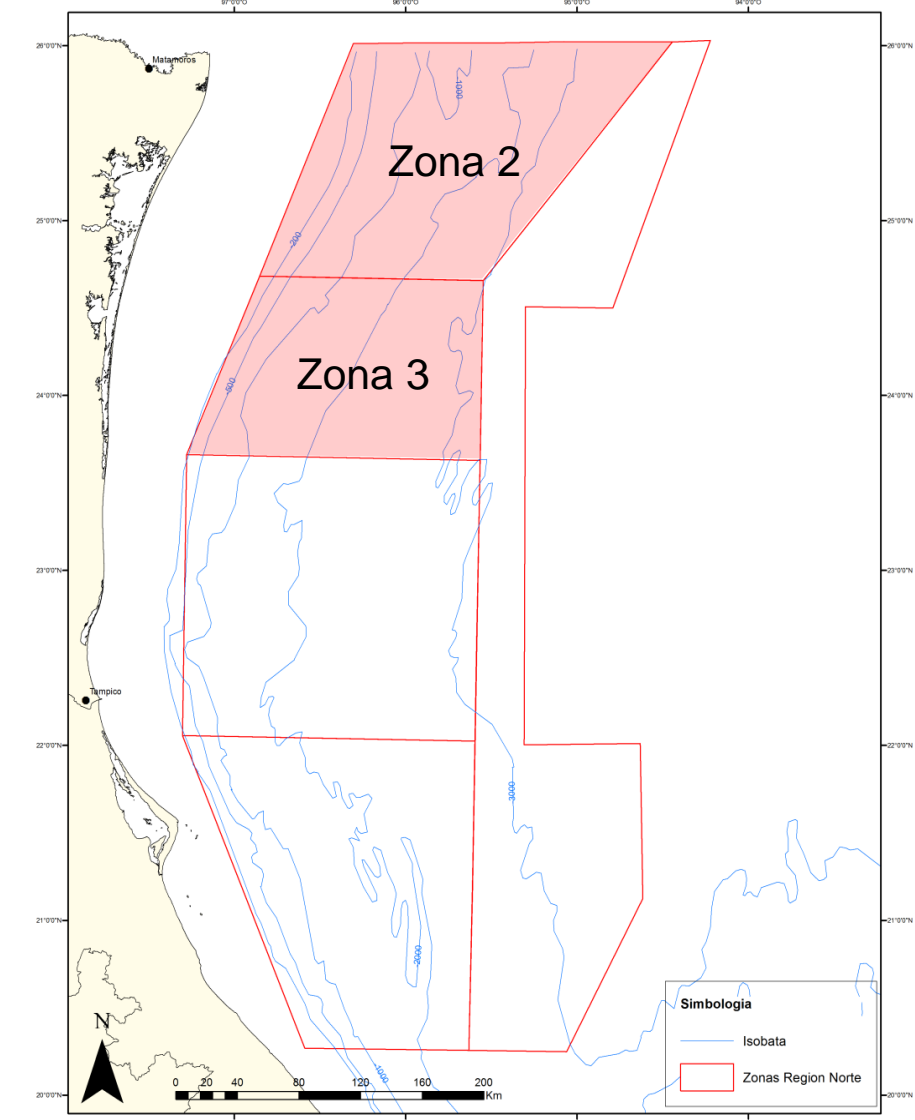




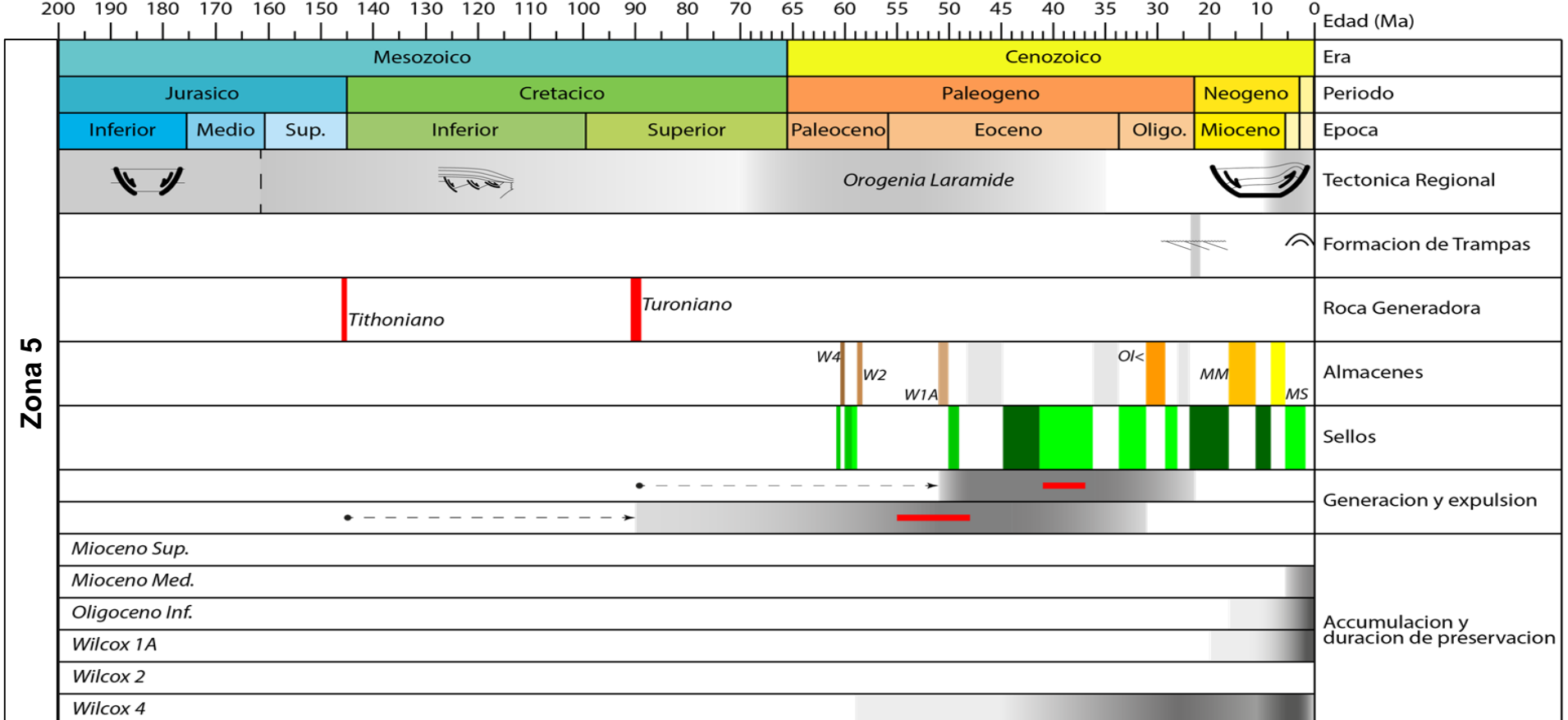
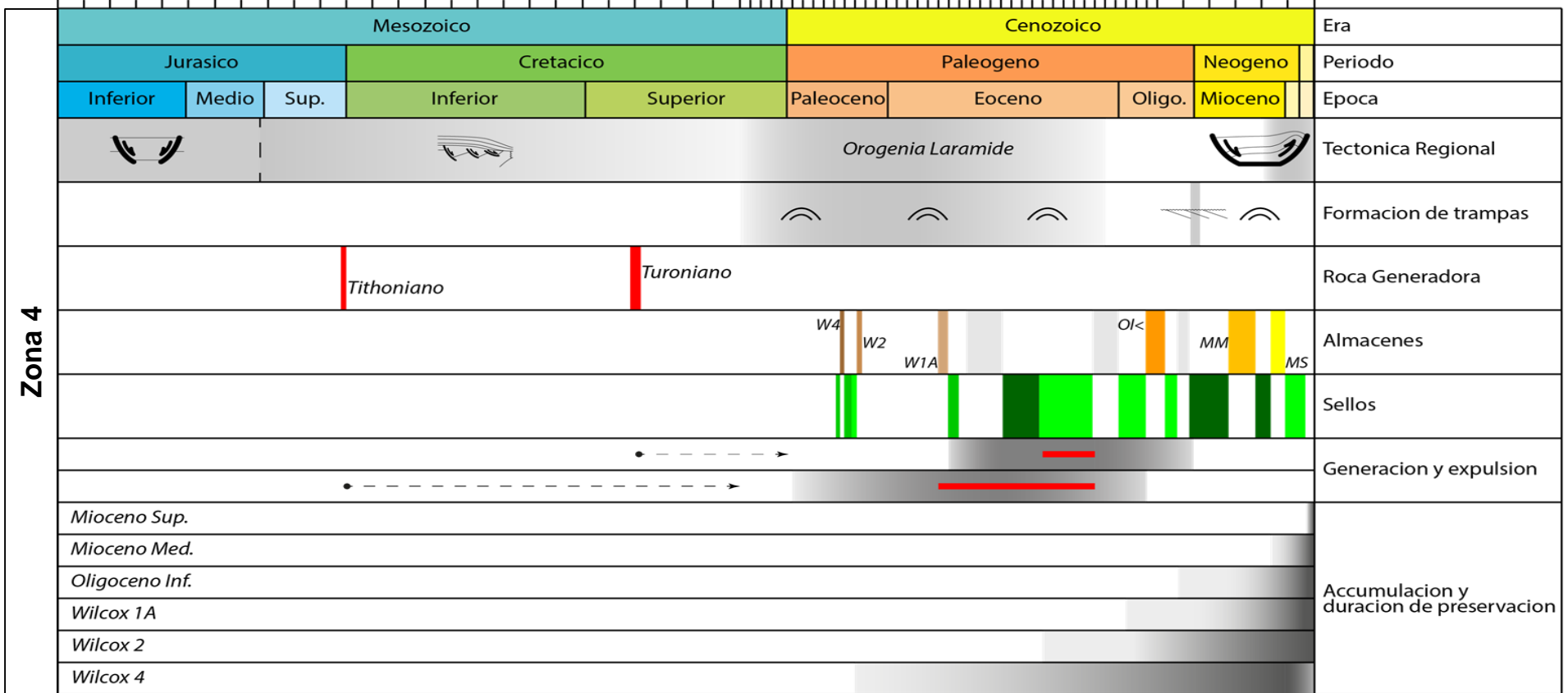
Comisión Nacional de Hidrocarburos



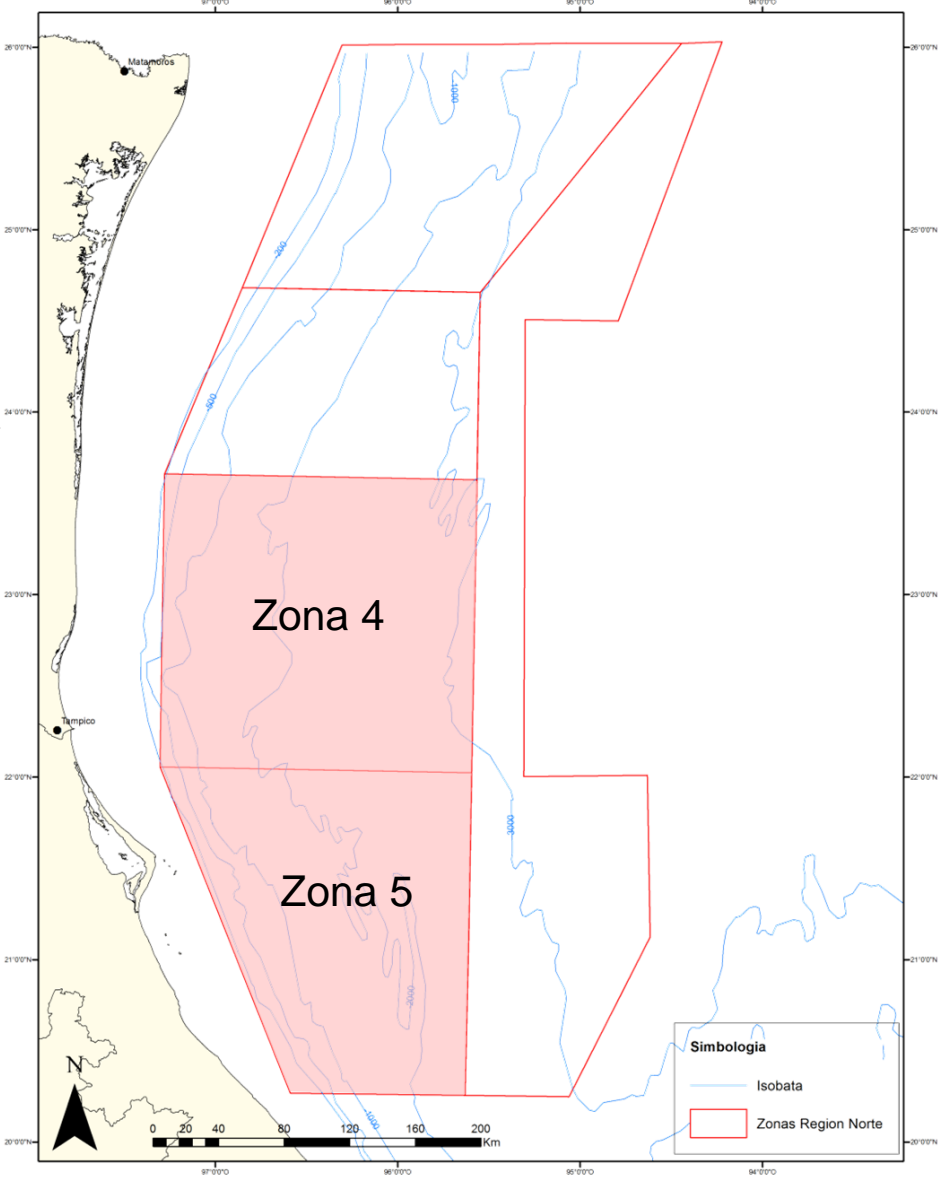
- Rocas Generadoras**
  - Tipo 2
- Tipo de almacen**
  - Principal
  - Secundario
- Caracterización de los Sellos**
  - Muy fuerte
  - Fuerte
  - Shale
- Formación de las trampas**
  - Plegamiento
  - Cuña
- Tectónica regional**
  - Sedimentación y migración de la sal
  - Fallamiento
  - Rifting
  - Margen pasive

