

<https://doi.org/10.69639/arandu.v11i2.399>

Contexto Geológico del Sistema Petrolero de la Cuenca del Sureste de México

Geological Context of the Petroleum System of the Southeast Basin of Mexico

Orquidea Gómez Priego

opriego04@live.com

Investigadora Independiente
Tabasco, México

Artículo recibido: 20 septiembre 2024

-

Aceptado para publicación: 26 octubre 2024

Conflictos de intereses: Ninguno que declarar

RESUMEN

La cuenca del Sureste de México se extiende desde el Triásico hasta la actualidad. En la región, el principal tectonismo se ha atribuido al régimen compresional. Sobre la cuenca del Sureste de México se han publicado numerosos trabajos que abordan desde la evolución tectónica, pasando por la evolución y la descripción e interpretación de las cuencas y sus yacimientos. Toda esta información ha sido dispersa y la información regional fue difusa debido a que las formas de depocentros del Terciario son pocas. La información aquí presentada fue obtenida de las sub-cuencas que forman la Cuenca del sureste (Comalcalco, Salina del Istmo, Macuspana y el Pilar Reforma- Akal).

Palabras clave: cuenca, play, petróleo, sistema petrolero, roca generadora

ABSTRACT

The Southeast Mexico Basin extends from the Triassic to the present. In the region, the main tectonism has been attributed to the compressional regime. Numerous works have been published on the Southeast Mexico Basin, dealing with the tectonic evolution, the evolution and description and interpretation of the basins and their deposits. All this information has been dispersed and the regional information was diffuse because the Tertiary depocenter forms are few. The information presented here was obtained from the sub-basins that form the Southeast Basin (Comalcalco, Salina del Istmo, Macuspana and the Pilar Reforma-Akal).

Keywords: basin, play, oil, petroleum system, source rock

Todo el contenido de la Revista Científica Internacional Arandu UTIC publicado en este sitio está disponible bajo licencia Creative Commons Attribution 4.0 International. 

INTRODUCCIÓN

El conocimiento geológico ha avanzado considerablemente en la última década, gracias al desarrollo de la exploración petrolera en el territorio. La información sobre la corteza terrestre mexicana ha permitido establecer los antecedentes geológicos fundamentales para definir la evolución temporal y espacial de los sectores del fondo de la cuenca del sureste y sus áreas vecinas. Se presenta una síntesis sobre las relaciones de los complejos cristalinos antiguos respecto a la compactación y erosión más antigua. Se incluyen análisis de campo, litotectónicos y litológicos de los complejos cristalinos expuestos, para establecer esquemas litoestructurales, edades relativas y parámetros confiables sobre su contextura preexistente. Con estudios de campo y tratamientos químicos petrográficos y petrofísicos, se han determinado las facies de los residuos triturados, que permitieron identificar características de antiguos depósitos. El sureste mexicano abraza cuatro cuencas: Comalcalco, Salina del Istmo, Macuspana y el Pilar Reforma- Akal; y se refiere a la zona comprendida al oriente del Istmo de Tehuantepec y el occidente de la península de Yucatán, siendo Tabasco, Chiapas y Campeche, los 3 estados mexicanos mas beneficiados en cuanto a potencial petrolero se refiere.

Contexto general de las cuencas petroleras del Sureste de México

Los depósitos sedimentarios se clasifican en dos facies geológicas: 1) márgenes de plataformas pasivas; 2) plataformas de carbonatos someros.

La evolución de los depósitos de las Cuencas del Sureste es dominada por tres episodios tectónicos relacionados con la expansión del Golfo de México e inicio de la subducción del margen de la Placa de Cocos en la cuenca) Orogenia Laramide: se desarrolla en el Cretácico Tardío, generando una montaña alta al sur de Guatemala-El Salvador, desaguando materiales clásticos en dirección a la Cuenca Chiapas, saliendo al Golfo de México y depositándolos en el Bloque Chiapas. La relación del margen Chortís entre el Terreno Maya y la Placa de Cocos produce una disminución en la tasa de subducción, mermando la actividad de la cordillera marginal. 2) Actividad de Rifting: comienza a extenderse la Cuenca Chiapas hacia el Noroeste durante el Paleoceno, separándose del Bloque Chiapas. La Orogenia Chiapaneca (Mioceno Medio-Tardío), forma la cadena plegada y cabalgada de Chiapas-Reforma-Akal, a partir de un nivel de despegue a nivel de la sal Calloviana, afectando a las rocas del Jurásico Tardío al Mioceno Temprano. El límite oriental de este cinturón plegado fue una rampa lateral, ubicada en el borde de la actual Cuenca de Macuspana, generando transversión dextral.

