

Restauración estructural en el Bloque Pox del Cinturón Plegado Akal y su posible relación con el origen de la secuencia sísmica caótica del Mioceno

Jorge Alberto Briseño Sotelo

*Gerencia de Estudios Regionales,
Subdirección de Exploración, Pemex Ciudad del Carmen, Campeche*

Manuel Machorro Jiménez

Víctor Manuel Padilla Hernández

Juana Orquídea Salas Ramírez

Aída Rubí Bravo Almazán

Alejandro Torres Filiberto

*Activo de Exploración Marina Sur,
Subdirección de Exploración, Pemex Ciudad del Carmen, Campeche*

Artículo recibido en junio de 2022-evaluado y aceptado en febrero de 2023

Resumen

La secuencia informalmente conocida como *caótica* está constituida por lutitas con fragmentos de *mudstone*, *wackestone* y *packstone*, con presencia de corales y conchas de edad Oligoceno-Mioceno, y se encuentra distribuida en un elemento geológico estructural informalmente llamado *Bloque Pox*, el cual está ubicado en el sector sur del Golfo de México dentro del Cinturón Plegado Reforma-Akal, correspondiente a la provincia petrolera Cuencas del Sureste Marino. La relevancia de esta secuencia para la industria petrolera radica en que, debido a sus características geomecánicas, comúnmente se asocia a zonas de presiones anormales, las cuales complican la perforación de los pozos.

El objetivo de este trabajo es explicar el origen alternativo a la secuencia sísmica caótica de carbonatos, mediante interpretación sísmica y la restauración secuencial de dos secciones semiregionales orientadas NE-SW (38 km) y NW-SE (40 km), las cuales se interpretaron las carpetas sedimentarias del Cenozoico y Mesozoico. Los estudios dan como resultado que la secuencia se depositó en condiciones batimétricas de alrededor de 100 m de profundidad y con espesores aproximados de 500 m. Considerando lo anterior, se interpreta que durante el Mesozoico el sector sufrió un proceso de extensión y evacuación temprana de la sal autóctona hacia las periferias, condicionando paquetes más gruesos hacia su centro. Asimismo, los eventos contraccionales del Eoceno-Oligoceno y Mioceno contribuyeron a que se generara acortamiento y traslación; estos eventos produjeron un levantamiento sostenido de las paredes de sal que bordeaban el bloque Pox, favoreciendo la sedimentación de carbonatos a lo largo de los cuerpos salinos, los cuales, al deformarse, favorecieron el deslizamiento de carbonatos hacia las minicuenas adyacentes, principalmente durante el Mioceno temprano.

Palabras clave: Bloque Pox, restauración secuencial, secuencia caótica, pared de sal, deslizamiento.

Structural restoration in the Pox Block of the Akal Fold Belt and its possible relationship with the origin of the chaotic Miocene seismic sequence

Abstract

The sequence informally known as chaotic is constituted by shales with mudstone, wackestone and packstone fragments, with presence of corals and shells of Oligocene-Miocene age, and is distributed in a geological structural element informally called Pox Block, which is located in the southern sector of the Gulf of Mexico within the Reforma-Akal Folded Belt, corresponding to the Southeastern Marine Basins petroleum province. The relevance of this sequence for the oil industry resides in the fact its geomechanical characteristics are commonly associated with abnormal pressure zones, which complicate the drilling of wells.

The aim of this research is to explain an alternative origin to the chaotic seismic sequence of carbonates, through seismic interpretation and sequential restoration of two semi-regional sections oriented NE-SW (38 km) and NW-SE (40 km), in which the Cenozoic and Mesozoic sedimentary folds were interpreted. The studies show that the sequence was deposited in bathymetric conditions of about 100 m depth with thicknesses of 500 m. Considering the above, it is interpreted that during the Mesozoic the sector suffered a process of extension and early evacuation of the autochthonous salt towards the peripheries, conditioning thicker packages towards its center.

Likewise, Eocene-Oligocene and Miocene contractional events contributed to shortening and translation; these events produced a sustained uplift of the salt walls bordering the Pox block, favoring the sedimentation of carbonates along the salt bodies which, upon deformation, favored the sliding of carbonates towards the adjacent mini-basins, mainly during the early Miocene.

Keywords: Pox block, sequential restoration, chaotic sequence, salt wall, sliding.

Introducción

En la exploración petrolera del Sureste de México, el tema de la secuencia sísmica caótica se ha analizado por distintos colegas geólogos, geofísicos, biólogos y petroleros, teorizando su probable procedencia, influencia, constitución y distribución debido a que ocasiona serios problemas al momento de la perforación de los pozos a razón de las pérdidas importantes de fluidos de perforación. Esta secuencia se encuentra ampliamente distribuida en

las Cuencas del Sureste, **Figura 1**, no obstante, su textura y composición varía drásticamente, del cual se ha propuesto que la secuencia procede de distintas fuentes a lo largo de la cuenca producto de varios flujos de masas.

Este trabajo propone una respuesta alternativa que explica el origen y distribución de la secuencia sísmica caótica en el Bloque Pox, Ubicado en el Cinturón Plegado Akal, basado en restauraciones secuenciales y modelos geológicos.



Figura 1. Mapa de localización de las Cuencas del Sureste modificado de Escalera-Alcocer y Hernández-Romano, 2010.