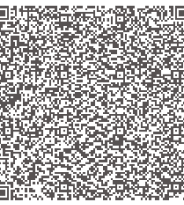




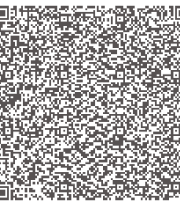


- Rocas Generadoras**
- Tipo 2
- Tipo de almacen**
- Principal
- Secundario
- Caracterizacion de los Sellos**
- Muy fuerte
- Fuerte
- Shale
- Formacion de las trampas**
- Plegamiento
- Cuña
- Tectonica regional**
- Sedimentacion y migracion de la sal
- Fallamiento
- Rifting
- Margen pasive

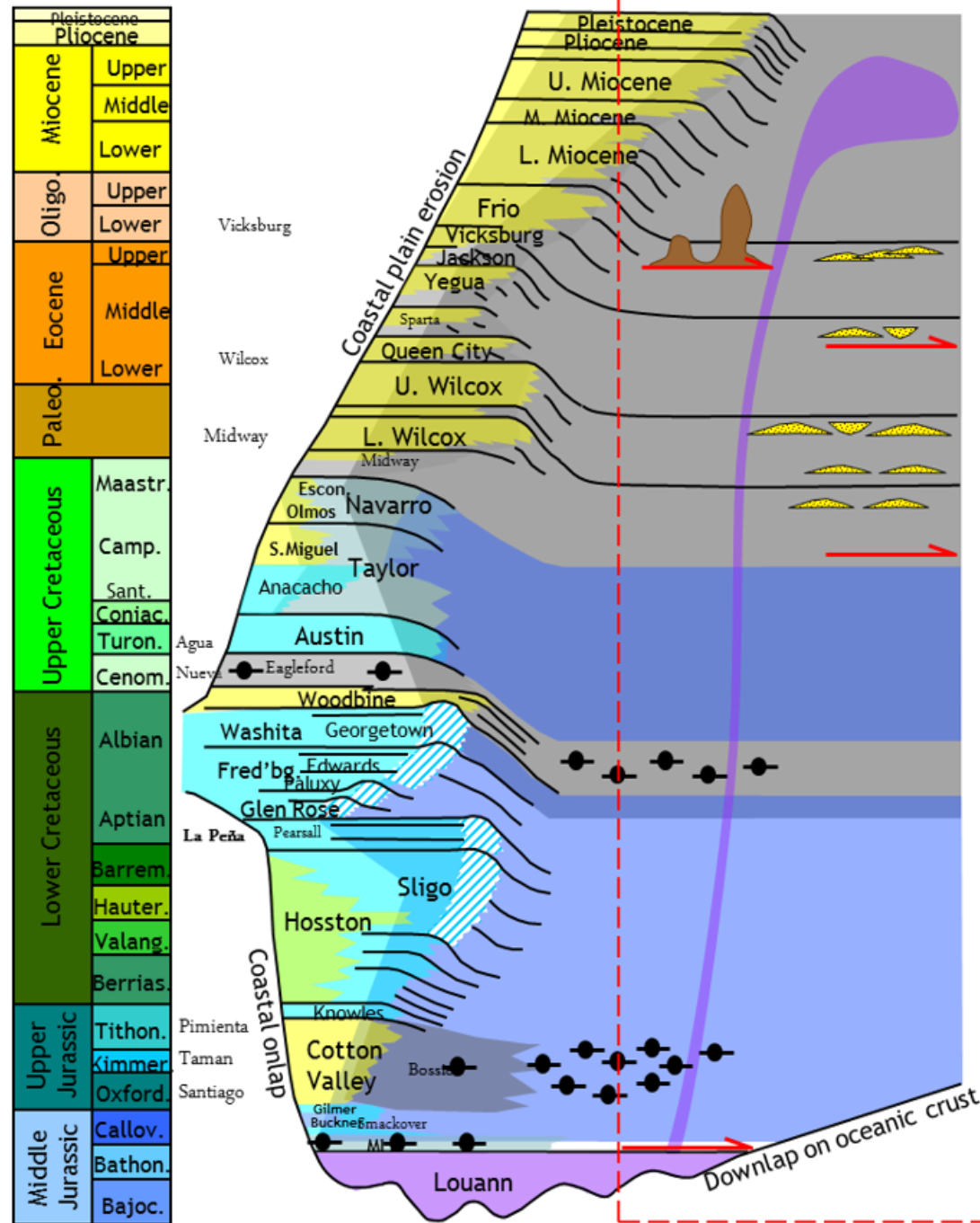




# Delimitación de *Plays*



Cinturón Plegado Perdido

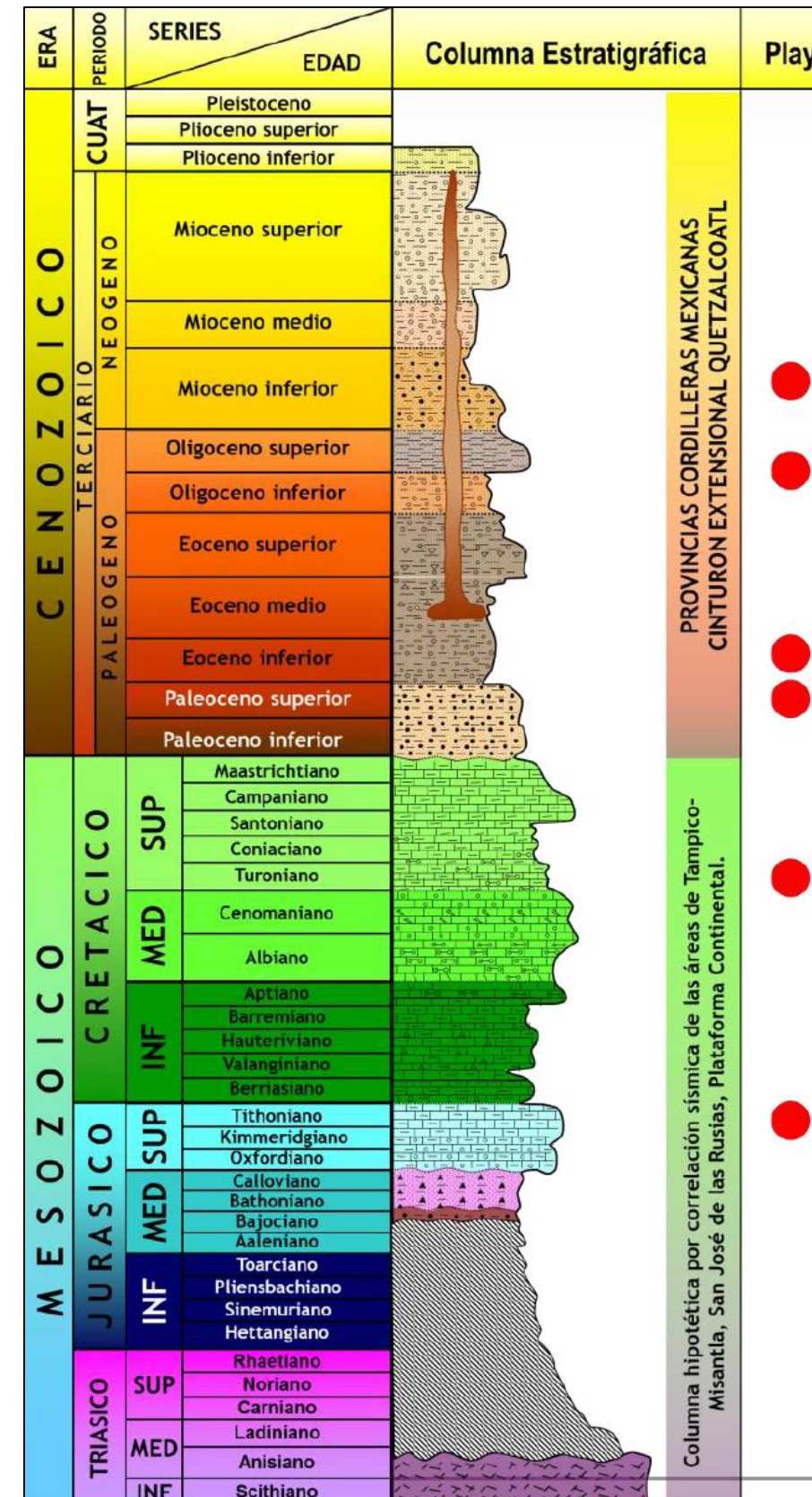


Tipos de Plays

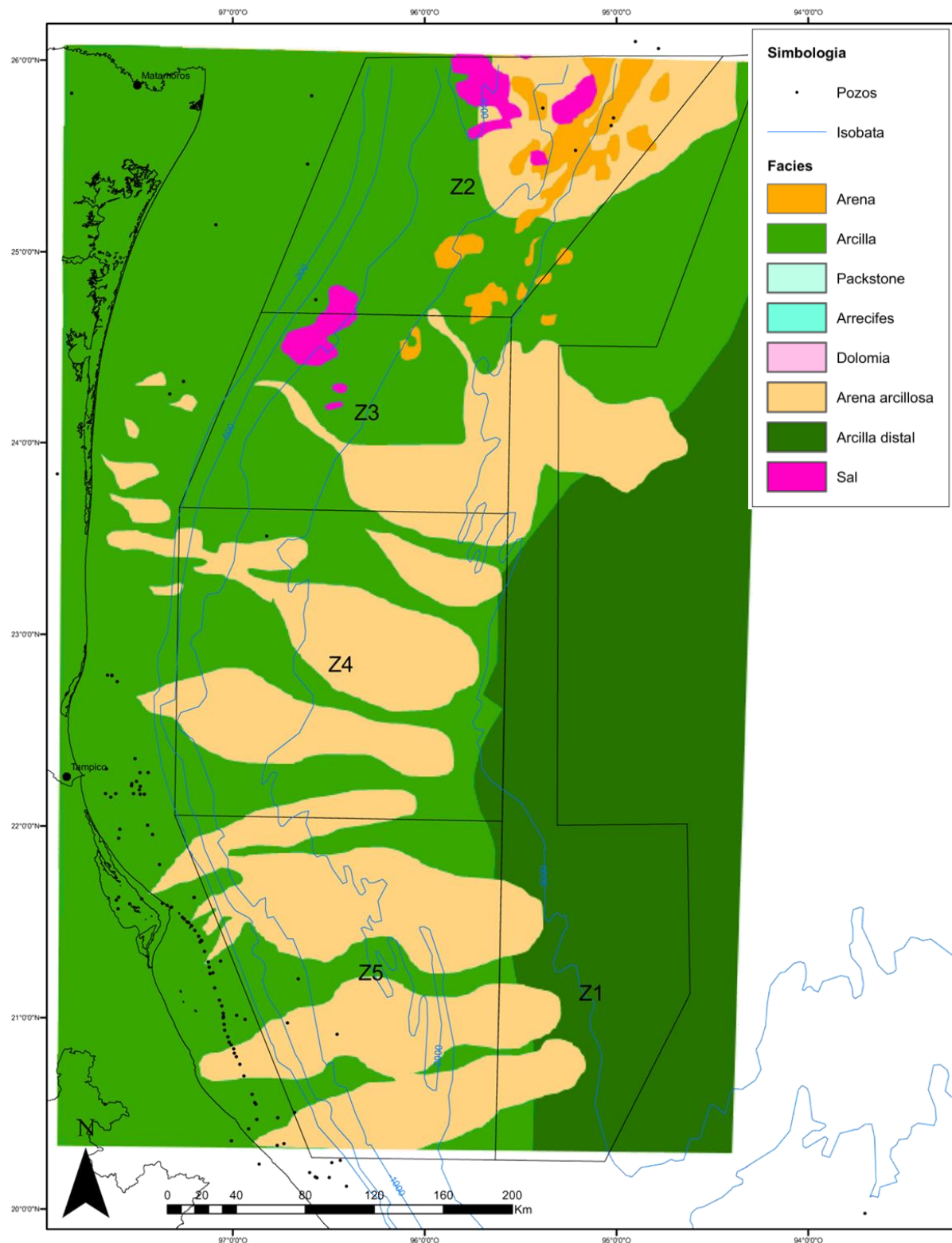
- ★ Canales y abanicos en minicuenclas
- ★ Canales y abanicos de cuenca
- ★ Canales y desbordes amalgamados de cuenca
- ★ Canales y abanicos de cuenca
- ★ Carbonatos de cuenca fracturados
- ★ Carbonatos de cuenca fracturados