El objetivo del presente trabajo es analizar detalladamente el porqué, del potencial petrolero del sureste de México, a través del estudio y recopilación de diferentes fuentes que permiten, abrir un panorama más minucioso acerca del o los sistemas petroleros de la región.

DESARROLLO

Geología regional del sureste de México

Está integrada por la plataforma continental del golfo de México y la Península de Yucatán, que juntas forman un bloque continental compartido con los Estados Unidos y con Cuba. La situación geotectónica comprende una amplia gama de eventos, desde la formación del actual margen continental y de los sedimentos depositados desde finales de la era Cretácico, hasta la subsidencia generada por los eventos orogénicos. Los depocentros fueron utilizados desde diferentes épocas de la era terciaria, erosionándose algunos de ellos en la actualidad, lo cual explica que gran parte del cratón y de los eventos tectónicos subyacentes sean someros y de gran interés para la exploración en busca de hidrocarburos livianos.

Contexto de la evolución tectónica en México

“La República Mexicana, geológicamente hablando, es el resultado de múltiples procesos tectónicos llevados a cabo durante su evolución. El territorio mexicano está situado sobre cinco placas litosféricas, en cuyos límites encontramos trincheras, centros de expansión y fallas transformantes.” S.G.M (12/12/2022)

El contexto tectónico- geológico de México y de las cuencas que lo conforman es vasto y complejo, ya que hoy es un país que presenta rasgos de diversos orígenes, magnitudes y evolución. A lo largo de su extensión ha acumulado ciertos registros geológicos de su desarrollo e historia en relación con la eustasia, al clima y a la tectónica, además de los aportes de diferentes fuentes tanto para la descripción de su geología y petrografía, como su evolución paleogeográfica, que nace a partir de su intrincada evolución tectónica. La historia tectónica de México comienza en la Era Precámbrica, y aunque es compleja de estudiar, podemos decir que abarca más de 2 mil millones de años. A continuación, se presenta un resumen de las principales eras geológicas y eventos que han dado forma a la configuración actual de México:

1. Era Precámbrica (2.500-541 millones de años atrás):
 - Formación de los cratones de América del Norte y la formación de la corteza continental.
2. Era Paleozoica (541-252 millones de años atrás):
 - Depósitos de sedimentos y formación de petróleo y gas.
3. Era Mesozoica (252-66 millones de años atrás):
 - Formación de la Sierra Madre Occidental y la creación de un margen continental activo.
 - Depósitos de sedimentos y formación de yacimientos minerales.
4. Era Cenozoica (66 millones de años atrás-presente):
 - Formación de la Sierra Madre Oriental y la creación de un margen continental pasivo.
 - Actividad volcánica intensa y formación de los volcanes de la Sierra Nevada.
 - Depósitos de sedimentos y formación de yacimientos minerales.

La historia tectónica de México ha sido influenciada por varios procesos, como la Subducción de la placa de Farallón bajo la placa de América del Norte, la colisión entre las placas de América del Norte y la placa del Pacífico, la Actividad volcánica y formación de los cinturones volcánicos y formación de los sistemas de fallas.

La etapa de rifting ocurre entre el Triásico Tardío y el Jurásico Medio. Desarrollo de cimientos altos y bajos, luego etapa de deriva hasta principios del Cretácico temprano, cuando se desarrollaron amplias plataformas de aguas someras a lo largo de los bordes del Proto-Golfo de México.

Los primeros movimientos halocinéticos ocurrieron entre el Jurásico Tardío y el Cretácico Temprano. Estos movimientos controlaron en gran medida la sedimentación del Jurásico y representan una fase extensional.