Generalidades

Las Cuencas del Sureste comprenden una vasta área incluyendo diferentes provincias geológicas tales como: Salina del Istmo, Macuspana Comalcalco, Chiapas-Reforma-Akal, Cinturón Plegado Chuktah-Tamil, Cinturón Plegado Akal, Cuenca Macuspana Marina y Cuenca Le-Acach (Álvarez, 1949; Meneses-Rocha, 1991; Ángeles-Aquino *et al.* 1992; Padilla y Sánchez; PEMEX. 2004; Pérez-Graco, 2010). La región tiene alta complejidad estratigráfica y estructural debido a la interacción tectónica de las Placas Norteamericana, Cocos, del Caribe y la subducida Farallón (Morán-Zenteno *et al.* 2000; Padilla-Sánchez, 2007). Es importante señalar que, desde finales del siglo XIX, hasta el presente, las Cuencas del Sureste sostienen una producción importante de hidrocarburos, las cuales cuentan con recursos prospectivos del orden de 14,466 millones de barriles de petróleo de crudo equivalente, (Sener, 2020).

Antecedentes

Los primeros estudios para interpretar el origen de las secuencias del Oligoceno-Mioceno denominada como caótica, son los informes internos de Petróleos Mexicanos; esta secuencia sísmica “caótica” corresponde a una serie de paquetes sedimentarios que se encuentran distribuidos regionalmente en el sector occidente del Cinturón Plegado Akal y en el área norte y nororiente de la Cuenca Salina del Istmo, que varía en su litología regionalmente, con una firma peculiar en la sísmica tanto en tiempo como en profundidad, **Figura 2**. Chopra y Marfurt (2016), mencionan que las características sísmicas de un sismoestrato caótico son reflexiones que cambian bruscamente en distintas direcciones, exponiendo una forma de onda no específica en términos de orientación y amplitud; estas configuraciones se conocen como un trastorno sísmico que representa aleatoriedad o caos, que pudiera representar un ruido sísmico, geológico o ambos; una de ellas incluye complejos de transporte de masas, zonas de fallas y karsticidad.

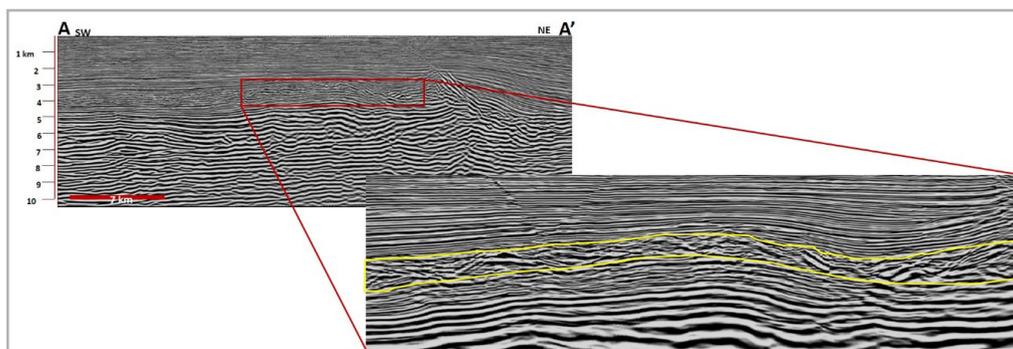


Figura 2. Sección sísmica en profundidad mostrando los reflectores de la secuencia caótica.

Rosales (2005) presenta un análisis exhaustivo de las biozonas, las asociaciones paleontológicas de la Cuenca Salina del Istmo, con las secuencias del Oligoceno-Mioceno, aportando conocimiento bioestratigráfico que incluye fechamientos, lo cual ayuda a correlacionar los bioeventos observados en los pozos petroleros del área de estudio, por lo que su aportación es valiosa para realizar la interpretación sobre su origen.

Ruiz (2008) describe la presencia de una secuencia de calizas de edad Oligoceno Tardío-Mioceno Temprano, con facies de biohermas de coral, sugiriendo tirantes de aguas muy someras y que cambian lateralmente a facies de aguas profundas asociadas a una rampa; considera que no se tiene entendido en qué condiciones se emplazaron esas secuencias y menciona que pudiera tratarse como un problema de basamento, o por diapirismo salino.

Gutiérrez (2010) menciona la existencia de un paquete de calizas con intercalaciones de lutitas y limolitas con fósiles índice (*Catapsydrax dissimillis*) y le asigna una edad de Mioceno inferior, ya que se encuentra en las lutitas que la subyacen y la sobreyacen; propone que posiblemente esta secuencia se formó por movimiento halocinético, o sea de un bloque alóctono (balsas tectónicas) deslizándose más allá de la cuenca, con afinidad a la caliza Macuspana.

En la estratigrafía regional, para el Oligoceno se encuentra la Formación Mompuyil (Gutiérrez, 1949; Quezada-Muñetón, 1987) descrita en los afloramientos de la Sierra de Santa Lucía, Sinclinal Agua Blanca y el Anticlinal Mompuyil ubicado al noroeste de la Sierra de Chiapas, compuesta por calizas fosilíferas, lutitas verdosas con horizontes de óstreas y horizontes esporádicos de arenisca y lutita, con fósiles de *Heterostegina antillea*, *Lepidocyclina canellei* y undosa, *Sorites marginalis* y *Nummulites sp.*, depositada en un ambiente de plataforma somera litoral e incluso en facies lagunares evaporíticas.

La Misopá descrita por varios autores, Nauttall (1928), Pike (1923), Campbell (1927) Salas y López Ramos (1951) y Contreras (1959), litológicamente compuesta de lutitas calcáreas, horizontes de areniscas con micras hacia la base con espesores aproximadamente de 840 m, con un contenido fosilífero de *Bulimina ovata*, *B. alazanensis*, *Cibicides mexicana*, *Lenticula budensis*, *Uvigerina mexicana*, la Formación aflora en el Cerro Misopá en el frente de la Sierra de Chiapas, con una edad del Oligoceno Superior, (Pedraza-Leal, 2012).