- Mioceno (E)
- Oligoceno (E)
- Eoceno Inferior (E)
- Paleoceno Superior (H)
- Cretácico (H)

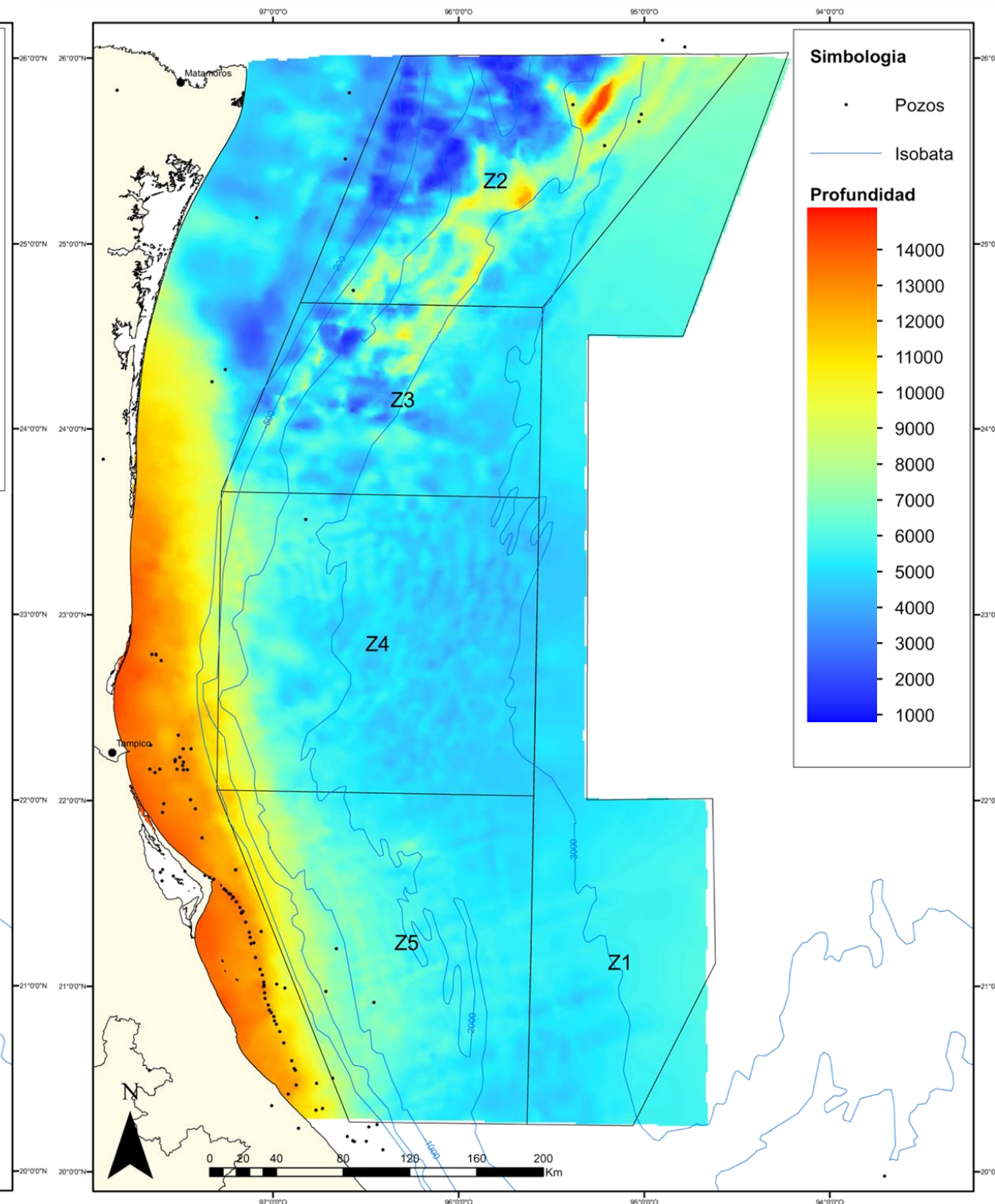
Cordilleras Mexicanas



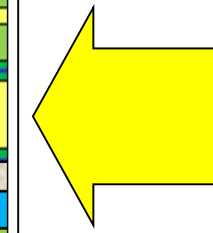
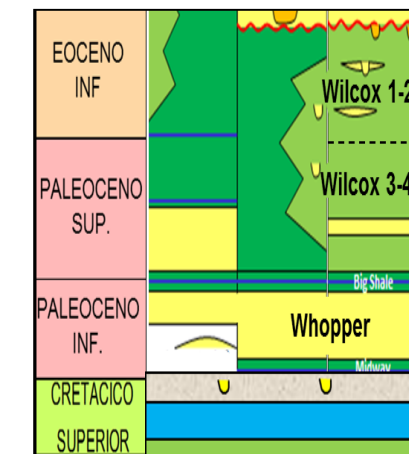
- Mioceno (E)
- Oligoceno (H)
- Eoceno (H)
- Paleoceno Superior (H)
- Cretácico (H)
- Jurásico (H)



Mapa de Facies



Mapa de Profundidad



**Facies**

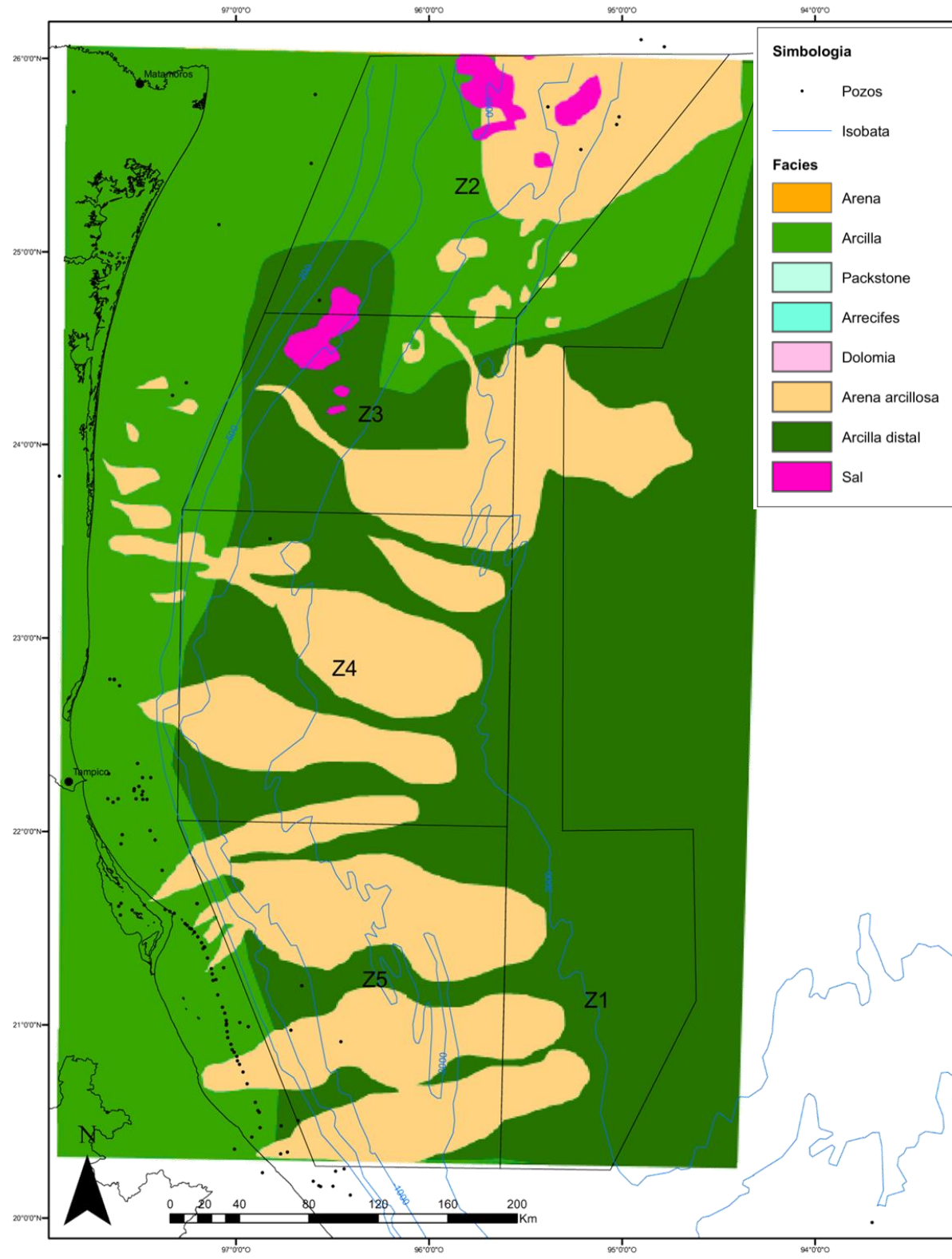
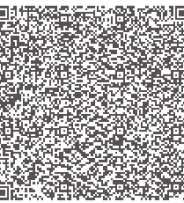
El mapa de distribución de litologías muestra un aumento del potencial de roca almacén hacia el Norte (Zonas 2, norte de la Zona 1 – la fuente de sedimentos estaba al Norte). Hacia el sur (Zonas 4 y 5) se asocia con abanicos/lóbulos más pequeños. La zona de planicie abisal (sur de la Zona 1) no se infieren litologías favorables para el Paleoceno.

Así la mejor arena se ubicaría en la Zona 2 (con pocas intrusiones de sal) y en el norte de la Zona 1.

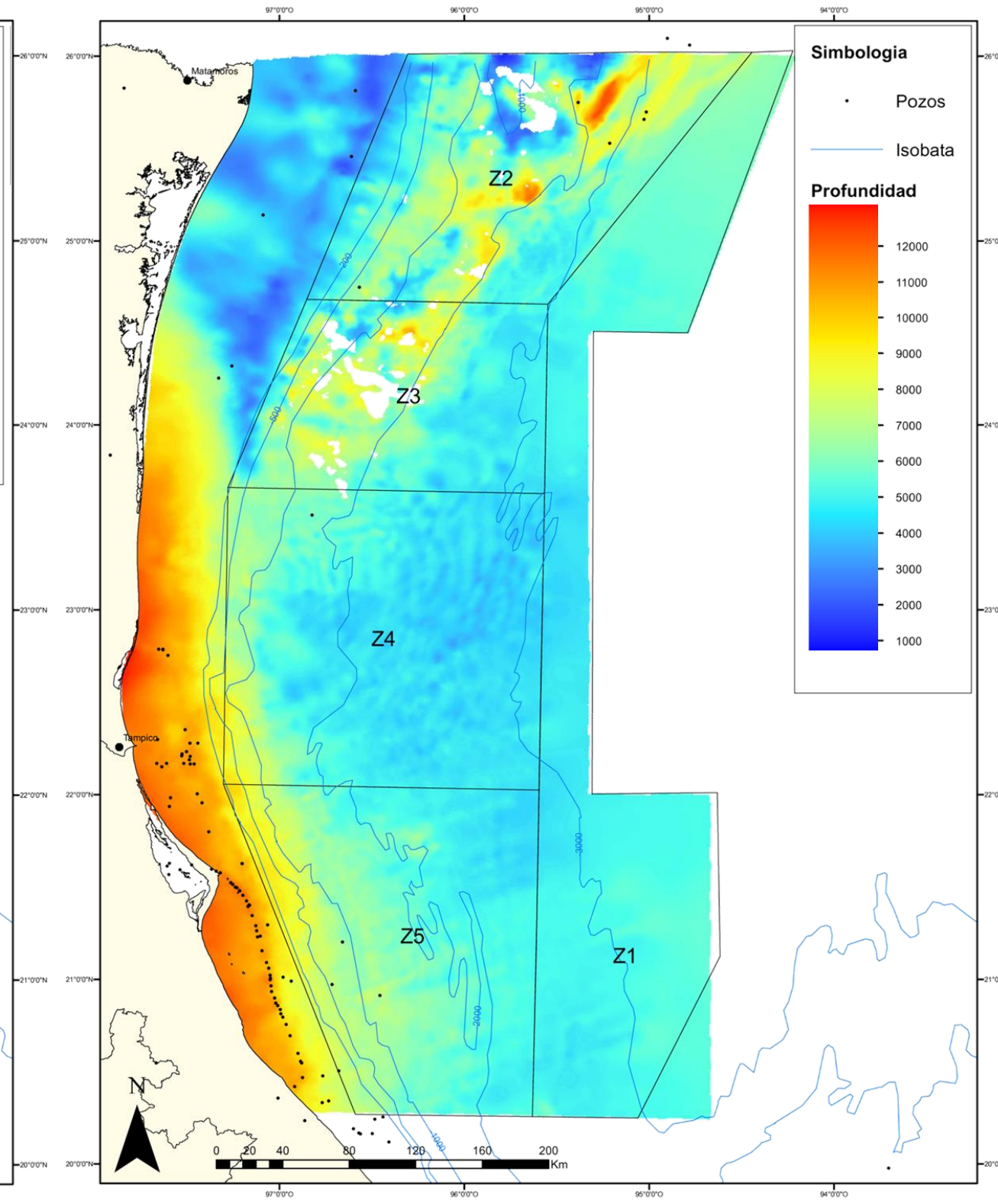
**Estructural**

El miembro “Whopper” del Paleoceno Inferior Wilcox se encuentra a una profundidad entre 5,000 y 14,000 m (con un tirante de agua >600m). En la mayor parte de las Zonas 1 a 5, el soterramiento está incluido entre 6,000 y 9,000 m.