Cuencas del Sureste de México: Características Generales

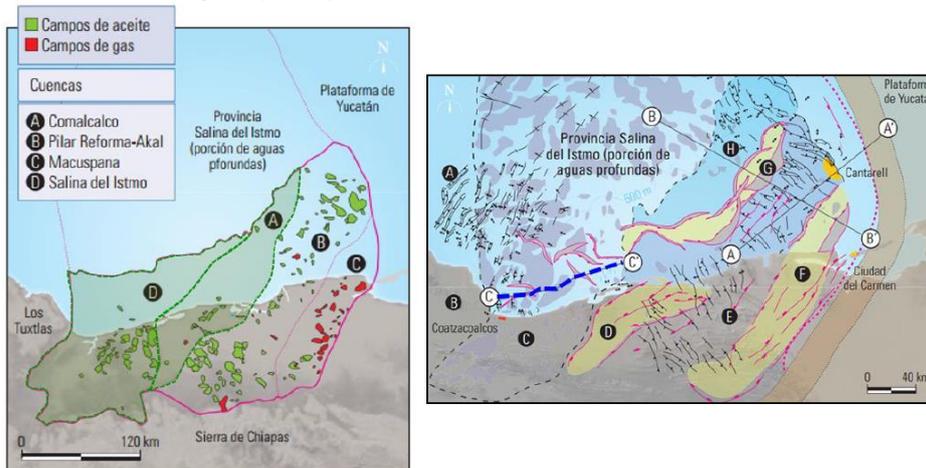
Es la provincia petrolera más grande y productiva de México, única con presencia de todos los elementos de un sistema petrolero clásico. Es resultado de un proceso de inversión que provocó la formación de dos cinturones de construcción que convergieron a finales del Cretácico. La tendencia general de la cuenca es N-S en el margen pasivo de la Península de Castillitos. Está limitado por el Golfo de México al este, los frentes tectónicos de la Sierra Madre Oriental y Sierra Madre del Sur al oeste y por encima del levantamiento de Chiapas al sur. Es una de las grandes provincias petroleras o áreas de producción intensiva de hidrocarburos del mundo, que incluye la Subprovincia de Cuencas del Sureste de México.

Tiene una extensión de 150,000 km², extensión acumulada de 246,000 km². La cuenca se abre hacia el Golfo de México y al norte de la Península de Yucatán. Limita al noroeste, por una brecha sismo-volcánica, que separa de la Placa de Norteamérica y la Placa del Caribe. En desarrollo de procesos petroleros y por posición sobre un margen pasivo, la cuenca es única en México al presentar todas las provincias del Sistema Petrolero Clásico, con faja plegada y montañosa. A pesar de compartir la posición de margen pasivo con su vecina la Cuenca Tampico Misantla, estas provincias son diferentes en todos los atributos petrológicos que presentan y, por consiguiente, ambas son únicas en México por la unión o frontera tectónica del Istmo de Tehuantepec en 1,000 km. 3.5 E dirigió su crecimiento al borde activo del margen, formándose dos cordones orogénicos de convergencia inferidos, uno al noroeste y otro al noreste a finales del Cretácico Superior.

Es importante hacer referencia a cada una de las cuencas: Comalcalco, Salina del Istmo, Pilar Reforma- Akal y Macuspana (Figura 1) de manera particular, puesto que, aunque las cuatro forman parte importante de la industria petrolera en México, cada una tiene características distintas.

Figura 1

Ubicación de las provincias petroleras del sureste y distribución de los principales campos de aceite y gas. Nota: Imagen tomada de atlas geológico Cuencas del sureste - Cinturón plegado de la sierra de Chiapas. (CNH)



Cuenca de Comalcalco

La Cuenca Petrolera de Comalcalco es una región geológica ubicada en el estado de Tabasco, México. Se caracteriza por ser una cuenca sedimentaria del Terciario y Cuaternario, con una superficie de aproximadamente 5,000 km². La cuenca se encuentra en un área de actividad tectónica compleja, con influencia de la subducción de la placa de Cocos bajo la placa de América del Norte. Esto ha generado una serie de fallas y pliegues que han creado trampas para los hidrocarburos. La secuencia sedimentaria de la cuenca incluye las siguientes unidades:

- **Formación Jurásica:** Ricas en materia orgánica.
- **Formación Cretácica:** Contiene importantes yacimientos de petróleo.
- **Formación Paleógena:** Contiene yacimientos de gas.
- **Formación Neógena:** Contiene importantes yacimientos de petróleo

La cuenca también cuenta con una serie de estructuras geológicas importantes, como la Falla de Comalcalco y el Pliegue de Comalcalco, que han jugado un papel importante en la formación de trampas de hidrocarburos. La Cuenca Petrolera de Comalcalco es una de las principales zonas productoras de petróleo y gas de México, con varios campos petroleros y gasíferos en operación.