Para el Mioceno la Caliza Macuspana (Campbell, 1927; Gibson, 1936; Salas y López-Ramos 1951), consiste en calizas arrecifales con texturas de *wackestone-packstone* y *grainstone* de bioclastos, con estratificación masiva, con contenido fosilífero de corales *Litbotbannium*, pelecípodos, crustáceos, foraminíferos bentónicos, moluscos y equinodermos, con una edad asignada mediante *Lepidocyclina (Eulepidina) undosa*, (*Lepidocyclina*) *sp.*, *Heterostegina antillea*, *Archais sp.*, *Nummulites sp.*, *Gypsina sp.* y *Sorites sp.*, depositada en un ambiente de plataforma y arrecifal y/o rampa carbonatada, (Solís et al 2006).

La Formación Tulijá (Böse, 1905; Gutiérrez-Gil, 1949; Quezada-Muñetón, 1987), son rocas del Mioceno compuestas por lutitas, calizas y areniscas calcáreas, con mayor contenido arcilloso, hacia la cima; presenta espesores desde 125 m hasta 2000 m, con un contenido fosilífero de *Sorites marginalis*, *Archais angulatus*, *Peneroplis sp.*, *Praeorbulina glomerata*, *Globigerinoides bisphaerica*, *G. triloba triloba*, *G. ruber* y *Lenticulina americana*, depositándose en un ambiente laguna y plataforma interna. Aflora en el Cañón de Cuitláhuac y Sinclinal de Simojovel, así como en el anticlinal Zona Sala, Chivaltic y Cabác.

Planteamiento e hipótesis

La secuencia sedimentaria “caótica” se encuentra ampliamente distribuida en las Cuencas del Sureste, en el Bloque Pox es mayormente carbonatada y ocasiona problemas de pérdida de fluidos.

Se postula que la secuencia probablemente se formó de manera contemporánea al evento de contracción regional Eoceno-Oligoceno, que originó un levantamiento de las grandes masas evaporíticas, dando como resultado la precipitación de carbonatos y su colapso y deslizamiento posteriores hacia el Mioceno Temprano.

Objetivo

Explicar el origen de la secuencia sísmica caótica de carbonatos del Oligoceno Tardío-Mioceno Temprano, mediante la integración de la restauración secuencial de dos secciones sísmicas regionales, que atraviesan al Bloque Pox tomando en consideración los modelos geológicos, así como las características bioestratigráficas de la zona.

Metodología

La restauración es un procedimiento donde se lleva a cabo una serie de pasos para conducir al pasado, hasta llevar a las rocas a su posición original antes de la deformación, donde se considera la remoción de los sedimentos, descompactación con una compensación isostática, el movimiento de la sal, fallas y ajustes paleobatimétricos (García *et al* 2012). La restauración secuencial permitió validar la interpretación sísmica, obteniéndose como resultado un modelo geológicamente viable, llevando a las estructuras a su estado inicial (previas a la deformación). Para lograr los resultados se realizó la interpretación de los horizontes de la columna geológica completa; sal Calloviana, el Jurásico Superior del Kimmeridgiano y del

Tithoniano, Cretácico Superior, Eoceno Inferior, Eoceno Superior, Oligoceno, Oligoceno (caótica), Mioceno Inferior, Mioceno Medio, Mioceno Superior, Plioceno Inferior, Plioceno Medio, Plioceno Superior y Reciente, mediante la restauración de dos secciones sísmicas con orientaciones NE-SW y NW-SE. Mediante el *Software 2D Move* se efectuó un proceso iterativo de descompactación y restauración en 14 estadios. A este proceso se le incorporó información de pozos, litologías, batimetrías, así como la integración de mapas paleoambientales.

Marco geológico

Las Cuencas del Sureste es una provincia que ha sido ampliamente estudiada debido a su importancia en el ámbito petrolero, la cual presenta una gran complejidad estructural debido a la influencia que han ejercido tanto los grandes volúmenes de sal Calloviana como los eventos de deformación que las han afectado. La columna sedimentaria ha sido afectada por cuatro eventos de deformación regional en el área, los cuales han sido identificados con base en los estudios realizados en la zona; Mesozoico-Paleoceno (ED1), Eoceno-Oligoceno (ED2), Mioceno Medio-Mioceno-Tardío (ED3) y Plioceno-Reciente (ED4) (PEMEX, 2012; Peterson *et al.*, 2013). Para el evento ED1 las estructuras características corresponden con almohadas, anticlinales de sal y paredes de sal, asociados a cambios drásticos en los espesores. El ED2 se considera como el primer evento de contracción con equivalencia al evento Laramídico, el cual se caracteriza por pliegues, anticlinales fallados y deformados y extrusión de algunos cuerpos salinos. El ED3 corresponde con otro evento contraccional asignado a la Orogenia Chiapaneca; debido a este pulso las estructuras se re-deforman en la carpeta sedimentaria, **Figura 3**, evidenciado por la formación de grandes sábanas de sal, diapiros plegados y mayor acortamiento. Finalmente, el evento ED4 se le asocia un evento de extensión gravitacional y extensión por colapso de los cuerpos salinos (Sánchez *et al* 2011; Cruz *et al* 2013).