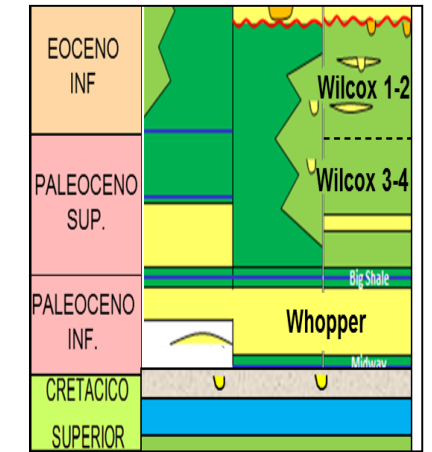
La profundidad mínima (~5,000 m), que corresponde también al soterramiento mínimo (~3,500 m), se encuentra en la Cuenca Salina al Sur (Zona 6) y en el Cinturón Plegado Perdido al norte sobre las estructuras salinas de más grande amplitud (Zona 2). Además, existen localmente algunos acuñaamientos o trampas estratigráficas, a lo largo de la Plataforma Continental Sur, a una profundidad de 5,000-6,000 m.



Mapa de Facies



Mapa de Profundidad

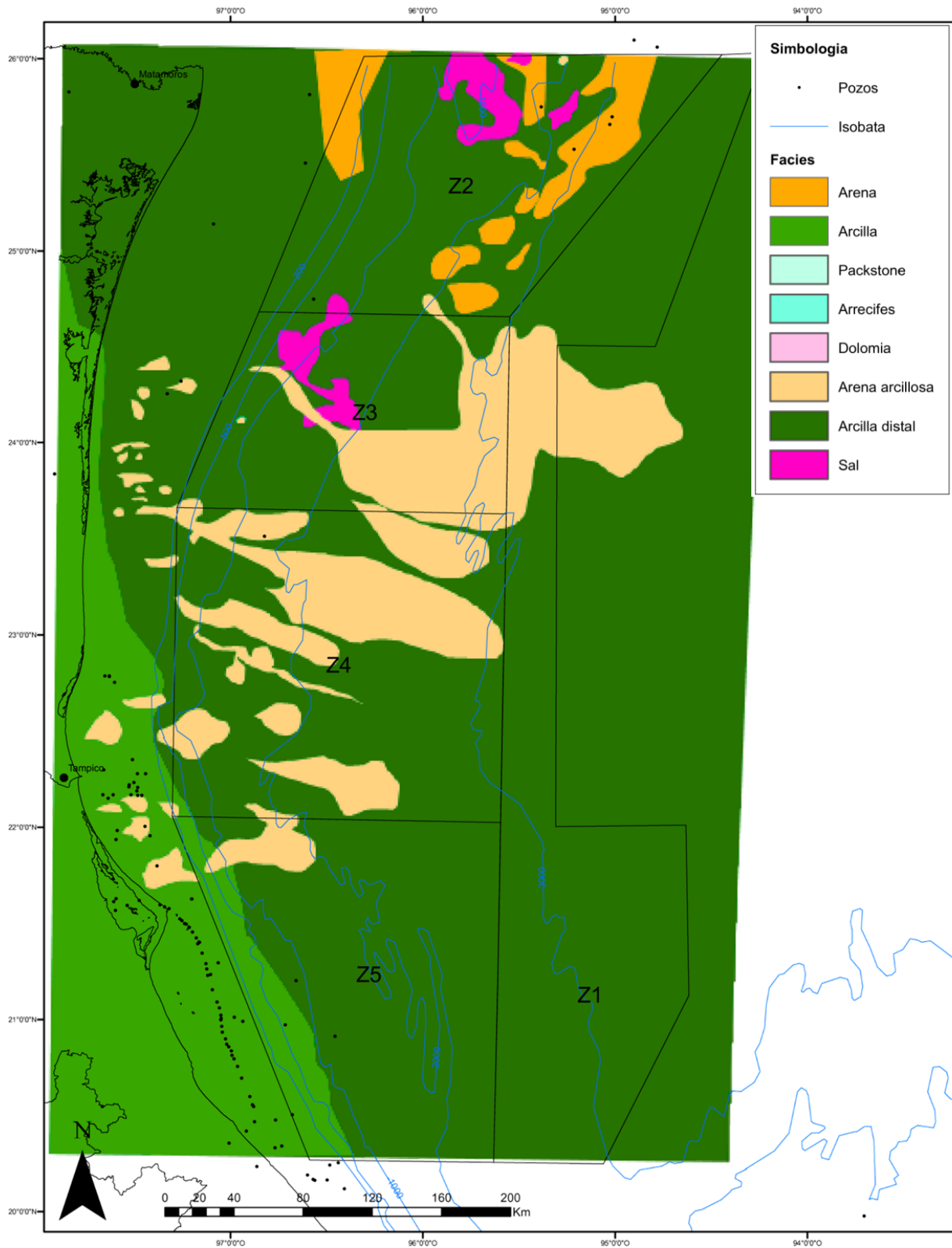
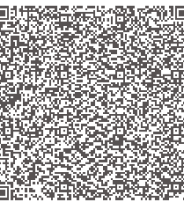


**Facies**

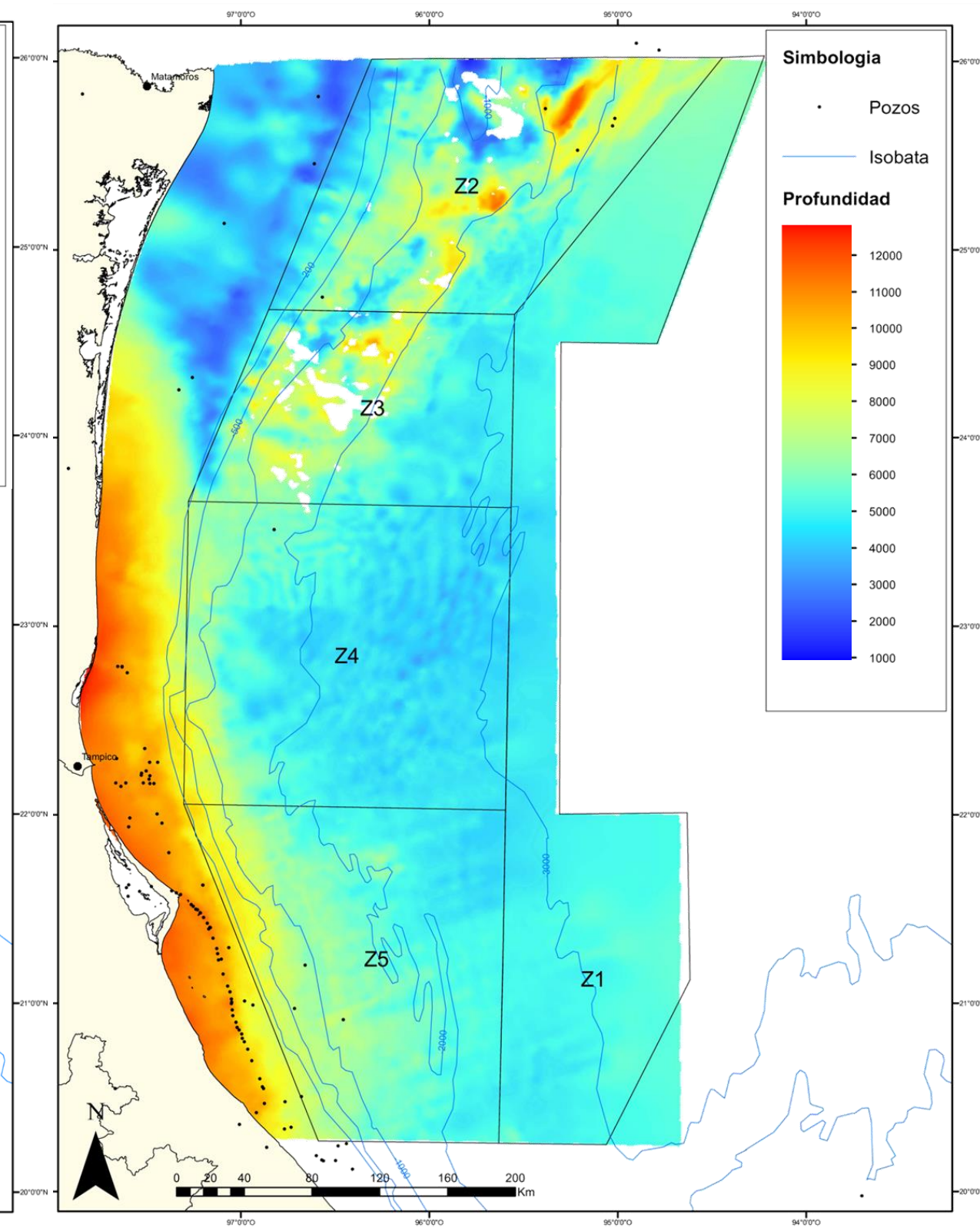
Los mapas de distribución de litologías son muy similares entre el *play* Wilcox Superior y el *play* Wilcox Inferior (aumento del potencial de reservorio hacia el Norte – Zona 2 y norte de la Zona 1).

**Estructural**

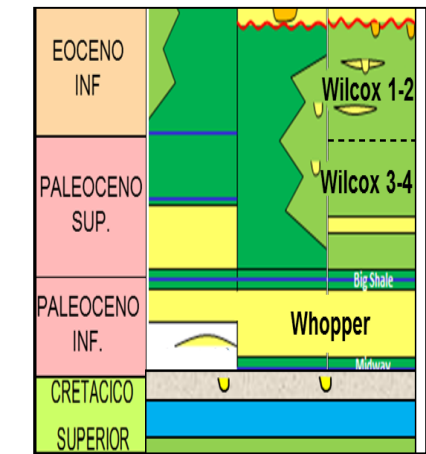
La diferencia de profundidad / soterramiento entre el *play* Wilcox Inferior y el *play* Wilcox Superior es inferior a 500 m en general.