Cuenca Salina del Istmo

La cuenca de Salina del Istmo es una cuenca sedimentaria que se encuentra en el Istmo de Tehuantepec, en el estado de Oaxaca, México. Corresponde a la porción sur de la Provincia Salina del Istmo, que abarca desde el frente de la sierra de Chiapas en el sur hasta la isobata de 500 m al norte, al oeste con la cuenca de Veracruz y al oeste con el pilar Reforma- Akal. Geológicamente, la cuenca se caracteriza por una secuencia sedimentaria del Mesozoico y Cenozoico, con espesores variable de entre 2,000 y 5,000 metros, así como depósitos de

sedimento arcilloso y carbonatados en Cenozoico y Mesozoico respectivamente; y grandes volúmenes de secuencias evaporíticas en la formación Salina del Istmo.

Debido a la gran actividad tectónica que hubo durante el Cretácico y Paleógeno, Salina de Istmo, sufrió la formación de pliegues y fallas con dirección al noreste- suroeste.

La cuenca de Salina del Istmo es considerada una cuenca petrolera madura, con varios campos petroleros como Cinco Presidentes en producción. Sin embargo, todavía hay potencial para la exploración y producción de hidrocarburos en la región.

Cuenca de Macuspana

La cuenca de Macuspana es una cuenca sedimentaria ubicada en el sureste de México, en el estado de Tabasco. Geológicamente, se caracteriza por ser una cuenca de antepaís, formada durante el Cenozoico, con sedimentos del Paleógeno, Neógeno y Cuaternario. Esta limitada al este- sureste por un sistema de fallas normales (Mioceno- Plioceno temprano) que la separan de la plataforma de Yucatán, al noroeste – oeste por el sistema de fallas de Frontera y al sur con el cinturón plegado de Chiapas.

La estratigrafía de la cuenca de Macuspana incluye

- **Formación Pimienta (Paleógeno):** sedimentos marinos y fluviales, con areniscas, conglomerados y lutitas.
- **Formación Molo (Paleógeno):** sedimentos marinos, con calizas, areniscas y lutitas.
- **Formación Macuspana (Neógeno):** sedimentos fluviales y lacustres, con areniscas, conglomerados y lutitas.
- **Formación Chila (Cuaternario):** sedimentos fluviales y deltaicos, con areniscas, conglomerados y lutitas.

La cuenca de Macuspana es rica en hidrocarburos, especialmente petróleo y gas natural, debido a la presencia de rocas reservorio y trampas estructurales. La exploración y producción de hidrocarburos en esta cuenca ha sido importante para la economía de México.

Pilar Reforma – Akal

El Pilar Reforma-Akal, está delimitado por varios sistemas de fallas y estructuras geológicas: al oeste por el sistema de fallas Comalcalco, al este por el sistema de fallas Frontera, por el sur limita con el Cinturón Plegado de la Sierra de Chiapas y por el norte con la Plataforma de Yucatán.

En esta región coexisten diferentes estilos estructurales superpuestos:

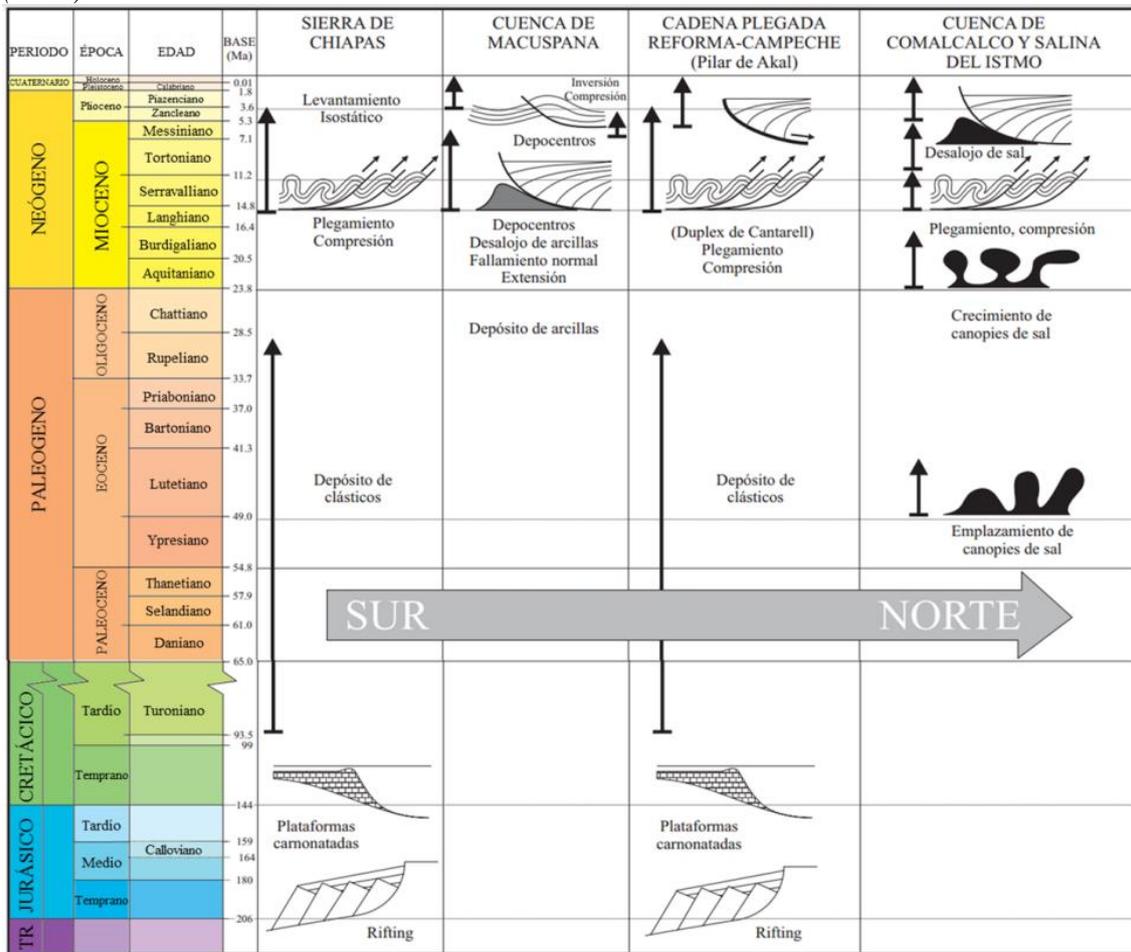
1. El primero, de edad Jurásica tardía a Cretácica temprana, se caracteriza por bloques rotados y fallados, y se encuentra en el borde oriental marino de la región.
2. El segundo, de edad Miocena media-tardía, se relaciona con la compresión de la cubierta sedimentaria y se manifiesta como una cobijadura en el Alto de Jalpa.

- El tercero, de edad Miocena media-tardía, es el más importante y se caracteriza por pliegues y cabalgaduras orientados noroeste-sureste con vergencia al noreste, que afectan a rocas mesozoicas, del Paleógeno y del Mioceno temprano-medio.
- El último, identificado en el Neógeno, corresponde a un estilo de fallas lítricas con caída al noroeste, que se inició en el límite Oligoceno-Mioceno.

Estos estilos estructurales reflejan la complejidad geológica de la región y han jugado un papel importante en la formación de trampas para los hidrocarburos.

Figura 2

Eventos tectónicos y estructurales en la Cuenca del Sureste. Nota: Imagen tomada de Imagen tomada de atlas geológico Cuencas del sureste - Cinturón plegado de la sierra de Chiapas (CNH).



Sistema petrolero

Hablar del sistema petrolero es de suma importancia, puesto que, es un factor crítico dentro del proceso exploratorio. En la incorporación de reservas se da por sentado que el sistema petrolero está funcionando, se hacen inversiones económicas importantes, se trabaja con la definición de la trampa y las características de la roca almacén y sello, para así, disminuir el riesgo geológico de la localización.