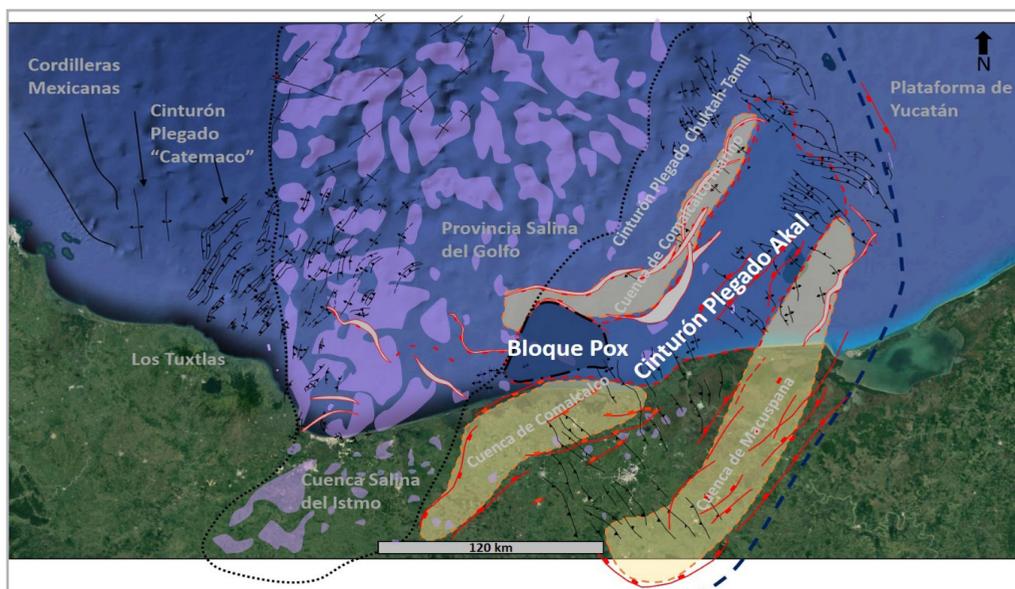


Figura 3. Mapa estructural regional modificado de Aranda-Garcia y Marrett, 1999; Jennette *et al.*, 2003.

Específicamente el Bloque Pox se ha definido como un anticlinorio caracterizado por pliegues disarmónicos, en cuya base se observan estructuras nucleadas por sal formadas durante el evento del Mesozoico (ED1) y re-deformadas por los eventos del Eoceno-Oligoceno (ED2) y Mioceno Medio-Tardío (ED3); hacia la cima las secuencias Cenozoicas se caracterizan por presentar pliegues suaves afectados por los eventos contraccionales, y una serie de familias de fallas despegando hacia la secuencia del Oligoceno-Mioceno (caótica). Se observan dos niveles de despegue para el Bloque Pox; uno hacia su base por la sal del Calloviano y otro en el Oligoceno-Mioceno. El Bloque está delimitado hacia el Norte y Occidente por grandes cuerpos alóctonos y sabanas de sal que lo separan de la Cuenca Salina del Istmo; hacia el Sur se encuentran las almohadas de sal y estructuras colapsadas de Yaxche y Xanab; en el oriente limitado por canopies de sal y soldaduras de sal.

La estratigrafía de edad Mesozoico del Bloque Pox se compone hacia su base por rocas de evaporíticas del Calloviano, a éstas les sobrayace rocas almacenadoras constituidas de carbonatos, carbonatos dolomitizados y arcillosos de edad Kimmeridgiano; el J.S. Tithoniano está compuesto de carbonatos arcillosos con materia orgánica y dolomitizados y finalmente, se encuentran carbonatos compactos y dolomitizados, con horizontes fracturados de edad Cretácico.

Las secuencias de edad Paleoceno-Eoceno se componen de lutitas arenosas y calcáreas, alternando con paquetes de limolitas y areniscas; las secuencias de edad Oligoceno-Mioceno varían de bloques carbonatados hacia el norte y lutitas calcáreas bentoníticas hacia el sur. Por su parte, el Mioceno Medio contiene intercalaciones de arenisca y lutita arenosa; finalmente, las secuencias de edad Plioceno-Reciente se componen de lutitas arenosas, calcáreas con bentonita y areniscas, **Figura 4.**

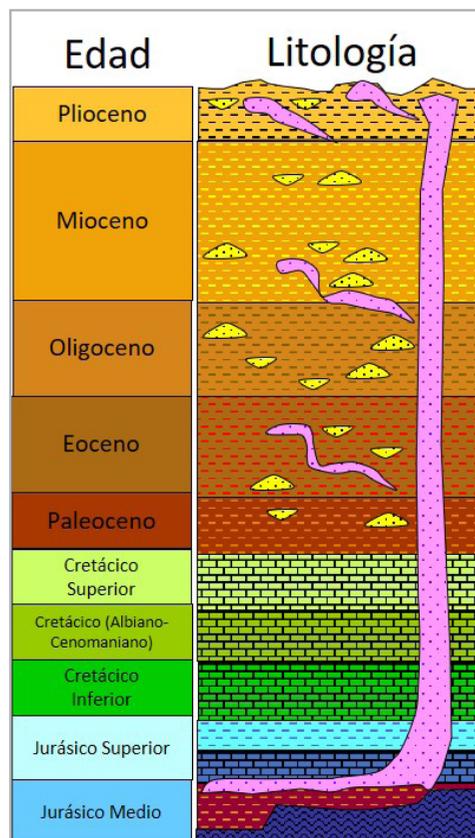


Figura 4. Columna geológica Bloque Pox.

Restauración secuencial

Con base en la información disponible de los estilos estructurales, nivel de despegue y eventos de deformación, se realizaron las restauraciones secuenciales del Bloque Pox. Para la sección A, **Figura 5** con orientación SW-NE; se considera que durante el Calloviano se colmató las secuencias post-rift que se depositaron en los bajos estructurales; asimismo para el Kimmeridgiano ocurrió un proceso de diapirismo activo, formando anticlinales de sal y comenzó una acumulación de evaporitas en la porción NE de la sección; para el Tithoniano se desarrollaron *rollers* de

sal y un incremento de espesor hacia el SW. En el Cretácico ocurre una mayor evacuación de sal hacia las periferias, terminando así el proceso de tectónica extensional. Para el Paleoceno-Eoceno empezó el fallamiento, acortamiento de la estructura flanqueada a la pared de sal, en el Oligoceno ocurrió un máximo estadio contraccional el cual produjo un ascenso de la sal. En el Mioceno ocurrió el plegamiento y acortamiento de las estructuras en la carpeta sedimentaria y finalmente en el Plioceno se produjo un evento de extensión, colapso y evacuación de sal; **Figura 6**.