Mapa de Facies



Mapa de Profundidad

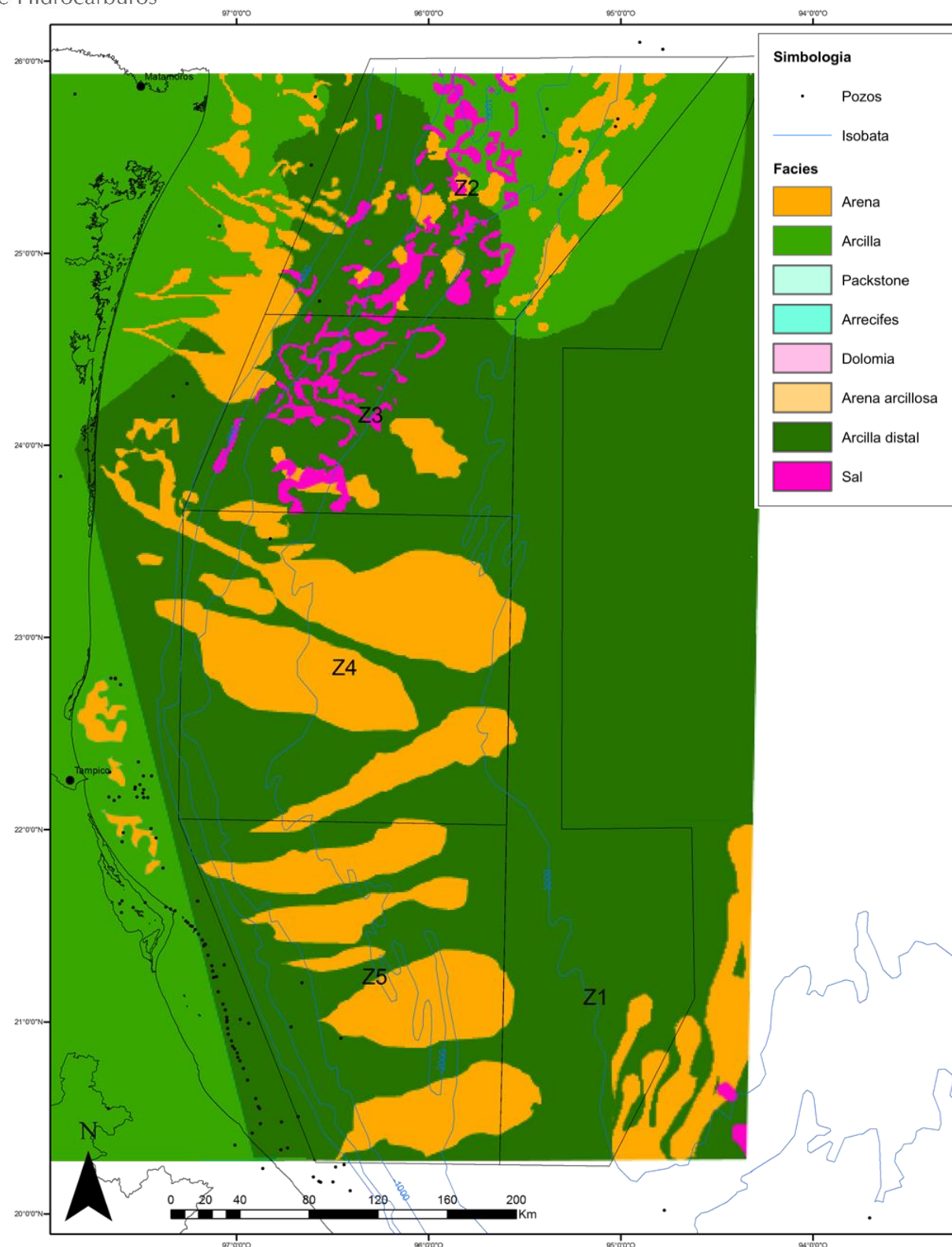


**Facies:**

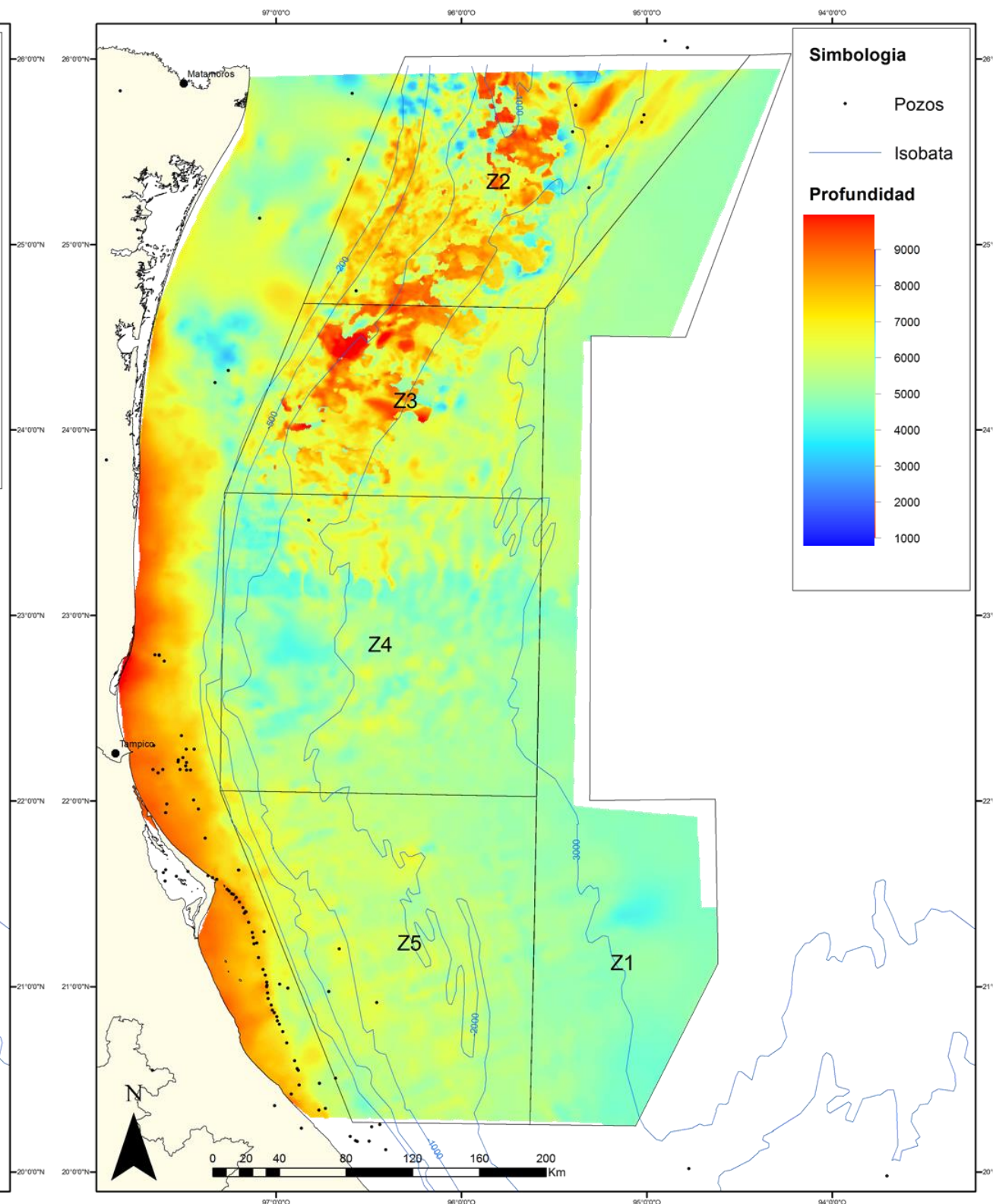
La distribución de los cuerpos arenosos en el *play* Wilcox Eoceno Inferior muestra que los mejores almacenes se encuentran en el norte de la Zona 2, y posiblemente en las Zonas 3 y 4. La proporción de sedimentos que provienen directamente de la plataforma mexicana aumenta. En las otras zonas, los reservorios son de baja calidad y se encuentran en depósitos de abanicos.

**Estructural:**

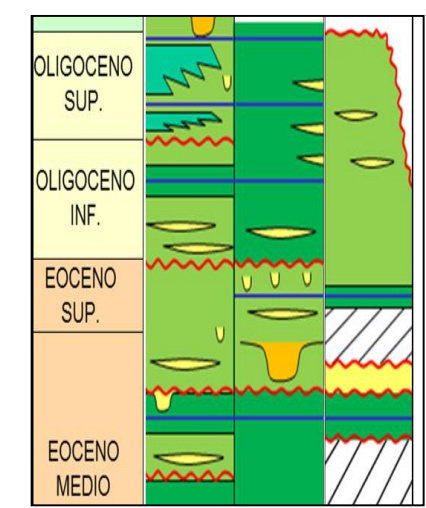
El Wilcox Eoceno Inferior se encuentra a una profundidad entre 4000 y 12000 m. La profundidad mínima, que corresponde también al soterramiento mínimo, se encuentra cerca de la costa, fuera de la zona de Aguas Profundas. En la mayor parte de las zonas 1 a 5, el sepultamiento de los sedimentos sería de 4500 a 8500 m, excepto en las áreas con estructuras de gran amplitud.



Mapa de Facies



Mapa de Profundidad

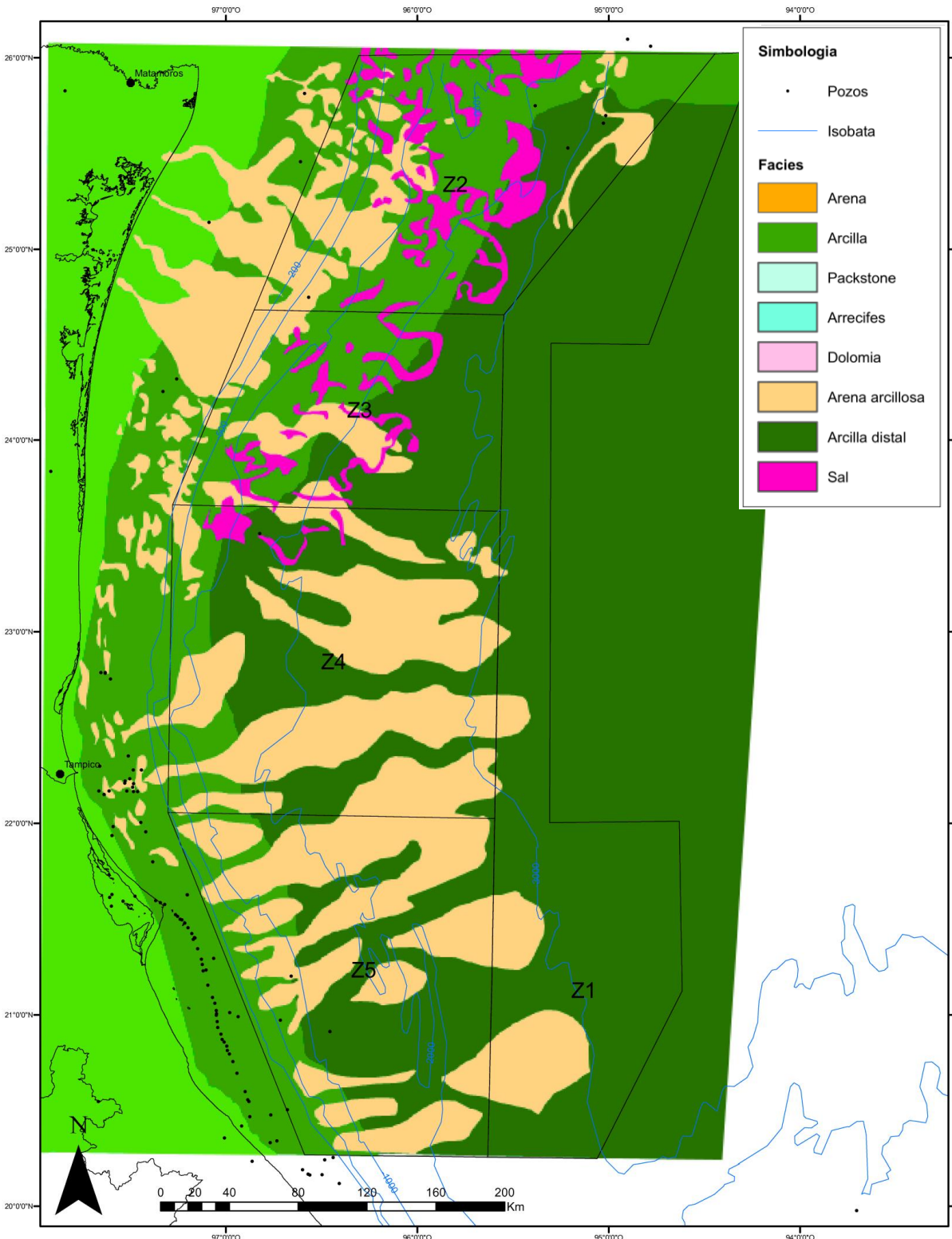
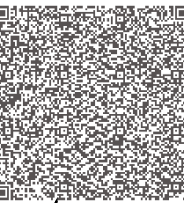


**Facies**

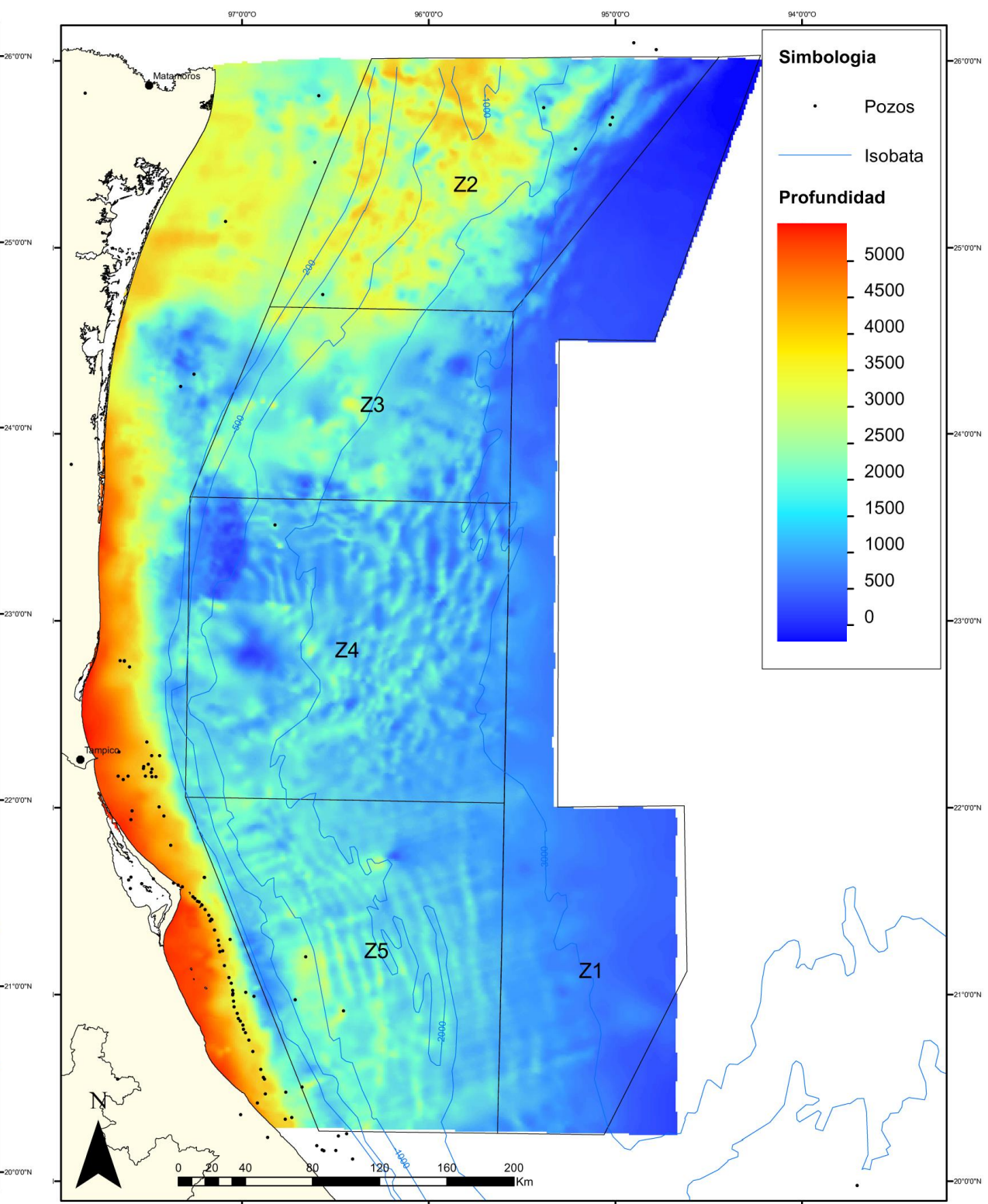
El mapa de distribución de las litologías en el área Aguas Profundas del play Oligoceno muestra que los cuerpos arenosos se encuentran en casi todas las zonas. Se trata principalmente de abanicos de pie de talud con una calidad almacén incierta. Las zonas 2 y 3 están cubiertas en gran parte con las intrusiones de sal.