El sistema petrolero se refiere a un conjunto de procesos y elementos geológicos que trabajan juntos para crear un yacimiento de petróleo y/o gas natural. Este sistema se considera

dinámico, lo que significa que está en constante cambio y evolución. Para que un yacimiento de petróleo y/o gas exista, deben estar presentes ciertos elementos esenciales, como sedimentos y materia orgánica, que son transportados a la cuenca sedimentaria. A medida que estos elementos entran en la cuenca, se someten a procesos geológicos que los transforman y concentran, eventualmente dando lugar a la formación de un yacimiento de petróleo y/o gas natural. El estudio del sistema petrolero implica analizar y comprender estos procesos y elementos para identificar áreas potenciales para la exploración y producción de hidrocarburos.

“Un sistema petrolero, está relacionado con una sola roca generadora y por ende, está formado por una sola familia de aceites. Los aceites de cada familia tienen esencialmente las mismas características moleculares, aunque las propiedades físicas y químicas de los aceites de estas familias pueden variar”. Guzmán, 2001.

En el sureste de México, existen cuatro sistemas petroleros: dos conocidos (!) y dos hipotéticos (.); los cuales son: Oxfordiano- Oxfordiano (!), Tithoniano- Kimmerigdiano- Cretácico- Paleógeno- Neógeno (!), Cretácico inferior- Cretácico Medio- Superior (.), Mioceno inferior- Mioceno medio- superior- Plioceno (.).

Oxfordiano- Oxfordiano (!)

A pesar que se tiene certeza de su generación en las cuencas Mesozoicas del Sureste, refleja un potencial generador de moderado a pobre. Es un sistema generador cerrado, ya que las acumulaciones dentro de los intervalos arenosos del Oxfordiano inferior, no migradora grandes distancias, apenas de la su roca generadora Oxfordiana y no alcanzo niveles superiores.

Tithoniano- Kimmerigdiano- Cretácico- Paleógeno- Neógeno (!)

Este sistema, es el principal elemento generador de hidrocarburos líquidos y gaseosos en la cuenca del sureste y el cinturón plegado de Chiapas. Está asociado con ambientes de cuenca profundos.

Las rocas generadoras del Tithoniano son principalmente lutitas, ricas en materia orgánica. Estas rocas se formaron en ambientes marinos, lo que favoreció la acumulación de restos orgánicos. La madurez térmica varía, pero, en su mayoría tiene muy buenos niveles de producción debido a su alta presión y temperatura.

Se estima que el Tithoniano entro en su momento crítico para el Paleógeno, específicamente en el Paleoceno, hace 60 Ma y actualmente estaría en los procesos de metagénesis. Debido a su alto nivel de madurez, el Tithoniano presenta presiones anormales altas, principalmente en lo que se conoce como Sonda de Campeche y parte del norte de Chiapas- Tabasco, provocadas por la generación de hidrocarburos.

Las rocas del JST* cuentan con un alto contenido de Carbono Orgánico Total (COT), que superan 1%, y contienen kerógeno de tipo I y II, predominantemente; favoreciendo esto la generación de hidrocarburos líquidos.

También es importante mencionar, que este sistema generador esta asociado a rocas almacén y sellos en todo el cretácico, principalmente asociadas a trampas estructurales (anticlinales y tectónica salina) y trampas estratigráficas (cambios de facies y acuñamientos).

Cretácico inferior- Cretácico Medio- Superior (.)

Hablar sobre este sistema generador, puede ser un poco sobrado, debido a que al considerarse un sistema hipotético, son rocas que han sido poco estudiadas y documentadas. Se cree que esta presente en menor proporción en el cretácico y horizontes más jóvenes en el cretácico medio y superior. Se asocia a trampas estructurales asociadas a anticlinales.

Mioceno inferior- Mioceno medio- superior- Plioceno (.)

Su aporte es prácticamente nulo, debido a que se considera como una roca muy joven e inmadura, la cual no ha llegado a su momento critico para generar y expulsar hidrocarburo.

Se estima que su almacén y sello se encuentra a lo largo de todo el neógeno, asociado a yacimientos de condensados, acumulados en fallas lístricas.

En la figura 3 se muestran los elementos del sistema petrolero de la Provincia petrolera del sureste, con los sistemas generadores Oxfordiano- Oxfordiano (!), Tithoniano- Kimmeridgiano- Cretácico- Paleógeno- Neógeno (!), Cretácico inferior- Cretácico Medio- Superior (.), Mioceno inferior- Mioceno medio- superior- Plioceno (.), con trampas estratigráficas, estructurales y mixtas.