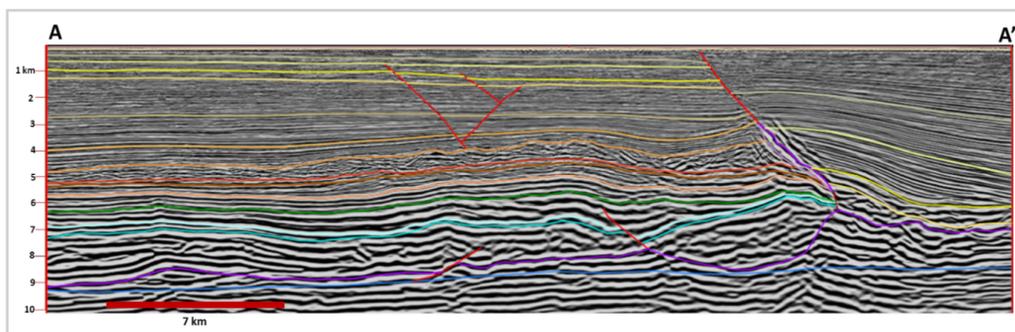


Figura 5. Sección sísmica interpretada.

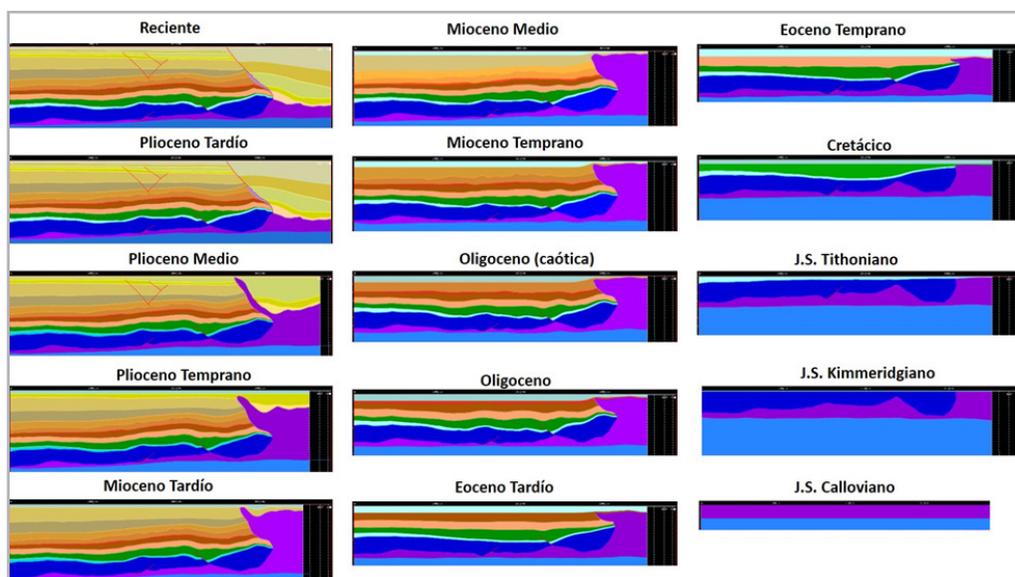


Figura 6. Restauración secuencial de la sección A.

En la sección B, **Figura 7** con orientación NW-SE, interpreta que en el Calloviano comenzó el depósito de los grandes volúmenes de sal, y en el Kimmeridgiano se formaron almohadas en un proceso extensional; en el Tithoniano continuó el proceso de diapirismo activo, mientras que en el Cretácico se depositaron las secuencias y en un proceso de extensión-contracción se formaron las estructuras y se desarrollaron rollers, que generaron la evacuación de la sal

hacia el NW, así en el Paleoceno-Eoceno se interpreta que ocurrió un movimiento de sal hacia la parte NW y comenzó un proceso de contracción; para el Oligoceno continuó el proceso de contracción, originándose un ascenso de la pared de sal. En el Mioceno ocurrió un proceso mayor de contracción, finalmente para el Plioceno comenzó una deyección de la sal y la deposición de grandes paquetes sedimentarios, **Figura 8**.

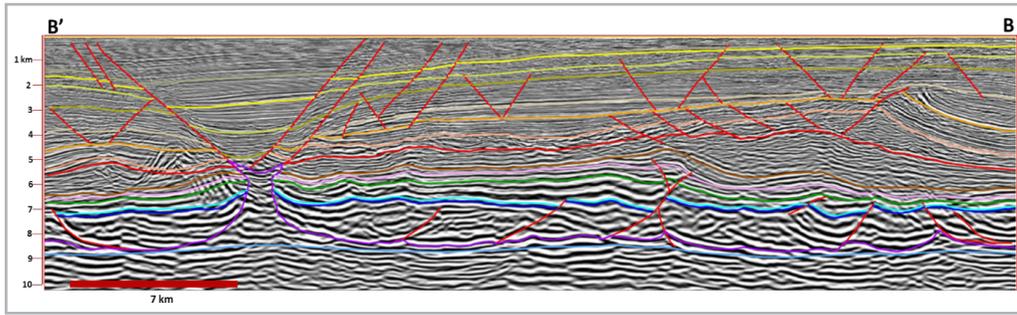


Figura 7. Sección sísmica interpretada.