**Estructural**

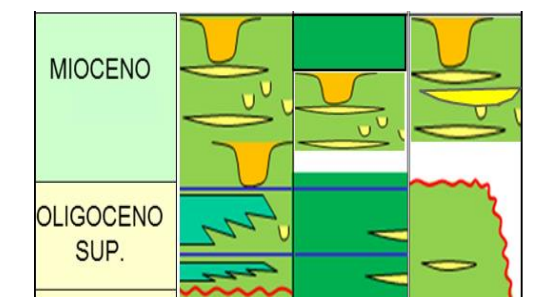
El Oligoceno se encuentra a una profundidad entre 3000 y 7000 m. Los valores máximos de profundidad y de soterramiento se encuentran en la costa, en la cuenca de Burgos y la zona de transición entre plataforma y talud donde se localizan los deslizamientos. En la mayor parte de las zonas 1 a 5 el soterramiento está incluido entre 750 y 3750 m con valores mínimos al oeste de la Plataforma Continental Sur y en los altos estructurales del Cinturón Plegado Perdido.



Mapa de Facies



Mapa de Profundidad



**Facies**

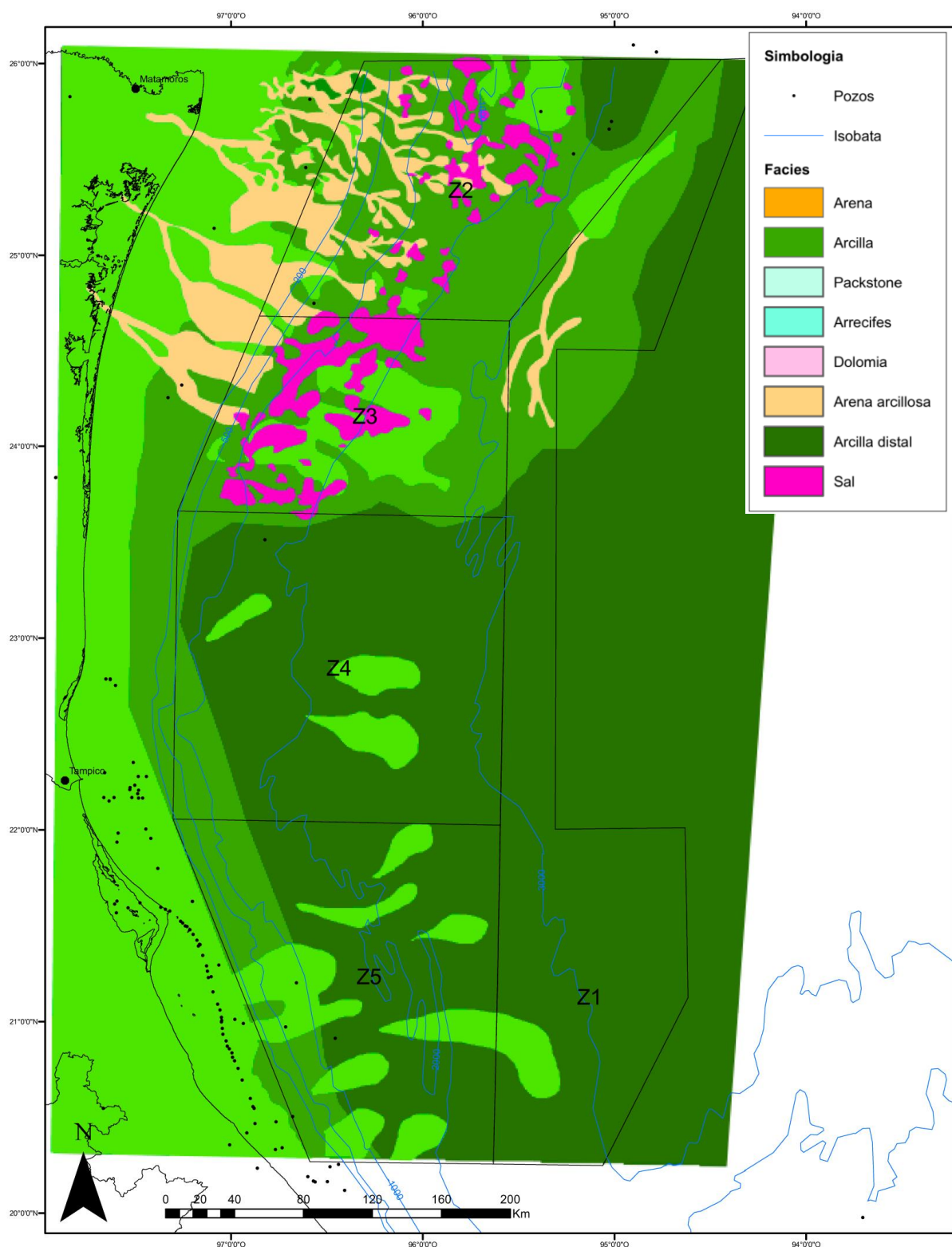
Las mejores rocas almacén se encontrarían en la parte Norte del área de estudio (nota: los reservorios son interrumpidos por las numerosas intrusiones de sal). En la parte Sur, la calidad de las rocas almacén es menor (en el modelo geológico propuesto), sin embargo se espera la presencia de grandes lóbulos.

**Estructural**

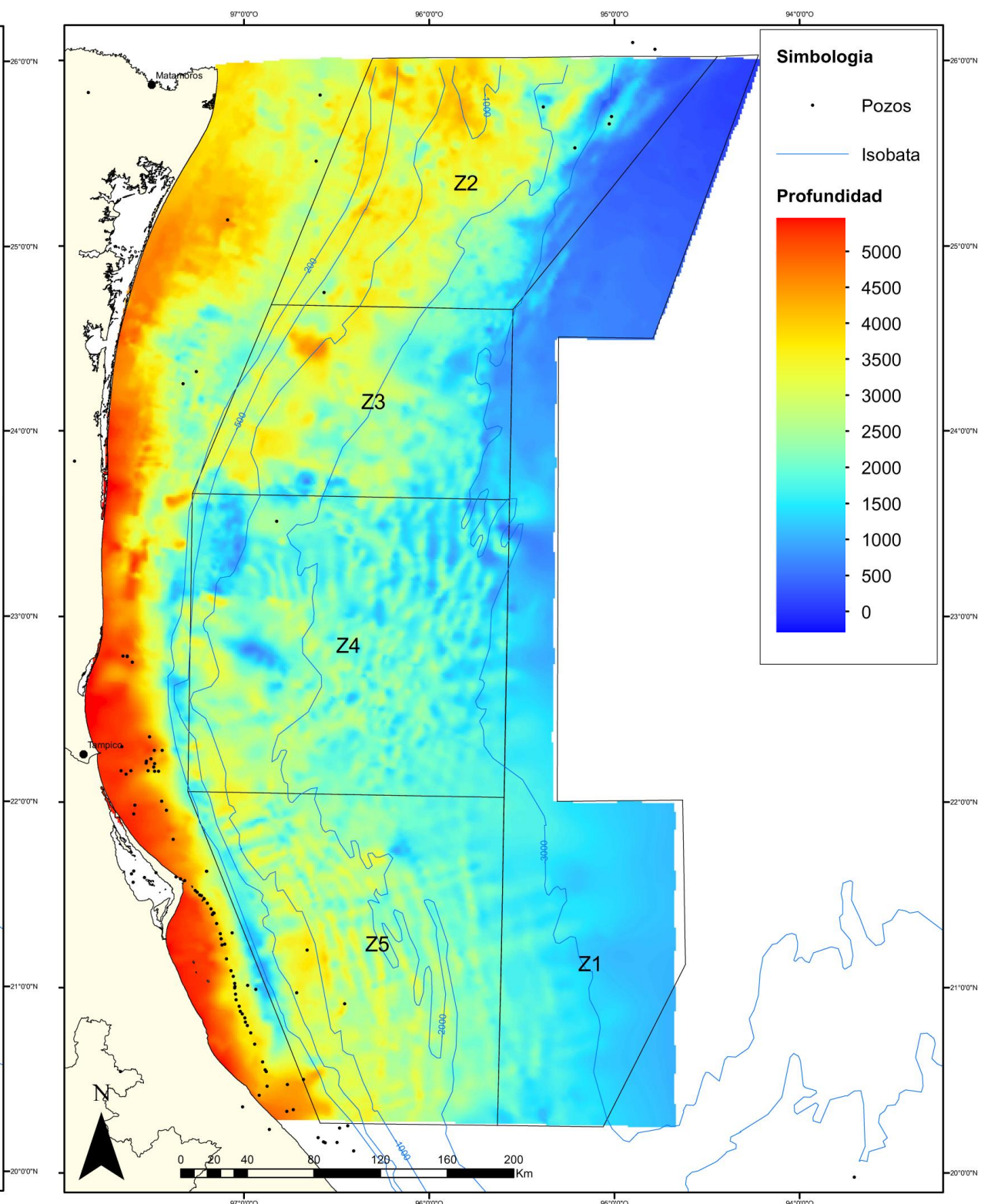
La profundidad del play Mioceno Medio varía entre algunas centenas de metros en la Plataforma Continental Sur y 5000 m en la parte abisal. En la mayor parte del talud (Zona 2 a 5), el play Mioceno medio se encuentra entre 3000 y 4500 m y se ven muy bien las estructuras compresivas en las zonas 3 a 5.

En toda el área, el sepultamiento es muy poco (menos de 1500 m), excepto donde se producen los deslizamientos (hasta 4500 m). En gran parte de Salina del Bravo y en el Cinturón Plegado Perdido (Zona 2), el soterramiento es menor de 750 m, lo que podría limitar la capacidad de preservación de los hidrocarburos en las trampas (los sellos no podrían ser suficientemente eficientes para mantener una gran columna de hidrocarburos en sitio, particularmente si se trata de gas).