Figura 3

Tabla del sistema petrolero de la provincia del Sureste de México. Nota: Imagen tomada de Imagen tomada de atlas geológico Cuencas del sureste - Cinturón plegado de la sierra de Chiapas (CNH).

Columna Estratigráfica	Elemento Roca Generadora	Elemento Roca Almacén	Elemento Roca Sello	Sistemas Petroleros	Tipo de Aceite	Tipo de Trampa																
	Mioceno inferior	Plioceno	Plioceno	Mioceno inferior-Mioceno medio-superior-Plioceno (!)	●●	↗ ↘																
		Mioceno	Mioceno Sup - Plioceno Inf																			
			Oligoceno																			
			Eoceno																			
		Paleoceno Sup - Eoceno																				
			Paleoceno																			
			Cretácico Superior	Cretácico Superior	Cretácico inferior-Cretácico medio-superior (.)	●●	↗ ↘															
			Cretácico Medio	Cretácico Medio																		
			Cretácico inferior	Cretácico inferior																		
		Jurásico Tithoniano	Kimmeridgiano	Kimmeridgiano	Tithoniano-Kimmeridgiano-Cretácico Paleógeno-Neógeno (!) Oxfordiano - Oxfordiano (!)	●●	↗ ↘															
	Oxfordiano	Oxfordiano																				
				Sistema Petrolero Conocido (!) Sistema Petrolero Hipotético (.)	<table border="1"> <tr> <th>Trampas</th> <th>Tipo hidrocarburo</th> </tr> <tr> <td>↗ ↘</td> <td>● Gas</td> </tr> <tr> <td>↗ ↘</td> <td>● Condensado</td> </tr> <tr> <td>↗ ↘</td> <td>● Aceite</td> </tr> <tr> <td>↗ ↘</td> <td></td> </tr> </table>		Trampas	Tipo hidrocarburo	↗ ↘	● Gas	↗ ↘	● Condensado	↗ ↘	● Aceite	↗ ↘		↗ ↘		↗ ↘		↗ ↘	
Trampas	Tipo hidrocarburo																					
↗ ↘	● Gas																					
↗ ↘	● Condensado																					
↗ ↘	● Aceite																					
↗ ↘																						
↗ ↘																						
↗ ↘																						
↗ ↘																						

CONCLUSIONES

La cuenca del sureste de México representa un rubro muy importante, porque representa a la cuenca mas prolifera del país, recordando que comprende las cuencas Salina de Istmo, Comalcalco, Macuspana y Pilar Reforma – Akal.

Las rocas generadoras conocidas (oxfordiano y Tithoniano) han aportado la mayor cantidad de petróleo que aquí se extrae; aparente la mayoría de los yacimientos de Mesozoico están relacionados con el Jurásico Superior, sobre todo el Tithoniano.

Las calizas arcillosas del Tithoniano, expulsaron hidrocarburo que migro de manera vertical hacia las trampas del Kimmerigiano, Cretácico medio, inferior. Esta migración vertical se debió al fallamiento por esfuerzos de compresión durante la orogenia Laramide.

Recomendaciones

Con base en el análisis de la cuenca del sureste, es deseable invertir en nuevos proyectos sísmicos, para poder explotar o descartar el sistema petrolero de Cretácico, potencializar el Oxfordiano y seguir explotando el Tithoniano.

Glosario

Cuenca: Receptáculo cerrado de gran escala donde se deposita una columna sedimentaria y que comparten en varios niveles estratigráficos una historia tectónica común.

Falla: Superficie de ruptura de las capas geológicas donde ha ocurrido un movimiento diferencial.

Halocinesis: Proceso por el que los depósitos de rocas evaporíticas se movilizan y dan lugar a domos salinos y díapiros.

Rifting: [Rift] Formación o apertura de fosas tectónicas sobre la corteza terrestre

REFERENCIAS

- DE, C. D. S. C. P. (2017) Cuencas del Sureste-Cinturón Plegado de la sierra de Chiapas. (Comisión Nacional de Hidrocarburos)
- Evolución de la tectónica en México. (2017). Sgm.gob.mx.
<https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Riesgos-geologicos/Evolucion-tectonica->
- GARCIA, R. G., & GUIÑONES, N. H. (1992) LAS ROCAS GENERADORAS DE MEXICO. (Asociación Mexicana de Geólogos Petrolero) (24-26)
- 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.