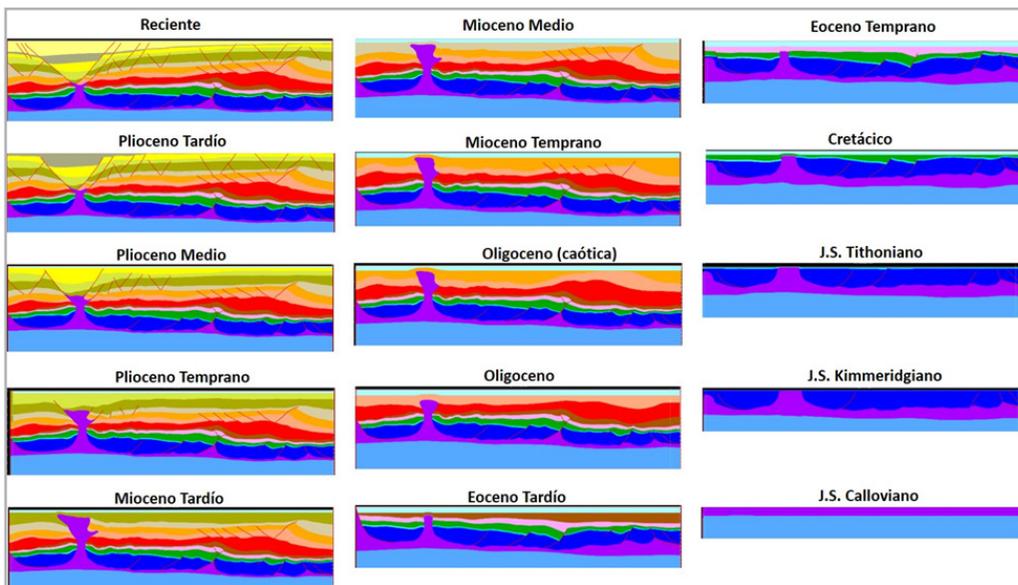


Figura 8. Restauración secuencial de la sección B.

Análisis estratigráfico de la secuencia

Durante la perforación de pozos exploratorios en el Bloque Pox se encontraron paquetes sedimentarios con una litología de lutitas con fragmentos de *mudstone*, *wackestone* y *packstone*, con presencia de corales y conchas; en parte dolomitizados, los cuales son subangulosos a subredondeados, **Figura 9**. Le sobryace discordantemente a una secuencia de lutitas calcáreas y bentoníticas con intercalaciones de limolitas y areniscas; le subyacen a areniscas, lutitas arenosas y limolitas. El espesor aproximado es de 500 m. La evidencia

fosilífera *Anomalinoidea pompilioides*, *Catapsydrax dissimilis*, *Globigerina ampliapertura*, *Globigerina pseudoampliapertura*, *Globigerina sp.*, *Globorotalia opima opima*, *Globorotalia suteri*, *Hanzawaia concentrica*, *Usbekistania charoides*. En su cima el contenido paleontológico está constituido de *Anomalina flinti*, *Globigerina ruber*, *Globigerinoides tribolus immaturus*, *Globigerinoides tribolus tribolus*, *Globorotalia mayeri*, *Uvigerina hispida* y *Uvigerina sp.* La unidad estratigráfica se formó en un ambiente nerítico interno, probablemente durante el de Oligoceno Tardío-Mioceno Temprano.



Figura 9. Núcleos de la secuencia caótica

Discusión

Regionalmente la secuencia caótica se localiza a lo largo del Cinturón Plegado Akal; sin embargo, la composición varía mineralógicamente en distintos sectores de los cuales contiene regionalmente arcillas y arcillas con contenido volcánico. El trabajo actual no busca ahondar extensamente en las distintas vertientes del origen de la caótica a nivel cuenca, sino explicar la aparición de carbonatos en una región focalizada dentro del Bloque Pox. Como se ha mostrado de esta se tienen argumentos de la presencia de una secuencia sedimentaria originada por deslizamiento gravitacional; Ruiz, (2008) por ejemplo, menciona que existen calizas de edad Oligoceno-Mioceno que se pudieron haber formado como consecuencia de un problema de basamento o diapirismo; asimismo Gutiérrez (2010), propone dos orígenes posibles de la secuencia, ya sea por diapirismo o balsas tectónicas; Sánchez (2010) en un análisis de *play farway* interpreta que la secuencia se formó por diapirismo en condiciones cercanas a la superficie del nivel del mar. Ahora bien, los anteriores trabajos explican que la fuente de aporte se localiza a unos 200 km de distancia emparentada con la caliza Macuspana o si fuera el caso de relacionarla con alguna secuencia de la plataforma de Yucatán, sin embargo, serían 300 km lo que dificulta un poco pensar que los paquetes se emplazarían a una distancia tan amplia. Además, durante la etapa del Neógeno en la cuenca el régimen sedimentario estaba dominado por secuencias siliclasticas y es poco común encontrar horizontes o capas carbonatadas con espesores potentes de 500 m.

Cabe destacar que este es un primer paso para explicar el origen desde otra hipótesis e integrando una disciplina más

por lo tanto se requeriría hacer un estudio mucho extenso de la secuencia, con mapas de isopacas los cuales no existen debido a que la misma no es de interés exploratorio.

Las limitaciones de esta propuesta es que solo explica a la secuencia en el bloque Pox, se restringe, además, que por las consideraciones de que la restauración no es un método de comprobación por sí mismo, sin embargo, arroja resultados importantes como los volúmenes originales de los cuerpos de sal los cuales afectaron las secuencias.

No obstante, las hipótesis se abordan desde un punto sedimentológico; por lo tanto, fue necesario un análisis estructural que involucrara los eventos extensionales y contraccionales en la cuenca, además de explicar que ocurrió con los grandes volúmenes de sal Calloviana en una reconstrucción palinspástica.

Conclusiones

El trabajo contribuye en proponer una nueva hipótesis y poner atención al origen y distribución de la secuencia caótica. Anteriormente, los análisis en los estudios no contemplaban a la secuencia caótica de manera relevante sino más bien se mantenía como una secuencia más en la carpeta sedimentaria para caracterizar los ambientes sedimentarios en la cuenca.