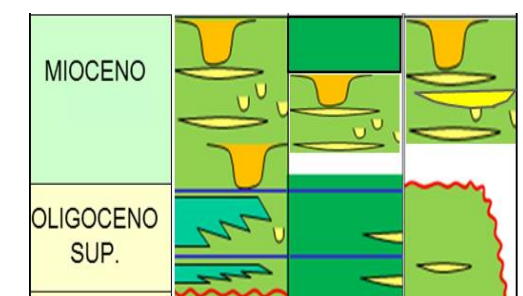




Mapa de Facies



Mapa de Profundidad



**Facies**

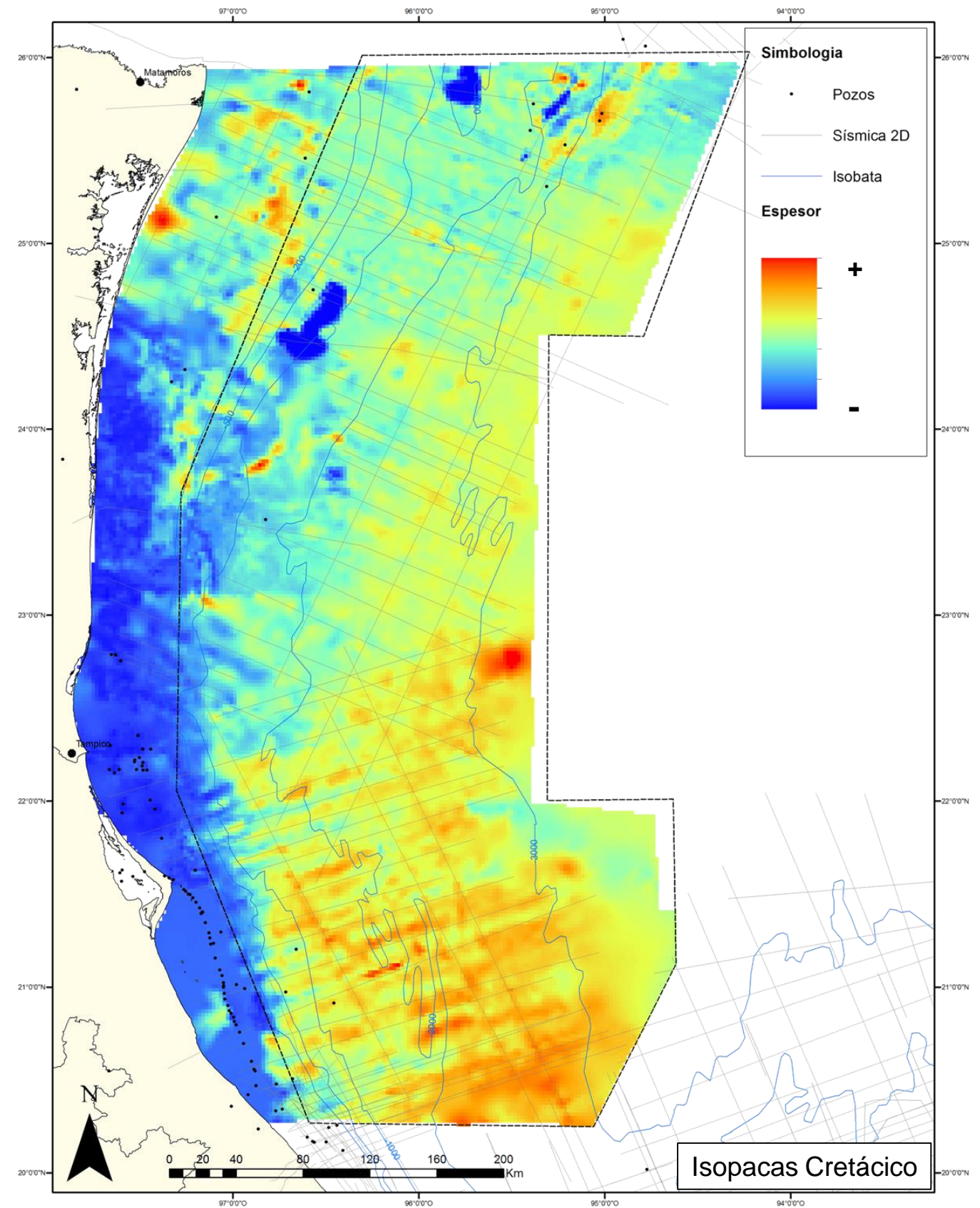
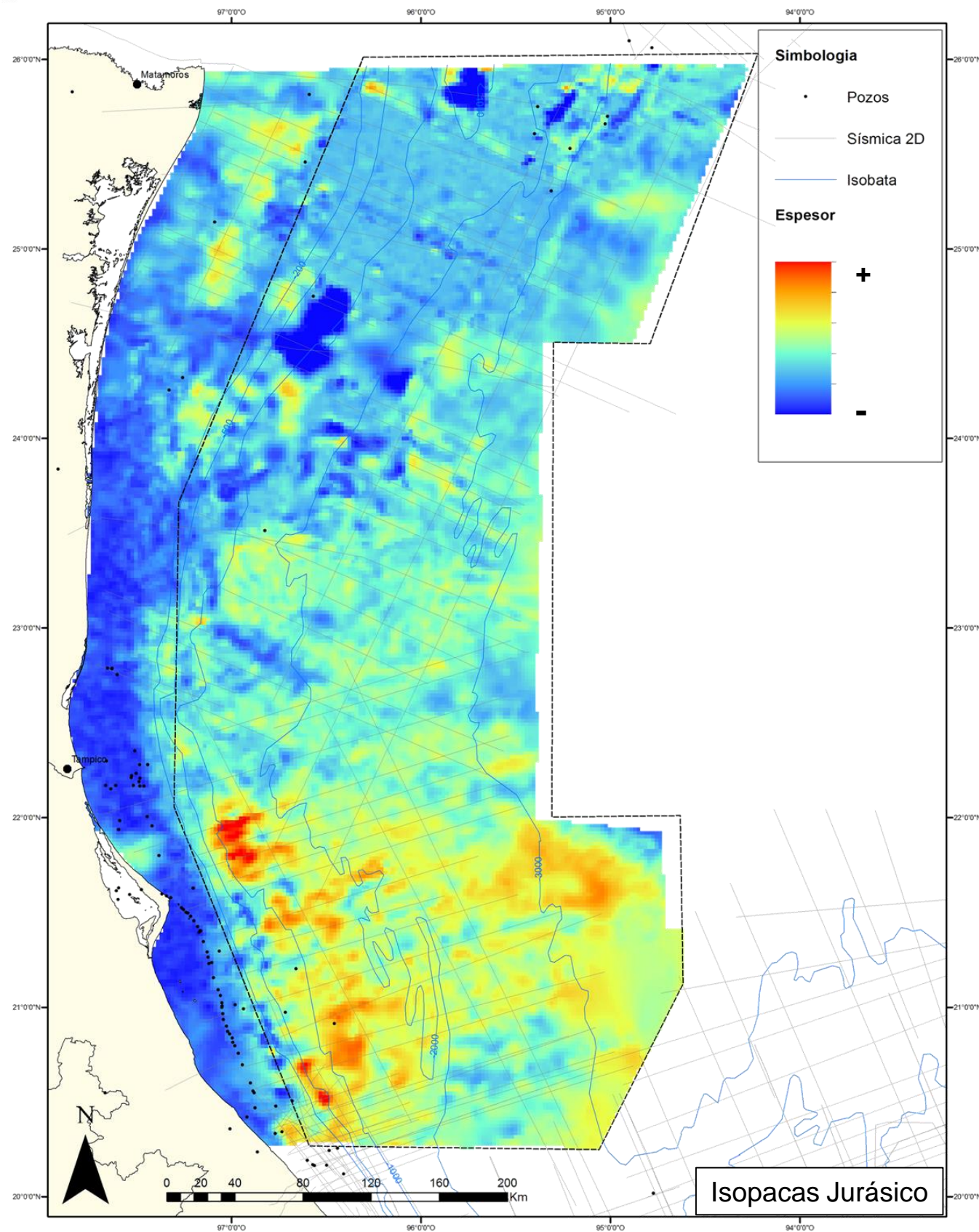
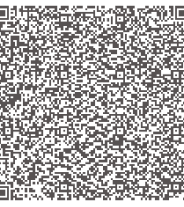
Las mejores litologías almacén se infieren hacia la parte Norte del área de estudio pero los reservorios son pequeños y están interrumpidos por las intrusiones de sal. La parte sur no tiene reservorios de buena calidad en el modelo geológico propuesto.

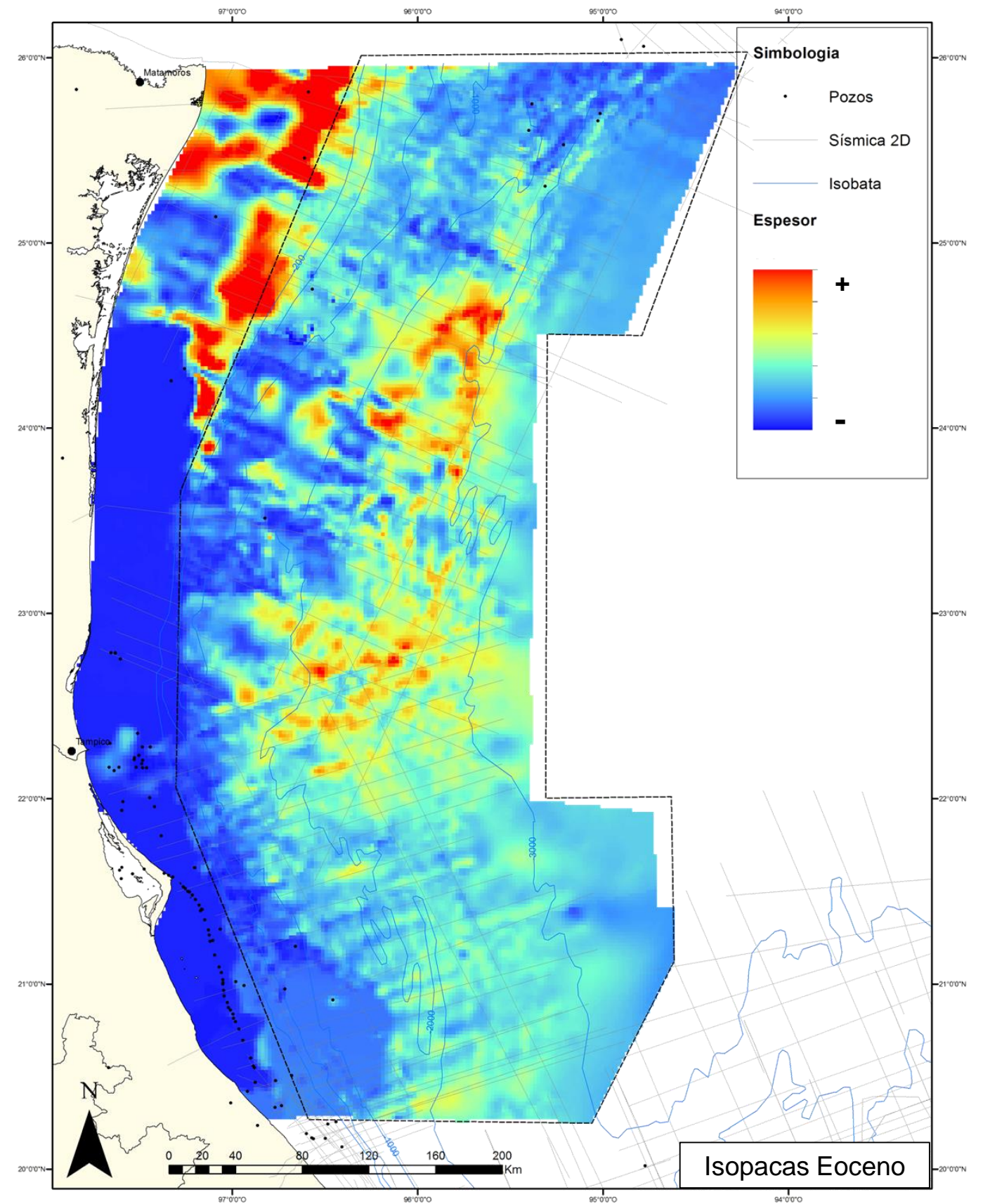
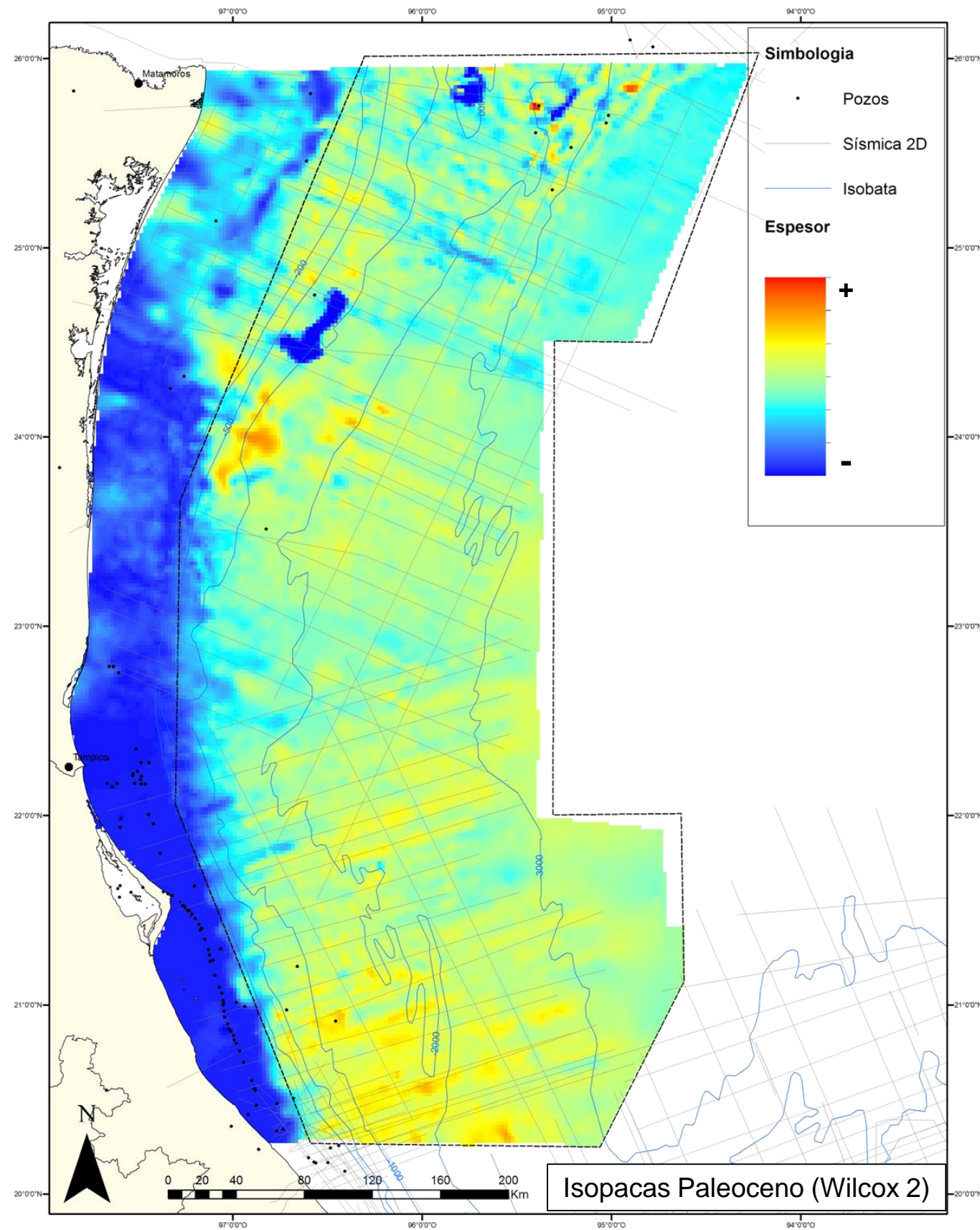
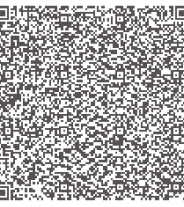
**Estructural**