La información obtenida por las restauraciones secuenciales indica que desde el Jurásico Tardío y hasta el Cretácico, ocurrió una movilización temprana de la sal Calloviana en las periferias del Bloque Pox, resultando en una pared de sal. Además, a raíz del evento contraccional del Eoceno-Oligoceno, el Bloque de Pox tuvo un movimiento de traslación y acortamiento formando pliegues, además de que ocurrió un ascenso sostenido de la sal, la cual se encuentra en la periferia del Bloque. Es necesario destacar que estructuralmente esta zona está limitada hacia el norte y el oriente con la Cuenca Salina del Istmo, por lo que el movimiento de los volúmenes de sal formó un paleorelieve. Por otro lado, la información litológica indica que en las secuencias carbonatadas y terrígenas se encuentran evidencias de flujo de masas, que permite interpretar que la secuencia se acumuló en un ambiente sedimentario muy somero. Cuando ocurrió el mayor desplazamiento vertical de la sal se propició el deslizamiento de carbonatos hacia las periferias de los altos salinos, **Figura 10**.

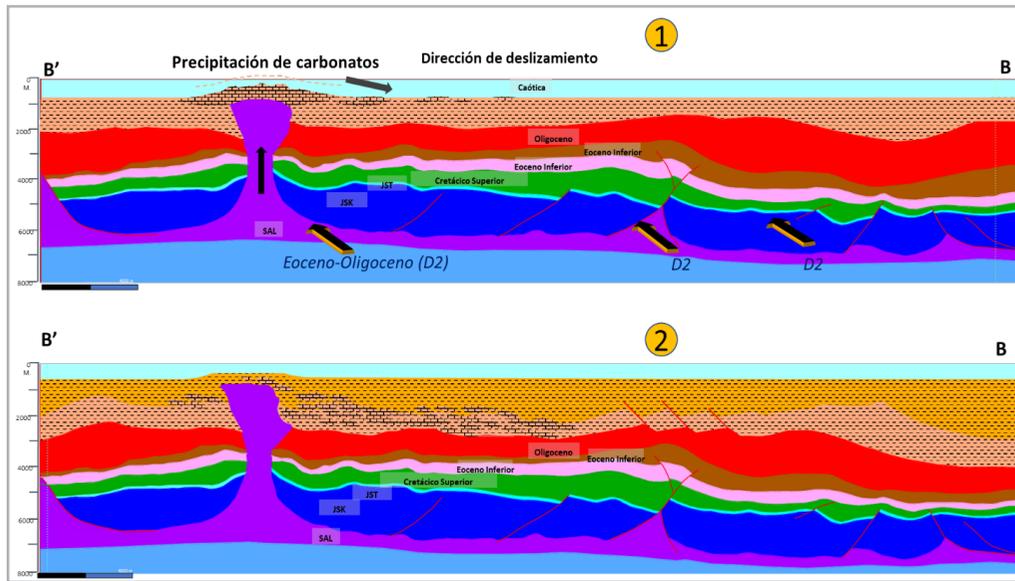


Figura 10. Modelo propuesto que indica donde se formó la secuencia de carbonatos.

Estos deslizamientos ocurrieron en un lapso de estabilidad entre los eventos contraccionales del Eoceno-Oligoceno y Mioceno Medio (Orogenia Chiapaneca), considerando que los informes internos de Petróleos Mexicanos mencionan una edad para los carbonatos en Oligoceno Tardío y la parte siliciclástica de Mioceno Temprano, por lo anterior es posible que los colapsos se hayan generado por una baja del nivel del mar, lo cual justificaría la dolomitización de los carbonatos y una mayor interacción de las evaporitas con el medio acuoso, provocando su disolución.

Por consiguiente, ésta sería la distribución actual que tiene la secuencia en el sector del Bloque Pox donde se observa con la propiedad de fragilidad; en colores azules las zonas de carbonatos, en amarillo las areniscas y en marrón las lutitas, de aquí se expone que las secuencias carbonatadas estarían relacionadas posiblemente a los cuerpos salinos, **Figura 11**.

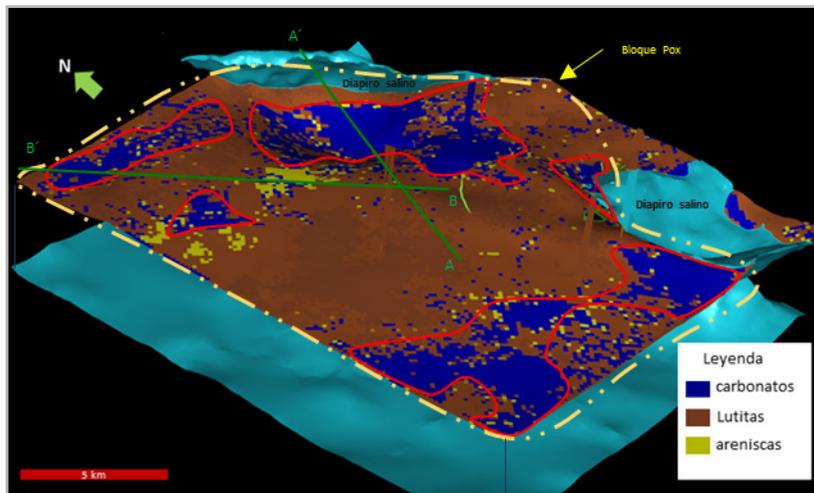


Figura 11. Mapa de distribución, (fragilidad) de la caótica en el Bloque Pox y con las orientaciones de las secciones restauradas.

Recomendaciones

Es importante señalar la conveniencia de realizar más restauraciones secuenciales lo que a la vez mejoraría los modelos geológicos y el entendimiento del Bloque Pox.

Citas bibliográficas

Ángeles Aquino, F. J., Reyes Núñez, J., Quezada Muñeton, J. M. 1994. Evolución Tectónica de la Sonda de Campeche: Estilos Estructurales Resultantes y su Implicación en la Generación y Acumulación de Hidrocarburos. II Simposio de Exploración Petrolera. Instituto Mexicano del Petróleo, México, D. F.