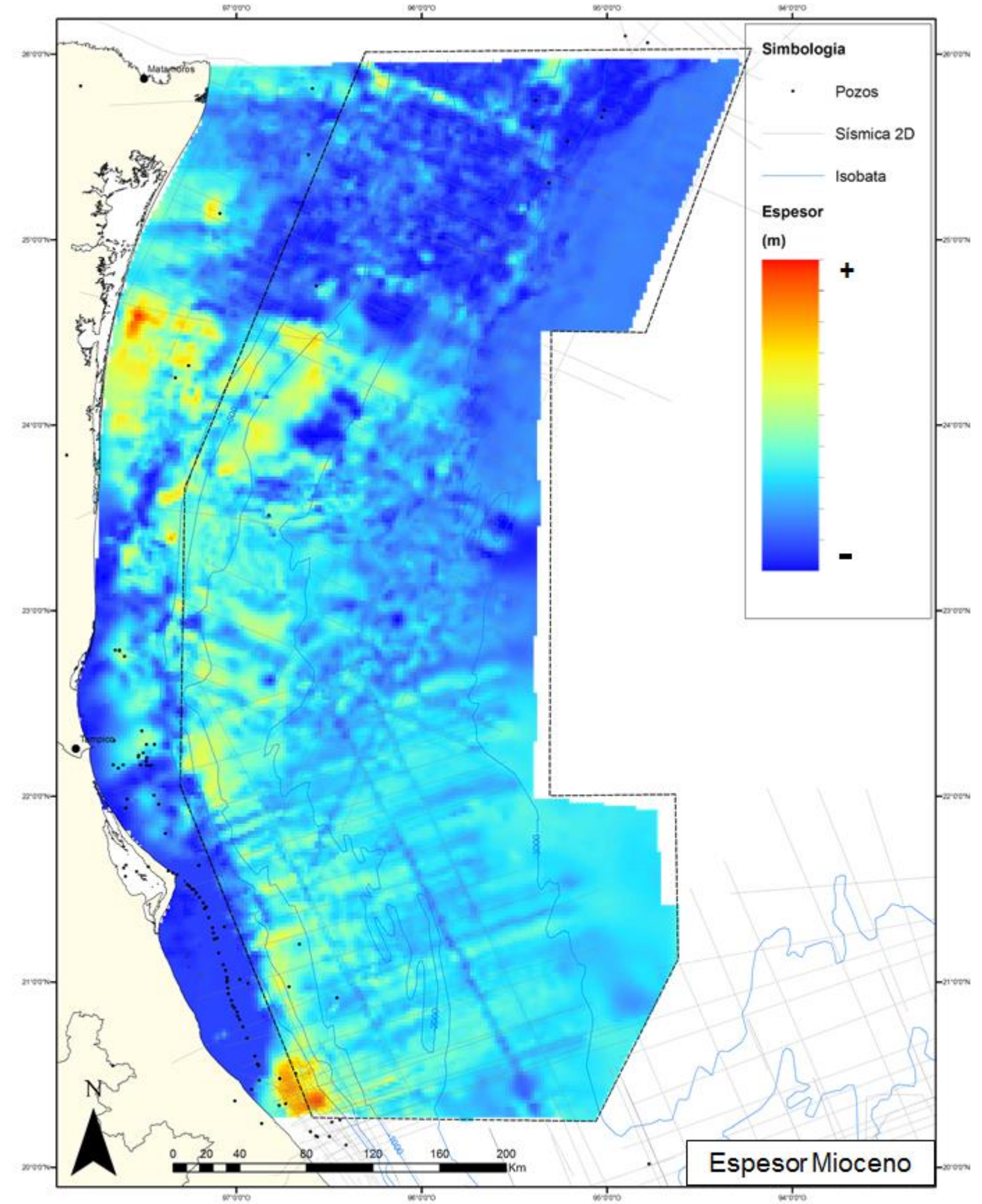
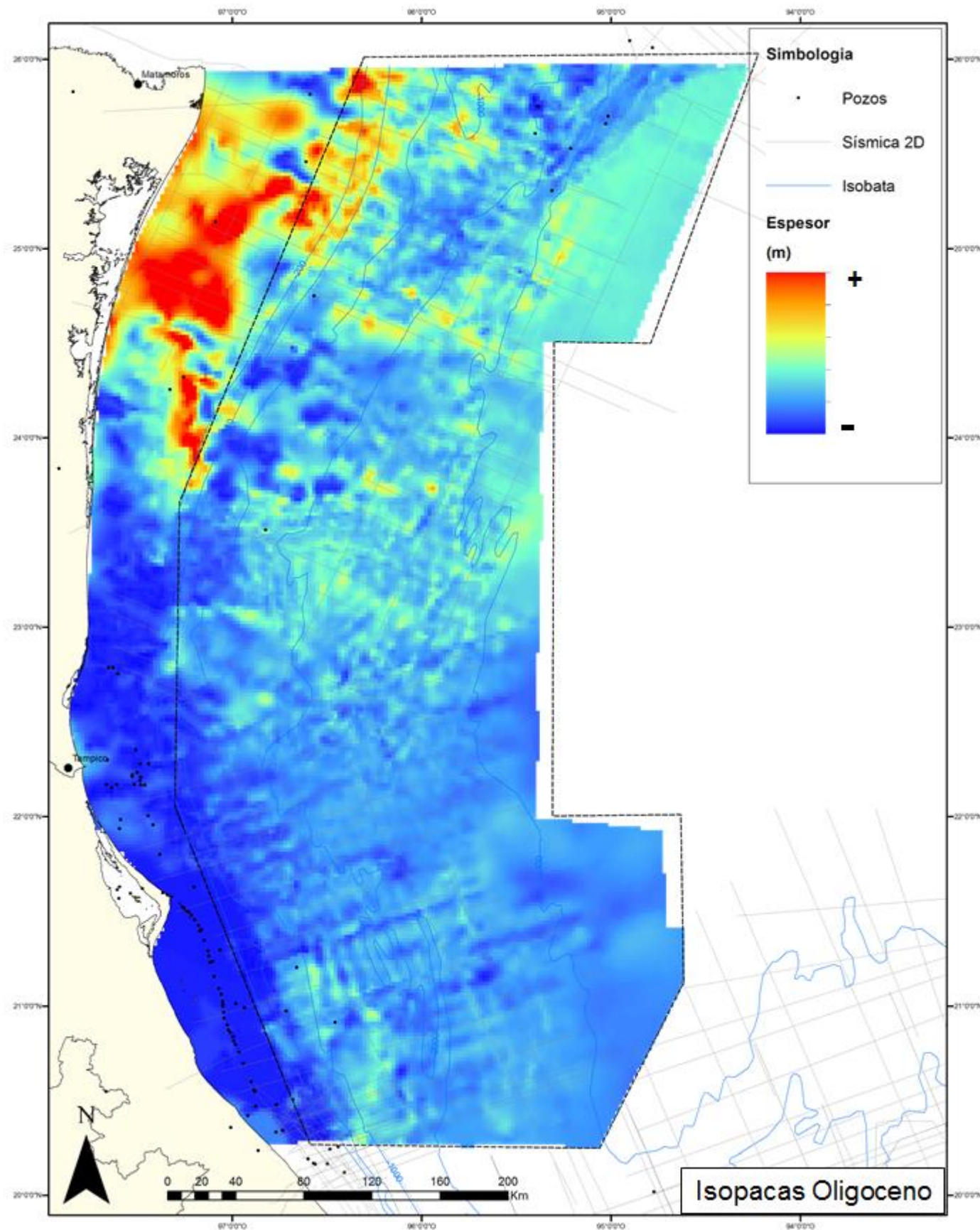
La profundidad del play Mioceno Superior varía entre algunas centenas de metros en la Plataforma Continental Sur y 5000 m en la parte abisal. En la mayor parte del talud (Zona 2 a 5), el play Mioceno Medio se encuentra entre 1500 y 4500 m.

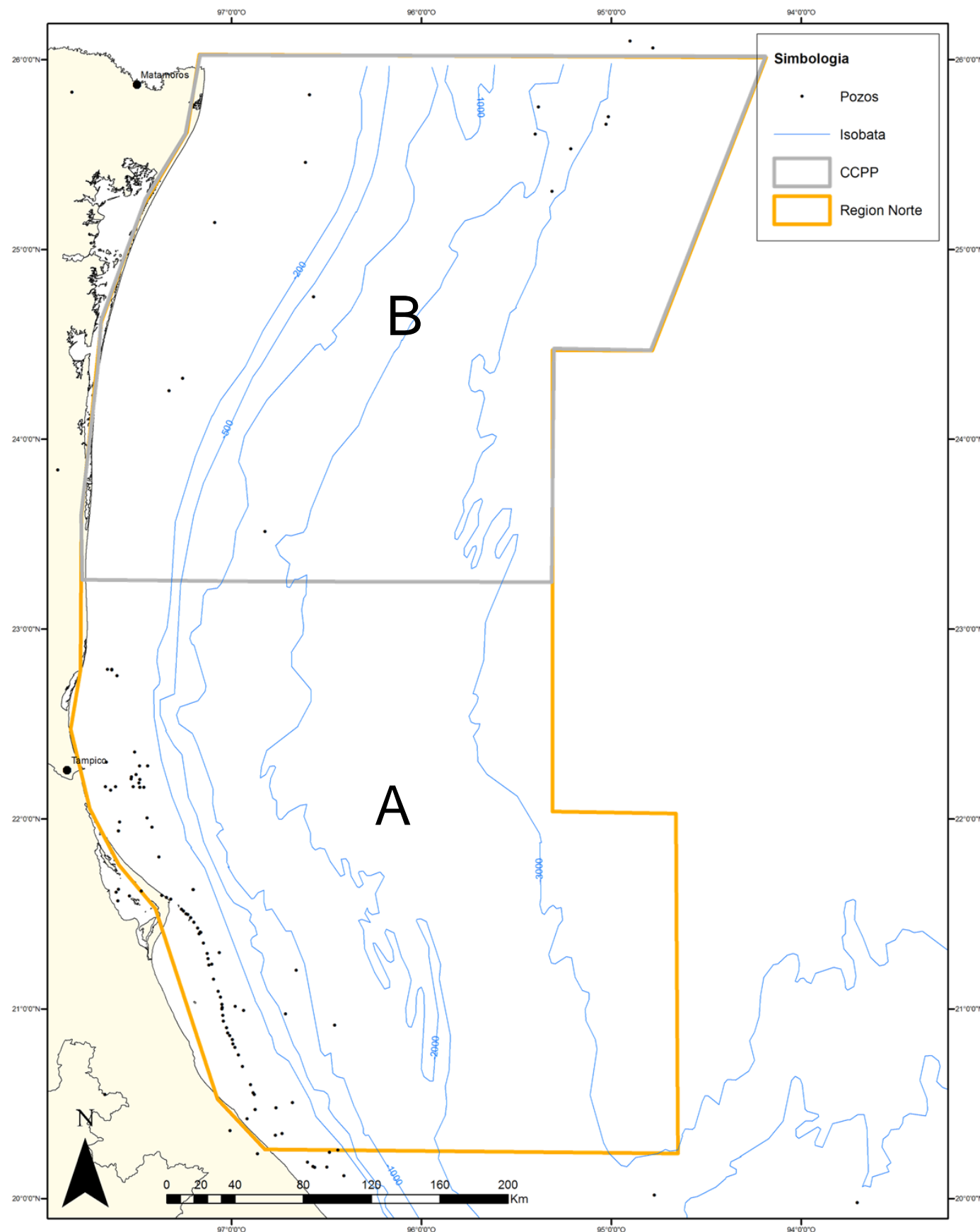
En toda el área, la profundidad es relativamente somera (menos de 1500 m), excepto donde se producen los deslizamientos (hasta 3500 m). En gran parte de la Salina del Bravo, en el Cinturón Plegado Perdido (Zona 2), y en la llanura abisal, el soterramiento es menor de 750 m, lo que podría limitar la capacidad de preservación de los hidrocarburos en las trampas (los sellos no podrían ser suficientemente eficientes para mantener una gran columna de hidrocarburos en sitio, particularmente si se trata de gas).

# Plays - Espesor de rocas almacénoras (1)









## Bibliografía

- I. Modelado de los Sistemas Petroleros en Aguas Profundas Región Norte, Estudio de Plays y Prospectos - 2012 - PEMEX E&P / Activo de Exploración Aguas Profundas Norte Poza Rica (A).
- II. Gravity Tectonics, Western Gulf of Mexico – 2005 – Mario E. Vázquez Meneses. Thesis Ph. D., Royal Holloway, University of London (A).
- III. Modelado Regional Sistemas Petroleros, Centauro Cinturón Plegado Perdido II, Estudio de Plays y Prospectos - 2012 - PEMEX E&P / Activo de Exploración Aguas Profundas Norte Poza Rica (B).