Álvarez, M. Jr. 1949. Tectonics of Mexico. *AAPG Bulletin* **33** (8): 1319-1335. <https://doi.org/10.1306/3D933DD0-16B1-11D7-8645000102C1865D>.

Aranda García, M. y Marret, R. 1999. *Evolution of Neogene Contractional Growth Structures Southern Gulf of Mexico*. Tesis inédita de maestría, University of Texas at Austin.

Chopra, S. y Marfurt, K. J. 2016. Understanding the Seismic Disorder Attribute and its Applications. *The Leading Edge* **35** (8): 695-702. <https://doi.org/10.1190/tle35080695.1>.

Contreras Velázquez, H. 1959. Reseña de la Geología del Sureste de México. *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros* **11** (7-8): 401-484.

Cruz Mercado, M. A., Flores Zamora, J. C., León Ramírez R. et al. 2013. Salt Provinces in the Mexican Portion of the Gulf of Mexico: Structural Characterization and Evolutionary Model. *Gulf Coast Association of Geological Societies Transactions* **61**: 93-104.

Escalera Alcocer, J. A. y Hernández Romano, U. 2010. Provincias Petroleras de México. WEC, México.

García, S. F. M., Letouzey, J., Rudkiewicz, J. L. et al. 2012. Structural Modeling Based on Sequential Restoration of Gravitational Salt Deformation in the Santos Basin (Brazil). *Marine and Petroleum Geology* **35** (1): 337-353. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2012.02.009>.

Gutiérrez Rodríguez, G. 2010. *Play Sub-Salino (PreJurásico): Una Alternativa en la Exploración Petrolera de la Sonda*

de Campeche. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería.

Jennette, D., Wawrzyniec, T., Fouad, K. et al. 2003. Traps and Turbidite Reservoir Characteristics from a Complex and Evolving Tectonic Setting, Veracruz Basin, Southeastern Mexico. *AAPG Bulletin* **87** (10): 1599-1622. <https://doi.org/10.1306/05130302010>.

Meneses Rocha, J. J. 1991. *Tectonic Development of the Ixtapa Graben Chiapas, Mexico*. PhD. dissertation, University of Texas at Austin.

Morán Zenteno, D. J., Martiny, B., Tolson, B. 2000. Geocronología y Características Geoquímicas de las Rocas Magmáticas Terciarias de la Sierra Madre del Sur. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* **53** (1): 27-58.

Olvera Barroso, S. I. 2013. *Análisis Estructural y sus Implicaciones en la Ocurrencia de Hidrocarburos en la Planicie Costera de Tabasco*. Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México, Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería, México, D. F.

Padilla y Sánchez, R. J. 2007. Evolución Geológica del Sureste Mexicano desde el Mesozoico al Presente en el Contexto Regional del Golfo de México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* **59** (1): 19-42.

Pedraza Leal, S. T. N. J. 2012. *Evaluación Petrolera y Métodos de Exploración de la Cuenca de Macuspana*. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, Ciudad Universitaria, D. F.

Peterson Rodríguez, R. H., Hernández Peñaloza, J. J., Heyn, T. et al. 2013. Modelo de Evolución Estructural para Entender el Desarrollo de las Trampas Estructurales de Hidrocarburos en la Zona Costa Afuera de la Porción Occidental en la Sonda de Campeche, México. Congreso Mexicano del Petróleo, Cancún, Quintana Roo, junio 5-8.

Petróleos Mexicanos. 2004. Informe Final de Geología de Campo en la Sierra de Chiapas, Cuarto Entrenamiento, Brigada Escuela.

Pérez Drago, G. 2010. *Análisis Sismo-Estratigráfico y Estructural del Área Tamil-Nab, Sureste del Golfo de México Profundo*. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, Ciudad Universitaria, D. F.

Quezada Muñetón, J. M. 1987. El Cretácico Medio-Superior y Límite Cretácico Superior-Terciario Inferior en la Sierra de Chiapas. *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros* **39** (1): 3-98.

Ruiz Osorio, A. S. 2008. *Uso de la Evaluación Genética de Cuencas en un Transecto de la Subcuenca Petrolera del Sureste de México*. Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, División de Estudios de Posgrado.

Sánchez Valerio, A. 2010. *Análisis Play Fairway y Mapeo de Riesgo del Mioceno en el Área Nich-Kinil Kuche-Tupilco, Sonda de Campeche, Golfo de México*. Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, División de Estudios de Posgrado, Ciudad Universitaria.

Sánchez Rivera. R., Cruz-Mercado, M. A., Reyes-Tovar, E. 2011. Tectonic Evolution of the South Gulf Salt Province in the Gulf of Mexico. *Gulf Coast Association of Geological Societies Transactions* **61**: 421-428.

Salas, P. G. y López-Ramos, E. 1951. Geología y Tectónica de la Región de Macuspana, Tabasco y Parte Norte de Chiapas. *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros* **3** (1-2): 3-56.

Secretaría de Energía. 2020. Plan Quinquenal de Licitaciones para la Exploración y Extracción de Hidrocarburos 2020-2024. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/591060/Plan_Quinquenal_2020-2024_vf_2.pdf (fecha de acceso 9 de enero de 2023).

Autores

Jorge Alberto Briseño Sotelo

Ingeniero Geólogo intérprete sísmico-estructural en Exploración.

Oscar Emmanuel Guadalupe Vences Estudillo

Ingeniero Geofísico intérprete sísmico-estructural.

Víctor Miguel Padilla Hernández

Ingeniero Geólogo intérprete de sedimentología.

Aída Rubí Bravo Almazán

Ingeniera Geofísica intérprete procesos especiales.

Manuel Machorro Jiménez

Ingeniero Geólogo experto en sedimentología y estratigrafía.

Juana Orquídea Salas Ramírez

Ingeniera Geóloga especialista en fracturamiento.